



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

WILLEMEX DOS SANTOS GOMES

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO DE SÓDIO SOBRE A
POTÊNCIA E FADIGA NEUROMUSCULAR NO EXERCÍCIO AGACHAMENTO
EM INDIVÍDUOS TREINADOS**

Recife
2022

WILLEMAX DOS SANTOS GOMES

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO DE SÓDIO SOBRE A
POTÊNCIA E FADIGA NEUROMUSCULAR NO EXERCÍCIO AGACHAMENTO
EM INDIVÍDUOS TREINADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Educação Física da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Educação Física

Área de concentração: Biodinâmica do Movimento
Humano

Linha de Pesquisa: Desempenho Esportivo

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Zapaterro Campos

Coorientador: Prof. Dr. Fabiano de Souza Fonseca

Recife
2022

Catálogo na fonte:

WILLEMEX DOS SANTOS GOMES

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO DE SÓDIO SOBRE A
POTÊNCIA E FADIGA NEUROMUSCULAR NO EXERCÍCIO AGACHAMENTO
EM INDIVÍDUOS TREINADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Educação Física da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Educação Física

Aprovada em: 26/08/2022.

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Eduardo Zapaterra Campos (Orientador)

Profº. Dr. Fabiano de Souza Fonseca (Coorientador)

Profº. Dr. Rafael dos Santos Henrique (Examinador interno)

Profº. Dr. Marcelo Papoti (Examinador externo)

Dedico este trabalho a Deus e à minha família.

AGRADECIMENTOS

Grato a Deus por sua infinita Graça e pelo privilégio da concessão de poder realizar mais uma etapa profissional e pessoal, apesar das minhas imperfeições e limitações. Pela proteção e cuidado durante as horas de viagem e deslocamento pelas rodovias, entre as idas e vindas da minha casa à universidade. Por suprir as minhas necessidades durante todo este período, por ter preparado este percurso e ter me ajudado em cada passo dado.

À minha mãe Maria José dos Santos, a meu pai Josué Luiz Gomes, por serem meus grandes incentivadores. Muito obrigado por me apoiarem durante toda a vida pessoal e jornada acadêmica. Grato aos meus irmãos Jonas e Guilherme, por todo suporte, confiança e apoio.

Ao professor Eduardo Zapatterra Campos, pelo convite e oportunidade. Por todo empenho no processo de orientação, me oferecendo possibilidades e perspectivas para o meu crescimento pessoal e acadêmico, dispondo-se prontamente para me assessorar diante dos frequentes contratempos. Estendo o meu agradecimento aos colegas que fiz no Núcleo de Investigação do Desempenho Esportivo da Universidade Federal de Pernambuco (NIDE-UFPE), por todos os momentos, desde as apresentações de trabalhos e auxílio na condução da intervenção, às discussões e novas criações de projetos.

Ao professor Tony Meireles Santos pelo aceite na supervisão do Estágio em Docência em Ensino Superior para o acompanhamento da Disciplina de Treinamento Esportivo, ministrada à turma do 4º período em Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em 2019.2. Grato pelas experiências pedagógicas compartilhadas que certamente cooperaram para a minha formação como docente.

Aos professores, colegas e amigos que fiz no Programa de Pós Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco (PPGEF-UFPE). Pelos ensinamentos, conhecimentos compartilhados, convivência, acolhimento e trabalhos escritos.

À Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo suporte financeiro durante os anos de 2019 e 2020.

Aos membros da banca de qualificação, os professores Tony Meireles Santos e Eduardo Caldas Costa. Grato ao professor Fabiano de Souza Fonseca, coorientador, incentivador e grande referência profissional. Aos professores Rafael dos Santos Henrique e Marcelo Papoti, membros da banca de defesa da dissertação. Meu muito obrigado a todos estes pelas brilhantes

contribuições para construção deste trabalho.

Aos professores Pedro Balikian Júnior, Filipe Antônio de Barros Sousa e Gustavo Gomes de Araújo, docentes do Instituto de Educação Física e Esporte da Universidade Federal de Alagoas (IEFE-UFAL), pelo convite, recepção, acolhimento, meios e recursos na busca pela conclusão desta importante fase.

Em especial, sou grato à minha esposa Anna Xênya, por ter caminhado junto comigo, se dispondo a me acompanhar em outro estado para conclusão desta etapa e por ter sofrido junto a mim diante dos problemas encontrados e no momento em que a situação foi aparentemente desfavorável. Sou grato por tudo que passamos juntos. Sabemos o que já enfrentamos e aonde queremos ir. Te amo!

Por fim, grato àqueles que contribuíram de alguma forma para que a concretização deste trabalho fosse alcançada.

“Porque Dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas. Glória, pois, a Ele eternamente. Amém.”
(Romanos 11:36)

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi investigar os efeitos da suplementação aguda de nitrato de sódio (NaNO_3^-) na fadiga neuromuscular e desempenho da força, potência (POT) e velocidade propulsiva média (VPM) durante uma sessão de treinamento de força constituída por 3 séries de 12 repetições a 70% de 1RM utilizando o exercício agachamento na máxima velocidade intencional (MVI). Nove indivíduos do sexo masculino (Idade: $25 \pm 3,23$ anos; Massa Corporal: $81,9 \pm 12,19$ kg; 1RM: $124 \pm 18,3$ kg; Força Relativa: $1,5 \pm 0,15$ kg/massa corporal) foram recrutados. Para este estudo foi utilizado um delineamento crossover, randomizado e duplo cego. Os participantes foram suplementados com cápsulas de NaNO_3^- : (8,5mg/kg de NaNO_3^-) ou placebo (PLA): (8,5mg/kg de glicose) durante 3 dias consecutivos e a última ingestão foi realizada 2 horas antes dos ensaios experimentais. Cada ensaio experimental envolveu a avaliação do salto vertical contramovimento (SVCM), da POT, VPM e escala de OMNI-RES a 40, 70 e 90% 1RM, da eletromiografia (EMG) do reto femoral (RF) e vasto lateral (VL) e da utilização do twitch interpolation durante a contração voluntária máxima (CVM). Para comparar os efeitos da suplementação nas variáveis de interesse foram utilizadas Equações de Estimativas Generalizadas (EEG), seguidas de uma comparação de post hoc pareada com ajuste de Bonferroni. Não foram observados efeitos da suplementação de NaNO_3^- no SVCM, na POT, VPM, OMNI-RES e EMG do RF e VL (grupo x interação, $p > 0,05$). Foram encontrados efeitos da ingestão de NaNO_3^- na taxa de desenvolvimento de força (TDF) a 50ms (grupo x interação = $p < 0,05$) e no percentual da ativação voluntária (%AV) (efeito grupo = $p < 0,05$). O presente estudo indicou que a suplementação aguda de NaNO_3^- não produziu efeitos significativos na POT, VPM, EMG do VL e RF, bem como na percepção de esforço das séries e sessão. No entanto, a ingestão de NaNO_3^- aumentou a TDF a 50ms e o %AV, indicando uma melhora na aplicação de força em um curto espaço de tempo e uma possível redução na fadiga central, respectivamente.

Palavras-Chave: Nitrato. Suplementação. Potência. Fadiga Neuromuscular.

ABSTRACT

The aim of the present study was to investigate the effects of acute sodium nitrate supplementation (NaNO_3^-) on neuromuscular fatigue and strength, power (POW) and mean propulsive velocity (MPV) performance during a strength training session consisting of 3 sets of 12 repetitions at 70% of 1RM using the squat exercise at maximum intentional velocity (MIV). Nine male subjects (Age: 25 ± 3.23 years; Body Mass: 81.9 ± 12.19 kg; 1RM: 124 ± 18.3 kg; Relative Strength: 1.5 ± 0.15 kg/body mass) were recruited. A crossover, randomized, double-blind design was used for this study. Participants were supplemented with capsules of NaNO_3^- : (8.5mg/kg of NaNO_3^-) or placebo (PLA): (8.5mg/kg of glucose) for 3 consecutive days and the last intake was performed 2 hours before the trials experimental. Each experimental trial involved the evaluation of countermovement vertical jump (CMJ), POW, MPV and OMNI-RES scale at 40, 70 and 90% 1RM, electromyography (EMG) of the rectus femoris (RF) and vastus lateralis (VL) and the use of twitch interpolation during maximal voluntary contraction (MVC). To compare the effects of supplementation on the variables of interest, Generalized Estimating Equations (GEE) were used, followed by a paired post hoc comparison with Bonferroni adjustment. No effects of NaNO_3^- supplementation were observed on SVCM, POT, MPV, OMNI-RES and EMG of RF and VL (group x interaction, $p > 0.05$). Effects of NaNO_3^- ingestion were found on the rate of force development (RFD) at 50ms (group x interaction = $p < 0.05$) and on the percentage of voluntary activation (%VA) (group effect = $p < 0.05$). The present study indicated that the acute supplementation of NaNO_3^- did not produce significant effects on POW, MPV, VL and RF EMG, as well as on the perception of exertion of the series and session. However, NaNO_3^- ingestion increased TDF at 50ms and %AV, indicating an improvement in force application in a short time and a possible reduction in central fatigue, respectively.

Key-words: Nitrate. Supplementation. Power. Neuromuscular Fatigue.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vias de formação do óxido nítrico (NO)	18
Figura 2 – Desenho geral do estudo.....	28
Figura 3 – Exemplo do uso do Encoder Linear (Vitruve [®]) para Medição da Velocidade do Movimento no Exercício Agachamento.....	31
Figura 4 – Cadeira extensora adaptada para realização da eletroestimulação durante a Contração Voluntária Máxima (CVM).....	32
Figura 5 – Equipamento acoplado no tornozelo do voluntário durante a Contração Voluntária Máxima (CVM).....	33
Figura 6 – Representação esquemática da determinação do limiar máximo de eletroestimulação utilizando a técnica de <i>twitch interpolation</i> durante a contração voluntária máxima (CVM).....	33
Figura 7 – Protótipo de Eletroestimulação (Insight [®] , Ribeirão Preto – Brasil).....	34
Figura 8 – Exemplo da quantificação da VPM a 40, 90 e 70% de 1RM no exercício agachamento.....	36
Figura 9 – Fixação da célula de carga (National Instruments [®]) na cadeira extensora para mensuração da força.....	37
Figura 10 – Setup da Técnica de <i>Twitch Interpolation</i>	38
Figura 11 – Aplicação dos adesivos no vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) para EMG.....	40
Figura 12 – Efeitos da suplementação de NaNO ₃ ⁻ e PLA no Salto Vertical Contramovimento (SVCM) pré e pós a sessão de exercício agachamento na MVI.....	61
Figura 13 - Efeitos da suplementação de NaNO ₃ ⁻ e PLA no Percentual da Perda de Velocidade Propulsiva Média (%PVEL).....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características Descritivas dos Sujeitos.....	60
Tabela 2 - Efeitos da suplementação de NaNO_3^- e PLA a 40% de 1RM nas variáveis dependentes (POT, OMNI-RES e VPM) antes e após o protocolo de agachamento na MVI.....	62
Tabela 3 - Efeitos da suplementação de NaNO_3^- e PLA a 90% de 1RM nas variáveis dependentes (POT, OMNI-RES e VPM) antes e após o protocolo de agachamento na MVI.....	63
Tabela 4 - Efeitos da suplementação de NaNO_3^- e PLA a 70% de 1RM nas variáveis dependentes (POT, OMNI-RES e VPM) durante o protocolo de agachamento na MVI.....	64
Tabela 5 - Média e erro padrão (EP) dos grupos NaNO_3^- e PLA nas variáveis relacionadas à fadiga neuromuscular utilizando a técnica de Twitch Interpolation nas CVMs durante o protocolo de agachamento na MVI.....	66
Tabela 6 - Média e Erro Padrão (EP) dos grupos NaNO_3^- e PLA nas variáveis relacionadas à Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF) nas CVMs durante o protocolo do exercício de força utilizando o agachamento na MVI.....	68
Tabela 7 - Média e Erro Padrão (EP) dos grupos NaNO_3^- e PLA nas variáveis relacionadas à eletromiografia (EMG) nas CVMs durante o protocolo do exercício de força utilizando o agachamento na MVI.....	69

LISTA DE SIGLAS

%1RM	Percentual de Uma Repetição Máxima
%AV	Percentual da Ativação Voluntária
%PVEL	Percentual da Perda de Velocidade
1RM	Uma Repetição Máxima
Ca ²⁺	Cálcio
CEP/CCS-UFPE	Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco
CM	Centímetro
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CVM	Contração Voluntária Máxima
EEG	Equação de Estimativa Generalizada
EMG	Eletromiografia
FE	Força Evocada
FM	Frequência Mediana
FPICO	Força Pico
H	Altura do Salto
IC95%	Intervalo de Confiança no nível 95%
KG	Quilograma
kgF	Quilograma-Força
KNO ₃	Nitrato de Potássio
M	Metro
M ²	Metro ao Quadrado
MS	Milissegundo
MVI	Máxima Velocidade Intencional
NaNO ₃	Nitrato de Sódio
NEFD-UFPE	Núcleo de Educação Física e Desportos da Universidade Federal de Pernambuco
NF	Nível de Força
NMRF	Número Máximo de Repetições até a Falha
NO	Óxido Nítrico
NO ₂	Nitrito

NO ₃ ⁻	Nitrato
NOS	Óxido Nítrico Sintase
O ₂	Oxigênio
ONDA-M	Amplitude Máxima do Sinal Eletromiográfico atingido após a Estimulação Elétrica
PCr	Fosfocreatina
pH	Potencial de Hidrogênio
Pi	Fosfato Inorgânico
PLA	Placebo
POT	Potência
RF	Reto Femoral
RMS	<i>Root Mean Square</i>
SVCM	Salto Vertical Contra Movimento
TC	Twitch Controle
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDF	Taxa de Desenvolvimento de Força
TS	Twitch Superimposto
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VL	Vasto Lateral
VO ₂	Consumo de Oxigênio
VPM	Velocidade Propulsiva Média
W	Watts

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	26
2.1.	OBJETIVO GERAL	26
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
3	MÉTODO	27
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	27
3.2	AMOSTRA.....	27
3.3	DESENHO EXPERIMENTAL.....	28
3.4	INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS.....	30
3.4.1	ANTROPOMETRIA.....	30
3.4.2	FAMILIARIZAÇÃO DAS MEDIDAS E TESTE PARA DETERMINAÇÃO DA CARGA-VELOCIDADE.....	30
3.4.3	DETERMINAÇÃO DO LIMIAR DE ELETROESTIMULAÇÃO...	32
3.4.4	PROTOCOLO DE SUPLEMENTAÇÃO.....	34
3.4.5	SALTO VERTICAL CONTRAMOVIMENTO (SVCM).....	35
3.4.6	EXERCÍCIO DE FORÇA.....	36
3.4.7	ESCALAS SUBJETIVAS.....	37
3.4.8	TESTE DE CONTRAÇÃO VOLUNTÁRIA MÁXIMA E ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA.....	37
3.4.9	ELETROMIOGRAFIA.....	39
3.4.10	COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DE FORÇA.....	40
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	42
3.6	ASPECTOS ÉTICOS.....	42
4	RESULTADOS	43
4.1	ARTIGO 1 – EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO DE SÓDIO SOBRE A POTÊNCIA E FADIGA NEUROMUSCULAR APÓS UMA SESSÃO DE AGACHAMENTO	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
	REFERÊNCIAS	76
	ANEXO A – ATO NORMATIVO INTERNO – ANI n° 01/2020.	83

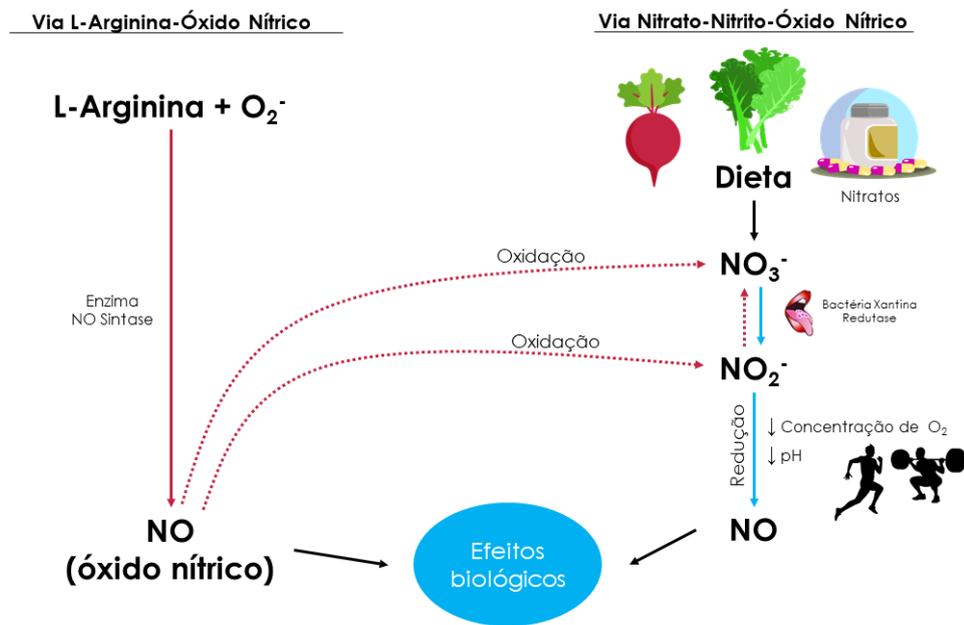
ANEXO B – ESCALAS SUBJETIVAS.....	85
ANEXO C – PLANILHA DO EXCEL PARA DETERMINAÇÃO DA CARGA-VELOCIDADE A 40%, 90% E 70% DE 1RM.....	86
ANEXO D – PLANILHA DO EXCEL PARA CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO.....	87
ANEXO E – ATA DA QUALIFICAÇÃO.....	88
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....	89
APÊNDICE B – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA (CEP).....	91
APÊNDICE C – CARTA DE ANUÊNCIA.....	95

1 INTRODUÇÃO

O número de investigações sobre o potencial efeito ergogênico de diversos suplementos alimentares é crescente na literatura (GONZALEZ et al., 2017; KERKSICK et al., 2017; NADERI et al., 2016; SOUZA et al., 2017). Na competição esportiva, o aumento de 0,5%-1,5% no desempenho pode ser determinante entre uma vitória ou derrota (PATON; HOPKINS, 1999). Por essa razão, atletas de diferentes esportes recorrem a uma variedade de suplementos e substâncias nutricionais para potencializar os efeitos do treinamento e como resultado, melhorar o seu nível de condicionamento (KNAPIK et al., 2016).

Dentre as substâncias presentes na literatura que podem fornecer um efeito ergogênico, encontra-se o nitrato (NO_3^-), que pode ser consumido através do suco de beterraba, por meio do gel rico em NO_3^- ou sob a forma de sal (nitrato de sódio – NaNO_3^- ou nitrato de potássio – KNO_3^-) (KAPIL et al., 2010, 2015; LARSEN et al., 2011; MUGGERIDGE et al., 2017; WEBB et al., 2008). O possível efeito na melhora do desempenho pode ser atribuído ao aumento na concentração de nitrito (NO_2^-) plasmático, que pode servir como precursor do óxido nítrico (NO) (LUNDBERG; WEITZBERG; GLADWIN, 2008; SPIEGELHALDER; EISENBRAND; PREUSSMANN, 1976; WEBB et al., 2008).

O NO pode ser produzido no organismo de maneira endógena, a partir da oxidação do aminoácido L-Arginina, em uma reação catalisada pela enzima óxido nítrico sintase (NOS), sendo dividida por 2 reações: a conversão de L-Arginina em N-Hidroxilarginina e posterior formação de L-Citrulina e NO (MORI; GOTOH, 2000). Em contrapartida, apesar da via NOS ser suficiente para a produção de NO, o NO_3^- exógeno induz à formação de NO, por meio de uma via alternativa e independente da NOS. Sendo esta última via comumente estimulada através de fontes dietéticas por meio de legumes ricos em NO_3^- como a beterraba e potencializada em condições de hipóxia e baixo potencial de hidrogênio (pH) (GILCHRIST; WINYARD; BENJAMIN, 2010; KOBAYASHI; OHTAKE; UCHIDA, 2015; LUNDBERG; WEITZBERG; GLADWIN, 2008). (Figura 1)



Adaptado de Lundberg, 2008.

Figura 1. Vias de formação do Óxido Nítrico (NO).

O NO₃⁻ ingerido através da dieta é rapidamente absorvido no gastrointestinal superior e entra na circulação sistêmica, alcançando o pico plasmático cerca de 30-60 minutos após o seu consumo (KOBAYASHI; OHTAKE; UCHIDA, 2015). Estima-se que aproximadamente 25% do NO₃⁻ disponível no plasma é absorvido pelas glândulas salivares e transportados ativamente para se concentrar na saliva, onde posteriormente, bactérias orais anaeróbicas facultativas (xantina redutase) que ficam presentes na parte posterior da língua, reduzem aproximadamente 20% do conteúdo salivar de NO₃⁻ em NO₂⁻. (JONES, 2014; SPIEGELHALDER; EISENBRAND; PREUSSMANN, 1976).

Uma porção do NO₂⁻ salivar é posteriormente convertido a NO por uma variedade de reações catalisadas por enzimas no sangue e no ambiente ácido do estômago (KOBAYASHI; OHTAKE; UCHIDA, 2015). O NO₂⁻ que não entra no meio ácido do estômago é direcionado para a corrente sanguínea e atinge os músculos esqueléticos (LUNDBERG; WEITZBERG; GLADWIN, 2008). O NO por ser reconhecido como uma molécula sinalizadora, é responsável por induzir diversos processos fisiológicos durante o exercício, promovendo alterações importantes para melhorar o desempenho, como o relaxamento do músculo liso vascular mediado pela guanilil ciclase e consequente aumento do fluxo sanguíneo para fornecer um maior aporte de oxigênio (O₂), bem como o aumento da captação de glicose pelo músculo esquelético (FERGUSON et al., 2013; FRANCIS; BUSCH; CORBIN, 2010).

Por essa razão, tem crescido nos últimos anos o número de estudos investigando os efeitos da suplementação aguda de NO_3^- sobre o desempenho em diversas modalidades de exercícios e em diferentes populações (BAILEY et al., 2010; CERMAK; GIBALA; VAN LOON, 2012; MUGGERIDGE et al., 2013; PINNA et al., 2014; WYLIE et al., 2013a). Destes estudos, a maior parte objetivou analisar o efeito da suplementação de NO_3^- sobre parâmetros aeróbios ou desempenho relacionado ao metabolismo aeróbio.

O primeiro estudo que avaliou os efeitos agudos da suplementação de NO_3^- sobre o desempenho físico foi conduzido por Larsen *et al.* (2007). Os autores demonstraram que 3 dias de suplementação de NaNO_3^- (0,1mmol/kg/dia) provocou redução no consumo de oxigênio (VO_2) e significativo aumento da eficiência muscular durante a realização do exercício submáximo. Estes resultados foram surpreendentes, porque até então nenhuma abordagem dietética ou farmacológica havia sido descrita anteriormente para diminuir o VO_2 durante o exercício de mesma intensidade – melhora da economia de corrida.

A partir destes resultados, outras investigações sobre a suplementação de NO_3^- foram conduzidas e apresentaram novos benefícios como a melhora do tempo até a exaustão, a redução da taxa metabólica no domínio de intensidade moderado e severo, a melhora de testes de longa-duração e o desempenho em esportes de endurance (HOON et al., 2013; MC MAHON et al., 2017; PAWLAK-CHAOUCK et al., 2016; VAN DE WALLE; VUKOVICH, 2017; CAMPOS et al., 2018; LORENZO CALVO et al., 2020; GAO et al., 2021).

Contudo, nos últimos anos, o interesse sobre os efeitos da ingestão de NO_3^- como uma estratégia nutricional nos ganhos de força e parâmetros associados tem crescido significativamente (FULFORD et al., 2013; HAIDER; FOLLAND, 2014; TILIN et al., 2018). Inicialmente, Hernández *et al.* (2012) foram os pioneiros a avaliarem os efeitos da ingestão de NO_3^- na força contrátil muscular. Eles observaram que a suplementação de NO_3^- durante 7 dias aumentou o conteúdo de cálcio (Ca^{2+}) do retículo sarcoplasmático e por conseguinte, a capacidade de produção de força em ratos, sobretudo nos extensores longo dos dedos - constituídos predominantemente por fibras musculares do tipo II (fibras de contração-rápida). A partir destes resultados, novas investigações sobre a suplementação de NO_3^- foram conduzidas (FULFORD et al., 2013; HAIDER; FOLLAND, 2014; TILIN et al., 2018).

Evidências recentes têm demonstrado os efeitos da ingestão de NO_3^- sobre a força, potência (POT), velocidade e resistência à fadiga em humanos (ALVARES et al., 2021; SAN

JUAN et al., 2020; COGGAN et al., 2021; ROJAS-VALVERDE et al., 2021). Conforme visto recentemente por Coggan et al., (2021), a suplementação de NO_3^- aumentou ~5% da POT máxima neuromuscular no ciclismo, corrida e agachamento com carga inercial. Concomitantemente, Esen et al., (2022) apresentaram um potencial auxílio ergogênico da suplementação de NO_3^- sobre a POT pico e POT média, nestes mesmos exercícios, desta vez com duração ≤ 10 segundos em pessoas altamente ativas e treinadas, sugerindo que a combinação desta estratégia nutricional associada ao treinamento envolvendo movimentos rápidos, pode ser fundamental para aumento das respostas adaptativas e transferência destas ações explosivas dentro das atividades esportivas.

Ademais, Alvares et al., (2021) elucidaram os efeitos da ingestão de NO_3^- na força e resistência muscular dos flexores do antebraço e nos extensores do joelho. Os autores demonstraram desempenho insignificante na força muscular, independente do nível de treinamento (atletas, recreacionais ou destreinados), frequência da ingestão (simples ou múltipla), grupamento muscular (flexores do antebraço ou extensores do joelho) ou tipo de contração envolvida (isométrica ou isocinética). No entanto, na resistência muscular, houve pequeno aumento no desempenho e as contrações isotônicas (dinâmicas) foram mais responsivas à suplementação de NO_3^- quando comparadas às contrações isométricas e isocinéticas. Corroborando estes achados em relação ao tipo de contração, em uma revisão sistemática com metanálise, Lago-Rodríguez et al., (2020) não demonstraram melhoras significativas na força pico isocinética de membros inferiores após a ingestão aguda de NO_3^- independente das velocidades angulares utilizadas ($60^\circ/\text{s}$, $90^\circ/\text{s}$, $180^\circ/\text{s}$, $240^\circ/\text{s}$, $270^\circ/\text{s}$ e $360^\circ/\text{s}$). Em contrapartida, em um dos estudos incluídos nesta revisão, os autores apresentaram que após a ingestão de NO_3^- houve um aumento de ~11% e ~9% no pico de torque de extensão do joelho em altas velocidades angulares, $360^\circ/\text{s}$ e $270^\circ/\text{s}$, respectivamente (COGGAN et al., 2016). Em conjunto, tanto com base no que foi observado em modelo animal e tendo como referência os resultados dos estudos supracitados, estes achados se estendem e pressupõem que a suplementação de NO_3^- poderia impactar positivamente as contrações musculares com altas velocidades durante os esforços (HERNÁNDEZ et al., 2012).

Para a alta produção de força e POT no cenário esportivo, o programa de treinamento dos atletas necessita de uma manipulação aguda adequada das variáveis, como o número de séries e repetições, carga, tipo e ordem do exercício (SPIERING et al., 2008; TOIGO; BOUTELLIER, 2006). Além disso, um outro fator que tem sido alvo de investigações e que pode influenciar positivamente as adaptações decorrentes do treinamento resistido é a

velocidade do movimento (GONZÁLEZ-BADILLO; SÁNCHEZ-MEDINA, 2010). Embora a relação entre a velocidade e força tenha sido determinada inicialmente por Hill em 1938, González-Badillo e Sánchez Medina (2010) foram um dos primeiros autores a utilizarem a velocidade do movimento para controlar a intensidade da carga no treinamento resistido (HILL, 1938). Estes autores observaram uma relação linear, inversa e forte entre a velocidade propulsiva média (VPM) e a carga utilizada no supino, apresentando que através da velocidade do movimento seja possível avaliar a força máxima dos sujeitos sem a necessidade de realizar o teste de uma repetição máxima (1RM) ou o teste de número máximo de repetições até a falha (NMRF). Além disso, com base nesse pressuposto, seja possível determinar o percentual de 1RM (%1RM) que está sendo utilizado assim que a primeira repetição com qualquer carga for realizada e, prescrever e monitorar a carga de treinamento de acordo com a velocidade, ao invés do uso do %1RM ou NMRF (WEAKLEY et al., 2021). A partir deste trabalho, novos estudos foram conduzidos e apresentaram que, por meio de uma equação de regressão linear é possível obter a mesma relação entre a velocidade do movimento e o %1RM em outros exercícios, como o agachamento (RANDELL et al., 2011; CONCEIÇÃO et al., 2016).

Dentre as questões metodológicas que estão relacionadas ao uso da abordagem baseada em velocidade encontra-se o tipo de velocidade adotada para estruturar a relação carga-velocidade, seja a velocidade média, a VPM e a velocidade pico (WEAKLEY et al., 2021). A velocidade média tem sido definida como a velocidade média registrada do início da fase concêntrica até a barra atingir a altura máxima. Já a VPM é apresentada como a velocidade média do início da fase concêntrica até a aceleração da barra ser menor do que a aceleração (-9,81m/s), enquanto que a velocidade pico é caracterizada como sendo o maior valor obtido durante a fase concêntrica. O uso das três variáveis de velocidade viabilizaram a criação do perfil carga-velocidade altamente linear, preciso e confiável (GARCÍA-RAMOS et al., 2018). No entanto, a VPM pode oferecer informações mais relevantes por não levar em consideração a fase de frenagem do movimento (GARCÍA-RAMOS et al., 2018).

Segundo Pareja-Blanco et al., (2017) o treinamento baseado na relação carga-velocidade utilizando o exercício agachamento, sobretudo o treinamento de alta velocidade, apresentou vantagens superiores para o desempenho esportivo quando comparado ao treinamento tradicional utilizando cargas baseadas em %1RM. Corroborando estes achados, Dorrell, Smith e Gee (2019) demonstraram que o treinamento baseado em alta velocidade promoveu adaptações favoráveis importantes na força máxima do supino e altura do salto vertical, mas sem diferença significativa nos ganhos de força do agachamento em comparação com o método

tradicional. Ademais, treinar na máxima velocidade intencional (MVI) induziu maiores ganhos de força no teste de 1RM no supino (18,2 vs 9,7%), na média da VPM (20,8 vs 10,0%) independente se as cargas utilizadas foram leves (11,5 vs 4,5%) ou pesadas (36,2 vs 17,3%) quando comparados a treinar de forma lenta (GONZÁLEZ-BADILLO et al., 2014). Morrissey et al., (1988) demonstraram que treinar de forma rápida no agachamento aumentou a magnitude e quantidade dos efeitos nos testes de desempenho em comparação com o treinamento lento. Estes ganhos superiores decorrentes da MVI podem estar associados a maior produção de força a cada repetição devido a uma maior ativação dos músculos agonistas, além da contribuição de fatores neurofisiológicos, como o aumento no nível de condução dos motoneurônios, a elevação do impulso neural eferente com o recrutamento de unidades motoras e frequência de disparos, bem como por meio de alterações na composição da isoforma de cadeia pesada da miosina (SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012; HATFIELD et al., 2006; PADDON-JONES et al., 2001; BOJSEN-MØLLER et al., 2005; AAGAARD et al., 2002).

Recentemente, um estudo conduzido por Williams *et al.*, (2020) examinou os efeitos da suplementação aguda de NO_3^- na POT média, velocidade média e volume total durante 3 séries de 12 repetições a 70% de 1RM utilizando a MVI no exercício supino. Os resultados deste estudo demonstraram um aumento na velocidade média, POT média e número de repetições totais, sugerindo a suplementação de NO_3^- como um potencial auxílio ergogênico para indivíduos que queiram melhorar a sua performance neste exercício.

Por outro lado, Ranchal-Sanchez et al., (2020) apresentaram que a suplementação de NO_3^- melhorou apenas o número de repetições na MVI no exercício agachamento a 60, 70 e 90% de 1RM, mas não no supino. Além disso, não houve qualquer efeito na melhora da velocidade concêntrica do movimento ou produção de POT em qualquer um dos exercícios. Essas diferenças encontradas sobre a parte superior e inferior do corpo podem estar atreladas ao recrutamento de unidades motoras em músculos menores quando comparado com o de músculos maiores, conforme observado em condições similares com a ingestão de cafeína (GRGIC; MIKULIC, 2017; WARREN et al., 2010; GRGIC et al., 2018). Além disso, o exercício supino foi executado após a realização do exercício agachamento durante o procedimento de avaliação, dessa forma, o desempenho dos participantes pode ter sido afetado pela fadiga neuromuscular acumulada, que também pode estar atribuída pelo acúmulo de metabólitos como a adenosina difosfato (ADP) e o fosfato inorgânico (Pi) (WESTERBLAD et al., 1998).

Adicionalmente, em alguns esportes, a capacidade de não somente produzir, mas sustentar a força em um curto espaço de tempo em determinados movimentos é crucial para o desempenho competitivo (STONE et al., 2002; MORRISSEY et al., 1995). No entanto, manter tal atividade pode levar ao aparecimento da fadiga. A fadiga muscular induzida pelo exercício é um fenômeno multifatorial e complexo, cuja etiologia é controversa e alvo de bastantes debates (ENOKA; DUCHATEAU, 2008; PLACE et al., 2010). No entanto, apesar das muitas definições, a fadiga tem sido caracterizada como a incapacidade na produção de força, POT e velocidade, levando a uma redução gradativa percentual nesses parâmetros de desempenho a cada repetição, sendo influenciada não somente por fatores periféricos (processos musculares e metabólicos), mas também em razão de fatores centrais (processos neurais) (WILLIAMS; RATEL, 2009). A fadiga periférica é causada por mudanças na junção neuromuscular até componentes contráteis que estão envolvidos sobre a transmissão dos potenciais de ação muscular que resultam na diminuição da força, enquanto a fadiga central é definida como a diminuição na ativação voluntária dos músculos, diretamente associada à redução da sincronização e frequência dos motoneurônios e a uma redução do acionamento do córtex motor no decorrer de uma contração máxima (GANDEVIA, 2001; ZAJAC et al., 2015; TORNERO-AGUILERA, 2022).

Deste modo, a utilização de estratégias, principalmente por meio da ingestão de substâncias nutricionais, podem atenuar a percepção dos efeitos negativos da fadiga e promover alterações neuromusculares durante o exercício (SUN et al., 2022; ZANELLA; ALVES; DE SOUZA, 2016; HOUSTON et al., 2018; GRGIC et al., 2020). É importante destacar que atualmente existe uma variedade de métodos e testes de campo para quantificar a produção de força e a fadiga neuromuscular, dentre estes, destacam-se a contração voluntária máxima (CVM), o percentual da perda de velocidade (%PVEL), a técnica de interpolação de estímulos (*twitch interpolation*) e a altura do salto vertical contra movimento (SVCM) (MERTON, 1954; PAREJA-BLANCO et al., 2017; CLAUDINO et al., 2017).

No entanto, segundo Gandevia (2001), durante a CVM não é possível atingir a real capacidade de produção de força máxima de forma voluntária devido a um “estoque” teórico existente e acessado apenas em condições especiais. Dessa forma, utilizar o emprego da força máxima voluntariamente são consideradas circunstâncias submáximas de esforço. Por outro lado, o uso de contrações interpoladas vem sendo considerado um dos principais procedimentos utilizados para acessar a força máxima reserva e investigar a força máxima que o indivíduo consegue produzir por meio de ativação voluntária e comparar com a força máxima evocada

por estimulação elétrica (MERTON, 1954; DAVIS; FITTS, 2001).

Já o %PVEL tem sido adotado como indicador não invasivo da fadiga neuromuscular durante o exercício resistido e usado para quantificar a extensão da fadiga induzida por cada repetição (SANCHEZ-MEDINA; GONZÁLEZ-BADILLO, 2011). A magnitude do %PVEL tem se apresentado como um indicador objetivo do estresse metabólico e hormonal induzido por diferentes protocolos de exercício (MORÁN-NAVARRO et al., 2019; PAREJA-BLANCO et al., 2017; SANCHEZ-MEDINA; GONZÁLEZ-BADILLO, 2011). Existem diferentes métodos que são comumente utilizados como: 1) calcular o %PVEL durante as séries consecutivas da sessão, analisando o %PVEL da repetição mais rápida (frequentemente a primeira) para a mais lenta (última) de cada série e a média das séries e; 2) observar a mudança no %PVEL comparando os valores pré e pós exercício utilizando uma mesma carga específica. No entanto, até o presente momento não há trabalhos evidenciando os efeitos da ingestão de qualquer substância ergogênia durante uma sessão de treinamento sobre esta variável.

Além disso, alguns trabalhos têm utilizado o desempenho do SVCMM como uma medida integrada do desempenho de força e uma estratégia interessante para monitorar a fadiga neuromuscular dos membros inferiores, onde por meio do cálculo da variação percentual na altura do SVCMM antes e após uma tarefa exaustiva, seja possível quantificar a extensão da fadiga, sendo a altura média dos saltos mais sensível para o monitoramento dos efeitos da fadiga do que a maior altura alcançada (CLAUDINO et al., 2017; GATHERCOLE et al., 2015).

Os efeitos da suplementação de NO_3^- no desempenho e fadiga neuromuscular através do SVCMM têm sido investigados e vêm apresentando resultados conflitantes (JONVIK et al., 2021; CUENCA et al., 2018; CLIFFORD et al., 2016). Dessa forma, pouco se sabe sobre as manifestações dos efeitos da suplementação de NO_3^- no desempenho e fadiga neuromuscular do SVCMM antes e após uma sessão de treinamento utilizando o exercício agachamento.

Portanto, considerando que geralmente o principal objetivo do programa de treinamento de força e potência para atletas é mover a curva força-velocidade para a direita e atenuar o aparecimento e desenvolvimento da fadiga, isso pode resultar na melhora da capacidade de levantar e sustentar altas cargas em alta velocidade (melhora da taxa de desenvolvimento de força [TDF]). No entanto, pouco se sabe se a ingestão de NO_3^- antes da sessão de treino poderia aumentar agudamente a velocidade do movimento e, assim, contribuir para o aumento da intensidade do treino, sobretudo na melhora do desempenho em exercícios que são utilizados

com frequência nas rotinas habituais de treinamento e que apresentam transferência importante para o desempenho esportivo, como o agachamento.

Até o momento, a literatura não apresenta estudos que investigaram os efeitos da suplementação de NO_3^- sobre os componentes centrais e periféricos da fadiga após uma sessão de agachamento na MVI. Portanto, faz-se necessário analisar a influência da suplementação aguda de NO_3^- no agachamento sobre os parâmetros de força, POT, velocidade e fadiga neuromuscular.

Deste modo, dado que a suplementação aguda de NO_3^- contribuiu para o aumento do desempenho e redução da fadiga dos membros superiores, a hipótese do presente projeto é que a ingestão de NO_3^- também possa auxiliar para os ganhos de POT, velocidade e redução da fadiga neuromuscular no exercício agachamento em indivíduos treinados, auxiliando cientistas do esporte a adicionarem esse tipo de estratégia nas rotinas habituais de seus atletas, promovendo adaptações ao treinamento para maximizar o desempenho atlético e atenuar os efeitos e o aparecimento precoce da fadiga.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL:

Investigar os efeitos da suplementação aguda de NaNO_3^- na fadiga neuromuscular e desempenho da força, POT e velocidade propulsiva média durante uma sessão de treinamento de força utilizando o exercício de agachamento na MVI.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analisar os efeitos da suplementação aguda de NaNO_3^- sobre o comportamento do SVCM antes e após a sessão de treinamento utilizando o exercício agachamento.
- Analisar os efeitos da suplementação aguda de NaNO_3^- na VPM, POT e percentual da perda de velocidade (%PVEL) a 40% e 90% de 1RM antes e após a sessão de treinamento utilizando o exercício agachamento.
- Analisar os efeitos da suplementação aguda de NaNO_3^- na VPM, POT e %PVEL durante as 3 séries de 12 repetições a 70% de 1RM durante o sessão de treinamento utilizando o exercício agachamento.
- Analisar os efeitos da suplementação aguda de NaNO_3^- sobre a contração voluntária máxima (CVM) após uma sessão de treinamento utilizando o exercício de agachamento.
- Analisar os efeitos da suplementação aguda de NaNO_3^- sobre o comportamento da fadiga neuromuscular (central e periférica) após uma sessão de treinamento no agachamento utilizando a técnica de *twitch interpolation*.

3 MÉTODO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO:

Para este estudo foi utilizado um desenho *cross-over* randomizado e duplo-cego.

3.2 AMOSTRA:

Nove jovens saudáveis do sexo masculino participaram do estudo. Os voluntários foram recrutados por meio de publicação do projeto nas redes sociais e através dos cartazes fixados nos murais do Departamento de Educação Física e do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Na divulgação, foram informados o número do telefone e e-mail dos integrantes da equipe envolvida na pesquisa para que os interessados entrassem em contato.

Para envolvimento no presente trabalho, os voluntários deveriam: 1) Ser do sexo masculino; 2) Ter entre 18 a 35 anos; 3) Estar treinando a no mínimo 06 meses com treinamento de força; 4) Ter experiência na execução dos exercícios propostos para avaliação.

Os sujeitos não poderiam: 1) Fazer o uso de substâncias ergogênicas, suplementares ou medicamentosas; 2) Ter histórico de lesões musculoesqueléticas recentes; 3) Ter alguma doença cardiometabólica como hipertensão, diabetes, obesidade ou qualquer outro problema de saúde que impossibilitasse a sua participação na condução do estudo ou na execução dos exercícios.

Foram adotados como critérios de exclusão: 1) Não tomar a suplementação fornecida pelos pesquisadores da maneira adequada conforme orientações; 2) Faltar a alguma das visitas; 3) Não ser capaz de realizar os protocolos de exercício de maneira adequada; 4) Passar a contrariar algum dos critérios de inclusão durante o período experimental.

Antes do início do teste e do período de coleta de dados, todos os participantes foram informados sobre a relevância, os procedimentos, possíveis riscos e benefícios, bem como orientações para a participação na pesquisa, dentre estas, estavam a restrição do consumo de caféina e o uso de enxaguantes orais. Ao concordarem em participar, os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) devidamente datado (Apêndice A).

Conforme resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, todos os protocolos e procedimentos foram aprovados e seguiram as recomendações do Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS-UFPE), com parecer sob o número 3.492.927 (Apêndice B).

3.3 DESENHO EXPERIMENTAL:

O estudo foi dividido em 04 etapas conforme apresentado na Figura 2:

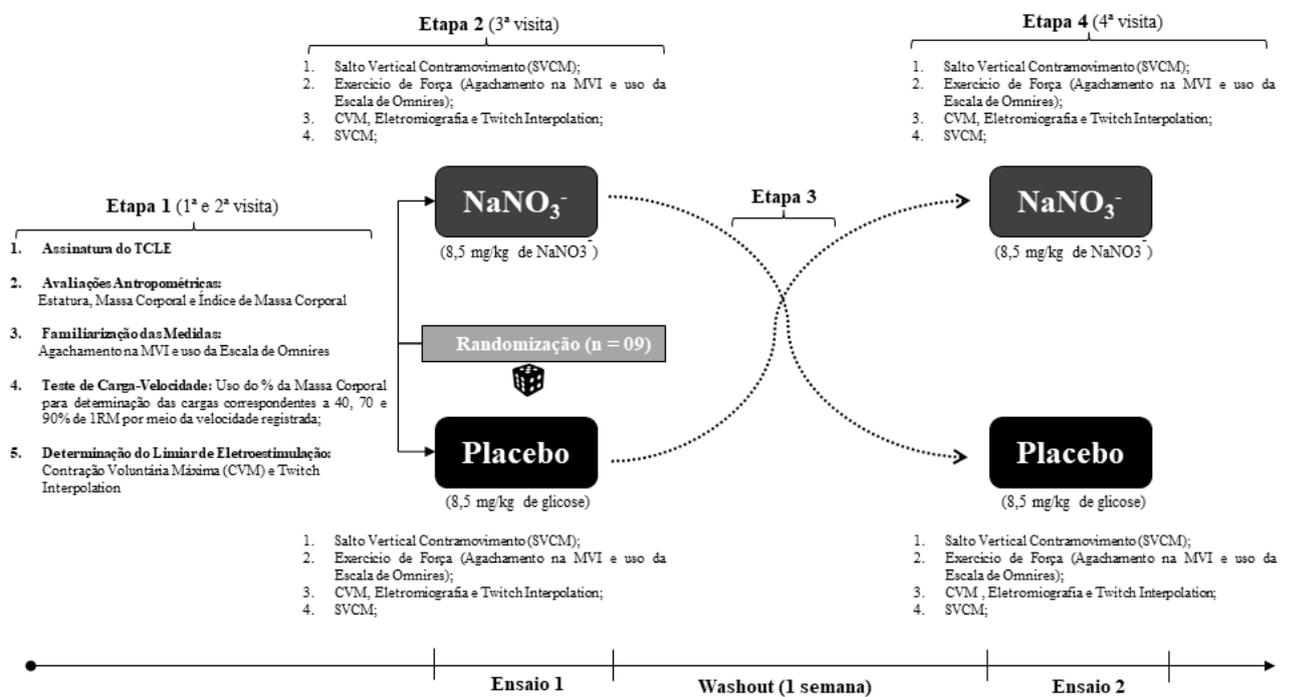


Figura 2. Desenho Geral do Estudo

A etapa 1 consistiu na realização de duas visitas ao laboratório, em dois dias distintos, para tratar desde a assinatura do TCLE à realização de avaliações antropométricas para caracterização da amostra através da avaliação da estatura, massa corporal e índice de massa corporal (IMC). Em seguida, foram realizados procedimentos de familiarização das medidas por meio do agachamento na MVI e das escalas subjetivas de esforço (CR100 e OMNI-RES). Além disso, foram obtidas as cargas correspondentes a 40, 70 e 90% de 1RM por meio da relação carga-velocidade utilizando diferentes percentuais da massa corporal. Por fim, foi utilizado a técnica de *twitch interpolation* para determinação do limiar de eletroestimulação durante a CVM.

Após a conclusão da etapa 1, um pesquisador não envolvido no estudo realizou a randomização do protocolo da suplementação. O sigilo de alocação foi realizado por meio de envelopes pretos e opacos os quais foram selados e numerados para os indivíduos selecionados para o estudo. Durante o período de intervenção, o avaliador permaneceu cego a respeito da suplementação a qual o voluntário foi submetido. Dessa forma, apenas o pesquisador responsável pela randomização realizou a entrega das suplementações e teve conhecimento do protocolo alocado para cada voluntário (NaNO_3^- ou PLA). Além disso, os pesquisadores responsáveis pela randomização, alocação, avaliação e intervenção foram previamente treinados.

A etapa 2 e terceira visita teve início após o término da etapa anterior e aproximadamente 96 horas do processo de randomização, onde os sujeitos que receberam e fizeram a ingestão de NaNO_3^- ou PLA foram submetidos a um ensaio experimental envolvendo o protocolo de exercício utilizando o agachamento na MVI. Além disso, foram utilizadas a avaliação pré e pós do SVCM, a técnica do twitch interpolation e as escalas subjetivas de esforço para avaliação da fadiga neuromuscular.

Em seguida, foi iniciada a etapa 3, a qual foi caracterizada por 7 dias - uma semana - necessários para o período de washout. Nesta etapa os participantes tiveram o novo recebimento da suplementação (NaNO_3^- ou PLA) e fizeram o cruzamento das condições experimentais para a etapa subsequente. Durante este período, os sujeitos foram orientados a manter a sua rotina habitual de treinamento, exceto nas 48 horas que antecederiam o segundo ensaio experimental.

Na etapa 4 e última visita, foram repetidos o protocolo do primeiro ensaio experimental. No entanto, os participantes que inicialmente fizeram a suplementação de NaNO_3^- na segunda etapa, neste momento, foi administrado o PLA e, para os sujeitos que receberam o PLA na etapa 2, foi administrado o NaNO_3^- .

No total, foram realizadas quatro visitas: duas para familiarização e duas para ensaios experimentais. Todas as visitas foram realizadas no mesmo período do dia para evitar qualquer efeito de variação circadiana. Durante todo este período os sujeitos foram orientados a não realizar quaisquer exercícios para membros inferiores em até 48 horas antes dos ensaios experimentais.

A calibração dos equipamentos foi realizada antes de cada tentativa para garantir uma maior confiabilidade dos testes. Todos os procedimentos experimentais foram realizados nas

dependências do Núcleo de Educação Física e Desportos da Universidade Federal de Pernambuco (NEFD-UFPE).

3.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS:

3.4.1 ANTROPOMETRIA

Na avaliação antropométrica foram coletadas a estatura e a massa corporal. Para a medida da massa corporal foi utilizada uma balança eletrônica (Welmy[®], Brasil) com precisão de 0,1 kg. Para este procedimento, os participantes deveriam estar com roupas leves e foram orientados a retirarem os calçados e qualquer acessório de metal. Para medir a estatura dos participantes foi utilizado um estadiômetro (Welmy[®], Brasil) com precisão de 0,1 cm. Para realização desta medida, os voluntários foram instruídos a permanecerem descalços, em posição ereta e de costas para o estadiômetro.

Com base nas medidas de massa corporal e estatura, o IMC [massa corporal (kg)/estatura (m)²] foi calculado para cada sujeito.

3.4.2 FAMILIARIZAÇÃO DAS MEDIDAS E TESTE PARA DETERMINAÇÃO DA CARGA-VELOCIDADE:

Durante as sessões de familiarização, os participantes inicialmente fizeram um aquecimento geral constituído por duas séries de 12 repetições de agachamento na MVI utilizando um bastão, além de duas séries de 40 segundos de estímulo de corrida estacionária (skipping alto). Foram adotados 30 segundos de intervalo de descanso passivo entre cada série.

Em seguida, para determinação da carga-velocidade foram realizadas seis séries de agachamento na MVI, na barra livre, tendo como resistência diferentes valores percentuais da própria massa corporal do sujeito:

- **1ª série:** 12 repetições na MVI a 50% da Massa Corporal;
- **2ª série:** 10 repetições na MVI a 70% da Massa Corporal;
- **3ª série:** 08 repetições na MVI a 80% da Massa Corporal;
- **4ª série:** 06 repetições na MVI a 90% da Massa Corporal;
- **5ª série:** 03 repetições na MVI a 100% da Massa Corporal;
- **6ª série:** 03 repetições na MVI a 110% da Massa Corporal;

Após cada série, os sujeitos foram orientados a adotarem um período de 3 minutos de

intervalo para descanso. Durante cada série de agachamento foi utilizado um encoder linear (Vitruve[®], Espanha). Este equipamento é constituído por um codificador portátil que tem a função de medir movimentos angulares e uma bobina que permite linearizar estes movimentos e, desta forma, medi-los. Na base do dispositivo há 6 imãs para fixa-lo ao chão e um cabo que foi acoplado verticalmente ao lado esquerdo da barra usando uma tira de velcro (Figura 3).

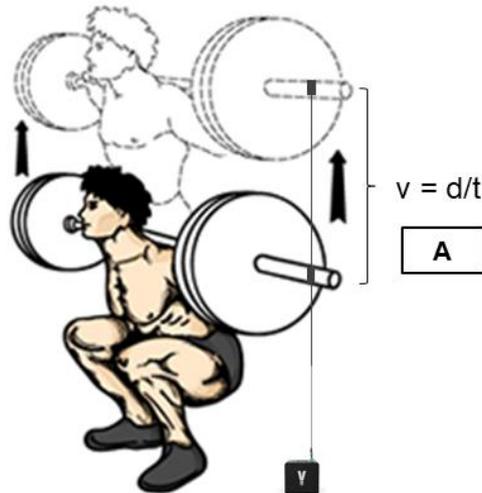


Figura 3. Exemplo do uso do Encoder Linear (Vitruve[®]) para Medição da Velocidade do Movimento no Exercício Agachamento. **A:** Fase Concêntrica.

Por meio de uma tela que mostra os dados em tempo real foi possível obter informações da distância da barra percorrida, da VPM, da velocidade máxima e da POT gerada a cada repetição e por seguinte, a cada série. Os dados foram registrados diretamente pela diferenciação dos dados de deslocamento em relação ao tempo a uma taxa de amostragem de 1.000-Hz através de conexão Wi-Fi com um iPad (Apple[®], iOS) utilizando o aplicativo Vitruve[®].

Desta forma, foi obtido o registro das velocidades da barra em cada repetição e série envolvendo as diferentes condições de resistência externa da massa corporal (50%, 70%, 80%, 90%, 100% e 110%) e, por meio da relação forte e linear existente entre a velocidade do movimento e do %1RM, foi possível estimar o valor correspondente a 1RM, e prescrever a carga e velocidade de treinamento correspondente a 40, 70 e 90% de 1RM que foi utilizada durante o protocolo do exercício de força utilizando o agachamento. Para isto, foi utilizado uma análise de regressão linear utilizando a planilha do Excel (Anexo C).

Portanto, tendo como referência as velocidades registradas e obtidas nas sessões de

familiarização, bem como a determinação da carga-velocidade, foram realizadas uma ou mais séries com 3 repetições para cada carga-velocidade até atingir as velocidades esperadas para 40, 70 e 90% de 1RM.

Ao final desta primeira etapa, os voluntários fizeram uma familiarização com a técnica do *twitch interpolation* para determinação do limiar de eletroestimulação e se habituaram com as escalas subjetivas de esforço “CR-100” e “OMNI-RES” para verificação da percepção de esforço produzida pela sessão e pelas séries, respectivamente (Anexo B).

3.4.3 DETERMINAÇÃO DO LIMIAR DE ELETROESTIMULAÇÃO:

Durante a determinação do limiar de eletroestimulação, os sujeitos foram posicionados sentados em cadeira extensora desenhada especificamente para essa análise (Figura 4). Os sujeitos foram posicionados e orientados a ficarem com o quadril e joelhos flexionados em $\sim 120^\circ$ e 90° , respectivamente, e firmemente presos ao assento por cintos cruzados na altura do peito, cintura e também na parte inferior da coxa. Os cintos foram utilizados para limitar movimentos do quadril e tronco.



Figura 4. Cadeira extensora adaptada para realização da eletroestimulação durante a Contração Voluntária Máxima (CVM).

Um fio de aço inextensível foi acoplado a uma cinta de velcro presa no membro inferior direito (perna dominante de todos os participantes), na altura do tornozelo e conectado a uma

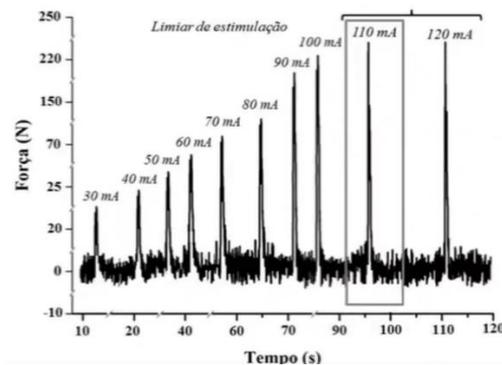
célula de carga (National Instruments®) para possibilitar a aplicação de força de forma linear (Figura 5).



(Fonte: Dissertação – Carlos de Henrique Dantas Cavalcanti de Almeida (PPGEF-UFPE))

Figura 5. Equipamento acoplado no tornozelo do voluntário durante a Contração Voluntária Máxima (CVM).

Através de aplicação de estímulos elétricos incrementais sucessivos (incrementos de 5-10 mA) no nervo femoral com o músculo relaxado foi possível obter a determinação do limiar máximo de resposta à eletroestimulação (Figura 6). Os incrementos sucederam até o limite voluntário de sensação de desconforto do voluntário ou até que um platô na força evocada e na amplitude da onda-M fosse alcançado, ou seja, mesmo com o incremento não houve aumento do torque produzido pelo músculo (TRAJANO et al., 2014).



(Fonte: Youtube - Gecifex)

Figura 6. Representação esquemática da determinação do limiar máximo de eletroestimulação utilizando a técnica de *twitch interpolation* durante a contração voluntária máxima (CVM).

A partir da intensidade na qual mesmo com o incremento de intensidade não houve aumento do torque produzido pelo músculo relaxado, foi adicionado 20% a este valor encontrado para garantir estímulos supramáximos (120%) no protocolo de avaliação neuromuscular.

Para tal, foram utilizados eletrodos de borracha condutiva (7 x 5 cm) posicionados no triângulo femoral (cátodo) e na dobra glútea (ânodo) oposta ao cátodo (BERQUIST; CLAIR; COLLINS, 2011). Além disso foi utilizado um protótipo de eletroestimulação (Insight[®], Ribeirão Preto - Brasil) (Figura 7).



Figura 7. Protótipo de Eletroestimulação (Insight[®], Ribeirão Preto - Brasil).

3.4.4 PROTOCOLO DE SUPLEMENTAÇÃO:

Após o processo de randomização, os participantes receberam NaNO_3^- : (8,5 mg/kg de NaNO_3^-) ou PLA: (8,5 mg/kg de glicose) de um pesquisador independente, não envolvido nos testes. As condições de suplementação de NaNO_3^- e PLA foram separadas em 3 potes distintos (300mg, 100mg e 50mg) para alcance do valor calculado pela massa corporal.

Cada sujeito ficou responsável de fazer a administração de uma das condições durante 3 dias consecutivos em suas próprias casas. Os voluntários foram orientados a realizar o consumo da suplementação nos dias consecutivos no mesmo turno. As cápsulas de NaNO_3^- e PLA eram semelhantes em tamanho, formato e cor. Além disso, após a ingestão, os sujeitos foram questionados quanto à percepção do suplemento ingerido no que se refere a coloração, sabor e odor.

No dia do primeiro e segundo ensaio experimental, os voluntários foram orientados a consumir a última dosagem duas horas antes de cada ensaio experimental. Este tempo foi adotado para aumento dos níveis plasmáticos de NO_2^- , conforme apresentado por outros autores (BESCÓS et al., 2011; BAILEY et al., 2010).

Os participantes deveriam evitar a ingestão de alimentos ricos em NO_3^- , o uso de outras substâncias ergogênicas, suplementares, medicamentosas e estimulantes, além de bala ou goma de mascar, bebidas com teor de álcool nos três dias que antecediam cada visita laboratorial, objetivando não alterar a microbiota oral. Ademais, os voluntários deveriam evitar usar enxágues anti-sépticos uma semana antes da primeira visita ao laboratório e durante todo o estudo e evitar exercícios extenuantes durante o período de intervenção.

3.4.5 SALTO VERTICAL CONTRAMOVIMENTO (SVCN):

Antes e após a realização do protocolo de exercício utilizando o exercício agachamento, os participantes foram solicitados a realizarem uma sequência de três saltos verticais contra movimento (SVCN) com intervalo de 15 segundos entre cada repetição, utilizando um tapete de contato (Elite Jump, S2 Sports), desenvolvido para medir o tempo de voo e estimar a altura do salto (H) por meio da seguinte equação (Bosco et al. 1995):

$$H = (\text{tempo de voo}^2 \times \text{aceleração da gravidade} \times 8^{-1}).$$

Os sujeitos foram instruídos a iniciar o movimento com os joelhos e quadril estendidos (em pé). Após um estímulo verbal, os voluntários deveriam flexionar os joelhos e quadril a 90° e estender rapidamente para alcançar um alto tempo de voo e, dessa forma, obter a maior altura do salto possível.

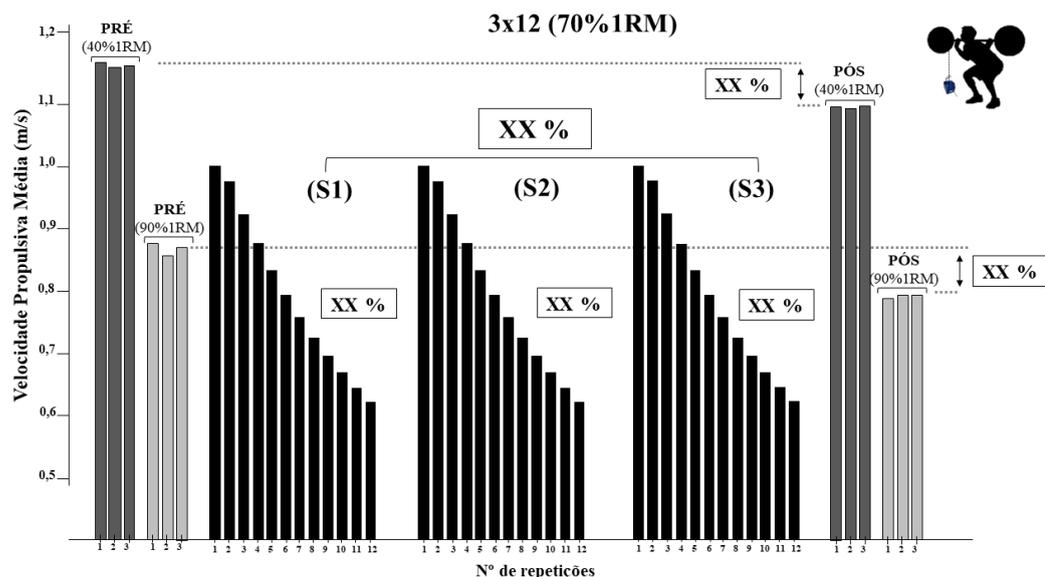
Durante a realização do salto, os sujeitos foram orientados a permanecerem com as mãos na cintura e ao aterrisar deveriam manter os joelhos estendidos. Para quantificação do desempenho dos saltos verticais foi utilizado a média da altura dos três saltos para análise. Foram analisadas a altura média do SVCN antes e após cada ensaio experimental envolvendo as condições NaNO_3^- ou PLA.

3.4.6 EXERCÍCIO DE FORÇA:

Antes e após o protocolo de exercício agachamento, os participantes realizaram 3 repetições na MVI a 40 e 90% de 1RM (a carga foi determinada pela estimativa de 1RM por meio da relação carga-velocidade obtida nos procedimentos de familiarização).

O protocolo do exercício de agachamento foi caracterizado por 3 séries de 12 repetições na MVI com uma carga correspondente a 70% de 1RM proveniente da determinação do perfil carga-velocidade. Foram adotados três minutos de intervalo entre cada série. Para padronização das execuções, os sujeitos foram orientados a manter os joelhos a 90° e realizarem cada repetição na fase concêntrica na MVI. A avaliação e registro da POT e da VPM em cada repetição foi realizada por meio da utilização de um encoder linear (Vitruve®, Espanha). Além disso, com base na queda da produção de velocidade a cada repetição, foi possível obter o %PVEL em cada momento. A Figura 8 mostra um exemplo representativo do protocolo de exercício utilizando o agachamento observando a VPM em cada repetição e durante a utilização de cargas distintas (40 e 90% de 1RM) pré e pós exercício.

Foi analisado o %PVEL por meio da comparação da VPM a 40 e 90% de 1RM antes e após o exercício. Além disso, foi registrada a VPM em cada repetição e o %PVEL em cada série a 70% de 1RM.



(Adaptado de SANCHEZ-MEDINA; GONZÁLEZ-BADILLO, 2006)

Figura 8. Exemplo da quantificação da VPM a 40, 90 e 70% de 1RM no exercício agachamento. Tanto o %PVEL a 40, 90 pré e pós exercício e nas três séries a 70% de 1RM foram calculados.

3.4.7 ESCALAS SUBJETIVAS:

Durante o período de familiarização, os sujeitos participaram de um processo de conhecimento e visualização da Escala Subjetiva de OMNI-RES, onde a definição padrão de esforço percebido, bem como as instruções para obtenção de uma resposta mais fidedigna foram lidas.

Para a ancoragem, foi usado uma combinação de exercício e procedimentos de memória. Neste procedimento, o sujeito determinou cognitivamente uma intensidade de esforço que está de acordo com o apresentado visualmente pela figura. Na OMNI-RES a escala numérica é expressa de 0 (extremamente fácil) a 10 (extremamente difícil) (Anexo B). Após o término de cada série no exercício agachamento durante cada ensaio experimental, os sujeitos foram instruídos a escolher qualquer número conforme a sua percepção de esforço. Esses valores escolhidos foram registrados para verificação do esforço produzido pelas séries.

Assim como a escala de OMNI-RES, a escala de “CR-100 (centiMax)” foi utilizada para verificação da percepção de esforço produzida pela sessão.

3.4.8 TESTE DE CONTRAÇÃO VOLUNTÁRIA MÁXIMA E ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA:

Uma célula de carga (National Instruments®) foi utilizada para mensuração da produção de força a cada CVM. Para tal, a célula de carga tinha uma extremidade fixada na cadeira extensora (Figura 9).



(Fonte: Dissertação – Carlos de Henrique Dantas Cavalcanti de Almeida (PPGEF-UFPE))

Figura 9. Fixação da célula de carga (National Instruments®) na cadeira extensora para mensuração da força.

No dia de cada avaliação, foi feita uma calibração do equipamento através de pesos conhecidos. A partir dos valores adquiridos pelo sistema e os pesos conhecidos, foi realizado uma análise de regressão linear e, através da equação de regressão os valores em mV foram convertidos em kilograma Força (kgf) (Anexo D).

Os voluntários foram encorajados verbalmente e não receberam feedback visual e em tempo real do nível de força aplicado durante a CVM. Para a avaliação, os voluntários foram instruídos a produzir a sua máxima força possível e mantê-la durante 5 segundos em cada CVM. Os dados brutos de força foram exportados para o Excel 2016, onde posteriormente foram tabulados e utilizados para análise.

Dando seguimento ao procedimento experimental, foi realizada a técnica do *twitch interpolation* (Figura 10).



Figura 10. Setup da Técnica de *Twitch Interpolation*.

Durante as CVMs, após os 5 segundos iniciais e estabilização da força, foram aplicados estímulos elétricos supramáximos (20% acima do limiar individual de eletroestimulação).

Dessa forma, todo o protocolo envolveu a aplicação de 4 estímulos elétricos no nervo femoral a cada tentativa de CVM. O primeiro estímulo elétrico, foi de pulso duplo com uma frequência de 100Hz (1 milissegundo [ms] de duração do pulso, 10 ms de intervalo entre os

pulsos) aplicado durante a contração (Twitch Superimposto [TS]). Dois segundos após a CVM, com o músculo relaxado, foi aplicado um segundo estímulo com pulso duplo com uma frequência de 100Hz (1ms de duração do pulso, 10 ms de intervalo entre os pulsos - Twitch Controle [TC1]). Em seguida, foram aplicados novos estímulos elétricos: um pulso duplo com uma frequência de 10Hz (1ms de duração do pulso, intervalo de 100 entre os pulsos[TC2]) e, por fim, um pulso simples de 100Hz (1ms de duração do pulso[TC3]).

Durante a avaliação do *twitch interpolation* foram obtidas as variáveis relativas ao sinal de força, amplitude do TS e TP, e percentual de ativação voluntária (%AV), bem como as variáveis *root mean square* (RMS) e amplitude máxima do sinal eletromiográfico (Onda-M).

A força evocada no momento do estímulo durante a CVM foi assumida como TS, enquanto que a força após a CVM foi relatada como TC. O %AV foi assumido como a diferença percentual entre a TS e a TC. A RMS foi relativa ao segundo de esforço anterior a aplicação do estímulo elétrico. A Onda-M foi considerada como a máxima amplitude do sinal eletromiográfico durante o estímulo elétrico. Diminuições nestas variáveis indicam um perfil de fadiga periférica (TC, Onda-M) ou central (TC, %AV e RMS).

3.4.9 ELETROMIOGRAFIA (EMG):

Durante a CVM foi feito o registro da atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral e reto femoral, sendo registrado com uma taxa de amostragem de 1500 Hz utilizando eletrodos adesivos de monitoramento de superfície total por meio do eletromiógrafo (Ebtech[®], Recife, Brasil). Antes disso, a pele foi previamente tricotomizada, levemente raspada com lixa fina para abrasão das células mortas e higienizadas com álcool 70% nos locais onde foram fixados os eletrodos para reduzir a impedância da pele abaixo de 5k Ω .

Os eletrodos foram colocados de acordo com as diretrizes de Hermens et al. (1999) para Eletromiografia Superficial para a Avaliação Não-Invasiva de Padrões Musculares, sendo monitorados os músculos: vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) (Figura 11).

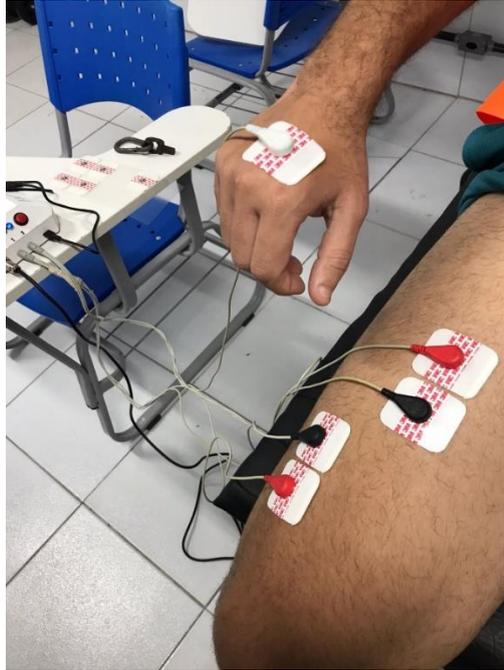


Figura 11. Aplicação dos adesivos no vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) para EMG.

O sinal bruto da EMG foi retificado e filtrado com filtro passa banda Butterworth de segunda ordem com frequências de corte ajustadas em 20 e 500 Hz. Para a CVM foi utilizado um filtro passa-baixa de 10 Hz. Os sinais eletromiográficos do músculo VL e RF foram feitos por equipamento (Ebtech[®], Recife, Brasil). Além disso, foi possível obter a Frequência Mediana (FM) do sinal da EMG que é usualmente utilizada para classificação das fibras musculares e detecção da fadiga fisiológica, em que a redução desse valor pode indicar a fadiga nos músculos envolvidos e maior proporção de fibras oxidativas (KUPA et al., 1995; SILVA et al., 2014).

3.4.10 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DE FORÇA:

O sinal da célula de carga foi adquirido em uma frequência de 1.000 Hz através de uma placa de aquisição de sinais analógico/digital e suavizado em filtro Butterworth de quarta ordem e 10 Hz de frequência de corte. Dessa forma, foi possível obter as seguintes variáveis: Força Pico (Fpico), Nível de Força (NF), Força Evocada (FE), Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF), TC e %AV.

A Fpico foi alcançada em uma janela de 100ms no pico de força durante a CVM. O NF

foi caracterizada como a força antes da aplicação da TS. A FE foi definida como a razão de TC2 pela TC1. A TDF foi determinada como a razão entre o valor da Fpico e o tempo para alcançar a Fpico. A TS e TP foram obtidas como a amplitude pico a pico do sinal de força no momento de estimulação elétrica na condição de superimposição a CVM e posteriormente com o músculo relaxado. Para a obtenção do %AV foi utilizada a seguinte equação, a qual permite corrigir situações nas quais as estimulações elétricas foram aplicadas ligeiramente antes ou depois do platô de força das CVMs (NEYROUD et al., 2014; STROJNIK; KOMI, 1998):

$$\%AV = [1 - TS \times (NF / Fpico) / TC1] \times 100$$

O tratamento e análise dos dados de força foram conduzidos por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab (The MathWorks Inc., Natick, USA).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA:

Todas as análises foram realizadas utilizando o software SPSS® 21.0 (Statistical Package for the Social Sciences). O teste de Shapiro-Wilk e o teste de Levene foram realizados para avaliar tanto a normalidade quanto a heterogeneidade de variâncias, respectivamente. As variáveis contínuas foram resumidas de acordo com seus valores de média, desvio padrão e intervalo de confiança 95% (IC95%). Para comparar os efeitos da suplementação nas variáveis de interesse foram utilizadas Equações de Estimativas Generalizadas (EEG), seguidas de uma comparação de post hoc pareada com ajuste de Bonferroni. O modelo foi especificado para um fator entre grupos (NaNO_3^- vs. PLA), um fator de tempo dentro do grupo (Pré vs. Pós) e uma interação (grupo*tempo). O nível de significância foi fixado em $p < 0,05$.

3.6 ASPECTOS ÉTICOS:

Inicialmente, a Carta de Anuência (Apêndice C) foi entregue conforme definido na resolução CNS 466/12, no qual a instituição documentou a existência de condições necessárias para o desenvolvimento da pesquisa, além de se fazer ciente dos objetivos, métodos e técnicas que seriam usadas nesta pesquisa, concordando em fornecer todos os subsídios necessários para seu desenvolvimento, desde que fosse assegurado: a garantia de solicitar e receber esclarecimentos antes, durante e após o desenvolvimento da pesquisa, que não haveria nenhuma despesa para esta instituição que seja decorrente da participação nessa pesquisa e no caso do não cumprimento dos itens citados, teria total liberdade de retirar a anuência a qualquer momento da pesquisa sem penalização alguma.

4 RESULTADOS

4.1 ARTIGO 1 – EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO DE SÓDIO SOBRE A POTÊNCIA E FADIGA NEUROMUSCULAR APÓS UMA SESSÃO DE AGACHAMENTO

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi investigar os efeitos da suplementação aguda de nitrato de sódio (NaNO_3^-) na fadiga neuromuscular e desempenho da força, potência (POT) e velocidade propulsiva média (VPM) durante uma sessão de treinamento de força constituída por 3 séries de 12 repetições a 70% de 1RM utilizando o exercício agachamento na máxima velocidade intencional (MVI). Nove indivíduos do sexo masculino (Idade: $25 \pm 3,23$ anos; Massa Corporal: $81,9 \pm 12,19$ kg; 1RM: $124 \pm 18,3$ kg; Força Relativa: $1,5 \pm 0,15$ kg/massa corporal) foram recrutados. Para este estudo foi utilizado um delineamento crossover, randomizado e duplo cego. Os participantes foram suplementados com cápsulas de NaNO_3^- : (8,5mg/kg de NaNO_3^-) ou placebo (PLA): (8,5mg/kg de glicose) durante 3 dias consecutivos e a última ingestão foi realizada 2 horas antes dos ensaios experimentais. Cada ensaio experimental envolveu a avaliação do salto vertical contramovimento (SVCM), da POT, VPM e escala de OMNI-RES a 40, 70 e 90% 1RM, da eletromiografia (EMG) do reto femoral (RF) e vasto lateral (VL) e da utilização do twitch interpolation durante a contração voluntária máxima (CVM). Para comparar os efeitos da suplementação nas variáveis de interesse foram utilizadas Equações de Estimativas Generalizadas (EEG), seguidas de uma comparação de post hoc pareada com ajuste de Bonferroni. Não foram observados efeitos da suplementação de NaNO_3^- no SVCM, na POT, VPM, OMNI-RES e EMG do RF e VL (grupo x interação, $p > 0,05$). Foram encontrados efeitos da ingestão de NaNO_3^- na taxa de desenvolvimento de força (TDF) a 50ms (grupo x interação = $p < 0,05$) e no percentual da ativação voluntária (%AV) (efeito grupo = $p < 0,05$). O presente estudo indicou que a suplementação aguda de NaNO_3^- não produziu efeitos significativos na POT, VPM, EMG do VL e RF, bem como na percepção de esforço das séries e sessão. No entanto, a ingestão de NaNO_3^- aumentou a TDF a 50ms e o %AV, indicando uma melhora na aplicação de força em um curto espaço de tempo e uma possível redução na fadiga central, respectivamente.

Palavras-Chave: Nitrato. Suplementação. Potência. Fadiga Neuromuscular.

EFFECTS OF ACUTE SODIUM NITRATE SUPPLEMENTATION ON POWER AND NEUROMUSCULAR FATIGUE AFTER A SQUAT SESSION

ABSTRACT

The aim of the present study was to investigate the effects of acute sodium nitrate supplementation (NaNO_3^-) on neuromuscular fatigue and strength, power (POW) and mean propulsive velocity (MPV) performance during a strength training session consisting of 3 sets of 12 repetitions at 70% of 1RM using the squat exercise at maximum intentional velocity (MIV). Nine male subjects (Age: 25 ± 3.23 years; Body Mass: 81.9 ± 12.19 kg; 1RM: 124 ± 18.3 kg; Relative Strength: 1.5 ± 0.15 kg/body mass) were recruited. A crossover, randomized, double-blind design was used for this study. Participants were supplemented with capsules of NaNO_3^- : (8.5mg/kg of NaNO_3^-) or placebo (PLA): (8.5mg/kg of glucose) for 3 consecutive days and the last intake was performed 2 hours before the trials experimental. Each experimental trial involved the evaluation of countermovement vertical jump (CMJ), POW, MPV and OMNI-RES scale at 40, 70 and 90% 1RM, electromyography (EMG) of the rectus femoris (RF) and vastus lateralis (VL) and the use of twitch interpolation during maximal voluntary contraction (MVC). To compare the effects of supplementation on the variables of interest, Generalized Estimating Equations (GEE) were used, followed by a paired post hoc comparison with Bonferroni adjustment. No effects of NaNO_3^- supplementation were observed on SVCM, POT, MPV, OMNI-RES and EMG of RF and VL (group x interaction, $p > 0.05$). Effects of NaNO_3^- ingestion were found on the rate of force development (RFD) at 50ms (group x interaction = $p < 0.05$) and on the percentage of voluntary activation (%VA) (group effect = $p < 0.05$). The present study indicated that the acute supplementation of NaNO_3^- did not produce significant effects on POW, MPV, VL and RF EMG, as well as on the perception of exertion of the series and session. However, NaNO_3^- ingestion increased TDF at 50ms and %AV, indicating an improvement in force application in a short time and a possible reduction in central fatigue, respectively.

Keywords: Nitrate. Supplementation. Power. Neuromuscular Fatigue.

4.1.1 Introdução

O número de investigações sobre o potencial efeito ergogênico de diversos suplementos alimentares é crescente na literatura (GONZALEZ et al., 2017; KERKSICK et al., 2017; NADERI et al., 2016; SOUZA et al., 2017). Na competição esportiva, o aumento de 0,5%-1,5% no desempenho pode ser determinante entre uma vitória ou derrota (PATON; HOPKINS, 1999). Por essa razão, atletas de diferentes esportes recorrem a uma variedade de suplementos e substâncias nutricionais para potencializar os efeitos do treinamento e como resultado, melhorar o seu nível de condicionamento (KNAPIK et al., 2016).

Dentre as substâncias presentes na literatura que podem fornecer um efeito ergogênico, encontra-se o nitrato (NO_3^-), que pode ser consumido através do suco de beterraba, por meio do gel rico em NO_3^- ou sob a forma de sal (nitrato de sódio – NaNO_3^- ou nitrato de potássio – KNO_3^-) (KAPIL et al., 2010, 2015; LARSEN et al., 2011; MUGGERIDGE et al., 2017; WEBB et al., 2008). O possível efeito na melhora do desempenho pode ser atribuído ao aumento na concentração de nitrito (NO_2^-) plasmático, que pode servir como precursor do óxido nítrico (NO) (LUNDBERG; WEITZBERG; GLADWIN, 2008; SPIEGELHALDER; EISENBRAND; PREUSSMANN, 1976; WEBB et al., 2008).

O NO por ser reconhecido como uma molécula sinalizadora, é responsável por induzir diversos processos fisiológicos durante o exercício, promovendo alterações importantes para melhorar o desempenho, como o relaxamento do músculo liso vascular mediado pela guanilil ciclase e consequente aumento do fluxo sanguíneo para fornecer um maior aporte de oxigênio (O_2), bem como o aumento da captação de glicose pelo músculo esquelético (FERGUSON et al., 2013; FRANCIS; BUSCH; CORBIN, 2010).

Nos últimos anos, o interesse sobre os efeitos da ingestão de NO_3^- como uma estratégia nutricional nos ganhos de força e parâmetros associados tem crescido significativamente (FULFORD et al., 2013; HAIDER; FOLLAND, 2014; TILIN et al., 2018). Inicialmente, Hernández *et al.* (2012) foram os pioneiros a avaliarem os efeitos da ingestão de NO_3^- na força contrátil muscular. Eles observaram que a suplementação de NO_3^- durante 7 dias aumentou o conteúdo de cálcio (Ca^{2+}) do retículo sarcoplasmático e por conseguinte, a capacidade de produção de força em ratos, sobretudo nos extensores longo dos dedos - constituídos predominantemente por fibras musculares do tipo II (fibras de contração-rápida). A partir destes resultados, novas investigações sobre a suplementação de NO_3^- foram conduzidas (FULFORD et al., 2013; HAIDER; FOLLAND, 2014; TILIN et al., 2018).

Evidências recentes têm demonstrado os efeitos da ingestão de NO_3^- sobre a força, potência (POT), velocidade e resistência à fadiga em humanos (ALVARES et al., 2021; SAN JUAN et al., 2020; COGGAN et al., 2021; ROJAS-VALVERDE et al., 2021).

Para a alta produção de força e POT no cenário esportivo, o programa de treinamento dos atletas necessita de uma manipulação aguda adequada das variáveis, como o número de séries e repetições, carga, tipo e ordem do exercício (SPIERING et al., 2008; TOIGO; BOUTELLIER, 2006). Além disso, um outro fator que tem sido alvo de investigações e que pode influenciar positivamente as adaptações decorrentes do treinamento resistido é a velocidade do movimento (GONZÁLEZ-BADILLO; SÁNCHEZ-MEDINA, 2010).

Segundo Pareja-Blanco et al., (2017) o treinamento baseado na relação carga-velocidade utilizando o exercício agachamento, sobretudo o treinamento de alta velocidade, apresentou vantagens superiores para o desempenho esportivo quando comparado ao treinamento tradicional utilizando cargas baseadas em %1RM. Ademais, treinar na máxima velocidade intencional (MVI) induziu maiores ganhos de força no teste de 1RM no supino (18,2 vs 9,7%), na média da VPM (20,8 vs 10,0%) independente se as cargas utilizadas foram leves (11,5 vs 4,5%) ou pesadas (36,2 vs 17,3%) quando comparados a treinar de forma lenta (GONZÁLEZ-BADILLO et al., 2014).

Recentemente, um estudo conduzido por Williams *et al.*, (2020) examinou os efeitos da suplementação aguda de NO_3^- na POT média, velocidade média e volume total durante 3 séries de 12 repetições a 70% de 1RM utilizando a MVI no exercício supino. Os resultados deste estudo demonstraram um aumento na velocidade média, POT média e número de repetições totais, sugerindo a suplementação de NO_3^- como um potencial auxílio ergogênico para indivíduos que queiram melhorar a sua performance neste exercício.

Adicionalmente, em alguns esportes, a capacidade de não somente produzir, mas sustentar a força em um curto espaço de tempo em determinados movimentos é crucial para o desempenho competitivo (STONE et al., 2002; MORRISSEY et al., 1995). No entanto, manter tal atividade pode levar ao aparecimento da fadiga. A utilização de estratégias, principalmente por meio da ingestão de substâncias nutricionais, podem atenuar a percepção dos efeitos negativos da fadiga e promover alterações neuromusculares durante o exercício (SUN et al., 2022; ZANELLA; ALVES; DE SOUZA, 2016; HOUSTON et al., 2018; GRGIC et al., 2020).

É importante destacar que atualmente existe uma variedade de métodos e testes de campo para quantificar a produção de força e a fadiga neuromuscular, dentre estes, destacam-se a contração voluntária máxima (CVM), o percentual da perda de velocidade (%PVEL), a técnica de interpolação de estímulos (*twitch interpolation*) e a altura do salto vertical contra movimento (SVCM) (MERTON, 1954; PAREJA-BLANCO et al., 2017; CLAUDINO et al., 2017).

Portanto, considerando que geralmente o principal objetivo do programa de treinamento de força e potência para atletas é mover a curva força-velocidade para a direita e atenuar o aparecimento e desenvolvimento da fadiga, isso pode resultar na melhora da capacidade de levantar e sustentar altas cargas em alta velocidade (melhora da taxa de desenvolvimento de força[TDF]). No entanto, pouco se sabe se a ingestão de NO_3^- antes da sessão de treino poderia aumentar agudamente a velocidade do movimento e, assim, contribuir para o aumento da intensidade do treino, sobretudo na melhora do desempenho em exercícios que são utilizados com frequência nas rotinas habituais de treinamento e que apresentam transferência importante para o desempenho esportivo, como o agachamento.

Até o momento, a literatura não apresenta estudos que investigaram os efeitos da suplementação de NO_3^- sobre os componentes centrais e periféricos da fadiga após uma sessão de agachamento na MVI. Portanto, faz-se necessário analisar a influência da suplementação aguda de NO_3^- no agachamento sobre os parâmetros de força, POT, velocidade e fadiga neuromuscular.

Deste modo, dado que a suplementação aguda de NO_3^- contribuiu para o aumento do desempenho e redução da fadiga dos membros superiores, a hipótese do presente projeto é que a ingestão de NO_3^- também possa auxiliar para os ganhos de POT, velocidade e redução da fadiga neuromuscular no exercício agachamento em indivíduos treinados, auxiliando cientistas do esporte a adicionarem esse tipo de estratégia nas rotinas habituais de seus atletas, promovendo adaptações ao treinamento para maximizar o desempenho atlético e atenuar os efeitos e o aparecimento precoce da fadiga.

4.1.2 Objetivo

O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da suplementação aguda de NaNO_3^- na fadiga neuromuscular e desempenho da força, POT e velocidade propulsiva média durante uma sessão de treinamento de força utilizando o exercício de agachamento.

4.1.3 Método

4.1.3.1 Tipo de estudo

Para este estudo foi utilizado um desenho *cross-over* randomizado e duplo-cego.

4.1.3.2 Desenho do estudo

O estudo foi dividido em 04 etapas conforme apresentado na Figura 2:

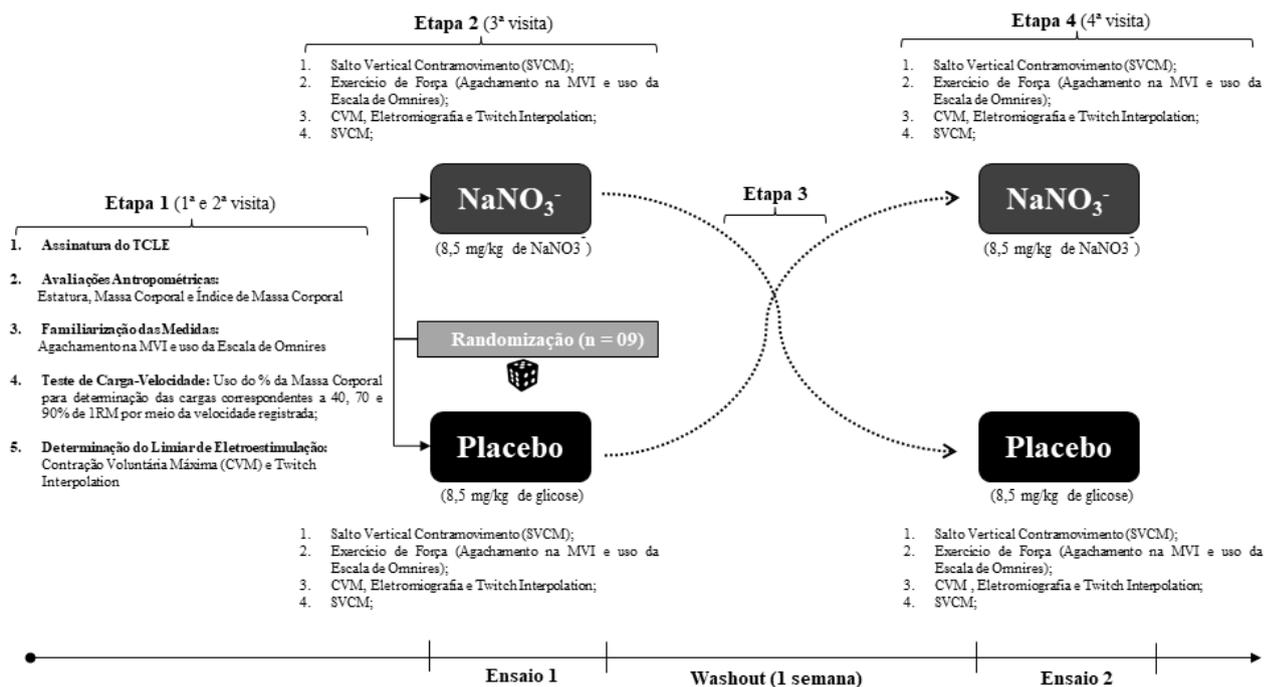


Figura 2. Desenho Geral do Estudo

A etapa 1 consistiu na realização de duas visitas ao laboratório, em dois dias distintos, para tratar desde a assinatura do TCLE à realização de avaliações antropométricas para caracterização da amostra através da avaliação da estatura, massa corporal e índice de massa corporal (IMC). Em seguida, foram realizados procedimentos de familiarização das medidas por meio do agachamento na MVI e das escalas subjetivas de esforço (CR100 e OMNI-RES). Além disso, foram obtidas as cargas correspondentes a 40, 70 e 90% de 1RM por meio da relação carga-velocidade utilizando diferentes percentuais da massa corporal. Por fim, foi utilizado a técnica de *twitch interpolation* para determinação do limiar de eletroestimulação durante a CVM.

Após a conclusão da etapa 1, um pesquisador não envolvido no estudo realizou a

randomização do protocolo da suplementação. O sigilo de alocação foi realizado por meio de envelopes pretos e opacos os quais foram selados e numerados para os indivíduos selecionados para o estudo. Durante o período de intervenção, o avaliador permaneceu cego a respeito da suplementação a qual o voluntário foi submetido. Dessa forma, apenas o pesquisador responsável pela randomização realizou a entrega das suplementações e teve conhecimento do protocolo alocado para cada voluntário (NaNO_3^- ou PLA). Além disso, os pesquisadores responsáveis pela randomização, alocação, avaliação e intervenção foram previamente treinados.

A etapa 2 e terceira visita teve início após o término da etapa anterior e aproximadamente 96 horas do processo de randomização, onde os sujeitos que receberam e fizeram a ingestão de NaNO_3^- ou PLA foram submetidos a um ensaio experimental envolvendo o protocolo de exercício utilizando o agachamento na MVI. Além disso, foram utilizadas a avaliação pré e pós do SVCM, a técnica do twitch interpolation e as escalas subjetivas de esforço para avaliação da fadiga neuromuscular.

Em seguida, foi iniciada a etapa 3, a qual foi caracterizada por 7 dias - uma semana - necessários para o período de washout. Nesta etapa os participantes tiveram o novo recebimento da suplementação (NaNO_3^- ou PLA) e fizeram o cruzamento das condições experimentais para a etapa subsequente. Durante este período, os sujeitos foram orientados a manter a sua rotina habitual de treinamento, exceto nas 48 horas que antecederiam o segundo ensaio experimental.

Na etapa 4 e última visita, foram repetidos o protocolo do primeiro ensaio experimental. No entanto, os participantes que inicialmente fizeram a suplementação de NaNO_3^- na segunda etapa, neste momento, foi administrado o PLA e, para os sujeitos que receberam o PLA na etapa 2, foi administrado o NaNO_3^- .

No total, foram realizadas quatro visitas: duas para familiarização e duas para ensaios experimentais. Todas as visitas foram realizadas no mesmo período do dia para evitar qualquer efeito de variação circadiana. Durante todo este período os sujeitos foram orientados a não realizar quaisquer exercícios para membros inferiores em até 48 horas antes dos ensaios experimentais.

A calibração dos equipamentos foi realizada antes de cada tentativa para garantir uma maior confiabilidade dos testes. Todos os procedimentos experimentais foram realizados nas dependências do Núcleo de Educação Física e Desportos da Universidade Federal de

Pernambuco (NEFD-UFPE).

4.1.3.3 Amostra

Nove jovens saudáveis do sexo masculino participaram do estudo. Os voluntários foram recrutados por meio de publicação do projeto nas redes sociais e através dos cartazes fixados nos murais do Departamento de Educação Física e do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Na divulgação, foram informados o número do telefone e e-mail dos integrantes da equipe envolvida na pesquisa para que os interessados entrassem em contato.

Antes do início do teste e do período de coleta de dados, todos os participantes foram informados sobre a relevância, os procedimentos, possíveis riscos e benefícios, bem como orientações para a participação na pesquisa, dentre estas, estavam a restrição do consumo de caféina e o uso de enxaguantes orais. Ao concordarem em participar, os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) devidamente datado (Apêndice A). Conforme resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, todos os protocolos e procedimentos foram aprovados e seguiram as recomendações do Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS-UFPE), com parecer sob o número 3.492.927 (Apêndice B).

4.1.3.3.1 Critérios de inclusão

Para envolvimento no presente trabalho, os voluntários deveriam: 1) Ser do sexo masculino; 2) Ter entre 18 a 35 anos; 3) Estar treinando a no mínimo 06 meses com treinamento de força; 4) Ter experiência na execução dos exercícios propostos para avaliação.

4.1.3.3.2 Critérios de exclusão

Os sujeitos não poderiam: 1) Fazer o uso de substâncias ergogênicas, suplementares ou medicamentosas; 2) Ter histórico de lesões musculoesqueléticas recentes; 3) Ter alguma doença cardiometabólica como hipertensão, diabetes, obesidade ou qualquer outro problema de saúde que impossibilitasse a sua participação na condução do estudo ou na execução dos exercícios.

Foram adotados como critérios de exclusão: 1) Não tomar a suplementação fornecida pelos pesquisadores da maneira adequada conforme orientações; 2) Faltar a alguma das visitas; 3) Não ser capaz de realizar os protocolos de exercício de maneira adequada; 4) Passar a contrariar algum dos critérios de inclusão durante o período experimental.

4.1.3.4 Instrumentos e Procedimentos:

4.1.3.4.1 Antropometria:

Na avaliação antropométrica foram coletadas a estatura e a massa corporal. Para a medida da massa corporal foi utilizada uma balança eletrônica (Welmy[®], Brasil) com precisão de 0,1 kg. Para este procedimento, os participantes deveriam estar com roupas leves e foram orientados a retirarem os calçados e qualquer acessório de metal. Para medir a estatura dos participantes foi utilizado um estadiômetro (Welmy[®], Brasil) com precisão de 0,1 cm. Para realização desta medida, os voluntários foram instruídos a permanecerem descalços, em posição ereta e de costas para o estadiômetro.

Com base nas medidas de massa corporal e estatura, o IMC [massa corporal (kg)/estatura (m)²] foi calculado para cada sujeito.

4.1.3.4.2 Familiarização das Medidas e Teste para Determinação da Carga-Velocidade:

Durante as sessões de familiarização, os participantes inicialmente fizeram um aquecimento geral constituído por duas séries de 12 repetições de agachamento na MVI utilizando um bastão, além de duas séries de 40 segundos de estímulo de corrida estacionária (skipping alto). Foram adotados 30 segundos de intervalo de descanso passivo entre cada série.

Em seguida, para determinação da carga-velocidade foram realizadas seis séries de agachamento na MVI, na barra livre, tendo como resistência diferentes valores percentuais da própria massa corporal do sujeito:

- **1ª série:** 12 repetições na MVI a 50% da Massa Corporal;
- **2ª série:** 10 repetições na MVI a 70% da Massa Corporal;
- **3ª série:** 08 repetições na MVI a 80% da Massa Corporal;
- **4ª série:** 06 repetições na MVI a 90% da Massa Corporal;
- **5ª série:** 03 repetições na MVI a 100% da Massa Corporal;
- **6ª série:** 03 repetições na MVI a 110% da Massa Corporal;

Após cada série, os sujeitos foram orientados a adotarem um período de 3 minutos de intervalo para descanso. Durante cada série de agachamento foi utilizado um encoder linear (Vitruve[®], Espanha). Este equipamento é constituído por um codificador portátil que tem a função de medir movimentos angulares e uma bobina que permite linearizar estes movimentos e, desta forma, medi-los. Na base do dispositivo há 6 imãs para fixa-lo ao chão e um cabo que foi acoplado verticalmente ao lado esquerdo da barra usando uma tira de velcro. Por meio de uma tela que mostra os dados em tempo real foi possível obter informações da distância da barra percorrida, da VPM, da velocidade máxima e da POT gerada a cada repetição e por seguinte, a cada série. Os dados foram registrados diretamente pela diferenciação dos dados de deslocamento em relação ao tempo a uma taxa de amostragem de 1.000-Hz através de conexão Wi-Fi com um iPad (Apple[®], iOS) utilizando o aplicativo Vitruve[®].

Desta forma, foi obtido o registro das velocidades da barra em cada repetição e série envolvendo as diferentes condições de resistência externa da massa corporal (50%, 70%, 80%, 90%, 100% e 110%) e, por meio da relação forte e linear existente entre a velocidade do movimento e do %1RM, foi possível estimar o valor correspondente a 1RM, e prescrever a carga e velocidade de treinamento correspondente a 40, 70 e 90% de 1RM que foi utilizada durante o protocolo do exercício de força utilizando o agachamento. Para isto, foi utilizado uma análise de regressão linear utilizando a planilha do Excel (Anexo C).

Portanto, tendo como referência as velocidades registradas e obtidas nas sessões de familiarização, bem como a determinação da carga-velocidade, foram realizadas uma ou mais séries com 3 repetições para cada carga-velocidade até atingir as velocidades esperadas para 40, 70 e 90% de 1RM.

Ao final desta primeira etapa, os voluntários fizeram uma familiarização com a técnica do *twitch interpolation* para determinação do limiar de eletroestimulação e se habituaram com as escalas subjetivas de esforço “CR-100” e “OMNI-RES” para verificação da percepção de esforço produzida pela sessão e pelas séries, respectivamente (Anexo B).

4.1.3.4.3 Determinação do Limiar de Eletroestimulação:

Durante a determinação do limiar de eletroestimulação, os sujeitos foram posicionados sentados em cadeira extensora desenhada especificamente para essa análise. Os sujeitos foram

posicionados e orientados a ficarem com o quadril e joelhos flexionados em $\sim 120^\circ$ e 90° , respectivamente, e firmemente presos ao assento por cintos cruzados na altura do peito, cintura e também na parte inferior da coxa. Os cintos foram utilizados para limitar movimentos do quadril e tronco. Um fio de aço inextensível foi acoplado a uma cinta de velcro presa no membro inferior direito (perna dominante de todos os participantes), na altura do tornozelo e conectado a uma célula de carga (National Instruments[®]) para possibilitar a aplicação de força de forma linear.

Através de aplicação de estímulos elétricos incrementais sucessivos (incrementos de 5-10 mA) no nervo femoral com o músculo relaxado foi possível obter a determinação do limiar máximo de resposta à eletroestimulação. Os incrementos sucederam até o limite voluntário de sensação de desconforto do voluntário ou até que um platô na força evocada e na amplitude da onda-M fosse alcançado, ou seja, mesmo com o incremento não houve aumento do torque produzido pelo músculo (TRAJANO et al., 2014).

A partir da intensidade na qual mesmo com o incremento de intensidade não houve aumento do torque produzido pelo músculo relaxado, foi adicionado 20% a este valor encontrado para garantir estímulos supramáximos (120%) no protocolo de avaliação neuromuscular.

Para tal, foram utilizados eletrodos de borracha condutiva (7 x 5 cm) posicionados no triângulo femoral (cátodo) e na dobra glútea (ânodo) oposta ao cátodo (BERQUIST; CLAIR; COLLINS, 2011). Além disso foi utilizado um protótipo de eletroestimulação (Insight[®], Ribeirão Preto - Brasil).

4.1.3.4.4 Protocolo de Suplementação:

Após o processo de randomização, os participantes receberam NaNO_3^- : (8,5 mg/kg de NaNO_3^-) ou PLA: (8,5 mg/kg de glicose) de um pesquisador independente, não envolvido nos testes. As condições de suplementação de NaNO_3^- e PLA foram separadas em 3 potes distintos (300mg, 100mg e 50mg) para alcance do valor calculado pela massa corporal.

Cada sujeito ficou responsável de fazer a administração de uma das condições durante 3 dias consecutivos em suas próprias casas. Os voluntários foram orientados a realizar o consumo da suplementação nos dias consecutivos no mesmo turno. As cápsulas de NaNO_3^- e PLA eram semelhantes em tamanho, formato e cor. Além disso, após a ingestão, os sujeitos foram questionados quanto à percepção do suplemento ingerido no que se refere a coloração,

sabor e odor.

No dia do primeiro e segundo ensaio experimental, os voluntários foram orientados a consumir a última dosagem duas horas antes de cada ensaio experimental. Este tempo foi adotado para aumento dos níveis plasmáticos de NO_2^- , conforme apresentado por outros autores (BESCÓS et al., 2011; BAILEY et al., 2010).

Os participantes deveriam evitar a ingestão de alimentos ricos em NO_3^- , o uso de outras substâncias ergogênicas, suplementares, medicamentosas e estimulantes, além de bala ou goma de mascar, bebidas com teor de álcool nos três dias que antecederiam cada visita laboratorial, objetivando não alterar a microbiota oral. Ademais, os voluntários deveriam evitar usar enxágues anti-sépticos uma semana antes da primeira visita ao laboratório e durante todo o estudo e evitar exercícios extenuantes durante o período de intervenção.

4.1.3.4.5 Salto Vertical Contramovimento (SVCМ):

Antes e após a realização do protocolo de exercício utilizando o exercício agachamento, os participantes foram solicitados a realizarem uma sequência de três saltos verticais contra movimento (SVCМ) com intervalo de 15 segundos entre cada repetição, utilizando um tapete de contato (Elite Jump, S2 Sports), desenvolvido para medir o tempo de voo e estimar a altura do salto (H) por meio da seguinte equação (Bosco et al. 1995):

$$H = (\text{tempo de voo}^2 \times \text{aceleração da gravidade} \times 8^{-1}).$$

Os sujeitos foram instruídos a iniciar o movimento com os joelhos e quadril estendidos (em pé). Após um estímulo verbal, os voluntários deveriam flexionar os joelhos e quadril a 90° e estender rapidamente para alcançar um alto tempo de voo e, dessa forma, obter a maior altura do salto possível.

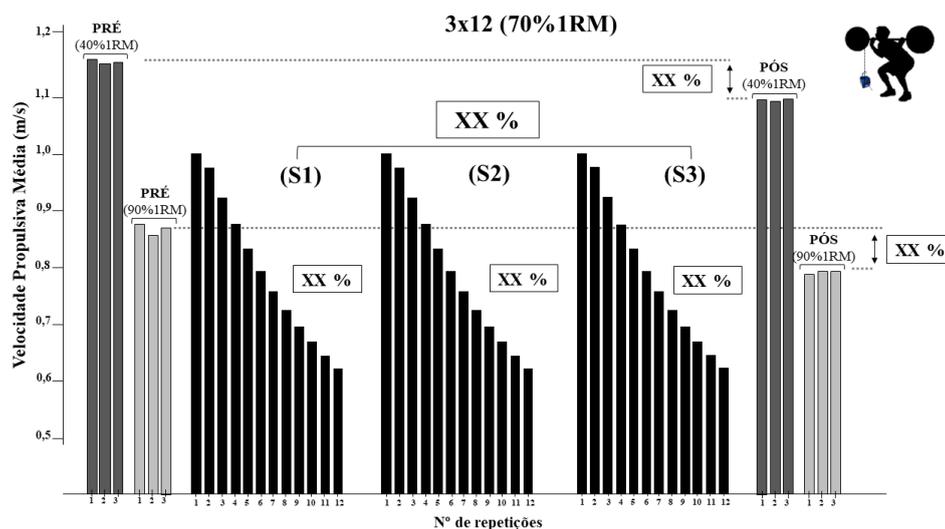
Durante a realização do salto, os sujeitos foram orientados a permanecerem com as mãos na cintura e ao aterrisar deveriam manter os joelhos estendidos. Para quantificação do desempenho dos saltos verticais foi utilizado a média da altura dos três saltos para análise. Foram analisadas a altura média do SVCМ antes e após cada ensaio experimental envolvendo as condições NaNO_3^- ou PLA.

4.1.3.4.6 Exercício de Força:

Antes e após o protocolo de exercício agachamento, os participantes realizaram 3 repetições na MVI a 40 e 90% de 1RM (a carga foi determinada pela estimativa de 1RM por meio da relação carga-velocidade obtida nos procedimentos de familiarização).

O protocolo do exercício de agachamento foi caracterizado por 3 séries de 12 repetições na MVI com uma carga correspondente a 70% de 1RM proveniente da determinação do perfil carga-velocidade. Foram adotados três minutos de intervalo entre cada série. Para padronização das execuções, os sujeitos foram orientados a manter os joelhos a 90° e realizarem cada repetição na fase concêntrica na MVI. A avaliação e registro da POT e da VPM em cada repetição foi realizada por meio da utilização de um encoder linear (Vitruve®, Espanha). Além disso, com base na queda da produção de velocidade a cada repetição, foi possível obter o %PVEL em cada momento. A Figura 8 mostra um exemplo representativo do protocolo de exercício utilizando o agachamento observando a VPM em cada repetição e durante a utilização de cargas distintas (40 e 90% de 1RM) pré e pós exercício.

Foi analisado o %PVEL por meio da comparação da VPM a 40 e 90% de 1RM antes e após o exercício. Além disso, foi registrada a VPM em cada repetição e o %PVEL em cada série a 70% de 1RM.



(Adaptado de SANCHEZ-MEDINA; GONZÁLEZ-BADILLO, 2006)

Figura 8. Exemplo da quantificação da VPM a 40, 90 e 70% de 1RM no exercício agachamento. Tanto o %PVEL a 40, 90 pré e pós exercício e nas três séries a 70% de 1RM foram calculados.

4.1.3.4.7 Escalas Subjetivas:

Durante o período de familiarização, os sujeitos participaram de um processo de conhecimento e visualização da Escala Subjetiva de OMNI-RES, onde a definição padrão de esforço percebido, bem como as instruções para obtenção de uma resposta mais fidedigna foram lidas.

Para a ancoragem, foi usado uma combinação de exercício e procedimentos de memória. Neste procedimento, o sujeito determinou cognitivamente uma intensidade de esforço que está de acordo com o apresentado visualmente pela figura. Na OMNI-RES a escala numérica é expressa de 0 (extremamente fácil) a 10 (extremamente difícil) (Anexo B). Após o término de cada série no exercício agachamento durante cada ensaio experimental, os sujeitos foram instruídos a escolher qualquer número conforme a sua percepção de esforço. Esses valores escolhidos foram registrados para verificação do esforço produzido pelas séries.

Assim como a escala de OMNI-RES, a escala de “CR-100 (centiMax)” foi utilizada para verificação da percepção de esforço produzida pela sessão.

4.1.3.4.8 Teste de Contração Voluntária Máxima e Estimulação Elétrica:

Uma célula de carga (National Instruments[®]) foi utilizada para mensuração da produção de força a cada CVM. Para tal, a célula de carga tinha uma extremidade fixada na cadeira extensora. No dia de cada avaliação, foi feita uma calibração do equipamento através de pesos conhecidos. A partir dos valores adquiridos pelo sistema e os pesos conhecidos, foi realizado uma análise de regressão linear e, através da equação de regressão os valores em mV foram convertidos em kilograma Força (kgf) (Anexo D).

Os voluntários foram encorajados verbalmente e não receberam feedback visual e em tempo real do nível de força aplicado durante a CVM. Para a avaliação, os voluntários foram instruídos a produzir a sua máxima força possível e mantê-la durante 5 segundos em cada CVM. Os dados brutos de força foram exportados para o Excel 2016, onde posteriormente foram tabulados e utilizados para análise.

Dando seguimento ao procedimento experimental, foi realizada a técnica do *twitch interpolation*.

Durante as CVMs, após os 5 segundos iniciais e estabilização da força, foram aplicados

estímulos elétricos supramáximos (20% acima do limiar individual de eletroestimulação).

Dessa forma, todo o protocolo envolveu a aplicação de 4 estímulos elétricos no nervo femoral a cada tentativa de CVM. O primeiro estímulo elétrico, foi de pulso duplo com uma frequência de 100Hz (1 milissegundo [ms] de duração do pulso, 10 ms de intervalo entre os pulsos) aplicado durante a contração (Twitch Superimposto [TS]). Dois segundos após a CVM, com o músculo relaxado, foi aplicado um segundo estímulo com pulso duplo com uma frequência de 100Hz (1ms de duração do pulso, 10 ms de intervalo entre os pulsos - Twitch Controle [TC1]). Em seguida, foram aplicados novos estímulos elétricos: um pulso duplo com uma frequência de 10Hz (1ms de duração do pulso, intervalo de 100 entre os pulsos[TC2]) e, por fim, um pulso simples de 100Hz (1ms de duração do pulso[TC3]).

Durante a avaliação do *twitch interpolation* foram obtidas as variáveis relativas ao sinal de força, amplitude do TS e TP, e percentual de ativação voluntária (%AV), bem como as variáveis *root mean square* (RMS) e amplitude máxima do sinal eletromiográfico (Onda-M).

A força evocada no momento do estímulo durante a CVM foi assumida como TS, enquanto que a força após a CVM foi relatada como TC. O %AV foi assumido como a diferença percentual entre a TS e a TC. A RMS foi relativa ao segundo de esforço anterior a aplicação do estímulo elétrico. A Onda-M foi considerada como a máxima amplitude do sinal eletromiográfico durante o estímulo elétrico. Diminuições nestas variáveis indicam um perfil de fadiga periférica (TC, Onda-M) ou central (TC, %AV e RMS).

4.1.3.4.9 Eletromiografia:

Durante a CVM foi feito o registro da atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral e reto femoral, sendo registrado com uma taxa de amostragem de 1500 Hz utilizando eletrodos adesivos de monitoramento de superfície total por meio do eletromiógrafo (Ebtech[®], Recife, Brasil). Antes disso, a pele foi previamente tricotomizada, levemente raspada com lixa fina para abrasão das células mortas e higienizadas com álcool 70% nos locais onde foram fixados os eletrodos para reduzir a impedância da pele abaixo de 5k Ω .

Os eletrodos foram colocados de acordo com as diretrizes de Hermens et al. (1999) para Eletromiografia Superficial para a Avaliação Não-Invasiva de Padrões Musculares, sendo monitorados os músculos: vasto lateral (VL) e reto femoral (RF);

O sinal bruto da EMG foi retificado e filtrado com filtro passa banda

Butterworth de segunda ordem com frequências de corte ajustadas em 20 e 500 Hz. Para a CVM foi utilizado um filtro passa-baixa de 10 Hz. Os sinais eletromiográficos do músculo VL e RF foram feitos por equipamento (Ebtech[®], Recife, Brasil). Além disso, foi possível obter a Frequência Mediana (FM) do sinal da EMG que é usualmente utilizada para classificação das fibras musculares e detecção da fadiga fisiológica, em que a redução desse valor pode indicar a fadiga nos músculos envolvidos e maior proporção de fibras oxidativas (KUPA et al., 1995; SILVA et al., 2014).

4.1.3.4.10 Coleta e Análise dos Dados de Força:

O sinal da célula de carga foi adquirido em uma frequência de 1.000 Hz através de uma placa de aquisição de sinais analógico/digital e suavizado em filtro Butterworth de quarta ordem e 10 Hz de frequência de corte. Dessa forma, foi possível obter as seguintes variáveis: Força Pico (Fpico), Nível de Força (NF), Força Evocada (FE), Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF), TC e %AV.

A Fpico foi alcançada em uma janela de 100ms no pico de força durante a CVM. O NF foi caracterizada como a força antes da aplicação da TS. A FE foi definida como a razão de TC2 pela TC1. A TDF foi determinada como a razão entre o valor da Fpico e o tempo para alcançar a Fpico. A TS e TP foram obtidas como a amplitude pico a pico do sinal de força no momento de estimulação elétrica na condição de superimposição a CVM e posteriormente com o músculo relaxado. Para a obtenção do %AV foi utilizada a seguinte equação, a qual permite corrigir situações nas quais as estimulações elétricas foram aplicadas ligeiramente antes ou depois do platô de força das CVMs (NEYROUD et al., 2014; STROJNIK; KOMI, 1998):

$$\%AV = [1 - TS \times (NF / Fpico) / TC1] \times 100$$

O tratamento e análise dos dados de força foram conduzidos por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab (The MathWorks Inc., Natick, USA).

4.1.4 Análise Estatística:

Todas as análises foram realizadas utilizando o software SPSS® 21.0 (Statistical Package for the Social Sciences). O teste de Shapiro-Wilk e o teste de Levene foram realizados para avaliar tanto a normalidade quanto a heterogeneidade de variâncias, respectivamente. As variáveis contínuas foram resumidas de acordo com seus valores de média, desvio padrão e intervalo de confiança 95% (IC95%). Para comparar os efeitos da suplementação nas variáveis de interesse foram utilizadas Equações de Estimativas Generalizadas (EEG), seguidas de uma comparação de post hoc pareada com ajuste de Bonferroni. O modelo foi especificado para um fator entre grupos (NaNO_3^- vs. PLA), um fator de tempo dentro do grupo (Pré vs. Pós) e uma interação (grupo*tempo). O nível de significância foi fixado em $p < 0,05$.

4.1.5 Resultados:

Na Tabela 1 são apresentadas as características descritivas dos voluntários que fizeram parte do presente trabalho.

Tabela 1. Características descritivas dos sujeitos

CARACTERÍSTICAS	MÉDIA ± DP
Idade (anos)	25 ± 3,23
Estatura (cm)	1,78 ± 0,04
Massa Corporal (kg)	81,9 ± 12,19
Índice de Massa Corporal (kg/m ²)	25,8 ± 3,61
Agachamento 1RM (kg)	124 ± 18,3
Força Relativa [1RM (kg)/Massa Corporal (kg)]	1,5 ± 0,15

Os dados são expressos como Média e Desvio Padrão (DP); cm = centímetros; kg = quilograma; kg/m² = quilograma por metro quadrado; 1RM = uma repetição máxima;

- **Efeitos Agudos da Suplementação de NaNO_3^- no SVCM:**

Os efeitos da ingestão de NaNO_3^- e PLA na fadiga neuromuscular medida através do SVCM são apresentados na Figura 12.

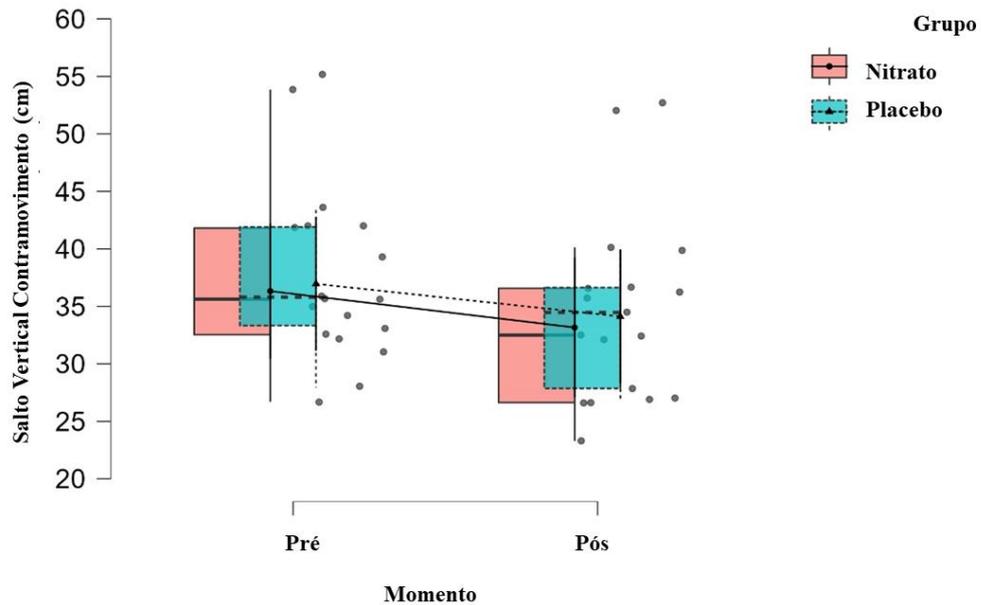


Figura 12. Efeitos da suplementação de NaNO_3^- e PLA no Salto Vertical Contramovimento (SVCM) pré e pós a sessão de exercício agachamento na MVI. Os valores são expressos como Média e Erro Padrão (EP);

A figura 12 apresentou que o protocolo de exercício agachamento na MVI levou a reduções significativas na altura do SVCM (efeito tempo, $p = 0,006$) independente do suplemento ingerido (NaNO_3^- : Pré $37,2 \pm 2,4$ vs Pós $33,9 \pm 2,7$ cm, [IC95%: -5,4 a -1,2 cm], $p = 0,002$; PLA: Pré $37,9 \pm 2,5$ vs Pós $34,9 \pm 2,5$ cm, [IC95%: -5,9 a -0,26 cm], $p = 0,032$). No entanto, não foram observados efeitos da suplementação ou interação (grupo x tempo, $p = 0,820$).

- **Efeitos Agudos da Suplementação de NaNO₃⁻ a 40% de 1RM:**

A tabela 2 apresenta a comparação entre os grupos NaNO₃⁻ e PLA na média das 3 repetições realizadas a 40% de 1RM na POT, OMNI-RES e VPM antes e após o protocolo de agachamento na MVI.

Tabela 2. Efeitos da suplementação de NaNO₃⁻ e PLA a 40% de 1RM nas variáveis dependentes (POT, OMNI-RES e VPM) antes e após o protocolo de agachamento na MVI.

Variáveis	Pré Média (EP)	Pós Média (EP)	NaNO ₃ ⁻ vs PLA, Mudança Relativa (IC95%)	P valor		
				Grupo	Tempo	Interação
POT (W)						
NaNO ₃ ⁻	464,1 (28,6)	438,7 (29,1)	0,69 (-56,8 a 58,2)	0,981	0,055	0,891
PLA	459,2 (30,8)	441,9 (28,7)				
OMNI-RES (UA)						
NaNO ₃ ⁻	2,26 (0,2)	2,26 (0,4)	0,22 (-0,9 a 0,54)	0,165	0,791	0,673
PLA	1,96 (0,2)	2,11 (0,3)				
VPM (m/s)						
NaNO ₃ ⁻	0,97 (0,1)	0,92 (0,1)	0,05 (-0,1 a 0,07)	0,120	0,415	0,995
PLA	1,08 (0,1)	1,02 (0,1)				

Os dados são expressos como Média e Erro Padrão (EP). POT = Potência; VPM = Velocidade Propulsiva Média; NaNO₃⁻: Nitrato de Sódio; PLA = Placebo; W = Watts; m/s = metros/segundo; UA = Unidade Arbitrária; * = Diferença significativa (p<0,05);

Segundo apresentado na tabela 2, nenhum efeito (grupo, tempo, interação) foi encontrado para a POT, OMNI-RES e VPM a 40% de 1RM.

- **Efeitos Agudos da Suplementação de NaNO₃⁻ a 90% de 1RM:**

A tabela 3 apresenta a comparação entre os grupos NaNO₃⁻ e PLA na média das 3 repetições realizadas a 90% de 1RM na POT, OMNI-RES e VPM antes e após o protocolo de agachamento na MVI.

Tabela 3. Efeitos da suplementação de NaNO₃⁻ e PLA a 90% de 1RM nas variáveis dependentes (POT, OMNI-RES e VPM) antes e após o protocolo de agachamento na MVI.

Variáveis	Pré Média (EP)	Pós Média (EP)	NaNO ₃ ⁻ vs PLA, Mudança Relativa (IC95%)	P valor		
				Grupo	Tempo	Interação
POT (W)						
NaNO ₃ ⁻	461,3 (24,6)	424,3 (22,1)	23,1 (-74,2 a 28,1)	0,509	0,375	0,573
PLA	463,9 (32,3)	455,3 (24,3)				
OMNI-RES (UA)						
NaNO ₃ ⁻	6,74 (0,7)	7,3 (0,7)	0,83 (-2,65 a 0,98)	0,368	0,079	0,811
PLA	7,5 (0,6)	8,2 (0,5)				
VPM (m/s)						
NaNO ₃ ⁻	0,42 (0,1)	0,39 (0,1)	0,1 (-0,1 a 0,05)	0,081	0,500	0,826
PLA	0,49 (0,1)	0,47 (0,1)				

Os dados são expressos como Média e Erro Padrão (EP). POT = Potência; VPM = Velocidade Propulsiva Média; NaNO₃⁻: Nitrato de Sódio; PLA = Placebo; W = Watts; m/s = metros/segundo; UA = Unidade Arbitrária; * = Diferença significativa (p<0,05);

Conforme apresentado na tabela 3, nenhum efeito (grupo, tempo, interação) foi encontrado para a POT, OMNI-RES e VPM a 90% de 1RM.

- **Efeitos Agudos da Suplementação de NaNO₃⁻ a 70% de 1RM:**

A tabela 4 apresenta a comparação entre os grupos NaNO₃⁻ e PLA na média das 3 séries de 12 repetições a 70% de 1RM na POT, OMNI-RES e VPM durante o protocolo de agachamento na MVI.

Tabela 4. Efeitos da suplementação de NaNO₃⁻ e PLA a 70% de 1RM nas variáveis dependentes (POT, OMNI-RES e VPM) durante o protocolo de agachamento na MVI.

Variável	Condição	1ª Série Média (EP)	2ª Série Média (EP)	3ª Série Média (EP)	NaNO ₃ ⁻ vs PLA, Mudança Relativa (IC95%)	P valor		
						Grupo	Tempo	Interação
POT (W)	NaNO ₃ ⁻	487,2 (28,4) ^a	478,5 (26,6)	468,4 (24,9)	17,1 (-49,8 a 83,8)	0,617	0,003*	0,378
	PLA	480,2 (26,3) ^{bc}	466,1 (22,2) ^b	437,2 (20,9) ^{ac}				
OMNI-RES (UA)	NaNO ₃ ⁻	6,3 (0,3)	6,5 (0,3)	6,6 (0,4)	0,26 (-0,9 a 1,5)	0,685	0,043*	0,503
	PLA	5,9 (0,4) ^a	6,1 (0,5)	6,6 (0,6) ^a				
VPM (m/s)	NaNO ₃ ⁻	0,58 (0,1)	0,57 (0,1)	0,56 (0,1)	0,03 (-0,14 a 0,07)	0,509	0,033*	0,530
	PLA	0,62 (0,1) ^a	0,61 (0,1) ^a	0,58 (0,1)				

Os dados são expressos como Média e Erro Padrão (EP). POT = Potência; VPM = Velocidade Propulsiva Média; NaNO₃⁻: Nitrato de Sódio; PLA = Placebo; W = Watts; m/s = metros/segundo; UA = Unidade Arbitrária; * = Diferença significativa (p<0,05);

De acordo com a EEG com distribuição Gama, apresentado na tabela 4, houve uma redução significativa na produção de POT, OMNI-RES e VPM a cada série a 70% de 1RM, independente do suplemento ingerido (GEE efeito tempo, p = 0,005). No entanto, não foram observados efeitos da suplementação ou interação (grupo x tempo = 0,431; 0,503; 0,530).

- **Efeitos Agudos da Suplementação de NaNO_3^- no Percentual da Perda de Velocidade (%PVEL):**

A figura 13 apresenta a comparação entre os grupos NaNO_3^- e PLA nas respostas do Percentual da Perda de Velocidade (%PVEL) antes, durante e após a sessão utilizando o exercício agachamento na MVI.

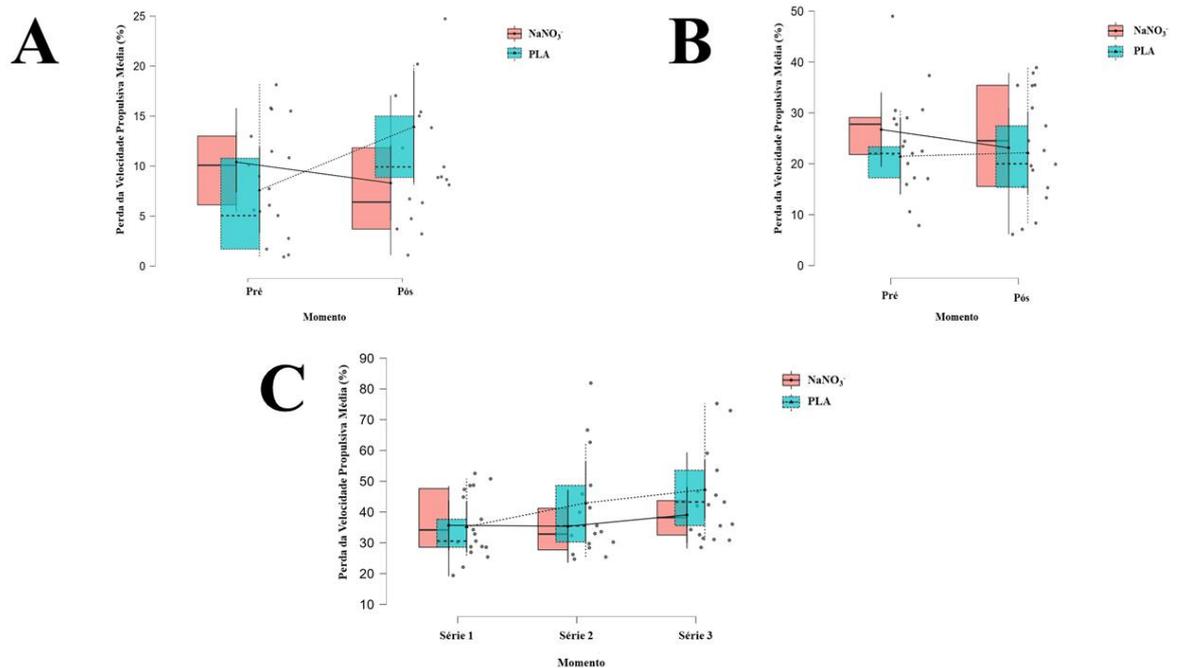


Figura 13. Efeitos da suplementação de NaNO_3^- e PLA no Percentual da Perda de Velocidade Propulsiva Média (%PVEL). Os valores são expressos como Média e Erro Padrão; **A:** Média das 3 repetições a 40% 1RM pré e pós o exercício agachamento na MVI; **B:** Média das 3 repetições a 90% 1RM pré e pós o exercício agachamento na MVI; **C:** Média das 3 séries de 12 repetições a 70% 1RM durante o exercício agachamento na MVI;

Segundo a análise da EEG com distribuição Gama, foi observado um efeito da interação no %PVEL a 40% 1RM ($p = 0,031$). A análise de post hoc apresentou uma diferença significativa entre (NaNO_3^- pós: $7,8 \pm 1,7\%$ vs PLA pós: $13,1 \pm 1,8\%$; $p = 0,039$) e (PLA pós: $13,1 \pm 1,8\%$ vs PLA pré: $7,1 \pm 2\%$; $p = 0,028$).

No entanto, não foi observado efeito da interação no %PVEL a 90% 1RM ($p = 0,546$) e nem durante o %PVEL nas 3 séries de 12 repetições a 70% 1RM ($p = 0,548$).

• **Efeitos Agudos da Suplementação de NaNO₃⁻ nas variáveis do *Twitch Interpolation*:**

A tabela 5 apresenta a comparação entre os grupos NaNO₃⁻ e PLA nas variáveis relacionadas à fadiga neuromuscular utilizando a técnica de *Twitch Interpolation* nas CVMs durante o protocolo de agachamento na MVI.

Tabela 5. Média e erro padrão (EP) dos grupos NaNO₃⁻ e PLA nas variáveis relacionadas à fadiga neuromuscular utilizando a técnica de *Twitch Interpolation* nas CVMs durante o protocolo de agachamento na MVI.

Variáveis	Condição	CVM1 Média (EP)	CVM2 Média (EP)	CVM3 Média (EP)	CVM4 Média (EP)	NaNO ₃ ⁻ vs PLA, Mudança Relativa (IC95%)	P valor																																																																								
							Grupo	Tempo	Interação																																																																						
FPICO (kgF)	NaNO ₃ ⁻	79,6 (8,11) ^a	74,6 (5,30) ^{bc}	73,3 (4,55) ^{de}	68,4 (4,62) ^{abd}	4,37 (-5,6 a 14,4)	0,393	0,000*	0,086																																																																						
	PLA	75,8 (5,56) ^{fgh}	69,9 (5,1) ^f	66,4 (4,90) ^g	66,4 (4,30) ^{ceh}					TS	NaNO ₃ ⁻	80,4 (8,63) ^{ab}	75,08 (4,78) ^{cde}	72,9 (4,96) ^{fg}	69,4 (4,64) ^{acf}	5,95 (-2,3 a 14,2)	0,161	0,000*	0,730	PLA	72,6 (4,68) ^h	69,7 (5,03) ⁱ	66,1 (5,40) ^{dh}	65,5 (5,41) ^{begi}	TC1	NaNO ₃ ⁻	27,7 (2,74) ^a	26,3 (3,10) ^b	26,6 (3,03) ^c	24,7 (3,04)	2,27 (-2,4 a 7,02)	0,348	0,120	0,026*	PLA	23,5 (3,56)	25,8 (3,47) ^d	22,9 (3,27) ^{ab}	24,1 (3,20) ^{cd}	TC2	NaNO ₃ ⁻	19,7 (2,38) ^{ab}	19,93 (2,32) ^{cde}	18,3 (2,23) ^{cf}	16,3 (2,36) ^{adfg}	0,85 (-2,5 a 4,2)	0,626	0,000*	0,550	PLA	17,6 (2,42)	20,1 (2,52) ^{ghi}	17,03 (2,55) ^h	16,1 (2,26) ^{bei}	TC3	NaNO ₃ ⁻	14,8 (1,90) ^{abcd}	14,1 (1,88) ^e	13,29 (1,51) ^{af}	11,6(1,33) ^{befgh}	1,1 (-1,4 a 3,7)	0,378	0,004*	0,007*	PLA	11,1 (2,06) ^{chi}	14,3 (1,98) ^{gijk}	11,7 (1,79) ^{dj}	12,1 (1,71) ^k	AV%	NaNO ₃ ⁻	85,14 (3,31) ^a	87,58(1,97) ^{bcde}	87,14(1,84) ^{fgh}	84,50 (1,63)	9,25 (2,2 a 16,2)	0,010*	0,347	0,431
TS	NaNO ₃ ⁻	80,4 (8,63) ^{ab}	75,08 (4,78) ^{cde}	72,9 (4,96) ^{fg}	69,4 (4,64) ^{acf}	5,95 (-2,3 a 14,2)	0,161	0,000*	0,730																																																																						
	PLA	72,6 (4,68) ^h	69,7 (5,03) ⁱ	66,1 (5,40) ^{dh}	65,5 (5,41) ^{begi}					TC1	NaNO ₃ ⁻	27,7 (2,74) ^a	26,3 (3,10) ^b	26,6 (3,03) ^c	24,7 (3,04)	2,27 (-2,4 a 7,02)	0,348	0,120	0,026*	PLA	23,5 (3,56)	25,8 (3,47) ^d	22,9 (3,27) ^{ab}	24,1 (3,20) ^{cd}	TC2	NaNO ₃ ⁻	19,7 (2,38) ^{ab}	19,93 (2,32) ^{cde}	18,3 (2,23) ^{cf}	16,3 (2,36) ^{adfg}	0,85 (-2,5 a 4,2)	0,626	0,000*	0,550	PLA	17,6 (2,42)	20,1 (2,52) ^{ghi}	17,03 (2,55) ^h	16,1 (2,26) ^{bei}	TC3	NaNO ₃ ⁻	14,8 (1,90) ^{abcd}	14,1 (1,88) ^e	13,29 (1,51) ^{af}	11,6(1,33) ^{befgh}	1,1 (-1,4 a 3,7)	0,378	0,004*	0,007*	PLA	11,1 (2,06) ^{chi}	14,3 (1,98) ^{gijk}	11,7 (1,79) ^{dj}	12,1 (1,71) ^k	AV%	NaNO ₃ ⁻	85,14 (3,31) ^a	87,58(1,97) ^{bcde}	87,14(1,84) ^{fgh}	84,50 (1,63)	9,25 (2,2 a 16,2)	0,010*	0,347	0,431	PLA	74,67 (5,93) ^{abf}	77,98 (4,82) ^c	75,68(4,01) ^{dg}	79,1 (4,55) ^{eh}										
TC1	NaNO ₃ ⁻	27,7 (2,74) ^a	26,3 (3,10) ^b	26,6 (3,03) ^c	24,7 (3,04)	2,27 (-2,4 a 7,02)	0,348	0,120	0,026*																																																																						
	PLA	23,5 (3,56)	25,8 (3,47) ^d	22,9 (3,27) ^{ab}	24,1 (3,20) ^{cd}					TC2	NaNO ₃ ⁻	19,7 (2,38) ^{ab}	19,93 (2,32) ^{cde}	18,3 (2,23) ^{cf}	16,3 (2,36) ^{adfg}	0,85 (-2,5 a 4,2)	0,626	0,000*	0,550	PLA	17,6 (2,42)	20,1 (2,52) ^{ghi}	17,03 (2,55) ^h	16,1 (2,26) ^{bei}	TC3	NaNO ₃ ⁻	14,8 (1,90) ^{abcd}	14,1 (1,88) ^e	13,29 (1,51) ^{af}	11,6(1,33) ^{befgh}	1,1 (-1,4 a 3,7)	0,378	0,004*	0,007*	PLA	11,1 (2,06) ^{chi}	14,3 (1,98) ^{gijk}	11,7 (1,79) ^{dj}	12,1 (1,71) ^k	AV%	NaNO ₃ ⁻	85,14 (3,31) ^a	87,58(1,97) ^{bcde}	87,14(1,84) ^{fgh}	84,50 (1,63)	9,25 (2,2 a 16,2)	0,010*	0,347	0,431	PLA	74,67 (5,93) ^{abf}	77,98 (4,82) ^c	75,68(4,01) ^{dg}	79,1 (4,55) ^{eh}																									
TC2	NaNO ₃ ⁻	19,7 (2,38) ^{ab}	19,93 (2,32) ^{cde}	18,3 (2,23) ^{cf}	16,3 (2,36) ^{adfg}	0,85 (-2,5 a 4,2)	0,626	0,000*	0,550																																																																						
	PLA	17,6 (2,42)	20,1 (2,52) ^{ghi}	17,03 (2,55) ^h	16,1 (2,26) ^{bei}					TC3	NaNO ₃ ⁻	14,8 (1,90) ^{abcd}	14,1 (1,88) ^e	13,29 (1,51) ^{af}	11,6(1,33) ^{befgh}	1,1 (-1,4 a 3,7)	0,378	0,004*	0,007*	PLA	11,1 (2,06) ^{chi}	14,3 (1,98) ^{gijk}	11,7 (1,79) ^{dj}	12,1 (1,71) ^k	AV%	NaNO ₃ ⁻	85,14 (3,31) ^a	87,58(1,97) ^{bcde}	87,14(1,84) ^{fgh}	84,50 (1,63)	9,25 (2,2 a 16,2)	0,010*	0,347	0,431	PLA	74,67 (5,93) ^{abf}	77,98 (4,82) ^c	75,68(4,01) ^{dg}	79,1 (4,55) ^{eh}																																								
TC3	NaNO ₃ ⁻	14,8 (1,90) ^{abcd}	14,1 (1,88) ^e	13,29 (1,51) ^{af}	11,6(1,33) ^{befgh}	1,1 (-1,4 a 3,7)	0,378	0,004*	0,007*																																																																						
	PLA	11,1 (2,06) ^{chi}	14,3 (1,98) ^{gijk}	11,7 (1,79) ^{dj}	12,1 (1,71) ^k					AV%	NaNO ₃ ⁻	85,14 (3,31) ^a	87,58(1,97) ^{bcde}	87,14(1,84) ^{fgh}	84,50 (1,63)	9,25 (2,2 a 16,2)	0,010*	0,347	0,431	PLA	74,67 (5,93) ^{abf}	77,98 (4,82) ^c	75,68(4,01) ^{dg}	79,1 (4,55) ^{eh}																																																							
AV%	NaNO ₃ ⁻	85,14 (3,31) ^a	87,58(1,97) ^{bcde}	87,14(1,84) ^{fgh}	84,50 (1,63)	9,25 (2,2 a 16,2)	0,010*	0,347	0,431																																																																						
	PLA	74,67 (5,93) ^{abf}	77,98 (4,82) ^c	75,68(4,01) ^{dg}	79,1 (4,55) ^{eh}																																																																										

Tabela 5. Continuidade

FE (UA)	NaNO ₃ ⁻	0,71 (0,06)	0,77 (0,05) ^{abc}	0,69 (0,05) ^a	0,66 (0,05) ^{bde}	-0,040 (-0,09 a 0,009)	0,115	0,000*	0,663
	PLA	0,79 (0,05) ^{df}	0,79 (0,04) ^{eg}	0,76 (0,09)	0,65 (0,04) ^{efg}				

FPICO = Força Pico; TS = Twitch Superimposto; TC = Twitch Controle; AV% = Percentual da Ativação Voluntária; FE = Força Evocada; NaNO₃⁻: Nitrato de Sódio; PLA = Placebo; kgF = Quilograma-Força; UA = Unidade Arbitrária; * = Diferença significativa (p<0,05); a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k = Análise de post hoc de Bonferroni apresentando diferença significativa entre as CVMs;

De acordo com a EEG com distribuição Gama, apresentado na tabela 5, independente do suplemento ingerido houve uma redução significativa ao longo do tempo na Fpico, TS, TC2, TC3 e FE (GEE efeito tempo, p = 0,000 – 0,004). Além disso, foi observado efeito do grupo no %AV (p = 0,010), em que a suplementação de NaNO₃⁻ promoveu maior %AV (~9,25%) quando comparado com a condição PLA. No entanto, só foram observados efeitos da interação no TC1 e TC3 (grupo x tempo = 0,026; 0,007, respectivamente).

- **Efeitos Agudos da Suplementação de NaNO₃- na TDF das CVMs:**

A tabela 6 apresenta a comparação entre os grupos NaNO₃⁻ e PLA na TDF das CVMs durante o protocolo de agachamento na MVI.

Tabela 6. Média e Erro Padrão (EP) dos grupos NaNO₃⁻ e PLA nas variáveis relacionadas à Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF) nas CVMs durante o protocolo do exercício de força utilizando o agachamento na MVI.

Variáveis	Condição	CVM1 Média (EP)	CVM2 Média (EP)	CVM3 Média (EP)	CVM4 Média (EP)	NaNO ₃ ⁻ vs PLA, Mudança Relativa (IC95%)	P valor		
							Grupo	Tempo	Interação
TDF - 50ms	NaNO ₃ ⁻	0,32 (0,06) ^a	0,23 (0,05) ^a	0,25 (0,05)	0,23 (0,05)	0,02 (-0,06 a 0,12)	0,528	0,067	0,001*
	PLA	0,21 (0,05)	0,23 (0,04)	0,24 (0,05)	0,24 (0,04)				
TDF - 100ms	NaNO ₃ ⁻	0,25 (0,04)	0,21 (0,04)	0,22 (0,04)	0,20 (0,04)	0,01 (-0,05 a 0,09)	0,622	0,789	0,124
	PLA	0,18 (0,04)	0,21 (0,04)	0,21 (0,04)	0,21 (0,03)				
TDF - 200ms	NaNO ₃ ⁻	0,18 (0,02)	0,16 (0,02)	0,16 (0,02)	0,15 (0,02)	0,004 (-0,04 a 0,057)	0,882	0,913	0,297
	PLA	0,14 (0,03)	0,17 (0,02)	0,16 (0,02)	0,16 (0,02)				
	PLA	0,73 (0,12)	0,74 (0,13)	0,55 (0,10)	0,64 (0,02)				

TDF = Taxa de Desenvolvimento de Força; NaNO₃⁻ = Nitrato de Sódio; PLA = Placebo; ms = milissegundo; * = Diferença significativa (p<0,05); ^a = Análise de post hoc de Bonferroni apresentando diferença significativa entre as CVMs;

De acordo com a EEG com distribuição Gama, apresentado na tabela 6, foi observado efeito da interação na TDF (grupo x tempo = 0,001).

• **Efeitos Agudos da Suplementação de NaNO₃⁻ na EMG:**

A tabela 7 apresenta a comparação entre os grupos NaNO₃⁻ e PLA na EMG das CVMs durante o protocolo de agachamento na MVI.

Tabela 7. Média e Erro Padrão (EP) dos grupos NaNO₃⁻ e PLA nas variáveis relacionadas à eletromiografia (EMG) nas CVMs durante o protocolo do exercício de força utilizando o agachamento na MVI.

Variáveis	Condição	CVM1 Média (EP)	CVM2 Média (EP)	CVM3 Média (EP)	CVM4 Média (EP)	NaNO ₃ ⁻ vs PLA, Mudança Relativa (IC95%)	P valor		
							Grupo	Tempo	Interação
RMS - RF	NaNO ₃ ⁻	0,42 (0,04)	0,41 (0,05)	0,40 (0,05)	0,41 (0,04)	-0,10(-0,22 a 0,025)	0,115	0,239	0,051
	PLA	0,54 (0,09)	0,51 (0,08)	0,53 (0,08)	0,46 (0,07)				
FM - RF	NaNO ₃ ⁻	68,43 (2,56)	70,02 (1,44)	75,39 (2,28)	70,1 (0,08)	3,07 (-4,6 a 10,7)	0,433	0,544	0,163
	PLA	71,12 (4,44)	65,93 (5,30)	67,79 (5,07)	66,7 (2,6)				
RMS - VL	NaNO ₃ ⁻	0,62 (0,08)	0,78 (0,17)	0,79 (0,17)	0,78 (0,10)	0,07 (-0,2 a 0,35)	0,598	0,720	0,085
	PLA	0,73 (0,12)	0,74 (0,13)	0,55 (0,10)	0,64 (0,02)				
FM - VL	NaNO ₃ ⁻	62,75 (3,06)	61,33 (3,99)	62,77 (2,40)	59,1 (0,67) ^a	-3,79 (-11,7 a 4,15)	0,350	0,000*	0,414
	PLA	69,79 (4,65) ^a	68,62(5,20) ^b	65,46 (3,57)	57,2 (2,86) ^b				
Onda M - VL	NaNO ₃ ⁻	5,69 (0,83) ^{abcdef}	13,3 (1,16) ^{ag}	14,6 (1,03) ^{bh}	13,4 (1,54) ^{ci}	-0,59 (-2,86 a 1,67)	0,608	0,000*	0,305
	PLA	7,57(1,41) ^{ghijkl}	13,5(1,43) ^{dj}	13,2(1,55) ^{ek}	15,1 (0,54) ^{fl}				

RMS = *root mean square*; RF = Reto Femoral; VL = Vasto Lateral; MF = Frequência Mediana; NaNO₃⁻: Nitrato de Sódio; PLA = Placebo; * = Diferença significativa (p<0,05); a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l = Análise de post hoc de Bonferroni apresentando diferença significativa entre as CVMs;

De acordo com a EEG com distribuição Gama, apresentado na tabela 6, independente do suplemento ingerido houve uma alteração significativa ao longo do tempo na RMS – VL e Onda M – VL (GEE efeito tempo, p = 0,000 – 0,000, respectivamente).

- **Efeitos Agudos da Suplementação de NaNO_3^- na Percepção de Esforço da Sessão utilizando a escala de CR100:**

Não foi observado diferença significativa entre o tipo de suplementação na percepção de esforço da sessão utilizando a escala de CR100 (NaNO_3^- : 57 ± 6 UA, [IC95%: 45 a 70 UA] vs PLA: 61 ± 7 UA [IC95%: 46 a 75 UA]; $p = 0,492$).

4.1.6 Discussão

O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da suplementação aguda de NaNO_3^- na fadiga neuromuscular e desempenho da força, POT e VPM durante uma sessão de treinamento de força utilizando o exercício de agachamento na MVI. Contrariando nossa hipótese, os resultados deste trabalho demonstram que a suplementação de NaNO_3^- não promoveu efeitos superiores quando comparado à condição PLA nas variáveis de POT, VPM, EMG do VL e RM, bem como na percepção de esforço das séries. Além disso não foram observados efeitos significativos na percepção de esforço da sessão. Em contrapartida, a ingestão de NaNO_3^- aumentou a TDF a 50 ms e o %AV, indicando uma melhora na aplicação de força em um curto espaço de tempo e uma possível redução na fadiga central, respectivamente. A ausência da ergogenicidade em algumas variáveis de interesse em nosso estudo pode estar relacionada a alguns fatores como a estratégia nutricional utilizada (dose, tempo e fonte), estado nutricional dos sujeitos, o nível de treinamento, o número amostral e a microbiota oral dos voluntários.

Um corpo crescente de evidências científicas apoia os efeitos ergogênicos da suplementação de NaNO_3^- na força, POT, velocidade e fadiga neuromuscular no treinamento resistido. Williams et al., (2020) mostraram uma melhora na velocidade média e POT média durante 3 séries de 12 repetições a 70% de 1RM na MVI no exercício supino após a ingestão de NO_3^- . Da mesma forma, Mosher et al., (2016) apresentaram uma diferença significativa após a ingestão de NO_3^- nas repetições até a falha e na carga total levantada durante uma sessão de exercício de supino a 60% de 1RM no supino.

Por outro lado e corroborando nossos resultados, Ranchal-Sanchez et al., (2020) exibiram que a ingestão de NO_3^- não produziu melhora na velocidade concêntrica do movimento ou produção de POT no agachamento na MVI a 70% de 1RM. Essas diferenças

encontradas sobre a parte superior e inferior do corpo podem estar atreladas ao recrutamento de unidades motoras em músculos menores quando comparado com o de músculos maiores, conforme observado em condições similares com a ingestão de cafeína (GRGIC; MIKULIC, 2017; WARREN et al., 2010; GRGIC et al., 2018).

Embora o NO_3^- possa ter um efeito ergogênico no aumento da velocidade e POT muscular para questões de saúde, alguns trabalhos demonstraram que doses agudas de NO_3^- pode ser incapaz para produzir aumento nas propriedades contráteis dos músculos de contração rápida durante esforços de alta intensidade e curta duração em sujeitos treinados (COGGAN et al., 2016; MARTIN et al., 2014; PAWLAK-CHAOUCH et al., 2019). Dessa forma, o nível de treinamento dos participantes poderia explicar a diferença encontrada entre nossos resultados e outros, afinal, indivíduos treinados são menos responsivos à suplementação aguda de NO_3^- (PORCELLI et al., 2015). Além disso, estes podem apresentar uma possível maior atividade da NOS, o que poderia reduzir a estimulação e atuação da via exógena NO_3^- - NO_2^- -NO (WADLEY; CHOATE; MCCONELL, 2007).

É possível que sujeitos com maior nível de condicionamento precisem de um tempo maior de ingestão (suplementação crônica) ou quantidade maior de NO_3^- para aumentar consideravelmente o NO_3^- intramuscular e plasmático e, dessa forma, obter os efeitos ergogênicos do suplemento no exercício (NYAKAYIRU; VAN LOON; VERDIJK, 2020). Portanto, uma dose abaixo do ideal poderia elucidar, em partes, a ausência do efeito apresentado em nosso trabalho. Vanhatalo et al., (2010) apresentaram melhor desempenho no pico de POT após a suplementação crônica (15 dias - 5,2 mmol/dia) de NO_3^- . Em contrapartida, usamos uma dose de 3 dias de 8,5mg/kg de NaNO_3^- que pode ter sido insuficiente para aquisição dos efeitos ergogênicos. Dessa forma, a possibilidade que um protocolo de vários dias para promover adaptações celulares para impulsionar os efeitos da suplementação de NO_3^- não pode ser descartada, podendo sugerir que indivíduos treinados podem requerer uma dose mais alta de NO_3^- e de uma forma mais prolongada. Além disso, os efeitos ergogênicos do NO_3^- são frequentemente observados após a ingestão do suco de beterraba, no gel de beterraba e nas dietas ricas de NO_3^- , mas são menos prováveis em uma das fontes de NO_3^- em sal que utilizamos em nosso estudo (KNO_3^- e NaNO_3^-), possivelmente pela ausência de fotoquímicos como a betalaína e seu papel antioxidante (SILVA et al., 2022).

Ademais, não foi encontrado efeito positivo da ingestão de NaNO_3^- na fadiga neuromuscular medida pelo SVCM após o protocolo de exercício agachamento na MVI. Este

resultado corrobora com um estudo publicado por Cuenca et al., (2018), onde os autores demonstraram que independente do tipo de condição (NO_3^- ou PLA) houve redução na altura do SVCM após o teste de Wingate em homens saudáveis treinados. Jonvik et al., (2021) apresentaram que a suplementação de NO_3^- não melhorou o desempenho do SVCM em homens ativos. No entanto, Clifford et al., (2016) relataram que a ingestão de NO_3^- foi capaz de reduzir a queda de desempenho no SVCM durante sprints máximos repetidos. Dentre os possíveis mecanismos que podem estar associados a esta condição, é que a suplementação de NO_3^- pode reduzir o custo de fosfocreatina (PCR) para produção de força e por conseguinte, atrasar o aparecimento e desenvolvimento da fadiga. Por outro lado, alguns trabalhos não demonstraram a associação entre a suplementação de NO_3^- no desempenho no SVCM, o que parece invalidar essa teoria proposta.

O protocolo de exercício agachamento na MVI diminuiu a capacidade do músculo de gerar força, independente do tipo de condição ingerida (NaNO_3^- ou PLA). A ingestão de NaNO_3^- apresentou redução de força semelhante ao PLA (~4,37kgf de diferença). Além disso, não foi observado maior ativação da EMG dos músculos VL e RF. Os participantes não relataram diferença significativa entre as condições de suplementação na redução da percepção subjetiva de esforço durante as séries e sessão.

Nas variáveis do *twitch interpolation*, foi observado uma redução no TC1, TC2 e consequentemente queda na FE. Esses fatores estão relacionados à fadiga periférica e podem ser elucidados pela diminuição na transmissão do potencial de ação ao longo do sarcolema, pela redução da liberação do Ca_2^+ e excitabilidade do sarcolema e túbulos T, resultando numa queda na capacidade de despolarização das fibras e, dessa forma, influenciar negativamente a produção de força (BORJI et al., 2014). Além disso, os resultados deste trabalho demonstraram uma diferença (~9,25%) no %AV após a ingestão de NaNO_3^- quando comparado à condição PLA durante o protocolo de exercício agachamento na MVI. O %AV é um elemento relacionado à fadiga central (GANDEVIA; 2001). Dessa forma, a suplementação de NaNO_3^- poderia contribuir na taxa de disparo dos motoneurônios em níveis espinhais, contribuindo no sinal de ativação muscular.

A capacidade de produzir força máxima é restringida pelo tempo em ações específicas do esporte (TARBER et al., 2016). A TDF é considerada um fator chave no desempenho esportivo por ser caracterizada como uma medida de quão rápido o sujeito consegue produzir e aplicar força em um espaço de tempo específico (AAGAARD et al., 2002). Portanto, aumentar

a TDF pode tornar os sujeitos mais potentes, pois podem desenvolver forças maiores em um período de tempo mais curto (AAGAARD et al., 2002). A TDF parece ser influenciada, sobretudo, pela capacidade de produzir ativação voluntária máxima na fase inicial de uma contração rápida (50-75ms), em especial, como resultado da elevação da taxa de descarga da unidade motora (MAFFIULETTI et al., 2016). Nossos resultados apresentam melhorias na TDF a 50ms após a ingestão de NaNO_3^- . Dessa forma, a aplicação de força durante habilidades como sprint e salto no atletismo que duram aproximadamente 150ms podem ser potencializadas após a ingestão de NO_3^- por uma maior ativação muscular no início da contração muscular (0-50ms em relação ao momento inicial da força) (TILLIN et al., 2010).

Este estudo apresenta alguns pontos fortes importantes, como a investigação do uso da estratégia de NO_3^- sobre um exercício frequentemente usado nos centros de treinamento. Este parece ser o primeiro estudo a avaliar os efeitos da suplementação de NO_3^- sobre as variáveis da técnica do *twitch interpolation* para análise da substância na fadiga neuromuscular.

No entanto, também existem algumas limitações. Dentre estas, não foi possível medir as concentrações plasmática e salivar de NO_3^- e NO_2^- e a microbiota oral dos voluntários. Assim, a falta dessas medidas pode ser considerada a principal limitação deste trabalho. Além disso, optamos por recrutar uma amostra de conveniência e não realizamos um cálculo *a priori* do tamanho da amostra, o que demonstra um possível baixo poder estatístico para detectar pequenos efeitos da suplementação de NaNO_3^- no desempenho das variáveis utilizadas. Apesar de ser feito o cegamento, a eficácia não foi analisada e apresentada aqui, o que pode mostrar que a identificação do suplemento pode ter influenciado os resultados no exercício e considerado um potencial viés. A estratégia de dose utilizada (3 dias de 8,5mg/kg de NaNO_3^-) é outra possível limitação e não pode ser excluída a possibilidade que doses maiores e mais prolongadas possam levar a resultados diferentes. Dessa forma, pesquisas futuras devem considerar essas limitações e fornecer mais informações sobre os efeitos ergogênicos da ingestão de NaNO_3^- durante o agachamento na MVI em indivíduos treinados.

4.1.7 Conclusão

Os resultados da presente investigação demonstram que a suplementação aguda de NaNO_3^- (8,5mg/kg) durante 3 dias e 120 minutos antes de uma sessão de agachamento na MVI foi insuficiente para produzir efeitos significativos na POT, VPM, EMG do VL e RF, bem como na percepção de esforço das séries e sessão. No entanto, a ingestão de NaNO_3^- aumentou a TDF a 50ms e o %AV, indicando uma melhora na aplicação de força em um curto espaço de tempo e uma possível redução na fadiga central, respectivamente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação de NO_3^- pode atuar como precursora da formação de NO. O NO é considerado uma molécula gasosa sinalizadora responsável por induzir diversos processos fisiológicos durante o exercício. Alguns trabalhos vêm demonstrando os efeitos ergogênicos da suplementação aguda de NO_3^- na força, potência, velocidade e fadiga neuromuscular, sendo menos eficientes em sujeitos treinados e existindo maior eficácia em indivíduos destreinados. Os resultados deste trabalho apontam que a suplementação aguda de NaNO_3^- não produziu efeitos positivos sobre POT, VPM, EMG do VL e RF, bem como na percepção de esforço das séries e sessão utilizando o exercício agachamento na MVI em indivíduos treinados. Além disso, não está claro se com o aumento do tempo de ingestão ou dosagem, os efeitos da suplementação de NO_3^- nestes parâmetros podem ser potencializados.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, P. et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of applied physiology**, v. 93, n. 4, p. 1318-1326, 2002.
- ALVARES, T. S. et al. Effect of dietary nitrate ingestion on muscular performance: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-23, 2021.
- 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.
- BERGQUIST, A. J.; CLAIR, J. M.; COLLINS, D. F. Motor unit recruitment when neuromuscular electrical stimulation is applied over a nerve trunk compared with a muscle belly: triceps surae. **Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 3, p. 627-637, 2011.
- BESCÓS, R. et al. Acute administration of inorganic nitrate reduces VO₂(peak) in endurance athletes. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 10, p. 1979-86, 2011.
- BOJSEN-MØLLER, J. et al. Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. **Journal of applied physiology**, v. 99, n. 3, p. 986-994, 2005.
- BORJI, R. et al. Individuals with intellectual disability have lower voluntary muscle activation level. **Research in developmental disabilities**, v. 35, n. 12, p. 3574-3581, 2014.
- BOSCO, C. et al. A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 70, n. 5, p. 379-386, 1995.
- CAMPOS, H. O. et al. Nitrate supplementation improves physical performance specifically in non-athletes during prolonged open-ended tests: a systematic review and meta-analysis. **British Journal of Nutrition**, v. 119, n. 6, p. 636-657, 2018.
- CERMAK, N. M.; GIBALA, M. J.; VAN LOON, L. J. C. 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.
- CLAUDINO, J. C. et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **Journal of science and medicine in sport**, v. 20, n. 4, p. 397-402, 2017.
- COGGAN, A. R. et al. Acute dietary nitrate intake improves muscle contractile function in patients with heart failure: a double-blind, placebo-controlled, randomized trial. **Circulation: Heart Failure**, v. 8, n. 5, p. 914-920, 2015.
- COGGAN, A. R. et al. Effect of dietary nitrate on human muscle power: A systematic review and individual participant data meta-analysis. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 2021.
- CONCEIÇÃO, F. et al. Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. **Journal of sports sciences**, v. 34, n. 12, p. 1099-1106, 2016.

- DAVIS, J. M.; FITTS, R. Mechanisms of muscular fatigue. **ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription**. Baltimore. Williams & Wilkins, p. 182-8, 1998.
- DORRELL, H. F.; SMITH, M. F.; GEE, T. I. Comparison of velocity-based and traditional percentage-based loading methods on maximal strength and power adaptations. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 34, n. 1, p. 46-53, 2020.
- ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. **The Journal of physiology**, v. 586, n. 1, p. 11-23, 2008.
- ESEN, O.; DOBBIN, N.; CALLAGHAN, M. J. The effect of dietary nitrate on the contractile properties of human skeletal muscle: a systematic review and meta-analysis. **Journal of the American Nutrition Association**, p. 1-12, 2022.
- FERGUSON, S. K. et al. Impact of dietary nitrate supplementation via beetroot juice on exercising muscle vascular control in rats. **Journal of Physiology**, v. 591, n. 2, p. 547–557, 2013.
- FRANCIS, S. H.; BUSCH, J. L.; CORBIN, J. D. cGMP-dependent protein kinases and cGMP phosphodiesterases in nitric oxide and cGMP action. **Pharmacological Reviews**, v. 62, n. 3, p. 525–563, 2010.
- FULFORD, J. et al. Influence of dietary nitrate supplementation on human skeletal muscle metabolism and force production during maximum voluntary contractions. **Pflügers Archiv-European Journal of Physiology**, v. 465, n. 4, p. 517-528, 2013.
- GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological reviews**, 2001.
- GAO, C. et al. The effects of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance and cardiorespiratory measures in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 55, 2021.
- GARCÍA-RAMOS, A. et al. Mean velocity vs. mean propulsive velocity vs. peak velocity: which variable determines bench press relative load with higher reliability?. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 5, p. 1273-1279, 2018.
- GATHERCOLE, R. J. et al. Comparison of the capacity of different jump and sprint field tests to detect neuromuscular fatigue. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 9, p. 2522-2531, 2015.
- GILCHRIST, M.; WINYARD, P. G.; BENJAMIN, N. Dietary nitrate - Good or bad? **Nitric Oxide - Biology and Chemistry**, v. 22, n. 2, p. 104–109, 2010.
- GONZALEZ, J. T. et al. Glucose plus fructose ingestion for post-exercise recovery—greater than the sum of its parts? **Nutrients**, v. 9, n. 4, p. 1–15, 2017.
- GONZÁLEZ-BADILLO, J. J. et al. Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. **European journal of sport science**, v. 14, n. 8, p. 772-781, 2014.
- GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; SÁNCHEZ-MEDINA, L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. **International journal of sports medicine**, v. 31, n. 05, p. 347-352, 2010.

- GRGIC, J. et al. Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 11, 2018.
- GRGIC, J. et al. Effects of sodium bicarbonate supplementation on muscular strength and endurance: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 50, n. 7, p. 1361-1375, 2020.
- GRGIC, J.; MIKULIC, P. Caffeine ingestion acutely enhances muscular strength and power but not muscular endurance in resistance-trained men. **European journal of sport science**, v. 17, n. 8, p. 1029-1036, 2017.
- HAIDER, G.; FOLLAND, J. P. Nitrate supplementation enhances the contractile properties of human skeletal muscle. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 46, n. 12, p. 2234-2243, 2014.
- HATFIELD, D. L. et al. The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 760-766, 2006.
- HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, Oxford, v. 10, n. 5, p. 361–374, 2000.
- HERNÁNDEZ, A. et al. Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fast-twitch muscle. **Journal of Physiology**, v. 590, n. 15, p. 3575–3583, 2012.
- HILL, A. V. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences**, v. 126, n. 843, p. 136-195, 1938.
- HOON, M. W. et al. The effect of nitrate supplementation on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 23, n. 5, p. 522-532, 2013.
- HOUSTON, B. L. et al. Efficacy of iron supplementation on fatigue and physical capacity in non-anaemic iron-deficient adults: a systematic review of randomised controlled trials. **BMJ open**, v. 8, n. 4, p. e019240, 2018.
- 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, 2014.
- KAPIL, V. et al. Dietary nitrate provides sustained blood pressure lowering in hypertensive patients: A randomized, phase 2, double-blind, placebo-controlled study. **Hypertension**, v. 65, n. 2, p. 320–327, 2015.
- KAPIL, V. et al. Inorganic nitrate supplementation lowers blood pressure in humans: Role for nitrite-derived no. **Hypertension**, v. 56, n. 2, p. 274–281, 2010.
- KERKSICK, C. M. et al. International society of sports nutrition position stand: Nutrient timing. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 14, n. 1, p. 1–21, 2017.
- KNAPIK, J. J. et al. Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 46, n. 1, p. 103–123, 2016.
- KOBAYASHI, J.; OHTAKE, K.; UCHIDA, H. No-rich diet for lifestyle-related diseases. **Nutrients**, v. 7, n. 6, p. 4911–4937, 2015.

- KUPA, E. et al. Effects of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity. **Journal of applied physiology**, v. 79, n. 1, p. 23-32, 1995.
- LAGO-RODRÍGUEZ, Á. et al. The effect of dietary nitrate supplementation on isokinetic torque in adults: a systematic review and meta-analysis. **Nutrients**, v. 12, n. 10, p. 3022, 2020.
- LARSEN, F. J. et al. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. **Cell Metabolism**, v. 13, n. 2, p. 149–159, 2011.
- LARSEN, F. J. et al. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. **Acta Physiologica**, v. 191, n. 1, p. 59–66, 2007.
- LORENZO CALVO, J. et al. Influence of nitrate supplementation on endurance cyclic sports performance: a systematic review. **Nutrients**, v. 12, n. 6, p. 1796, 2020.
- 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.
- MAFFIULETTI, A. et al. Rate of force development: physiological and methodological considerations. **European journal of applied physiology**, v. 116, n. 6, p. 1091-1116, 2016.
- MARTIN, K. et al. No improvement of repeated-sprint performance with dietary nitrate. **International journal of sports physiology and performance**, v. 9, n. 5, p. 845-850, 2014.
- MAUGHAN, R. J. et al. IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 7, p. 439–455, 2018.
- MCMAHON, N. F.; LEVERITT, M. D.; PAVEY, T. G. The effect of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 47, n. 4, p. 735-756, 2017.
- MERTON, P. A. Voluntary strength and fatigue. **The Journal of Physiology**, London, v. 1, p. 553-564, 1953.
- MOSHER, L. et al. Ingestion of a nitric oxide enhancing supplement improves resistance exercise performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 12, p. 3520-3524, 2016.
- MORÁN-NAVARRO, R. et al. Movement velocity as a measure of level of effort during resistance exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 6, p. 1496-1504, 2019.
- MORI, M.; GOTOH, T. Regulation of nitric oxide production by arginine metabolic enzymes. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 275, n. 3, p. 715–719, 2000.
- MORRISSEY, M. C. et al. Early phase differential effects of slow and fast barbell squat training. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 2, p. 221-230, 1998.
- MORRISSEY, M. C.; HARMAN, E. A.; JOHNSON, M. J. Resistance training modes: specificity and effectiveness. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 27, n. 5, p. 648-660, 1995.

- MUGGERIDGE, D. J. et al. Erratum: The effects of a single dose of concentrated beetroot juice on performance in trained flatwater kayakers (*International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 23:5). **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 23, n. 6, p. 642, 2013.
- MUGGERIDGE, D. J. et al. The effects of dietary nitrate supplementation on the adaptations to sprint interval training in previously untrained males. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 1, p. 92–97, 2017.
- NADERI, A. et al. Co-ingestion of Nutritional Ergogenic Aids and High-Intensity Exercise Performance. **Sports Medicine**, v. 46, n. 10, p. 1407–1418, 2016.
- NEYROUD, D. et al. The effect of muscle fatigue on stimulus intensity requirements for central and peripheral fatigue quantification. **European journal of applied physiology**, v. 114, n. 1, p. 205-215, 2014.
- NYAKAYIRU, J.; VAN LOON, L.; VERDIJK. Could intramuscular storage of dietary nitrate contribute to its ergogenic effect? A mini-review. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 152, p. 295-300, 2020.
- PADDON-JONES, D. et al. Adaptation to chronic eccentric exercise in humans: the influence of contraction velocity. **European journal of applied physiology**, v. 85, n. 5, p. 466-471, 2001.
- PAREJA-BLANCO, F. et al. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 27, n. 7, p. 724-735, 2017.
- PATON, C. D; HOPKINS, W. G. Variation in performance of elite cyclists from race to race. **European journal of sport science**, v. 6, n. 01, p. 25-31, 2006.
- PAWLAK-CHAOUCH, M. et al. Effect of dietary nitrate supplementation on metabolic rate during rest and exercise in human: a systematic review and a meta-analysis. **Nitric Oxide**, v. 53, p. 65-76, 2016.
- PAWLAK-CHAOUCH, M. et al. Beetroot juice does not enhance supramaximal intermittent exercise performance in elite endurance athletes. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 38, n. 8, p. 729-738, 2019.
- PINNA, M. et al. Effect of beetroot juice supplementation on aerobic response during swimming. **Nutrients**, v. 6, n. 2, p. 605–615, 2014.
- PLACE, N. et al. Muscle fatigue: from observations in humans to underlying mechanisms studied in intact single muscle fibres. **European journal of applied physiology**, v. 110, n. 1, p. 1-15, 2010.
- PORCELLI, S. et al. Aerobic fitness affects the exercise performance responses to nitrate supplementation. 2015.
- RANDELL, A. D. et al. Effect of instantaneous performance feedback during 6 weeks of velocity-based resistance training on sport-specific performance tests. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 1, p. 87-93, 2011.
- ROJAS-VALVERDE, D. et al. Effectiveness of beetroot juice derived nitrates supplementation on fatigue resistance during repeated-sprints: A systematic review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 61, n. 20, p. 3395-3406, 2021.

- SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P. J. Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 3, p. 1015-1025, 2012.
- SAN JUAN, A. F. et al. Effects of dietary nitrate supplementation on weightlifting exercise performance in healthy adults: A systematic review. **Nutrients**, v. 12, n. 8, p. 2227, 2020.
- SANCHEZ-MEDINA, L; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 43, n. 9, p. 1725-1734, 2011.
- SILVA, C. et al. Análise da reprodutibilidade de parâmetros no domínio da frequência do sinal EMG utilizados na caracterização da fadiga muscular localizada. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 18, p. 456-464, 2012.
- SILVA, C. et al. Factors that Moderate the Effect of Nitrate Ingestion On Exercise Performance in Adults: A Systematic Review With Meta-Analyses and Meta-Regressions. **Advances in Nutrition**, 2022.
- SOUZA, D. B. et al. Acute effects of caffeine-containing energy drinks on physical performance: a systematic review and meta-analysis. **European Journal of Nutrition**, v. 56, n. 1, p. 13–27, 2017.
- SPIEGELHALDER, B.; EISENBRAND, G.; PREUSSMANN, R. Influence of dietary nitrate on nitrite content of human saliva: Possible relevance to in vivo formation of N-nitroso compounds. **Food and Cosmetics Toxicology**, v. 14, n. 6, p. 545–548, 1976.
- SPIERING, B. A. et al. Resistance exercise biology. **Sports Medicine**, v. 38, n. 7, p. 527-540, 2008.
- STONE, M. H. et al. How much strength is necessary?. **Physical Therapy in Sport**, v. 3, n. 2, p. 88-96, 2002.
- STROJNIK, V; KOMI, P. V. Neuromuscular fatigue after maximal stretch-shortening cycle exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 1, p. 344-350, 1998.
- SUN, R. et al. Effects of caffeine ingestion on physiological indexes of human neuromuscular fatigue: A systematic review and meta-analysis. **Brain and Behavior**, v. 12, n. 4, p. e2529, 2022.
- TABER, C. et al. Roles of maximal strength and rate of force development in maximizing muscular power. **Strength & Conditioning Journal**, v. 38, n. 1, p. 71-78, 2016.
- TILLIN, N. et al. Neuromuscular performance of explosive power athletes versus untrained individuals. 2010.
- TILLIN, N. et al. Nitrate supplement benefits contractile forces in fatigued but not unfatigued muscle. **Medicine & Science in Sport & Exercise**, v. 50, n. 10, p. 2122-2131, 2018.
- TOIGO, M.; BOUTELLIER, U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. **European journal of applied physiology**, v. 97, n. 6, p. 643-663, 2006.

- TORNERO-AGUILERA, J. et al. Central and Peripheral Fatigue in Physical Exercise Explained: A Narrative Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 7, p. 3909, 2022.
- TRAJANO, S. et al. Intermittent stretch reduces force and central drive more than continuous stretch. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 46, n. 5, p. 902-910, 2014.
- VAN DE WALLE, P; VUKOVICH, D. The effect of nitrate supplementation on exercise tolerance and performance: a systematic review and meta-analysis. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 6, p. 1796-1808, 2018.
- 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**, 2010.
- WADLEY, G; CHOATE, J; MCCONELL, K. NOS isoform-specific regulation of basal but not exercise-induced mitochondrial biogenesis in mouse skeletal muscle. **The Journal of physiology**, v. 585, n. 1, p. 253-262, 2007.
- WARREN, G. L. et al. Effect of caffeine ingestion on muscular strength and endurance: a meta-analysis. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 7, p. 1375-1387, 2010.
- WEAKLEY, J. et al. Velocity-based training: From theory to application. **Strength & Conditioning Journal**, v. 43, n. 2, p. 31-49, 2021.
- WEBB, A. J. et al. Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. **Hypertension**, v. 51, n. 3, p. 784–790, 2008.
- WESTERBLAD, H. et al. Mechanisms underlying the reduction of isometric force in skeletal muscle fatigue. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 162, n. 3, p. 253-260, 1998.
- WILLIAMS, C. A.; RATEL, S. Definitions of muscle fatigue. **Human muscle fatigue**, p. 3-16, 2009.
- WILLIAMS, T. D. et al. Effect of acute beetroot juice supplementation on bench press power, velocity, and repetition volume. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 34, n. 4, p. 924-928, 2020.
- WYLIE, L. J. et al. Beetroot juice and exercise: Pharmacodynamic and dose-response relationships. **Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 3, p. 325–336, 2013b.
- 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, 2013a.
- ZAJĄC, A. et al. Central and peripheral fatigue during resistance exercise—a critical review. **Journal of Human Kinetics**, v. 49, n. 1, p. 159-169, 2015.
- ZANELLA, P. B.; ALVES, F. D.; DE SOUZA, C. G. Effects of beta-alanine supplementation on performance and muscle fatigue in athletes and non-athletes of different sports: a systematic review. **CEP**, v. 90035, n. 003, 2016.

ANEXO A – ATO NORMATIVO INTERNO – ANI n° 01/2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO ACADÊMICO



Ato Normativo Interno - ANI n° 01/2020

Aprovado pelo Colegiado de Curso na reunião de 04 de junho de 2020 e Substitui o Ato Normativo 01/2019 de 01 de fevereiro de 2019.

Ementa: Estabelece o formato do projeto de pesquisa e da dissertação que deverão ser apresentados ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco (PPGEF-UFPE) para os exames de qualificação, pré-banca e defesa final.

CAPÍTULO I **DAS INFORMAÇÕES PRELIMINARES**

Art. 1º - O presente ato normativo apresenta-se em caráter complementar e subordinado ao Regimento do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da UFPE, em sua versão mais atual.

Art. 2º - Colaboraram para a conclusão deste ato normativo: Vinicius Oliveira Damasceno; Tony Meireles dos Santos, Denise Maria Martins Vancea, Eduardo Zapatterra Campos e Breno Quintella Farah, Pedro Pinheiro Paes e Maria Cecília Tenório.

CAPÍTULO II **MODELO DE DISSERTAÇÃO**

Art. 3º O presente Ato Normativo tem caráter temporário e visa a adoção de diferentes tipos de produtos, como documento principal da dissertação de mestrado do PPGEF-UFPE. A presente normatização amplia o escopo estabelecido da normatização já em vigência, ampliando a possibilidade de produção dos seguintes tipos de artigos científicos

I - Artigo de revisão sistemática “metanalizado” ou não, respeitando uma das seguintes recomendações e com prévio registro na plataforma PROSPERO:

- PRISMA;
- MOOSE;
- COCHRANE;

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO ACADÊMICO



II - Artigo de revisão com foco na proposição de novas teorias e hipóteses; em conformidade com as diretrizes do J Med Hypotheses;

III - Diretrizes de consenso: em conformidade com AGREE Reporting Checklist.

Art. 4º Os discentes que já qualificaram os seus projetos anteriormente deverão enviar aos membros da banca de qualificação o projeto qualificado e um documento consubstanciado de forma robusta, com descrição quantificada do estado da arte sobre o tema, além da existência de publicações prévias semelhantes. Os membros da banca farão avaliação do novo documento, indicando duas possibilidades:

I - APROVADO; sem necessidade de nova banca de qualificação;

II - EM EXIGÊNCIA; com necessidade de nova banca de qualificação

§1º. Caso o projeto fique em exigência, uma nova solicitação de qualificação deverá ser feita de acordo com o regulamento interno do PPGEF.

§2º. Caso o membro que participou da banca de qualificação não tenha relação com o novo projeto, o docente deverá indicar, via formulário disponível no site do PPGEF, um novo membro para avaliação do projeto. Após aprovado pela Comissão de Banca do PPGEF, o novo membro fará avaliação e indicará as possibilidades.

CAPÍTULO III **DAS DISPOSIÇÕES GERAIS**

Art. 5º - Os casos omissos neste Ato Normativo serão deliberados pelo Colegiado do curso, nos limites de sua competência e, quando devido, pela PROPESQ.

Art. 6º - Aplicam-se, no que couber nos regimes didáticos, disciplinar e outros, as normas constantes dos estatutos e do regime geral da UFPE.

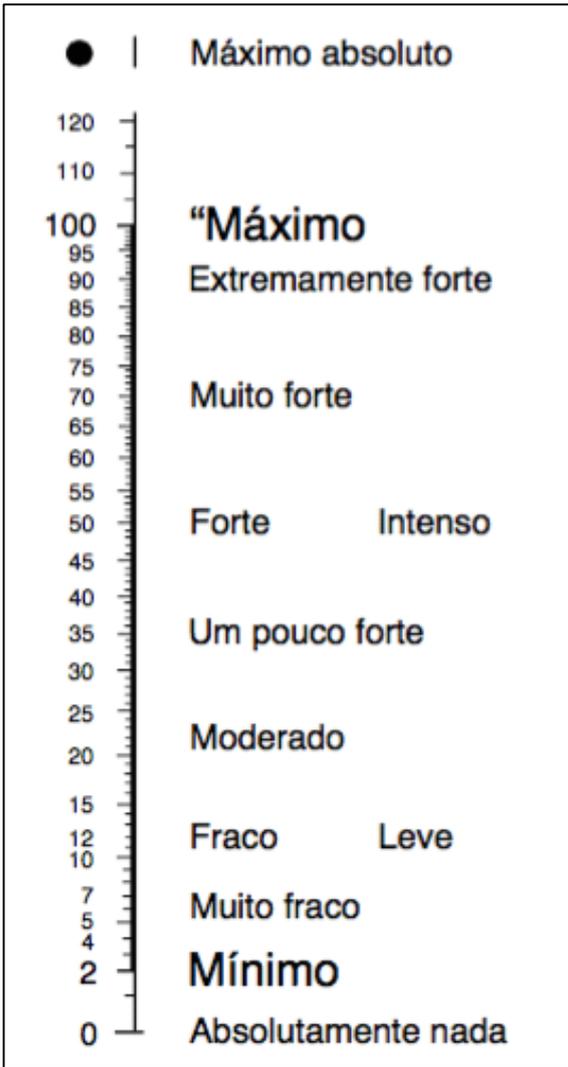
Art. 7º - Este Ato Normativo entrará em vigor a partir da data de sua publicação no *site* do PPGEF-UFPE e substitui disposições anteriores.

Recife, 11 de fevereiro de 2020.

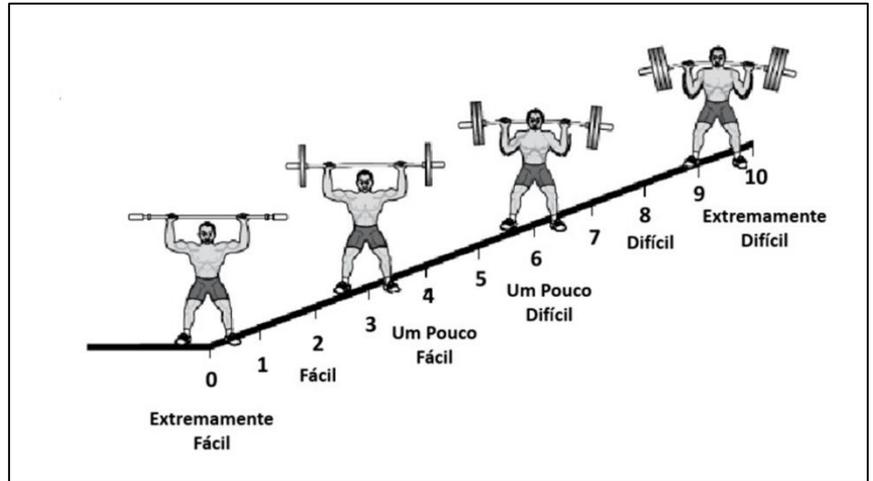
Prof. Dr. Eduardo Zapatero Campos
 Tit. Depº Educação Física CCS
 Decanato
 SAPE 230144

Prof. Dr. Eduardo Zapatero Campos
 Coordenador do PPGEF-UFPE

ANEXO B – ESCALAS SUBJETIVAS

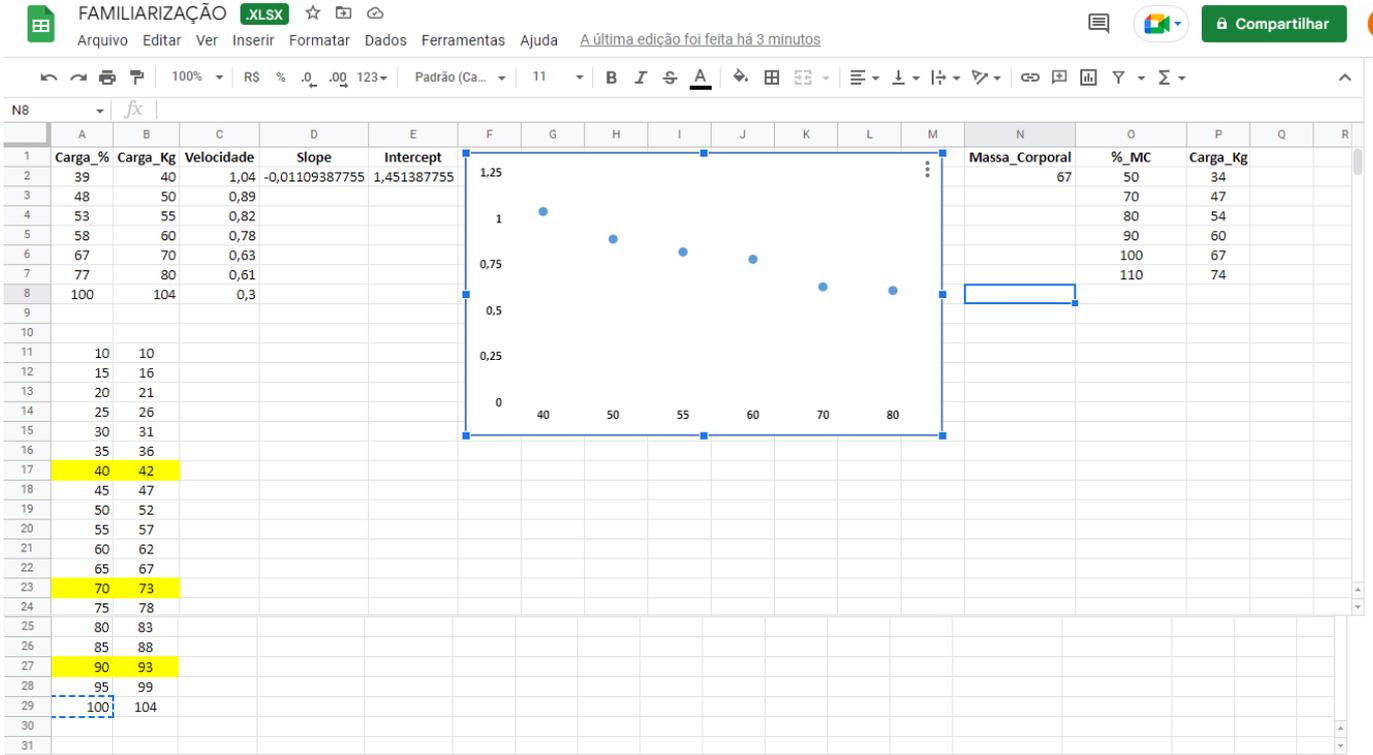


(Escala CR100)

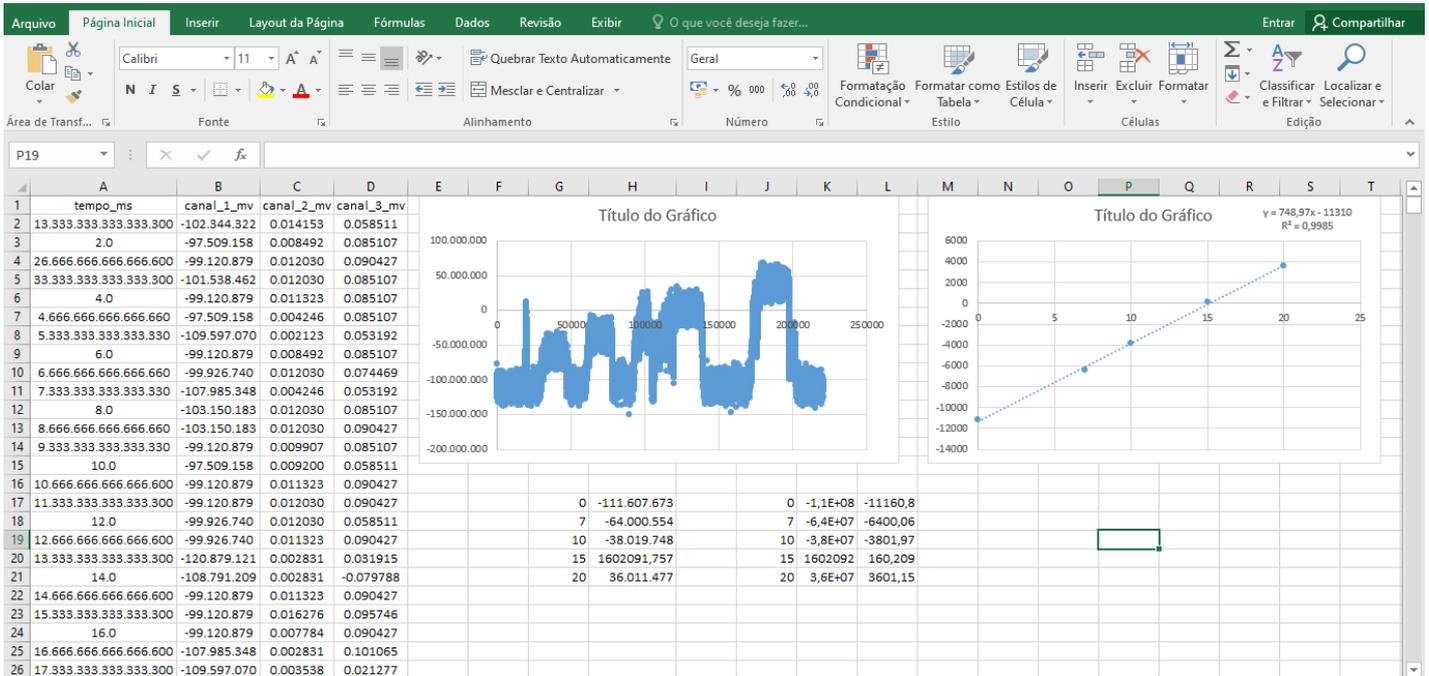


(Escala de OMNI-RES)

ANEXO C – PLANILHA DO EXCEL PARA DETERMINAÇÃO DA CARGA-VELOCIDADE A 40%, 90% e 70% de 1RM



ANEXO D – PLANILHA DO EXCEL PARA CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO



ANEXO E – ATA DA QUALIFICAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO ACADÊMICO



ATA DA 66ª QUALIFICAÇÃO DE PROJETO DE PESQUISA, DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA DO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, EM 16 DE JULHO DE 2020 ÀS 14H.

Aos dezesseis dias do mês de julho de dois mil e vinte às quatorze horas, no(a) Sala PPGEF01 - Núcleo de Educação Física e Desportos, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, em sessão pública, teve início a qualificação da Dissertação intitulada:

EFEITOS CRÔNICOS DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE ASSOCIADO À SUPLEMENTAÇÃO DE NITRATO DE SÓDIO SOBRE PARÂMETROS AERÓBIOS E DESEMPENHO DE 5KM EM SUJEITOS FÍSICAMENTE ATIVOS: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO.

De autoria de Willemax dos Santos Gomes, vinculada à área de concentração Biodinâmica do Movimento Humano, sob orientação do(a) Dr. Eduardo Zapatero Campos. O(a) aluno(a) cumpriu todos os pré-requisitos para a qualificação. A banca foi aprovada Aprovado na 39ª Reunião do Colegiado do PPG em Educação Física, e foi composta por Dr. Eduardo Zapatero Campos (351.005.968-42) - PPG em Educação Física, Universidade Federal de Pernambuco; Dr. Tony Meireles dos Santos (005.584.217-84) - PPG em Educação Física, Universidade Federal de Pernambuco; Dr. Eduardo Caldas Costa (053.041.174-17) - PPG em Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 0; 0.

Após cumpridas as formalidades, o(a) candidato(a) foi convidado a discorrer sobre o conteúdo da Dissertação. Conduzida a explanação, o(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora que, em seguida, reuniu-se para deliberar e conceder ao mesmo a menção da referida Dissertação:

- Aprovado
 Aprovado com restrições
 Reprovado

E, para constar, lavrei a presente Ata que vai por mim assinada, Coordenador da Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco, e pelos membros da Banca Examinadora.

Recife, 16 de julho de 2020

Prof. Dr. Eduardo Zapatero Campos
 Coordenador do PPGEF-UFPE
 SIAPE: 2331444

Banca Examinadora:

Dr. Eduardo Zapatero Campos (351.005.968-42) - PPG em Educação Física, Universidade Federal de Pernambuco	
Dr. Tony Meireles dos Santos (005.584.217-84) - PPG em Educação Física, Universidade Federal de Pernambuco	
Dr. Eduardo Caldas Costa (053.041.174-17) - PPG em Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte	
0	
0	

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa **Efeito da suplementação aguda do nitrato de sódio sobre a força muscular, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) Eduardo Zapaterra Campos, Rua Félix de Brito e Melo, 946 CEP: 51020-260, Recife-PE. Telefone: (081) 997820005 email: zacampos@yahoo.com.br.**

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam compreensíveis, as dúvidas podem ser tiradas com a pessoa que está lhe entrevistando e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados, caso concorde com a realização do estudo pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Caso não concorde, não haverá penalização, bem como será possível retirar o consentimento a qualquer momento, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- Trata-se de um estudo *cross-over* randomizado e duplo-cego que busca analisar o efeito da suplementação aguda do nitrato de sódio sobre a força muscular. Os participantes realizarão, para a coleta de dados, quatro visitas. Duas de familiarização e determinação da carga-velocidade, e dois ensaios experimentais randomizados: suplementação com nitrato de sódio (NaNO_3) ou placebo (PL). Nas duas primeiras visitas serão realizadas familiarizações, para habituar os participantes com o exercício agachamento e as repetições na máxima velocidade concêntrica (MVC). Logo em seguida, a partir das velocidades da familiarização, acontecerá a determinação da carga-velocidade para os testes experimentais. Os sujeitos receberão a suplementação e farão a ingestão em suas próprias casas, uma vez por dia em três dias seguidos uma semana após, no dia dos ensaios experimentais, duas horas antes da visita. Nos ensaios experimentais, que serão separados por um período de *wash-out* de uma semana, o desenho experimental será a seguinte: Após a ingestão de suplementação ou placebo, os indivíduos realizarão, inicialmente, três saltos contramovimento (SCM), usando uma plataforma de contato (Elite Jump, S2 Sports). Logo após, a primeira avaliação será feita através de duas séries de agachamento. Uma série de 3 repetições (MVC) para uma carga de 40% de 1RM, e outra 90% do 1RM da mesma forma com três minutos de intervalo entre as mesmas. Na segunda avaliação, eles farão três séries de doze repetições de agachamento (MVC). Com resposta da escala de "OMNI" a cada repetição e *twich interpolation* entre as séries, o intervalo será de três minutos entre as séries. A terceira avaliação será a mesma da primeira, três minutos após a última fase. Ao final, os participantes realizarão o CMJ novamente e responderão a escala "CR100". Como também receberão a suplementação da semana seguinte. As comparações serão entre o NaNO_3 e PL para a velocidade média, potência e desempenho neuromuscular no agachamento. Durante todos os testes e procedimentos, os participantes serão supervisionados por uma equipe com experiência profissional.
- O período de participação da pesquisa será de quatro semanas. Você fará, ao todo, três visitas ao laboratório para os testes.
- **RISCOS diretos: Riscos:** Os participantes estarão sujeitos a possíveis riscos de lesões físicas e desconforto físico. São os mesmos relacionados à prática de exercício físico intenso como: desconforto, insia de vômito, cansaço excessivo e pequenas lesões musculares, que podem causar dores musculares por um curto período de tempo. Para amenizar esses riscos, o aquecimento anteriormente aos esforços é essencial. Para prevenir qualquer transtorno, os monitores que farão as coletas passarão por oficina de como aplicar os testes, bem como maneiras de prevenir quaisquer tipos de acidentes. Os locais de coleta passarão por uma supervisão prévia para confirmação de sua possível utilização.
-
- **BENEFÍCIOS diretos e indiretos:** Determinação das melhores intensidades para o treinamento de força, avaliação da força muscular do sujeito através de testes altamente específicos e confiáveis e possível melhora da força física durante o período de exercício. Os participantes terão ainda, o reconhecimento de como se encontra o nível do agachamento, e desempenho neuromuscular dos membros inferiores.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (repetição máxima e o número de repetições máximas), ficarão armazenados em (computador pessoal), sob a responsabilidade do (Orientador da pesquisa – Prof. Eduardo Zapaterra Campos), no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: (Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepeccs@ufpe.br).

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo Efeito da suplementação aguda do nitrato de sódio sobre a força muscular, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

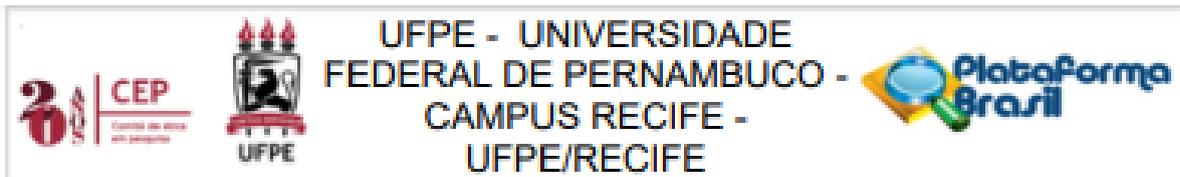
Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE B – Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito da suplementação de nitrato de sódio na força muscular

Pesquisador: Eduardo Zapaterra Campos

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 11868319.3.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.492.927

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa intitulado de "Efeito da Suplementação de Nitrato de Sódio sobre a força muscular", trata-se de um trabalho para o PIBIC, do aluno Rodolfo Marcolino Lapa Montenegro Alves, orientado pelo Prof. Dr. Eduardo Campos Zapaterra e reporta sobre a análise dos efeitos da suplementação de nitrato de sódio (NaNO₃), sobre a força muscular e o desempenho de indivíduos com experiência em treinamento de força.

Objetivo da Pesquisa:

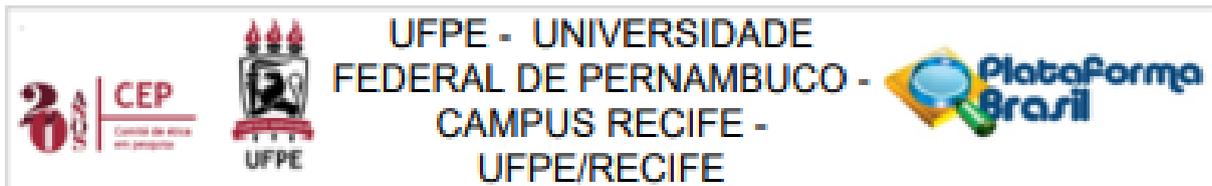
Geral:

Verificar o(s) efeito(s) agudo(s) da suplementação de nitrato sobre a força muscular e o desempenho de indivíduos com experiência em treinamento de força.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

- **Riscos:** Desconforto, enjoo, tontura, sensação de cansaço, exaustão e lesões osteomusculares. Os riscos podem ser amenizados se seguirem todas as orientações dos pesquisadores quanto aos protocolos e procedimentos assim como se observadas as orientações de segurança para a execução dos testes durante as intervenções.
- **Benefícios diretos e indiretos:** os benefícios de participar desse projeto são: determinação das melhores intensidades para o treinamento de força, avaliação da força muscular do sujeito através de testes altamente específicos e confiáveis e possível melhora da força física durante o período de

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.492.927

exercício.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um ensaio clínico randomizado duplo-cego (composto por três visitas), que busca analisar o efeito agudo da suplementação de nitrato sobre a força muscular dos membros inferiores. Os experimentos serão conduzidos nos laboratórios do Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco (laboratório PLIC- Professor José de Albuquerque Farias). A população será composta por voluntários eutróficos com idade entre 18 a 35 anos, recrutados por meio de divulgação do projeto nas redes sociais, nos murais do Departamento de Educação Física e do Departamento de Nutrição, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O cálculo amostral foi feito com o software G*POWER versão 3.1.0, considerando o tamanho do efeito de 0.30 e o alfa 0.05 e poder da amostra de 90%, apontou a necessidade de 22 voluntários, e que foram acrescidos em 08 voluntários considerando uma possível perda amostral. Os Instrumentos da Coleta de Dados será realizado durante as três visitas, e buscará analisar o efeito agudo da suplementação de nitrato sobre a força muscular dos membros inferiores, posteriormente, sendo todos seus resultados analisados estatisticamente.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O projeto apresenta: Introdução, objetivos, metodologia, cronograma, orçamento, referências, TCLE, folha de rosto, carta de anuência e o curriculum lattes dos pesquisadores, de acordo com as normas.

Recomendações:

Recomendamos a aprovação do projeto de pesquisa apresentado.

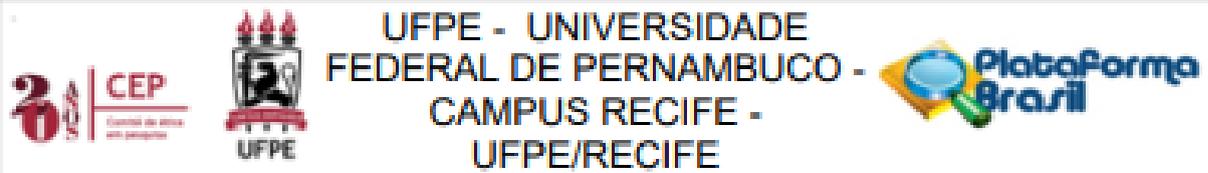
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está APROVADO para iniciar a coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio da Notificação com o Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepocs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.492.027

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

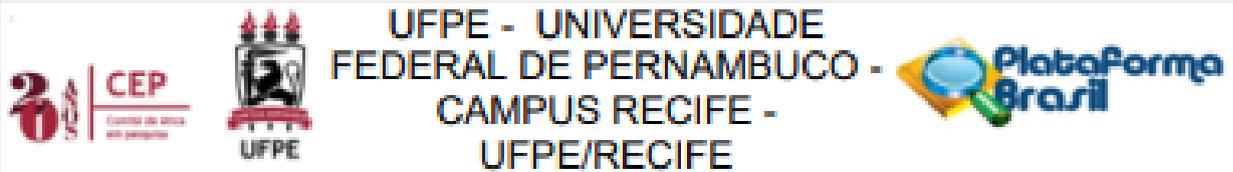
Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética, relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

O CEP/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do/a pesquisador/a assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Outros	Curriculo_farias.pdf	15/04/2019 13:15:23	Débora Viviane Albuquerque Granja Santana	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB INFORMAÇÕES BÁSICAS DO PROJETO 1327158.pdf	15/04/2019 13:07:34		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_rodolfo.doc	15/04/2019 12:45:29	Eduardo Zapattera Campos	Aceito
Outros	Anuencia_Rodolfo.pdf	15/04/2019 12:44:19	Eduardo Zapattera Campos	Aceito
Outros	Termo_rodolfo.pdf	15/04/2019 12:43:37	Eduardo Zapattera Campos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Rodolfo.pdf	15/04/2019 12:42:52	Eduardo Zapattera Campos	Aceito
Outros	Curric_Willemax.pdf	15/04/2019 12:42:35	Eduardo Zapattera Campos	Aceito
Outros	Lattes_marcolino.pdf	15/04/2019	Eduardo Zapattera	Aceito

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepocs@ufpe.br



**UFPE - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE PERNAMBUCO -
CAMPUS RECIFE -
UFPE/RECIFE**

Continuação do Parecer: 3.492.927

Outros	Lattes_marcolino.pdf	12:41:41	Campos	Aceito
Outros	curric.pdf	15/04/2019 12:41:14	Eduardo Zapaterra Campos	Aceito
Folha de Rosto	folha.pdf	15/04/2019 11:28:30	RODOLFO MARCOLINO LAPA MONTENEGRO ALVES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 08 de Agosto de 2019

**Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador(a))**

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepocs@ufpe.br

APÊNDICE C – CARTA DE ANUÊNCIA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos o pesquisador **Eduardo Zapatterra Campos**, a desenvolver o seu projeto de pesquisa **Efeito da suplementação farmacológica do nitrato de sódio sobre a força muscular**, que está sob coordenação do próprio Prof. Dr. Eduardo Zapatterra Campos cujo objetivo é **avaliar a influência da suplementação de nitrato de sódio sobre os parâmetros de força muscular**, no Projeto de Iniciação Científica em Educação Física do Departamento de Educação Física - UFPE.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento do (a) pesquisador (a) aos requisitos da Resolução 466/12 e suas complementares, comprometendo-se utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Antes de iniciar a coleta de dados o/a pesquisador/a deverá apresentar a esta Instituição o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

Recife, em 12 / 4 / 19.

Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos
Coordenador
PRO em Educação Física - UFPE
SAPE - 100425

Tony Meireles dos Santos
Coordenador do Complexo de Laboratório