

**UNIVERSIDADE SALGADO DE OLIVEIRA**

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física – PPGCAF

**DIEGO AFFONSO ABADE DOS SANTOS**

**COMPARAÇÃO ENTRE EFEITOS AGUDOS DA SUPLEMENTAÇÃO  
COM B-ALANINA EM ESCALAS PSICOFISIOLÓGICAS, LACTATO  
SANGUÍNEO, IMPULSO DE TREINAMENTO E VARIABILIDADE DA  
FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE TREINAMENTO FUNCIONAL  
DE ALTA INTENSIDADE**

Niterói / RJ

2023

**COMPARAÇÃO ENTRE EFEITOS AGUDOS DA SUPLEMENTAÇÃO  
COM B-ALANINA EM ESCALAS PSICOFISIOLÓGICAS, LACTATO  
SANGUÍNEO, IMPULSO DE TREINAMENTO E VARIABILIDADE DA  
FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE TREINAMENTO FUNCIONAL  
DE ALTA INTENSIDADE**

Projeto de pesquisa em Biodinâmica da Atividade Física apresentado para o Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física da Universidade Salgado De Oliveira – UNIVERSO, como dissertação de mestrado. Linha de pesquisa: Aspectos Fisiológicos e Neuropsicológicos da Prescrição do Exercício Físico na Saúde e Desempenho Humanos.

Orientador: Dr. Prof. Silvio Rodrigues Marques Neto

Niterói / RJ

2023

**DIEGO AFFONSO ABADE DOS SANTOS**

**“COMPARAÇÃO ENTRE EFEITOS AGUDOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM  
B-ALANINA EM ESCALAS PSICOFISIOLÓGICAS, LACTATO SANGUÍNEO,  
IMPULSO DE TREINAMENTO E VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA  
CARDÍACA DURANTE TREINAMENTO FUNCIONAL DE ALTA  
INTENSIDADE”**

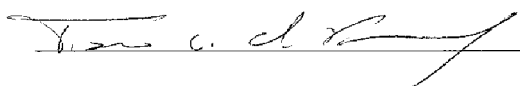
Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física da Universidade Salgado de Oliveira, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências da Atividade Física, aprovada no dia 24 de maio de 2023 pela banca examinadora, composta pelos professores:



---

**Prof. Dr. Silvio Rodrigues Marques Neto**

Professor do PPG em Ciências da Atividade Física da Universidade Salgado de Oliveira  
(UNIVERSO)



---

**Prof. Dr. Tiago Costa de Figueiredo**

Professor da Universidade Estácio de Sá (UNESA)



---

**Prof. Dr. Thiago Teixeira Guimarães**

Professor do PPG em Ciências da Atividade Física da Universidade Salgado de Oliveira  
(UNIVERSO)

### CIP - Catalogação na Publicação

Santos, Diego Affonso Abade dos.

Comparação entre efeitos agudos da suplementação com  $\beta$ -alanina em escalas  
s237 psicofisiológicas, lactato sanguíneo, impulso de treinamento e variabilidade da  
frequência cardíaca durante treinamento funcional de alta intensidade. / Diego  
Affonso Abade dos Santos. -- Niterói, RJ, 2023.

xiv, 15-54p. il.; tabs.

Numeração da publicação: [i] – xiv, 15-54p].

Referência(s): P. 39-50.

Anexo(s): P. 52-54.

Orientador: PhD. Silvio Rodrigues Marques.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Atividade Física) – Universidade Salgado  
de Oliveira, 2023.

1. Atividade física. 2. Atividade física - Treinamento. 3. Treinamento  
Funcional. I. TÍTULO.

CDD 613.711

## **DEDICATÓRIA**

Dedico primeiramente ao meu Senhor, Jesus.  
Sem Ele jamais teria conseguido chegar até aqui.  
Tantas tarefas, projetos e sonhos sendo construídos  
simultaneamente, mas Ele me amparou em todas!  
Glórias a Deus!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço muito a minha linda esposa, Larissa Abade, que sempre me ajudou em todas as horas, seja na linha de frente do trabalho no dia a dia, seja no background com suas coberturas de orações e centenas de outras atividades à nossa família.

Aos meus pais, Rita de Cassia Affonso e Cosme Abade, que me permitiram chegar até aqui me dando estrutura e educação.

Obrigado aos profissionais que trabalham comigo que compreenderam os momentos em que tive que focar totalmente nos estudos e por um determinado tempo não cumprir com as minhas funções nos nossos projetos e jornadas de trabalho.

Obrigado a Universidade Salgado De Oliveira – UNIVERSO – pela graduação e toda a estrutura física e do corpo docente durante todos esses anos de mestrado.

E por último, mas tão importante quanto os outros, o meu mestre e orientador Silvio Marques, que nunca desistiu de mim e sempre me deu uma oportunidade a mais e a todo o tempo esteve presente, solícito e paciente para comigo.

Um parágrafo especial para minha filha, Luísa Weissenberg, que me deu muita força e que nasceu durante todo o processo final de mestrado, e tive que, em alguns momentos, ficar menos próximo do que gostaria, mas tenho certeza de que ela terá muito orgulho no futuro em saber que seu pai se tornou um mestre.

## EPÍGRAFE

“A vontade de se preparar tem que ser maior do que a vontade de vencer. Vencer será consequência da boa preparação”

(BOB KINIGHT)

“ Levantai-vos e andai; porque não será aqui o vosso descanso”

(MIQUÉIAS 2.10A)

“No treinamento de força todas as coisas dão certo, porém algumas coisas dão mais certo do que as outras”

(RAFAEL DIAS)

“Se recebemos de Deus as coisas boas, por que não vamos aceitar também as desgraças? Assim, apesar de tudo, Jó não pecou, nem disse uma só palavra contra Deus”

(JÓ 2:10)

“O sucesso sem Deus é fracasso.”

(SILAS MALAFAIA)

## RESUMO

O **objetivo** do presente estudo foi comparar os efeitos agudos da suplementação com  $\beta$ -alanina nas escalas psicofisiológicas, lactato sanguíneo, impulso do treinamento e variabilidade da frequência cardíaca durante o treinamento funcional de alta intensidade. **Métodos:** Doze homens treinados (idade:  $22 \pm 5$  anos; índice de massa corporal:  $23,6 \pm 4,2$  Kg/m<sup>2</sup>; massa gorda:  $9,8 \pm 2,3$ ; VO<sub>2</sub>max:  $54,0 \pm 4,5$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) foram selecionados para participar do presente estudo. Os participantes fizeram três visitas ao centro de treinamento. Na primeira visita, os participantes realizaram um teste de esforço cardiopulmonar em remo ergômetro para determinar os limiares ventilatórios e o consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max). Nas visitas subsequentes, os participantes foram aleatoriamente atribuídos às seguintes condições: a) suplementação placebo (34g dextrose) e b)  $\beta$ -alanina (34g dextrose + 6,4g  $\beta$ -alanina). O protocolo de treinamento adotado foi executar o número máximo de repetições de 5 barras fixas, 10 flexões e 15 agachamentos durante 20 minutos. Simultaneamente, foram medidos os seguintes parâmetros de carga de treinamento e, em seguida, também comparados durante as duas condições experimentais: carga de sessão, percepção subjetiva de esforço (PSE), escala visual analógica (EVA), concentração sanguínea de lactato, impulso de treinamento (TRIMP) e a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes (RMSSD). **Resultados:** A  $\beta$ -alanina promoveu aumento do desempenho ( $p < 0,05$ ), mas em relação a PSE não apresentou diferença significativa. Já a EVA apresentou-se reduzida comparado ao momento placebo, assim como a concentração do lactato sanguíneo, o TRIMP e aumento do RMSSD ( $p < 0,05$ ). Além disso, em ambas as condições os parâmetros internos de carga de treinamento (carga de sessão,  $r = 0,78$ ,  $P = 0,005$ ; TRIMP,  $r = 0,80$ ,  $P = 0,001$ ; as concentrações de lactato,  $r = -0,61$ ,  $P = 0,17$  e HRV,  $r = 0,78$ ,  $P = 0,007$ ) apresentaram fortes correlações com o desempenho. **Conclusões:** A partir desses resultados podemos concluir que a  $\beta$ -alanina é um composto suplementar importante para melhora no desempenho durante o HIFT.

**Palavras-chave:** treinamento funcional de alta intensidade;  $\beta$ -alanina; Exercício com Peso Corporal; percepção subjetiva de esforço; escala visual analógica; lactato sanguíneo; impulso do treinamento e variabilidade da frequência cardíaca.

## ABSTRACT

**Background:** The aim of the present study was to compare the acute effects of  $\beta$ -alanine supplementation on psychophysiological scales, blood lactate, training impulse and heart rate variability during high-intensity functional training. **Methods:** Twelve trained men (age:  $22 \pm 5$  years; body mass index:  $23.6 \pm 4.2$  kg/m<sup>2</sup>; fat mass:  $9.8 \pm 2.3$ ; VO<sub>2</sub>max:  $54.0 \pm 4.5$  mL.kg<sup>-1</sup>, min<sup>-1</sup>) were selected to participate in the present study. Participants made three visits to the training center. On the first visit, patients performed a cardiopulmonary stress test on a rowing ergometer to determine ventilatory thresholds and maximum oxygen consumption (VO<sub>2</sub>max). On subsequent visits, participants were randomly assigned to the following conditions: a) placebo supplementation (34g dextrose) and b)  $\beta$ -alanine (34g dextrose + 6.4g  $\beta$ -alanine). The adopted training protocol was to perform the maximum number of repetitions of 5 pull-ups, 10 push-ups and 15 squats during 20 minutes. Simultaneously, the following training load parameters were measured and then also compared during the two experimental conditions: session load, perceived exertion (RPE), visual analogue scale (VAS), blood lactate concentration, training (TRIMP) and the root mean squared difference between adjacent normal RR intervals (RMSSD). **Results:**  $\beta$ -alanine promoted an increase in performance ( $p < 0.05$ ), but there was no significant difference in relation to RPE. The VAS, on the other hand, was reduced compared to the placebo moment, as well as the concentration of blood lactate, TRIMP and increased RMSSD ( $p < 0.05$ ). Furthermore, in both conditions the internal training load parameters (session load,  $r = 0.78$ ,  $P = 0.005$ ; TRIMP,  $r = 0.80$ ,  $P = 0.001$ ; lactate concentrations,  $r = -0.61$ ,  $P = 0.17$  and HRV,  $r = 0.78$ ,  $P = 0.007$ ) showed strong correlations with performance. **Conclusions:** Based on these results, we can conclude that  $\beta$ -alanine is an important supplementary compound to improve performance during HIFT.

**Keywords:** high-intensity functional training;  $\beta$ -alanine; Carnosine; Body weight; Training impulse; Rating of perceived exertion; heart rate variability.

## LISTA DE ABREVIATURAS

ERO – Espécies Reativas de Oxigênio

IT - Impulso de Treinamento

VFC - Variabilidade da Frequência Cardíaca,

LS - Lactato Sanguíneo

PSE - Percepção Subjetiva de Esforço

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SNA – Sistema Nervoso Autônomo

FC – Frequência Cardíaca

RQMDS - Raiz Quadrada da Média do Quadrado das Diferenças Sucessivas

RMSSD - Root Mean Square of the Successive Differences

RM – Repetições máximas

TF – Treinamento de Força

AMRAP - As Many Rounds/Reps As Possible (o máximo número de repetições ou rounds dentro de um tempo pré-determinado).

AL – Ácido Lático

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Número de repetições realizadas pelos participantes na condição placebo e sob o efeito da suplementação $\beta$ -alanina..... | 30 |
| Figura 2 - Comparação entre PSE, LS, IT e RMQDS no placebo e sob o efeito da suplementação de $\beta$ -alanina.....                     | 31 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Cronograma de visitas.....                                                                                           | 24 |
| Tabela 2. Característica dos participantes.....                                                                                | 24 |
| Tabela 3. Avaliação Cardiovascular.....                                                                                        | 26 |
| Tabela 4. Protocolo Cindy.....                                                                                                 | 27 |
| Tabela 5. Correlação entre o número de repetições durante a sessão de treinamento e os parâmetros de carga de treinamento..... | 32 |

**ANEXO**

ANEXO I.....52

ANEXO II.....53

ANEXO II.....54

## SUMÁRIO

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 1. Introdução.....                       | 15 |
| 2. Relevância e Justificativa.....       | 17 |
| 3. Objetivo.....                         | 17 |
| 4. Hipótese.....                         | 17 |
| 5. Revisão da literatura.....            | 18 |
| 6. Métodos e Materiais.....              | 22 |
| 7. Critérios de exclusão.....            | 22 |
| 8. Universo e Amostragem.....            | 23 |
| 9. Ética da pesquisa.....                | 23 |
| 10. Procedimento de coleta de dados..... | 23 |
| 11. Desenho experimental.....            | 23 |
| 12. Amostra.....                         | 24 |
| 13. Protocolo de testes.....             | 25 |
| 14. Análise de Dados.....                | 29 |
| 15. Resultados.....                      | 29 |
| 16. Discussão.....                       | 32 |
| 17. Conclusão.....                       | 38 |
| 18. Referências Bibliográficas.....      | 39 |
| 19. Glossário.....                       | 51 |
| 20. Anexos.....                          | 52 |

## INTRODUÇÃO

Atletas recreacionais e de alto desempenho muitas vezes usam suplementos para melhorar a performance, assim como para acelerar a recuperação física entre as sessões de treinamento físico. (SILVER, 2001). Os suplementos mais comuns usados incluem vitaminas, minerais, proteínas, estimulantes do sistema nervoso central e creatina (THOMAS et al., 2006)

Um dos suplementos utilizados para aumentar o desempenho e acelerar a recuperação entre as sessões de treinamento é a  $\beta$ -alanina que é um aminoácido que possui papel essencial na síntese de carnosina (DERAVE et al., 2007).

A Carnosina é um dipeptídeo sintetizado pela carnosina sintase (BAKARDJIEV e BAUER, 1994; HILL et al., 2007). e ela é formada pelos aminoácidos histidina e alanina (HARRIS et al., 2006). A carnosina é encontrada em baixas concentrações no músculo esquelético e as funções dela baseiam-se na alta capacidade tampão, redução da produção de espécies reativas de oxigênio (ERO) e melhoria do desempenho contrátil devido ao aumento da liberação de cálcio para o citoplasma (HARRIS et al., 1990).

Estudos têm mostrado que a ingestão crônica de  $\beta$ -alanina pode aumentar as concentrações de carnosina no músculo esquelético em até 80% (THOMAS et al., 2006, BRISOLA et al., 2019) A carga muscular de carnosina leva a um melhor desempenho em exercícios de alta intensidade em indivíduos não treinados e treinados (THOMAS et al., 2006, BRISOLA et al., 2019). Por essa razão, o uso de  $\beta$ -alanina em atletas vem crescendo significativamente, especialmente em atividades de alta intensidade, assim como no treinamento funcional de alta intensidade (HIFT) (JACOBS et al., 2014).

O HIFT é caracterizado como uma modalidade de treinamento que prioriza a execução de movimentos funcionais, constantemente variados e realizados em alta intensidade, seja com o objetivo de realizar as sessões de treinamento em um curto período de tempo (alta produção de potência), ou em tempo fixo visando realizar o máximo de repetições ou séries (CLAUDINO et al., 2018).

Esta modalidade de treinamento não prioriza a aptidão de uma qualidade física específica, neste sentido, seu foco possui uma visão mais ampla no desenvolvimento/aprimoramento de múltiplas valências, sendo elas: Agilidade, coordenação,

equilíbrio, força, flexibilidade, potência, precisão, resistência cardiorrespiratória, resistência muscular e velocidade (BUTCHER et al., 2015).

Além do aumento da força muscular e da potência devido a administração crônica de  $\beta$ -alanina (DERAVE et al., 2007), seus efeitos agudos também já foram abordados antes: desempenho em percurso de ciclismo de 4 km, disputa de remo de 2.000 metros, prova de natação de 100 e 200 metros, esportes de combate e polo aquático (BRISOLA et al., 2019, GLENN et al., 2015).

No entanto, não há muitas evidências na literatura de que  $\beta$ -alanina pode gerar melhorias no desempenho físico de modalidades combinadas de alta intensidade não cíclicas, que exijam alta resistência cardiorrespiratória e muscular ao mesmo tempo. De fato, os estudos sobre treinamento funcional de alta intensidade tem focado principalmente em adaptações crônicas (PODEROSO et al., 2019) e no perfil fisiológico de treinos específicos (TOLEDO et al., 2021).

Além disso, entender e conhecer como melhorar o desempenho nos treinamentos físicos, tem relação direta com alguns parâmetros e marcadores e é muito importante avaliar a carga de treinamento, pois estão fortemente relacionadas com a capacidade de trabalho, entre elas, as mais utilizadas são o impulso de treinamento (IT), variabilidade da frequência cardíaca (VFC), lactato sanguíneo (LS) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) (IMPELLIZZERI et al., 2021). No entanto, pouco se sabe sobre a influência da suplementação no estresse geral do treinamento. Assim, um melhor entendimento do uso da  $\beta$ -alanina auxiliará na identificação do uso mais adequado dessa suplementação.

## **RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA**

A melhora do desempenho físico nos treinos e competições é de grande importância para todos os atletas recreacionais e profissionais. Porém, toda a população que pode ter seu desempenho físico melhorado, sem efeitos colaterais, traz consigo algumas consequências como: diminuição de dores. Uma suplementação segura e com eficiente dose-resposta para auxiliar nesses objetivos pode contribuir para todos os praticantes de exercícios físicos, em especial aos de modalidades como o HIFT. O estudo também contribui nas pesquisas na ciência da atividade física e da nutrição desportiva auxiliando na atuação do profissional de Educação Física e de Nutricionistas.

## **OBJETIVO**

Comparar os efeitos agudos da suplementação com  $\beta$ -alanina nas escalas psicofisiológicas, lactato sanguíneo, impulso do treinamento e variabilidade da frequência cardíaca durante o treinamento funcional de alta intensidade em homens treinados.

Objetivos Específicos:

- Comparar os efeitos agudos da  $\beta$ -alanina em relação ao placebo no desempenho físico de resistência muscular localizada.
- Comparar os efeitos agudos da  $\beta$ -alanina em relação ao placebo nas escalas psicofisiológicas (PSE e EVA).
- Comparar os efeitos agudos da  $\beta$ -alanina em relação ao placebo nas concentrações sanguíneas de lactato.
- Comparar os efeitos agudos da  $\beta$ -alanina em relação ao placebo no impulso do treinamento (IT) e na variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

## **HIPÓTESE**

A hipótese do presente estudo baseia-se que a  $\beta$ -alanina comparada à condição placebo, irá promover melhora do desempenho dos exercícios e diminuição da PSE, EVA, IT, VFC e Lactato Sanguíneo. Neste sentido, apresentando-se um composto suplementar importante para melhora no desempenho durante o HIFT.

## REVISÃO DA LITERATURA

Melhorar o desempenho nos exercícios é o objetivo de diversos atletas, treinadores, personal trainers e de atletas recreacionais. Seja para melhorar a performance diretamente ou com fins estéticos ou mesmo voltado para a saúde (FRĄCZEK et al., 2016).

Na literatura encontramos muitos estudos que verificam suplementos que podem exercer essa melhoria de desempenho (LIMA et al., 2019, PEREIRA, J. C. et al 20112, MAÇALAI et al., 2022), muitas vezes visando o ganho de massa muscular (hipertrofia) (ZAMBÃO et al., 2015, CORTEZ et al., 2015), e ou força muscular (FARIA et al., 2018, DA COSTA et al., 2023) de forma aguda (MATERKO et al., 2011, DE SOUZA et al., 2022) e ou crônica no treinamento de força (GUALANO et al., 2018, PANTA et al., 2015).

No que tange ao desempenho no treinamento aeróbio também há artigos e evidências mostrando melhoria de desempenho (ROCCO et. al., 2008) de forma aguda com suplementação de cafeína (CAZÉ et. al., 2010), arginina (SILVA et. al., 2020), creatina (GAMA et. al., 2011), maltrodextrina ou dextrose em corridas de Endurance (LEITE et. al., 2015).

No caso da  $\beta$ -Alanina a literatura ainda deixa uma lacuna de estudos que verifiquem a melhoria de desempenho de forma aguda na corrida (ZANDONÁ et. al., 2018), embora existam evidências na literatura de que  $\beta$ -alanina pode gerar melhorias no desempenho físico de modalidades combinadas e não cíclicas, que exijam alta resistência cardiorrespiratória e muscular ao mesmo tempo (FERREIRA ET. AL., 2015), não foram encontrados que comparem a administração aguda de  $\beta$ -alanina associada com mudanças de desempenho e parâmetros relacionados ao controle de cargas internas durante HIFT.

Além disso, os efeitos colaterais da suplementação com  $\beta$ -alanina e seu papel fisiológico tem sido bastante estudado e parecem ser extremamente seguros para o praticante de exercício físico (DA SILVA et. al., 2022), apesar de carecer ainda na literatura estudos crônicos acima de 4 meses de uso (GOMEZ et. al., 2022).

É importante entender os marcadores e respostas fisiológicas que podem ser alteradas com a suplementação de  $\beta$ -alanina, são eles:

- Lactato

A taxa de conversão da energia química para mecânica durante a contração muscular é um dos principais fatores fisiológicos que podem melhorar o desempenho esportivo. De forma resumida, acredita-se que durante os esforços de curta duração e com alta intensidade, a molécula de adenosina trifosfato (ATP) é ressintetizada, predominantemente pela degradação da fosfocreatina e do glicogênio muscular, com o produto de lactato (MEDBO et al., 1993). Diferente do metabolismo aeróbio, a estimativa do metabolismo anaeróbio láctico é mais difícil para estudar, principalmente pela limitação de se acessar os marcadores fisiológicos que melhor o representem. No passado, o lactato foi considerado exclusivamente o produto da degradação parcial da glicose/glicogênio por causa da diminuição do oxigênio mitocondrial (DE MORAES BERTUZZI et al., 2009).

Esse modelo teórico foi criado a partir dos resultados de estudos do início do século XVII que demonstraram que a hipóxia induzia a produção do ácido láctico (ZAMPIERI et al., 2013).

Consequentemente, durante muitos anos, alguns preparadores físicos e pesquisadores da área esportiva acreditaram que o ácido láctico (AL) fosse o principal fator limitante do desempenho de atletas profissionais e recreacionais (CAIRNS et al., 2006). Além disso, as concentrações sanguíneas de lactato também são comumente empregadas no estabelecimento da participação do metabolismo anaeróbio láctico durante o exercício físico, sobretudo, em tarefas que se aproximaram do gesto esportivo.

Somente a partir da década de 1990, novos estudos contribuíram para a mudança parcial do paradigma do AL, em especial, ao que se refere a sua relação com a acidose intramuscular (ROBERGS et. al., 2004). Parte desse avanço tem-se dado pelo avanço da Educação Física e das ciências das atividades físicas com técnicas empregadas nas investigações científicas (WESTERBLAD et. al., 2002).

### **Produção e remoção do lactato no músculo esquelético e o ácido láctico**

O AL foi descoberto pelo químico sueco Carl Wilhelm Schelle, em amostras de leite, em meados de 1780. Posteriormente, Otto Meyerhof compartilhou o prêmio Nobel em Fisiologia e Medicina, em 1922, com Archibald V. Hill, devido à descoberta da produção do lactato durante a contração muscular (FITTS et. al., 1994).

Em linhas gerais, acreditava-se que o glicogênio muscular era degradado até gerar o AL e, subsequentemente, em lactato, para ressintetizar a ATP que é utilizada nas pontes cruzadas de miosina-actina e no processo ativo das bombas iônicas. No nosso estudo remover ou retardar esses processos podem aumentar o desempenho de forma aguda e crônica com o uso da Beta-Alanina.

### **Lactato e fadiga muscular aguda**

Tradicionalmente, a produção do lactato também esteve relacionada à liberação dos íons  $H^+$  e à diminuição do pH intramuscular (STAINSBY et. al., 1990), os quais seriam agentes depressores da contração. As alterações no pH resultantes do acúmulo de  $H^+$  teriam participação na inibição da liberação de  $Ca^{+}$ , no aumento do  $Ca^{+}$  livre, na inibição do moto neurônio, no tempo de transição do estado de ligação das pontes cruzadas de forte para fraca e na inibição das enzimas associadas à glicogenólise e à glicólise. Esse processo metabólico é denominado de acidose láctica (ROBERGS et. al., 2004). Todavia, a associação entre o ácido láctico, os íons  $H^+$  e o desempenho físico tem sido questionada. Atualmente alguns pesquisadores sugeriram que a glicólise isoladamente não seria capaz de produzir os prótons mencionados, haja vista que na reação intermediada pela fosfoglicérico quinase, a qual envolve a retirada de um fosfato inorgânico do 1,3-difosfoglicerato, formaria um dos ácidos carboxílicos (LINDINGER et. al., 2005).

- RM - Desempenho no total do número de repetições

Uma das melhores formas de acompanhar o desempenho dos atletas amadores ou profissionais em modalidade que envolvam o TF (Treinamento de Força) é o comparativo no número do total de repetições máximas por exercício antes e após intervenções.

O número total de repetições máximas pode variar dependendo da ordem de exercícios (MONTEIRO et. al., 2005), tempo de intervalo (SENNA et. al., 2010), suplementação (DE REZENDE GOMES et. al., 2000), dentre outras variáveis (MINATI et. al., 2006).

O efeito dessa melhoria no desempenho pode ser tanto de forma crônica (COLEDAM et. al., 2012), quanto efeito agudo como é o caso desse presente estudo.

- VFC – Variabilidade da Frequência Cardíaca

O controle do sistema cardiovascular é realizado, em parte, pelo sistema nervoso autônomo (SNA), o qual fornece nervos aferentes e eferentes ao coração, na forma de terminações simpáticas por todo o miocárdio e parassimpáticas para o nódulo sinusal, o miocárdio atrial e o nódulo atrioventricular (AUBERT et al., 2003).

A influência do SNA sobre o coração é dependente de informações que partem, dentre outros, dos barorreceptores, quimioceptores, receptores atriais, receptores ventriculares, e sistema termorregulador (PASCHOAL et al. 2002).

A influência do SNA sobre o coração é dependente de informações que partem, dentre outros, dos barorreceptores, quimioceptores, receptores atriais, receptores ventriculares, modificações do sistema respiratório, sistema vasomotor, sistema renina-angiotensina-alдостерона e sistema termorregulador (COOKE et. al., 1998).

Este controle neural está intimamente ligado à frequência cardíaca (FC) e atividade reflexa barorreceptora (RAJENDRA et. al., 2006). A partir das informações aferentes, por meio de uma complexa interação de estímulo e inibição, respostas das vias simpática e parassimpática são formuladas e modificam a FC, adaptando-a às necessidades de cada momento. O aumento da FC é consequência da maior ação da via simpática e da menor atividade parassimpática, ou seja, inibição vagal, enquanto, a sua redução depende basicamente do predomínio da atividade vagal (PASCHOA et. al., 2003).

O coração não é um metrônomo e seus batimentos não possuem a regularidade de um relógio, portanto, alterações na FC, definidas como variabilidade da frequência cardíaca (VFC), são normais e esperadas e indicam a habilidade do coração em responder aos múltiplos estímulos fisiológicos e ambientais, dentre eles, respiração, exercício físico, estresse mental, alterações hemodinâmicas e metabólicas, sono e ortostatismo, bem como em compensar desordens induzidas por doenças (CARUANA-MONTALDO et. al., 2000).

De forma geral, a VFC descreve as oscilações dos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (intervalos R-R), que estão relacionadas às influências do SNA sobre o nódulo sinusal, sendo uma medida não-invasiva, que pode ser utilizada para identificar

fenômenos relacionados ao SNA em indivíduos saudáveis, atletas e portadores de doenças (PUMPRLA et. al., 2002),

A VFC vem sendo estudada há vários anos, sendo cada vez maior o interesse pela compreensão de seus mecanismos e de sua utilidade clínica em doenças. A ampla possibilidade de uso e a facilidade para aquisição de dados caracterizam esse recurso. Destaca-se também que a apresentação de informações atuais referentes à VFC como conceitos, modelos de análise, formas de interpretação de resultados e aplicabilidade clínica, constitui um auxílio tanto para pesquisadores, quanto para clínicos que atuam nas diversas áreas da saúde.

- RMSSD (Root Mean Square of the Successive Differences) em português conhecido como RQMDS - Raiz Quadrada da Média do Quadrado das Diferenças Sucessivas.

É a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em ms; demonstra a atividade do ramo parassimpático (RASSI JR et. al., 2000, RIBEIRO et. al., 2005).

## **MÉTODOS E MATERIAIS**

### **Universo e Amostragem**

Doze homens treinados com pelo menos um ano de experiência com o HIFT se voluntariaram para participar do presente estudo. Os participantes foram considerados saudáveis, classificados como de baixo risco para doenças cardiovasculares ou musculoesqueléticas (A RIEBE et. al., 2018). Os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para participar do estudo, que foi aprovado pelo Comitê de Ética Institucional (CAAE). Todos concluíram todo o estudo do início ao fim.

### **Critérios de Exclusão**

Como critério de exclusão adotamos os seguintes: não ser portador de diabetes mellitus, insuficiência cardíaca, doença endócrina, nefropatia, doença hepática, doença psiquiátrica e hipertensão arterial em tratamento, bem como não apresentar lesões

osteomioarticulares que dificultariam a realização dos movimentos. Antes da intervenção foi realizada a anamnese e exame físico, com aplicação dos critérios de elegibilidade dos pacientes e avaliação com foco em fatores de risco cardiovascular.

### Ética da Pesquisa

O estudo atende às normas sobre pesquisa envolvendo seres humanos, que constam na resolução 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde. Antes do estudo todos os voluntários assinam o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), contendo o objetivo da pesquisa, procedimentos de avaliação e caráter de voluntariedade, bem como os riscos e benefícios da pesquisa (Anexo I).

Todos os participantes do estudo assinaram o TCLE o protocolo experimental foi aprovado pelo comitê de ética institucional da Universidade Salgado de Oliveira (CAAE: 02469418.2.0000.5289).

### Procedimento da Coleta de Dados

### Desenho Experimental

A dissertação é caracterizada como um estudo crossover, uma vez que as comparações foram feitas antes e depois da administração de placebo e  $\beta$ -alanina. Os participantes fizeram três visitas ao centro de treinamento (Tabela 2). Na primeira visita, foi assinado o TCLE, no qual todos os procedimentos experimentais foram claramente expressos, bem como foram realizadas a avaliação antropométrica e o teste de esforço cardiopulmonar (TECP). Nas duas visitas subsequentes, os participantes foram randomizados por meio de sorteio para receber uma suplementação placebo (34g dextrose) e uma suplementação  $\beta$ -alanina (34g dextrose + 6,4g  $\beta$ -alanina), e essas visitas foram separadas por um intervalo de 72 horas.

Os participantes foram informados de que dois suplementos diferentes foram entregues neste estudo, mas ficaram cegos para cada um dos dois suplementos, bem como para a ordem de administração. Tanto o placebo (dextrose) quanto a suplementação ( $\beta$ -alanina) foram entregues em 8 doses, estas foram ingeridas durante o dia com intervalo mínimo de 1 hora e 30 minutos entre elas. Isso foi feito para evitar o possível efeito colateral da parestesia. A última ingestão foi feita pelo menos 2h antes do teste.

Tabela 1. Cronograma de visitas

|                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DIA 1 – Avaliação antropométrica e Cardiovascular + Consentimento e entendimento do estudo com assinatura do TCLE</b> |
| <b>DIA 2 – Suplementação Beta Alanina ou Placebo (Dextrose) – Treino</b>                                                 |
| <b>Intervalo 72 horas</b>                                                                                                |
| <b>DIA 3 - Suplementação Beta Alanina ou Placebo (Dextrose) - Treino</b>                                                 |

Os participantes não poderiam ter sido usuários de  $\beta$ -alanina antes do estudo e não foram autorizados a ingerir cafeína, suplementos ergogênicos ou qualquer droga durante toda a duração do estudo.

#### Amostra

As características físicas e antropométricas dos participantes estão ilustradas na Tabela 2.

Tabela 2. Característica dos participantes.

| <b>Participantes (N = 12)</b>                                  | <b>Média <math>\pm</math> Desvio padrão</b> |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Idade (anos)</b>                                            | <b>22 <math>\pm</math> 5</b>                |
| <b>Estatura (cm)</b>                                           | <b>177,7 <math>\pm</math> 7,9</b>           |
| <b>Massa Corporal (kg)</b>                                     | <b>74,8 <math>\pm</math> 7,5</b>            |
| <b>Índice de Massa Corporal (kg/m<sup>2</sup>)</b>             | <b>23,6 <math>\pm</math> 4,2</b>            |
| <b>Massa Gorda (%)</b>                                         | <b>9,8 <math>\pm</math> 2,3</b>             |
| <b>Frequência cardíaca de repouso (bpm)</b>                    | <b>67 <math>\pm</math> 6</b>                |
| <b>Frequência cardíaca máxima (bpm)</b>                        | <b>190 <math>\pm</math> 5</b>               |
| <b>VO<sub>2max</sub> (mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>)</b> | <b>54,9 <math>\pm</math> 4,5</b>            |
| <b>Potência em VO<sub>2max</sub> (watt)</b>                    | <b>271 <math>\pm</math> 41</b>              |

VO<sub>2max</sub> = volume máximo de oxigênio.

### Medidas antropométricas:

A massa corporal e a estatura foram mensuradas com uma balança analógica com precisão de 100g e um estadiômetro com uma escala de 1,0 cm da marca (Filizola, Brasil). O índice de massa corporal (IMC) foi obtido pela razão entre a massa corporal (kg) e o quadrado de altura ( $m^2$ ). A porcentagem de gordura foi obtida através da soma das três dobras cutâneas recomendadas por Jackson e Pollock (JACKSON et. al., 1985), para homens (peitoral, subescapular e tríceps). As espessuras foram medidas usando um dispositivo de ultrassom de 5MHz (Body Metrix Pro, IntelaMetrix, Concord, CA, USA) que emite ondas de alta frequência que podem ser usadas para diferenciar as camadas teciduais.

A medição foi realizada pela sobreposição do equipamento perpendicular nos pontos determinados pelos autores por aproximadamente 5 segundos (BARANAUSKAS et. al., 2017).

### Teste de Esforço Cardiopulmonar (TECP)

O teste (Tabela 4) foi realizado em um ergômetro de remo Concept II, Inc., Morrisville, VT, EUA). Após o aquecimento com intensidade auto sugerida, os participantes começaram a remar em uma cadência livre durante cinco minutos com uma potência constante de 75 Watts. A cada minuto a potência foi aumentada em 25 Watts. O ergômetro de remo foi utilizado, pois era o ergômetro mais familiar para os participantes e este protocolo incremental tem validade comprovada (CELIK et. al., 2005). Os incrementos de carga de 25 Watts por minuto foram sustentados até a completa exaustão do participante. Ao longo do teste, o  $VO_2$  foi monitorado com o uso de um VO2000, | (Medical Graphics, Saint Louis, MO, USA) e o maior registro de  $VO_2$  com média superior a 20 segundos foi tomado como a captação máxima de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ). Antes dos testes, o equipamento foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante.

Tabela 3 – Protocolo do TECP

|                                            |
|--------------------------------------------|
| <b>1. Teste máximo – Objetivos:</b>        |
| <b>Determinar <math>VO_2</math> máximo</b> |

| <b>Determinar Potência máxima no Remo</b>                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Etapa 1: Aquecimento</b>                                                     |
|                                                                                 |
| <b>Etapa 2: Velocidade auto sugestiva com 75 watts constante por 5 minutos.</b> |
| <b>Etapa 3: Incrementos de 25 watts a cada minuto</b>                           |
| <b>Etapa 4: Incapacidade de continuar por fadiga periférica ou central</b>      |

Protocolo de exercícios – CINDY:

Categorizado como um treino de referência, o Cindy é um dos treinos mais famosos e populares em todo o mundo pelos praticantes de HIFT e por isso foi escolhido no presente estudo (Tabela 4).

O treino de HIFT consiste em completar o maior número possível de rodadas do circuito de três movimentos antes que um temporizador de vinte minutos zere e interrompa o CINDY.

Sua pontuação é quantas rodadas, e o número total de repetições resultante o participante é capaz de fazer.

Importante ressaltar que cada repetição de cada um dos movimentos para ser válida tem que cumprir alguns fatores, tais como:

- Amplitude de movimento
- Padrão correto do movimento

Além disso, o participante pode parar para descansar em qualquer momento que achar necessário e retornar a qualquer momento a partir da repetição e do movimento que estava enquanto houver tempo.

Tabela 4 – Protocolo Cindy

| <b>Tempo total: 20 Minutos</b>             |                          |                   |
|--------------------------------------------|--------------------------|-------------------|
| <b>Regressivo</b>                          |                          |                   |
| <b>Ordem do exercício</b>                  | <b>Nome do movimento</b> | <b>Repetições</b> |
| <b>Movimento 1</b>                         | Barra Fixa               | 5                 |
| <b>Movimento 2</b>                         | Flexão de Braço          | 10                |
| <b>Movimento 3</b>                         | Agachamento              | 15                |
| <b>Máximo de voltas</b>                    |                          |                   |
| <b>Tempo total: 0 minutos e 0 segundos</b> |                          |                   |
| <b>Final</b>                               |                          |                   |

Antes do início do treino, foi realizado um aquecimento de aproximadamente 10 minutos envolvendo grupos musculares específicos. O protocolo de treinamento adotado no presente estudo foi apresentado como treino de padrão Cindy. Este treino é uma espécie de Tri-set: cada rodada consiste em 5 repetições de barras fixas, 10 repetições de flexões e 15 repetições de agachamentos usando apenas o peso corporal do participante. Os participantes tiveram 20 minutos para completar o maior número possível de séries e repetições. Como parâmetro de análise foram somados todas as repetições e séries até o término dos 20 minutos.

A análise da carga do treino,, IT, VFC e o lactato sanguíneo foram medidos da seguinte forma:

#### Controle de carga interna:

A carga interna representa a resposta de um indivíduo ao treinamento e pode ser quantificada pela intensidade e duração do estresse fisiológico imposto ao atleta. Pode ser calculado utilizando diferentes variáveis: carga total da sessão, impulso de treinamento (IT), concentração máxima de lactato pós-exercício e variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Este estudo utilizou as quatro medidas.

Calculou-se a carga do treino multiplicando a duração da sessão pela percepção subjetivo de esforço (PSE), enquanto o IT foi calculado conforme descrito em outros estudos usando a equação (para homens):  $-IT = \text{Duração do treino} \times FC \text{ de reserva} \times 0,64 \times e^{1,92 \times FCR}$  (BANISTER et. al., 1999).

#### Variabilidade da frequência cardíaca

A frequência cardíaca (FC) foi monitorada continuamente durante o exercício por um monitor de FC (Polar V800, Polar® Electro, Finlândia), e os intervalos entre os batimentos cardíacos (intervalos RR) foram extraídos para calcular a variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Todo o processamento do sinal VFC foi realizado usando algoritmos personalizados escritos em Matlab (MathworksTM, El Segundo, CA, EUA).

Para a análise no domínio do tempo, os intervalos RR foram utilizados para calcular a raiz quadrada média da diferença de intervalo RR normal sucessiva (RQMDS - Raiz Quadrada da Média do Quadrado das Diferenças Sucessivas) (MARQUES NETO et. al., 2013).

#### Lactato sanguíneo

O lactato foi realizado com um analisador de lactato (Lactate Accutrend® Plus System, Roche Bioelectronics, Basel, Suíça) com amostras de sangue capilar no dedo colhidas antes de cada treino (lactato de repouso), e imediatamente após o treino (MARQUES-NETO et. al., 2012).

#### Percepção Subjetiva de Esforço e Escala Visual Analógica

Outros parâmetros que podem ser analisados para quantificar a intensidade do exercício são os parâmetros subjetivos, como a Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) e a Escala Visual Analógica (EVA), que é utilizada para mensurar a sensação de dor. A PSE é entendida como a “integração de sinais periféricos e centrais que interpretados pelo córtex sensorial, produzem a percepção geral ou local do empenho para a realização de uma determinada tarefa” (BORG, 1982) e a EVA avalia a sensação de dor local no indivíduo (KAWANISHI et. al., 2011).

## ANÁLISE DE DADOS

Os dados são apresentados como média e desvio padrão e para todas as variáveis foram analisados utilizando-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk e homoscedasticidade (critério Bartlett).

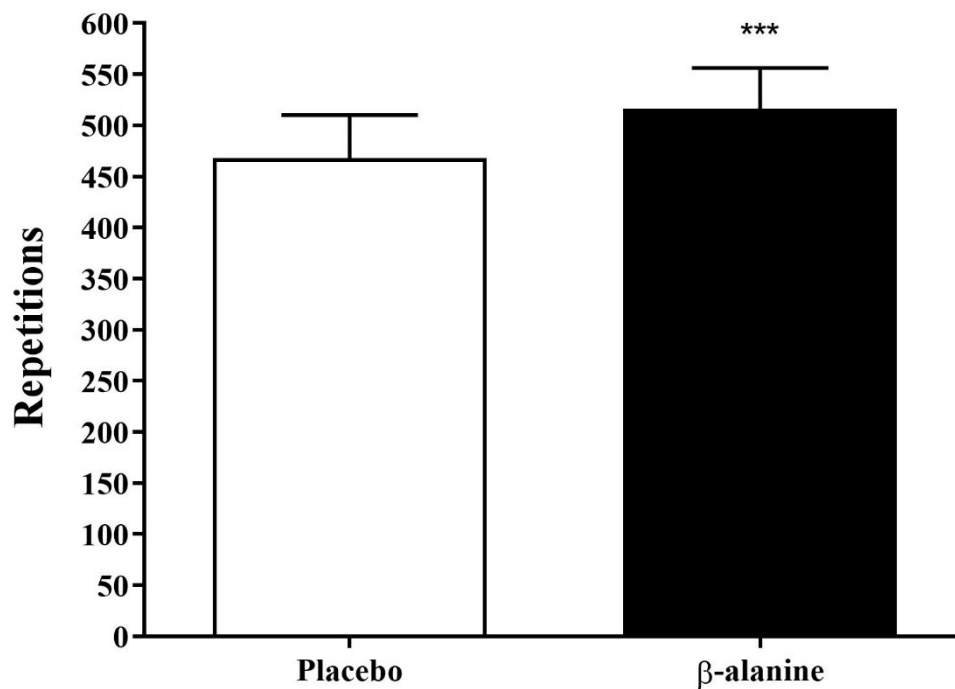
Utilizou-se uma análise de teste T emparelhado para comparar o desempenho físico (número de repetições), concentrações de lactato, PSE, carga de sessão, IT e RQMDS entre as condições de suplementação placebo e  $\beta$ -alanina. As correlações são expressas pelo coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ). Além disso, as estimativas do tamanho do efeito (ES – Effect Size) foram calculadas utilizando-se a diferença média padronizada para determinar a magnitude dos efeitos de cada protocolo de treinamento. As estimativas do ES representam a mudança padronizada dentro do grupo para cada condição. A magnitude do ES foi interpretada utilizando-se a escala proposta (RHEA et. al., 2004) para indivíduos treinados recreativamente, onde (0,5, 0,50-1,25, 1,25-1,9 e .2.0) representam (efeitos triviais, pequenos, moderados e grandes).

Como apenas 12 participantes se voluntariaram para o estudo, foi realizada uma análise pós-hoc para avaliar a probabilidade de um erro tipo II. O software G\*Power 3.1 foi usado. Calculou-se um tamanho de efeito de 0,80 a partir dos parâmetros do grupo observado e, portanto, foi habilitado um poder estatístico de 83%. Em todas as análises o alfa foi definido em  $P < 0,05$ , e todos os testes foram realizados com o SPSS 23 (IBM Corp., lançado em 2010. IBM SPSS Estatísticas para Windows, Versão 23.0., Armonk, NY, EUA: IBM Corp).

## RESULTADOS

A Figura 1 mostra o número de repetições realizadas pelos participantes na condição placebo e sob o efeito da suplementação  $\beta$ -alanina. Os participantes da condição placebo tiveram uma média de  $468 \pm 133$  repetições, por outro lado, após a suplementação com  $\beta$ -alanina antes do exercício, os mesmos participantes realizaram o  $513 \pm 129$  repetições ( $P < 0,0001$ ).

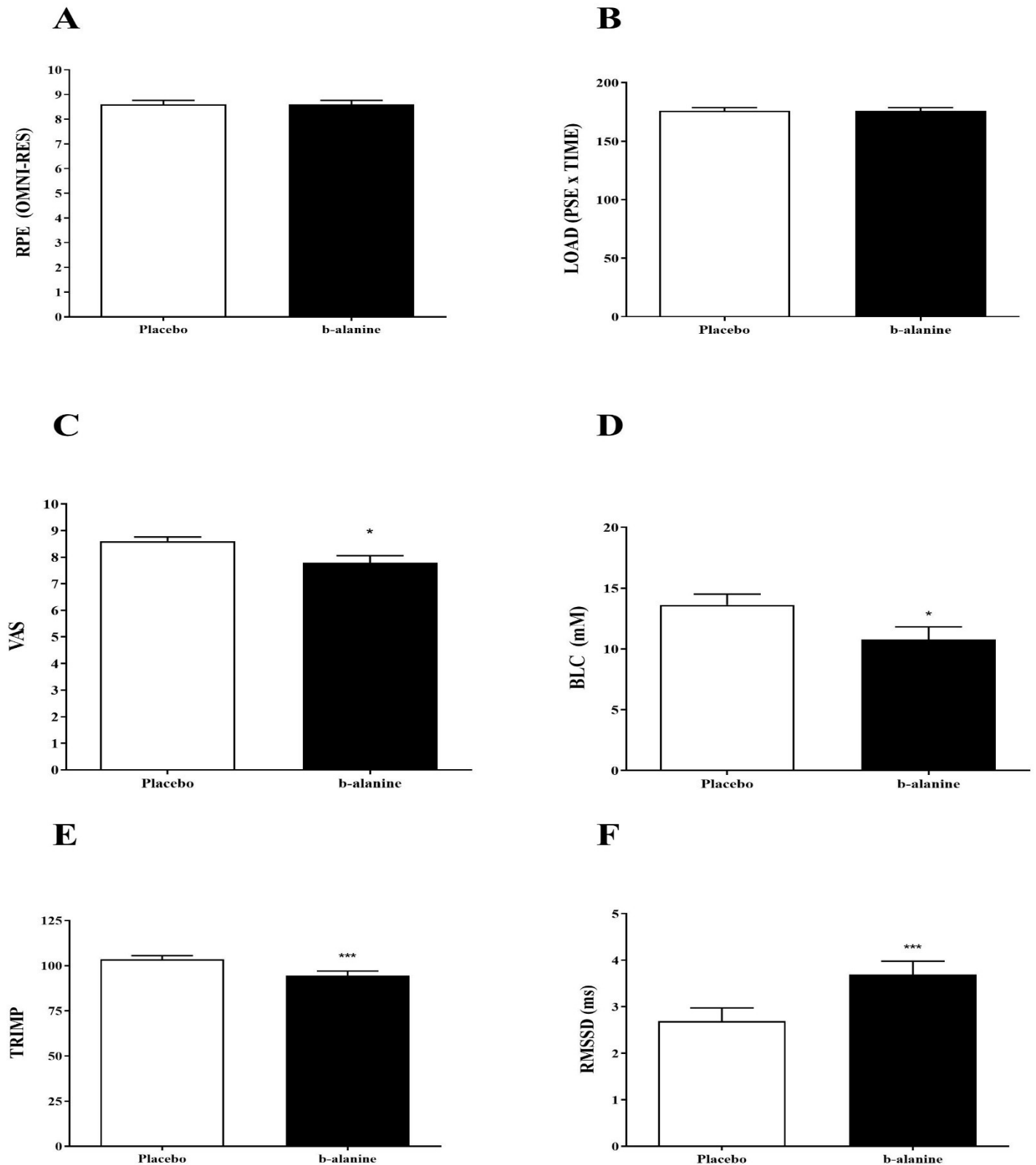
Figura 1. Número de repetições realizadas pelos participantes na condição placebo e sob o efeito da suplementação  $\beta$ -alanina.  $P < 0,001^{***}$



A Figura 2 mostra a comparação da suplementação aguda com  $\beta$ -alanina em parâmetros de controle de cargas internas. As Figuras 2A e 2B demonstram que, não houve diferenças entre placebo e suplementação de  $\beta$ -alanina em PSE e carga de treino (PSE x tempo), respectivamente. Na Figura 2C, observa que imediatamente ao final do treinamento, os VAS foram significativamente maiores sob condições de placebo em comparação com o pós- $\beta$ -alanina em resposta à suplementação ( $8,6 \pm 2,8$  mM vs.  $7,8 \pm 0,28$  A.U;  $P < 0,05$ ). Da mesma forma, concentração no sangue de lactato aumentou significativamente sob condições de placebo em comparação com  $\beta$ -alanina (Figura. 2D) ( $13,2 \pm 2,8$  mM vs.  $10,7 \pm 3,2$  mM;  $P < 0,005$ ).

Adicionalmente, na Figura 2E, o IT apresentou reduções significativas ( $103,48 \pm 6,66$  vs.  $94,48 \pm 8,05$  A.U), enquanto na Figura 2F, a VFC aumentou significativamente ( $2,69 \pm 0,89$  vs.  $3,69 \pm 0,91$  ms) após a suplementação de  $\beta$ -alanina, quando comparado com o placebo condição ( $P < 0,0001$ ).

Figura 2. Comparação entre PSE, LS, IT e VFC no placebo e sob o efeito da suplementação de  $\beta$ -alanina. LOAD (CARGA) = PSE x TEMPO, VAS (EVA) = escala analógica visual, BLC (LS) = lactato no sangue, RPE (PSE) = Percepção de esforço percebido, TRIMP = impulso de treinamento, RQMDS = raiz quadrada da média da diferença ao quadrado do intervalo RR normal sucessivo. \* $P < 0,05$  e \*\*\* $P < 0,001$ .



A Tabela 5 mostra a correlação entre o número de repetições do treinamento na sessão com os parâmetros de carga interna. Embora os níveis de lactato não se correlacionem com o número de repetições da sessão de treinamento sem ou com  $\beta$ -alanina as demais medidas fisiológicas apresentaram fortes correlações com desempenho físico.

Tabela 5. Correlações entre o número de repetições durante o treinamento, parâmetros de carga de sessão e treinamento.

|         | <b>Número de Repetições</b> |                                   |
|---------|-----------------------------|-----------------------------------|
|         | <b>Placebo</b>              | <b><math>\beta</math>-alanina</b> |
| PSE     | 0.76 (<0.05)                | 0.78 (<0.05)                      |
| CARGA   | 0.78 (<0.01)                | 0.80 (<0.01)                      |
| EVA     | 0,77 (<0,05)                | 0,77 (<0,05)                      |
| LS (mM) | - 0,60 (ns)                 | - 0,61 (ns)                       |
| IT      | 0,78 (<0,01)                | 0,80 (<0,01)                      |
| RQMDS   | 0,77 (<0,01)                | 0,79 (<0,01)                      |

LS = lactato no sangue, PSE = percepção de esforço percebido, Carga = PSE x Tempo. IT= impulso de treinamento, RQMDS = raiz média. Diferença de quadrados do intervalo RR normal sucessivo.

## DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos agudos da suplementação de  $\beta$ -alanina em escalas psicofisiológicas (PSE e EVA), impulso do treinamento (IT) e variabilidade da frequência cardíaca (VSC) e acúmulo de lactato durante exercícios funcionais de alta intensidade treinamento (HIFT).

O presente estudo apresenta quatro achados principais: Houve o aumento no desempenho do HIFT observado durante a suplementação aguda de  $\beta$ -alanina. De forma

similar, também foram observados resultados significativos nos parâmetros fisiológicos relacionados à carga interna de treinamento (redução de LS e IT e aumento de RQMDS).

A PSE não apresentou diferença significativa com a suplementação de  $\beta$ -alanina, enquanto a EVA apresentou uma redução significativa e esse é um achado importante.

A hipótese do estudo foi confirmada e a melhora do desempenho foi resultado da menor fadiga ao longo do exercício.

Essa característica do aumento da liberação de cálcio é muito importante para o desempenho esportivo, pois a queda do pH muscular pode levar ao aparecimento da fadiga por mecanismos como redução da tensão musculoesquelética (SAHLIN, et al., 1981), inibição da atividade da enzima glicolítica fosfofrutoquinase (TRIVEDI e DANFORTH, 1966) e limitação da contratilidade muscular (DENNIG et al., 1931).

A  $\beta$ -alanina é um aminoácido não essencial que pode ser obtido através da alimentação ou sintetizado pelo organismo a partir da L-alanina (BERTI ZANELLA et. al., 2017). A suplementação de  $\beta$ -alanina tem sido amplamente estudada como uma estratégia para melhorar o desempenho em alta intensidade, curta duração exercícios como sprints e exercícios de levantamento de peso (BERTI ZANELLA et. al., 2017). O principal efeito fisiológico de  $\beta$ -alanina é aumentar a concentração de carnosina nos músculos esqueléticos.

A carnosina é um dipeptídeo formado por  $\beta$ -alanina e L-histidina, que é armazenado nas fibras musculares e atua como um tampão intramuscular, neutralizando o excesso de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) produzido durante a intensa contração muscular. Esse acúmulo de  $H^+$  íons é um principal contribuinte para a fadiga muscular durante o exercício de alta intensidade, e a carnosina ajuda a retardar a fadiga muscular e aumenta sua capacidade de realizar esforços máximos por mais tempo (STOUT JR et al., 2006, STOUT JR et al., 2007).

Em uma revisão sistemática e meta-análise de 40 estudos envolvendo suplementação com  $\beta$ -alanina observou-se melhora na capacidade de realizar exercícios de alta intensidade em cerca de 2 a 3 minutos, e esse desempenho foi acompanhado por um aumento médio na concentração de carnosina de 64 mmol/kg de massa muscular (HOBSON RM et al., 2012).

Outro estudo avaliou o efeito da suplementação de 4,8g de  $\beta$ -alanina por 28 dias em indivíduos fisicamente ativos. Uma melhora no desempenho foi associada a um tempo maior para atingir a exaustão (SMITH-RYAN et al., 2012). Uma explicação para esses achados é que a  $\beta$ -alanina induz um aumento nos níveis de carnosina muscular, com um efeito

importante no desenvolvimento da potência em atividades físicas de curta duração, sem nenhuma alteração na capacidade tampão da  $\beta$ -alanina (CHURCH DD et al., 2017).

Além de aumentar a concentração de carnosina no músculo esquelético, a suplementação de  $\beta$ -alanina também pode ter outros efeitos fisiológicos relevantes para exercícios de alta intensidade. Por exemplo, estudos mostraram que a  $\beta$ -alanina pode melhorar a potência média e de pico em testes de ciclismo de alta intensidade (STOUT JR et al., 2007, SALE C et al., 2011, VAN THIENEN R et al., 2009), além de melhorar a capacidade de manter a velocidade máxima durante um teste de corrida de 800 m (DUCKER KJ, et al., 2013).

No presente estudo o número de repetições realizadas pelos participantes na condição sob o efeito da suplementação  $\beta$ -alanina realizaram  $513 \pm 129$  repetições contra participantes da condição placebo com  $468 \pm 133$  repetições.

Outros estudos mostram que a suplementação crônica com  $\beta$ -alanina promove uma melhora significativa no desempenho atlético de diferentes modalidades, incluindo esportes de alta intensidade e curta duração (BERTI ZANELLA et al., 2017), independentemente do sexo, idade ou nível de treinamento (STOUT JR et al., 2006, STOUT JR et al., 2007, JORDAN T et al., 2010, ZOELLER RF et al., 2007). Além disso, a suplementação de  $\beta$ -alanina pode não ser eficaz em melhorar o desempenho em todos os tipos de exercício, como exercícios de resistência de longo prazo (SALE C et al., 2011).

HIFT é um programa que combina diferentes meios de intervalo de alta intensidade (levantamento de peso, exercício com peso corporal e treinamento cardiorrespiratório). No entanto, no presente estudo, optamos por analisar um treino composto apenas por peso corporal, que foi descrito como tendo um impacto significativo na fadiga e nível de lactato no sangue (JACOBS PL et. al., 2014).

Em estudo anterior foi investigada a ingestão pré-treino de uma suplementação de  $\beta$ -alanina e seus efeitos no desempenho HIFT, e também foi encontrada melhora no desempenho, no entanto, diferentemente do presente estudo, ele optou pela administração de dose única antes do treino e uso de suplemento de cafeína concomitantemente, o que também pode ter influenciado a resposta dos participantes. (JACOBS PL et al., 2014).

No presente estudo, a administração aguda de  $\beta$ -alanina foi capaz de aumentar o desempenho muscular em 10%, devido ao aumento no número de repetições comparado ao grupo placebo, refletindo uma maior resistência muscular.

A percepção de esforço percebido (PSE) é uma medida subjetiva da intensidade do esforço físico percebido pelo indivíduo durante a realização de exercícios. A PSE é influenciada por diversos fatores, como o nível de condicionamento físico, a intensidade e duração do exercício, a motivação, a expectativa e o uso de suplementos dietéticos. Acúmulo de  $H^+$  no sangue também pode afetar a PSE durante o HIFT, contribuindo para uma falha precoce do exercício e fadiga (PRICE M et al., 2007)

A suplementação aguda de  $\beta$ -alanina (1,6g) 30 minutos antes da potência anaeróbica atividades diminuiu a PSE em ciclistas femininas treinadas (GLENN JM et al., 2015). Por outro lado, três semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina (4,5 g por dia) não alteraram as taxas de fadiga durante o exercício anaeróbico de alta intensidade em jogadores de futebol universitário. No entanto, parece que enquanto a duração da suplementação continua, a PSE tende a diminuir nesses atletas (HOFFMAN JR et al., 2008). A suplementação de  $\beta$ -alanina melhora a tolerância ao esforço máximo porque tem sido associado a melhorias de desempenho em sprints repetidos e de alta intensidade treinamento intervalado (STOUT JR et al., 2008, SMITH-RYAN et al., 2012).

Outras evidências sugerem que a suplementação de  $\beta$ -alanina não influencia a PSE. Por exemplo, dias após a suplementação de  $\beta$ -alanina (2,4 g por dia) a PSE não mudou em adultos saudáveis que fizeram exercício de resistência em um ciclo ergômetro a 70%  $VO_2$  pico (FURST T et al., 2018). Além disso, 4 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina (6,4 g por dia) não reduziu a PSE em desempenho de contrarrelógio de ciclismo de 20 km em ciclistas treinados (JAMES RM et al., 2014).

Nossos resultados também mostraram que tanto na condição de placebo quanto após a ingestão de 6,4g de  $\beta$ -alanina, não houve diferenças significativas na PSE e CARGA. A justificativa para esses resultados pode ser baseada na ideia de que o PSE transmite uma sensação de cansaço generalizado, não especificando algum tipo de central ou fadiga periférica (GUO F et al., 2017). Além disso, a PSE é uma escala subjetiva e deve ser cuidadosamente analisados.

Por isso, além da quantificação da PSE, o presente estudo comparou a condição placebo e a suplementação aguda com  $\beta$ -alanina em sobrecarga por LS, que está

especificamente relacionada à fadiga periférica (WAN JJ et al., 2017), e dor muscular com base na escala visual analógica (EVA).

O LS é uma medida que reflete a sobrecarga muscular durante o exercício e é usado como um indicador de dor e fadiga periférica (WAN JJ et al., 2017). Se a  $\beta$ -alanina é um precursor da produção de carnosina, que por sua vez é considerado um tampão intramuscular, pode atuar na redução LS e, conseqüentemente, atenuar a acidose metabólica e aumentar o desempenho muscular (BERTI ZANELLA et al., 2017, BAGUET A et al., 2010).

Por exemplo, após uma corrida de 10 km, triatletas que ingeriram 5g por dia de  $\beta$ -alanina por 23 dias apresentaram menor concentração de lactato sanguíneo quando comparados a atletas que ingeriram placebo (SANTANA JO et al., 2018). O mesmo resultado foi observado quando o efeito da administração de 28 dias de  $\beta$ -alanina e placebo em LS foi comparada em master 400 ciclistas do sexo feminino após um treinamento de alta intensidade (GLENN JM et al., 2015). Em jogadoras de basquete feminino, o consumo de  $\beta$ -alanina por 4 semanas (6,4 g por dia) reduziu o acúmulo de lactato após exercício exaustivo (GHOLAMI F et al., 2022).

Nossos resultados mostram que a suplementação de  $\beta$ -alanina foi capaz de reduzir LS imediatamente após a sessão de treinamento, sugerindo que a melhora no desempenho está associada a níveis mais baixos de lactato ( $r=-0,61$ ). Essa correlação não foi significativa, mas o pequeno tamanho da amostra pode ajudar a explicar a sensibilidade do teste estatístico que foi executado. Nossa hipótese é que o aumento no número de repetições após a suplementação de  $\beta$ -alanina pode ser, pelo menos em parte, devido ao aumento da força muscular. A capacidade tampão e maior remoção de lactato (BERTI ZANELLA et al., 2017) (HOBSON RM et al 2012, BAGUET A et al., 2010).

A relação entre LS e EVA em exercício intenso tem sido objeto de estudos em diversas áreas, como medicina esportiva e fisiologia do exercício. Como o LS aumenta durante a maior demanda do metabolismo anaeróbico durante exercícios de alta intensidade exercício, os participantes manifestam níveis elevados de EVA (MERRELLS RJ et al., 2019). Além disso, LS correlaciona-se significativamente com a dor muscular de início tardio (DMIT) estimada pela EVA em homens submetidos a um exercício de agachamento com sobrecarga (ADAMCZYK JG et al., 2020).

No treinamento de resistência, a água rica em hidrogênio foi capaz de reduzir os níveis de lactato imediatamente após os exercícios de agachamento e DMIT após 24 horas de

recuperação (BOTEK M et al., 2022). Esses trabalhos indicam que o lactato pode ser um fator importante na indução dor durante o exercício de agachamento.

Outro estudo por 24 horas simulou operações militares, mesmo que os valores EVA são cerca de 28% menores com a suplementação de  $\beta$ -alanina, não houve diferenças significativas observado na EVA após suplementação de  $\beta$ -alanina por 14 dias (12g diários) quando em comparação com placebo (VARANOSKE AN et al., 2018).

Em nosso estudo, tanto EVA quanto LS foram reduzidos após a suplementação de  $\beta$ -alanina em comparação com placebo. Um possível mecanismo associado ao aumento do desempenho observado no HIFT e suas associações com a redução de EVA e LS foi explicado (HARRIS et al., 2006). Em seu estudo, a administração aguda de  $\beta$ -alanina causou um aumento na capacidade tamponante e na parestesia, um sintoma sensorial associado a vasodilatação, calor e formigamento (HARRIS et al., 2006) Isso pode levar ao aumento do fluxo sanguíneo e oxigênio para os músculos, maior dissipação de calor pela região cutânea e atenuação da percepção sensorial da dor (HOLOWATZ LA et al., 2010).

A suplementação dietética também pode ter efeitos significativos na frequência cardíaca (FC), variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e resposta IT (impulso de treinamento) em alta intensidade. FC e IT são importantes indicadores da demanda cardíaca durante o exercício, enquanto o VFC pode fornecer informações sobre a capacidade do sistema nervoso autônomo para regular a resposta cardiovascular ao estresse (SHAFFER F et al., 2017).

Em atletas treinados durante o teste de esforço máximo, a suplementação de  $\beta$ -alanina gerou o aumento do limiar de treinamento da frequência cardíaca, uma estimativa global do início da fadiga durante exercício influenciado por fatores centrais e periféricos (ARTIOLI GG et al., 2010). Os mesmos resultados foram observados em corredores recreativos que mostraram redução da FC e % FC máx após 28 dias de suplementação de  $\beta$ -alanina (JARDIM et al. 2022), sugerindo uma melhora na FC autonômica regulação durante o exercício.

Até onde sabemos, não há dados anteriores na literatura sobre a regulação do tônus vagal, VFC ou IT após suplementação com  $\beta$ -alanina. No entanto, se  $\beta$ -alanina pode reduzir FC e %FC máx, espera-se uma redução em VFC e IT (BANISTER EW et al., 1999).

Nosso estudo mostra que IT e VFC, foram as variáveis que concomitantemente mostraram correlação mais forte com o desempenho e sofreram alterações após a

suplementação de  $\beta$ -alanina. De todos os parâmetros usados para a análise da VFC e sua associação com a atividade parassimpática a redução da VFC foi a que melhor se correlacionou com o desempenho em diversas modalidades. Além disso, a suplementação aguda com  $\beta$ -alanina promoveu uma redução no IT, possivelmente devido ao aumento da atividade parassimpática, já que houve redução na FC (dados não mostrados) e, consequentemente, aumento do RMQDS. Assim, nossos resultados corroboram a hipótese de que os efeitos agudos da  $\beta$ -alanina na resistência desempenho do exercício estão relacionados ao aumento da atividade parassimpática ou redução da atividade simpática.

Apesar dos resultados encontrados, esse estudo possui algumas limitações. As medidas tomadas no presente estudo não permitem uma especulação mais profunda sobre mecanismos possíveis além dos estoques típicos de carnosina e essa questão deve ser alvo de estudos futuros. Portanto, os resultados, embora promissores, devem ser cuidadosamente observados para os participantes do presente estudo, homens ativos e com experiência anterior em HIFT. Por isso, é importante analisar que os efeitos da suplementação de  $\beta$ -alanina e HIFT em marcadores fisiológicos podem variar dependendo do indivíduo, e mais pesquisas são necessárias para entender completamente seus efeitos. Além disso, é sempre importante consultar com um profissional de saúde qualificado antes de iniciar qualquer novo suplemento ou exercício.

## CONCLUSÃO

Em resumo, o presente estudo mostrou que a suplementação aguda com  $\beta$ -alanina foi capaz de melhorar o desempenho durante a prática de HIFT realizada com exercícios de peso corporal. A EVA parece ser um bom parâmetro para analisar a sobrecarga muscular uma vez que a suplementação reduziu tanto lactato quanto EVA. Adicionalmente a PSE não parece ser afetados pela  $\beta$ -alanina após HIFT. Além disso, os resultados mostraram que as cargas internas de treinamento que melhor se correlacionam com o desempenho após a suplementação de  $\beta$ -alanina foram lactato, IT e VFC. Esses resultados sugerem que a suplementação de  $\beta$ -alanina pode ser incluída no programa nutricional para auxiliar o desempenho em exercícios multimodais e de alta intensidade em modalidades funcionais.

## REFERÊNCIAS

- A Riebe, Deborah et al. (Ed.). **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. Wolters Kluwer, 2018.
- Adamczyk JG, Gryko K, Boguszewski D. Does the type of foam roller influence the recovery rate, thermal response and DOMS prevention? **PLoS One**. 2020;15: e0235195. doi:10.1371/JOURNAL.PONE.0235195
- Alsamir Tibana, Ramires et al. Is perceived exertion a useful indicator of the metabolic and cardiovascular responses to a metabolic conditioning session of functional fitness? **Sports**, v. 7, n. 7, p. 161, 2019.
- Artioli GG, Gualano B, Smith A, Stout J, Lancha AH. Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. **Med Sci Sports Exerc**. 2010;42: 1162–1173. doi:10.1249/MSS.0B013E3181C74E38
- Aubert, André E.; SEPS, Bert; BECKERS, Frank. Heart rate variability in athletes. **Sports medicine**, v. 33, n. 12, p. 889-919, 2003
- Baguet A, Koppo K, Pottier A, Derave W. Beta-alanine supplementation reduces acidosis but not oxygen uptake response during high-intensity cycling exercise. **Eur J Appl Physiol**. 2010;108: 495–503. doi:10.1007/S00421-009-1225-0
- Bakardjiev, A.; Bauer, K. Transport of balanine and biosynthesis of carnosine by skeletal muscle cells in primary culture. **European Journal of Biochemistry**. Vol. 225. p. 617-623. 1994.
- Banister EW, Carter JB, Zarkadas PC. Training theory and taper: validation in triathlon athletes. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. 1999;79: 182–191. doi:10.1007/S004210050493
- Banister, Eric W.; Carter, James B.; ZARKADAS, Peter C. Training theory and taper: validation in triathlon athletes. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 79, n. 2, p. 182-191, 1999.

Baranauskas MN, Johnson KE, Juvancic-Heltzel JA, Kappler RM, Richardson L, Jamieson S, et al. Seven-site versus three-site method of body composition using BodyMetrix ultrasound compared to dual-energy X-ray absorptiometry. **Clin Physiol Funct Imaging**. 2017;37: 317–321. doi:10.1111/CPF.12307 22

Baranauskas, Marissa N. et al. Seven-site versus three-site method of body composition using BodyMetrix ultrasound compared to dual-energy X-ray absorptiometry. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 37, n. 3, p. 317-321, 2017.

Bellenger, Clint R. et al. Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: a systematic review and meta-analysis. **Sports medicine**, v. 46, n. 10, p. 1461-1486, 2016.

Berti Zanella P, Donner Alves F, Guerini De Souza C. Effects of beta-alanine supplementation on performance and muscle fatigue in athletes and non-athletes of different sports: a systematic review. **J Sports Med Phys Fitness**. 2017;57: 1132–1141. doi:10.23736/S0022-4707.16.06582-8

Borg, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

Botek M, Krejčí J, Mckune A, Valenta M, Sládečková B. Hydrogen Rich Water Consumption Positively Affects Muscle Performance, Lactate Response, and Alleviates Delayed Onset of Muscle Soreness After Resistance Training. **J Strength Cond Res**. 2022;36: 2792–2799. doi:10.1519/JSC.0000000000003979

Brisola GMP, Zagatto AM. Ergogenic Effects of  $\beta$ -Alanine Supplementation on Different Sports Modalities: Strong Evidence or Only Incipient Findings? **J Strength Cond Res**. 2019;33: 253–282. doi:10.1519/JSC.0000000000002925

Brisola, Gabriel MP; ZAGATTO, Alessandro M. Ergogenic Effects of  $\beta$ -Alanine Supplementation on Different Sports Modalities: Strong Evidence or Only Incipient Findings?. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 1, p. 253-282, 2019.

Butcher, Scotty J. et al. Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance?. **Open access journal of sports medicine**, v. 6, p. 241, 2015

Cairns, Simeon P. Lactic acid and exercise performance. **Sports medicine**, v. 36, n. 4, p. 279-291, 2006.

Caruana-Montaldo, Brendan; GLEESON, Kevin; ZWILLICH, Clifford W. The control of breathing in clinical practice. **Chest**, v. 117, n. 1, p. 205-225, 2000

Cazé, Raquel Freire et al. Influência da cafeína na resposta pressórica ao exercício aeróbio em sujeitos hipertensos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, p. 324-328, 2010.

Celik, Ozgür et al. Reliability and validity of the modified Conconi test on concept II rowing ergometers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 4, p. 871, 2005.

Church, David D. et al. Comparison of two  $\beta$ -alanine dosing protocols on muscle carnosine elevations. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 36, n. 8, p. 608-616, 2017.

Claudino, João Gustavo et al. CrossFit overview: systematic review and meta-analysis. **Sports medicine-open**, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2018.

Coledam, Diogo Henrique Constantino; ARRUDA, Gustavo Aires de; OLIVEIRA, Arli Ramos de. Efeito crônico do alongamento estático realizado durante o aquecimento sobre a flexibilidade de crianças. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 14, p. 296-304, 2012

Cooke, William H. et al. Controlled breathing protocols probe human autonomic cardiovascular rhythms. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 274, n. 2, p. H709-H718, 1998

Cortez, antonio carlos leal et al. o uso de suplementos alimentares, em praticantes de musculação: uma revisão de literatura/the use food supplements, in weight training practitioners: a literature review. **Saúde em Foco**, v. 2, n. 1, p. 01-11, 2015.

DA COSTA, Arthur Aurélio Alves; MORAES, Martha Bastos; CRUZ, Larissa Farias Da Silva. O USO DA CREATINA EM ATLETAS DE MODALIDADES DE ALTA INTENSIDADE E CURTO TEMPO DE DURAÇÃO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Revista Saúde UNIFAN**, v. 3, n. 1, p. 40-49, 2023.

DE SOUZA, Alexandre Mazzi et al. SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA E TREINAMENTO DE FORÇA: UM ESTUDO DE REVISÃO. **Revista Saúde UniToledo**, v. 5, n. 1, 2022

Da Silva, Walney Fernandes Martins et al.  $\beta$ -alanina e parestesia: efeito colateral ou ergogênico? Uma análise acerca da percepção de praticantes de musculação na performance esportiva. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e17111931706-e17111931706, 2022.

De Moraes Bertuzzi, Rômulo Cássio et al. Metabolismo do lactato: uma revisão sobre a bioenergética e a fadiga muscular. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v. 11, n. 2, p. 226-234, 2009.

De Rezende Gomes, Mariana; TIRAPEGUI, Julio. Relação de alguns suplementos nutricionais e o desempenho físico. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 50, n. 4, p. 317-329, 2000

Dennig, H.; Talbott, J. H.; Edwards, H. T.; Dill, D. B. Effect of acidosis and alkalosis upon capacity for work. **Journal of Clinical Investigation**. Vol. 9. p. 601-613. 1931

Derave, W.; Ozdemir, M. S.; Harris, R. C.; Pottier, A.; Reyngoudt, H.; Koppo, K.; Wise, J.A.; Achten, E.  $\beta$ -alanine supplementation augments muscle carnosine content and attenuates fatigue during repeated isokinetic contraction bouts in trained sprinters. **Journal of Applied Physiology**. Vol. 103. p. 1736-1743. 2007.

Derave, Wim et al. Muscle carnosine metabolism and  $\beta$ -alanine supplementation in relation to exercise and training. **Sports medicine**, v. 40, n. 3, p. 247-263, 2010.

Doherty, Mike; Smith, P. M. Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 15, n. 2, p. 69-78, 2005.

Dt T, Ka E, Lm B. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. **Med Sci Sports Exerc**. 2016;48: 543–568. doi:10.1249/MSS.0000000000000852

Ducker KJ, Dawson B, Wallman KE. Effect of beta-alanine supplementation on 800-m running performance. **Int J Sport Nutr Exerc Metab.** 2013;23: 554.doi:10.1123/IJSNEM.23.6.554

Faria, Dayane Pêdra Batista. Suplementação de creatina no ganho de força e hipertrofia muscular em praticantes de treinamento de força: uma breve revisão narrativa. **Revista Eletrônica Acervo Saúde/Electronic Journal Collection Health ISSN**, v. 2178, p. 2091, 2018

Ferreira, Carolina Caberlim et al. Atualidades sobre a suplementação nutricional com beta-alanina no esporte. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 51, p. 271-278, 2015.

Fitts, Robert H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. **Physiological reviews**, v. 74, n. 1, p. 49-94, 1994.

Frączek, Barbara et al. Prevalence of the use of effective ergogenic aids among professional athletes. **Roczniki Państwowego Zakładu Higieny**, v. 67, n. 3, 2016.

Furst T, Massaro A, Miller C, Williams BT, LaMacchia ZM, Horvath PJ. B-Alanine supplementation increased physical performance and improved executive function following endurance exercise in middle aged individuals. **J Int Soc Sports Nutr.** 2018;15. doi:10.1186/S12970-018-0238-7

Gama, Maíra Seiço. Efeitos da creatina sobre desempenho aeróbico: uma revisão sistemática. **RBNE-Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 5, n. 27, 2011

Gholami F, Ali A, Hasani A, Zarei A. Effect of Beta-Alanine Supplementation on Exercise-Induced Cell Damage and Lactate Accumulation in Female Basketball Players: A Randomized, Double-Blind Study. **J Hum Kinet.** 2022;83: 616 99–107. doi:10.2478/HUKIN-2022-0034

Glenn JM, Gray M, Stewart R, Moyon NE, Kavouras SA, Dibrezzo R, et al. Incremental effects of 28 days of beta-alanine supplementation on high-intensity cycling performance and blood lactate in masters female cyclists. **Amino Acids.** 2015;47: 2593–2600. doi:10.1007/S00726-015-2050-X

Glenn, Jordan M. et al. Effects of acute beta-alanine supplementation on anaerobic performance in trained female cyclists. **Journal of nutritional science and vitaminology**, v. 61, n. 2, p. 161-166, 2015.

Gomez, Carlos Morais; PRAÇA, Isabella Reis. EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA NO TREINAMENTO DE FORÇA. **Revista Nutrir-ISSN 2358-2669**, v. 1, n. 15, p. 55-67, 2022

Gualano, Bruno et al. A suplementação de creatina prejudica a função renal?. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, p. 68-73, 2008.

Guo F, Sun YJ, Zhang RH. Perceived exertion during muscle fatigue as reflected in movement-related cortical potentials: An event-related potential study. **Neuroreport**. 2017;28: 115–122. doi:10.1097/WNR.0000000000000732

Harris, R. C. et al. Muscle buffering capacity and dipeptide content in the thoroughbred horse, greyhound dog and man. **Comparative Biochemistry and Physiology. A, Comparative Physiology**, v. 97, n. 2, p. 249-251, 1990.

Harris, Roger C. et al. The absorption of orally supplied  $\beta$ -alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. **Amino acids**, v. 30, p. 279-289, 2006

Hill, C. A.; Harris, R. C.; Kim, H. J.; Harris, B. D.; Sale, C.; Boobis, L. H.; Kim, C. K.; Wise, J. A. Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. **Amino Acids**. Vol. 32. Núm. 2. p. 225-233. 2007.

Hobson RM, Saunders B, Ball G, Harris RC, Sale C. Effects of  $\beta$ -alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. **Amino Acids**. 2012;43: 25–37. doi:10.1007/S00726-011-1200-Z

Hoffman JR, Ratamess NA, Faigenbaum AD, Ross R, Kang J, Stout JR, et al. Short-duration beta-alanine supplementation increases training volume and reduces subjective feelings of fatigue in college football players. **Nutr Res**. 2008;28: 31–35. doi:10.1016/J.NUTRES.2007.11.004

Holowatz LA, Thompson-Torgerson C, Kenney WL. Aging and the control of human skin blood flow. **Front Biosci**. 2010;15: 718. doi:10.2741/3642

Impellizzeri, Franco M.; Marcora, Samuele M.; Coutts, Aaron J. Internal and external training load: 15 years on. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 2, p. 270-273, 2019.

Jackson, Andrew S.; POLLOCK, Michael L. Practical assessment of body composition. **The Physician and sportsmedicine**, v. 13, n. 5, p. 76-90, 1985.

Jacobs, Patrick L. The acute effects of a commercial pre workout product, wodFuel®, on performance of a Crossfit exercise series, the Cindy. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 11, n. 1, p. 1-2, 2014.

James Rm, Cooper Sb, Robertson J, Martin D, Harris Rc, Sale C. Effect of  $\beta$ -alanine supplementation on 20 km cycling time trial performance. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**. 2014;28: 395–403. doi:10.1590/1807-55092014000300395

Jardim, R. A. C., Monteiro, R. L., Landre, C. B., Pegorari, M. S., Iosimuta, N. C. R., & Matos, A. P.. (2022). Isokinetic ankle muscle strength is reduced in recreational runners with medial tibial stress syndrome and is not associated with pain. Motriz: **Revista De Educação Física**, 28(Motriz: rev. educ. fis., 2022 28), e10220003122. <https://doi.org/10.1590/S1980-657420220003122>

Jordan, Thomas et al. Effect of beta-alanine supplementation on the onset of blood lactate accumulation (OBLA) during treadmill running: Pre/post 2 treatment experimental design. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 20, 2010.

Kawanishi, C. Y. et al. Efeitos dos exercícios de pilates na função do tronco e na dor de pacientes com lombalgia. **Terapia Manual**, v. 44, n.9, p. 410-417, 2011.

Leite, Cátia Fernandes; ROMBALDIA, Airton José. Resposta renal à maltodextrina e ao treinamento em diferentes intensidades. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 37, p. 80-86, 2015

Lima, Carla Láine Silva et al. Creatina e sua suplementação como recurso ergogênico no desempenho esportivo e composição corporal: Uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 4, p. 7748-7765, 2020.

Lindinger, Michael I.; Kowalchuk, John M.; Heigenhauser, George JF. Applying physicochemical principles to skeletal muscle acid-base status. **American Journal of**

**Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 289, n. 3, p. R891-R894, 2005.

Marques Neto, S. R. et al. The blockade of angiotensin AT 1 and aldosterone receptors protects rats from synthetic androgen-induced cardiac autonomic dysfunction. **Acta physiologica**, v. 208, n. 2, p. 166-171, 2013.

Marques-Neto, Silvio R. et al. Analysis of heart rate deflection points to predict the anaerobic threshold by a computerized method. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 7, p. 1967-1974, 2012.

Materko, Wollner; Santos, Edil Luis. Efeito agudo da suplementação da cafeína no desempenho da força muscular e alterações cardiovasculares durante o treino de força. **Motricidade**, v. 7, n. 3, p. 29-36, 2011

Medbo, J. I.; Tabata, Izumi. Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 4, p. 1654-1660, 1993.

Merrells RJ, Cripps AJ, Chivers PT, Fournier PA. Role of lactic acidosis as a mediator of sprint-mediated nausea. **Physiol Rep**. 2019;7: e14283. doi:10.14814/PHY2.14283

Maçalai, Bruna; Prestes, Renata Santos; Bandeira, Vanessa Adelina Casali. Consumo De Suplementos Alimentares Por Frequentadores De Academias: Revisão Da Literatura. **Salão do Conhecimento**, v. 8, n. 8, 2022.

Minati, Alessandra; Santana, Marcos Gonçalves; Mello, Marco Tulio. A influência dos ritmos circadianos no desempenho físico. **Rev Bras Ci Mov**, v. 14, p. 75-6, 2006.

Monteiro, Wallace; Simão, Roberto; Farinatti, Paulo. Manipulação na ordem dos exercícios e sua influência sobre número de repetições e percepção subjetiva de esforço em mulheres treinadas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, p. 146-150, 2005

Paschoal, Mario Augusto et al. Controle autonômico cardíaco durante a execução de atividade física dinâmica de baixa intensidade. **Rev Soc Cardiol**, v. 5, n. sA, 2003

Paschoal, Mário Augusto; PETRELLUZZI, Karina Friggi Sebe. Estudo da variabilidade da frequência cardíaca em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. **Revista de Ciências Médicas**, v. 11, n. 1, 2002.

Panta, Regiane; Da Silva Filho, José Nunes. Efeitos da suplementação de creatina na força muscular de praticantes de musculação: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 54, p. 518-524, 2015

Pereira, J. C. et al. Efeito da ingestão de taurina no desempenho físico: uma revisão sistemática. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 5, n. 4, p. 156-162, 2012

Poderoso, Rodrigo et al. Gender differences in chronic hormonal and immunological responses to CrossFit®. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 14, p. 2577, 2019.

Price M, Moss P. The effects of work:rest duration on physiological and perceptual responses during intermittent exercise and performance. **J Sports Sci.** 2007;25: 1613–1621. doi:10.1080/02640410701287248

Pumprla, Jiri et al. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **International journal of cardiology**, v. 84, n. 1, p. 1-14, 2002

Rajendra Acharya, U. et al. Heart rate variability: a review. **Medical and biological engineering and computing**, v. 44, n. 12, p. 1031-1051, 2006

Rassi Jr, A. Compreendendo melhor as medidas de análise da variabilidade da frequência cardíaca. **J Diag Cardiol**, v. 8, 2000.

Rhea, Matthew R. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 18, n. 4, p. 918-920, 2004.

Ribeiro, Jorge Pinto; Moraes Filho, Ruy Silveira. Variabilidade Da Frequência Cardíaca Como Instrumento De Investigação Do Sistema Nervoso Autônomo. **Rev. Bras. Hipertens**, P. 14-20, 2005.

Robergs, Robert A.; Ghiasvand, Farzenah; Parker, Daryl. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 2004.

Rocco, Guilherme Fávero. Capacidade aeróbia e composição corporal: efeito de um programa de treinamento aeróbio de oito semanas associado à suplementação com glutamina em universitários. 2008.

Sahlin, K.; Edstrom, L.; Hultman, E. Effects of lactic acid accumulation and ATP decrease on muscle tension and relaxation. **American Journal of Physiology**. Vol. 240. p. C121-126.1981

Sale C, Saunders B, Hudson S, Wise JA, Harris RC, Sunderland CD. Effect of  $\beta$ -alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. **Med Sci Sports Exerc**. 2011;43: 1972–1978. doi:10.1249/MSS.0B013E3182188501

Santana, Jeferson O. et al. Beta-alanine supplementation improved 10-km running time trial in physically active adults. **Frontiers in physiology**, v. 9, p. 1105, 2018.

Saunders, Bryan et al. Effect of beta-alanine supplementation on repeated sprint performance during the Loughborough Intermittent Shuttle Test. **Amino acids**, v. 43, n. 1, p. 39-47, 2012.

Senna, Gilmar Weber et al. Influência de dois diferentes tempos de intervalos entre exercícios e métodos de treinamento no desempenho da força. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFE)**, v. 4, n. 24, p. 8, 2010

Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. **Front Public Health**. 2017;5: 258. doi:10.3389/FPUBH.2017.00258

Silva, André Marques Fernandes et al. Suplementação aguda de arginina não influencia na hipotensão pós-exercício aeróbico. **Motricidade**, v. 16, n. S1, p. 4-12, 2020.

Silver MD. Use of ergogenic aids by athletes. **J Am Acad Orthop Surg**. 2001;9(1):61-70. doi:10.5435/00124635-200101000-00007

Smith-Ryan, Abbie E. et al. High-velocity intermittent running: effects of beta-alanine supplementation. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 10, p. 2798-2805, 2012.

Stainsby, Wendell N.; Brooks, George A. Control of lactic acid metabolism in contracting muscles and during exercise. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 18, n. 1, p. 29-64, 1990

Stout JR, Graves BS, Smith AE, Hartman MJ, Cramer JT, Beck TW, et al. The effect of beta-alanine supplementation on neuromuscular fatigue in elderly (55–92 years): a double-blind randomized study. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**. 2008;5(1):21.

STOUT, J. R. et al. Effects of  $\beta$ -alanine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue and ventilatory threshold in women. **Amino acids**, v. 32, n. 3, p. 381-386, 2007.

STOUT, Jeffrey R. et al. Effects of twenty-eight days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on the physical working capacity at neuromuscular fatigue threshold. **Journal of strength and conditioning research**, v. 20, n. 4, p. 928, 2006.

Thomas, D. Travis; ERDMAN, Kelly Anne; BURKE, Louise M. Nutrition and athletic performance. **Med. Sci. Sports Exerc**, v. 48, p. 543-568, 2016.

Todorovic, Nikola et al. Effects of acute B-Alanine supplementation on countermovement jump performance after a 4x400 m fatigue protocol: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Kinesiology**, v. 54, n. 2, p. 201-207, 2022.

Toledo, Ronam et al. Comparison of Physiological Responses and Training Load between Different CrossFit® Workouts with Equalized Volume in Men and Women. **Life**, v. 11, n. 6, p. 586, 2021.

Trivedi, B.; Danforth, W. H. Effect of pH on the kinetics of frog muscle phosphofructokinase. *Journal of Biological Chemistry*. Vol. 241. Núm. 17. p. 4110-4114. 1966

Van Thienen R, Van Proeyen K, Eynde B Vanden, Puype J, Lefere T, Hespel P. Beta-alanine improves sprint performance in endurance cycling. **Med Sci Sports Exerc**. 2009;41: 898–903. doi:10.1249/MSS.0B013E31818DB708

Varanoske AN, Wells AJ, Kozlowski GJ, Gepner Y, Frosti CL, Boffey D, et al. Effects of  $\beta$ - alanine supplementation on physical performance, cognition, endocrine function, and inflammation during a 24 h simulated military operation. **Physiol Rep**. 2018;6. doi:10.14814/PHY2.13938

Wan JJ, Qin Z, Wang PY, Sun Y, Liu X. Muscle fatigue: general understanding and treatment. **Exp Mol Med**. 2017;49. doi:10.1038/EMM.2017.194

Westerblad, Hakan; Allen, David G.; LANNERGREN, Jan. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause?. **Physiology**, v. 17, n. 1, p. 17-21, 2002

Zambão, Jéssica Eloísa; Rocco, Claudia Seely; VON DER HEYDE, Maria Emília Daudt. Relação entre a suplementação de proteína do soro do leite e hipertrofia muscular: uma revisão. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 50, p. 179-192, 2015.

Zampieri, Fernando Godinho. Lactato, pressão arterial e infecção: unidos pela fé, desunidos pelo homem?. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 25, p. 263-264, 2013.

Zandoná, Bruna Amorim et al. Efeito da suplementação de beta-alanina no desempenho: Uma revisão crítica. **RBNE-Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 12, n. 69, p. 116-124, 2018

Zanella, Priscila Berti; ALVES, Fernanda Donner; DE SOUZA, Carolina Guerini. 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.

Zoeller, R. F. et al. Effects of 28 days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on aerobic power, ventilatory and lactate thresholds, and time to exhaustion. **Amino acids**, v. 33, n. 3, p. 505-510, 2007.

## GLOSSÁRIO

|                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------|
| Carnosina - Molécula dipeptídeo, composta pelos aminoácidos beta-alanina |
| Cindy – Protocolo de exercícios usados no Crossfit.                      |
| Dipeptídeo - Molécula com dois aminoácidos                               |

## ANEXOS

### TCLE

#### Informações gerais sobre o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Em 1996, foi criada pelo Conselho Nacional de Saúde, a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), que estabelece a regulamentação sobre a proteção aos seres humanos envolvidos em pesquisa. Também em 1996, foi criada a Resolução CNS 196/96, em vigor em todo território nacional, que determinou que toda pesquisa efetuada em seres humanos deve conter, entre outros componentes, um TCLE, que ao ser assinado, autoriza o pesquisador a realizar os procedimentos previstos na metodologia.

O objetivo do TCLE é esclarecer e proteger o sujeito da pesquisa, assim como o pesquisador, por este meio manifesta seu respeito à ética no desenvolvimento do trabalho. O TCLE deve ser elaborado em duas vias, sendo uma cópia para o sujeito da pesquisa e outra para o pesquisador. Deve ser redigido de maneira simples, em linguagem clara e acessível ao participante da pesquisa ou seu responsável legal, geralmente pessoas leigas e muitas vezes semi-analfabetas, que através da sua leitura devem poder compreender:

- 1) Qual é a pesquisa (título);
- 2) Por que será feita, qual a justificativa para sua realização; para que será realizada, quais os objetivos da mesma e como será desenvolvida, quais os procedimentos a serem realizados (metodologia);
- 3) Se existem riscos ou desconfortos associados com a participação, mesmo que isto possa levar a desistência do consentimento;
- 4) Quais são os benefícios esperados com a pesquisa, para o participante e a comunidade em geral;
- 5) Se existem outros métodos ou alternativas para os procedimentos propostos;
- 6) Quais são as formas de assistência e quem é o responsável pela pesquisa;
- 7) Garantia que o participante terá suas dúvidas esclarecidas antes e durante a pesquisa;
- 8) Explicar que existe a possibilidade de inclusão em um grupo controle ou placebo;
- 9) Esclarecer quanto à liberdade de recusar ou retirar o consentimento, sem penalização, fornecendo meios para poder ser realizada a retirada (telefone, endereço, e-mail, p.ex.);
- 10) Deve ser garantido o sigilo e a privacidade da identidade dos participantes;

PSE

| <b><u>ESCALA DE PERCEPÇÃO DE ESFORÇO</u></b> |    |                                |
|----------------------------------------------|----|--------------------------------|
| 6                                            | 7  | <b>MUITO FÁCIL</b>             |
| 8                                            | 9  |                                |
| 10                                           | 11 | <b>FÁCIL</b>                   |
|                                              | 12 |                                |
|                                              | 13 | <b>RELATIVAMENTE FÁCIL</b>     |
|                                              | 14 |                                |
|                                              | 15 | <b>RELATIVAMENTE CANSATIVO</b> |
|                                              | 16 |                                |
|                                              | 17 | <b>CANSATIVO</b>               |
|                                              | 18 |                                |
|                                              | 19 | <b>MUITO CANSATIVO</b>         |
|                                              | 20 |                                |
|                                              |    | <b>EXAUSTIVO</b>               |

EVA

