

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA AMORIM ZANDONÁ

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA EM *SPRINTS* REPETIDOS



CURITIBA

2019

BRUNA AMORIM ZANDONÁ

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE BETA-ALANINA EM *SPRINTS* REPETIDOS

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação Física do Programa de Pós Graduação em Educação Física, do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Tácito Pessoa de Souza Junior

CURITIBA

2019

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.  
Biblioteca de Ciências Biológicas.  
(Dulce Maria Bieniara – CRB/9-931)

Zandoná, Bruna Amorim

Efeito da suplementação de beta-alanina em *sprints* repetidos. / Bruna Amorim Zandoná. – Curitiba, 2019.

89 p.: il.

Orientador: Tácito Pessoa de Souza Junior

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

1. Beta - Alanina 2. Carnosina 3. Fadiga I. Título II. Souza Junior, Tácito Pessoa de III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

CDD (20. ed.) 796.422  
612.01575



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO FÍSICA -  
40001016047P0

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO FÍSICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **BRUNA AMORIM ZANDONÁ** intitulada: **Efeito da suplementação de beta-alanina em sprints repetidos**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.


A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 20 de Fevereiro de 2019.



TÁCITO PESSOA DE SOUZA JUNIOR  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

ANTONIO HERBERT LANCHETA JUNIOR  
Avaliador Externo (USP)



RAUL OSIECKI  
Avaliador Interno (UFPR)

Dedico esta dissertação ao meu noivo Luiz Renato Hey Schmidt, a minha mãe Maria Verônica Amorim, ao meu pai Eros Augusto Zandoná e a minha avó Ilda Luiza Zandoná, que muito me apoiaram durante o tempo em que estive desenvolvendo este trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, bênção, força e proteção.

Ao meu noivo, Luiz Renato Hey Schmidt, meu maior incentivador, por todo amor, imenso carinho, companheirismo, paciência e por toda colaboração ao longo deste trabalho.

A minha mãe, Maria Verônica Amorim, pelo apoio, amor, carinho, paciência e dedicação de sempre.

Ao meu pai, Eros Augusto Zandoná, por todos os ensinamentos, amor e carinho.

A minha avó, Ilda Luiza Zandoná, pelo apoio, amor e carinho.

A toda minha família pelo apoio e torcida de sempre.

Ao meu orientador professor Dr. Tácito Pessoa de Souza Junior, por quem tenho imenso respeito, pelos ensinamentos, apoio e confiança.

Aos amigos integrantes do Grupo de Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Treinamento de Força pela colaboração na realização deste trabalho, companheirismo e amizade.

À Professora Keith Sato Urbinati por abrir as portas e por todo auxílio durante a pesquisa.

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

“Somente se aproxima da perfeição quem a procura com constância, sabedoria e, sobretudo, humildade”.

**Jigoro Kano**

## RESUMO

A beta-alanina (BA) é um aminoácido não proteogênico precursor limitante da síntese da carnosina. Uma das funções da carnosina é tamponar prótons intracelulares, reduzindo a acidose e o tempo de fadiga. A suplementação com BA tem se mostrado eficaz para aumentar os níveis intracelulares de carnosina e melhorar o desempenho em exercícios de alta intensidade e curta duração. Para manter o conteúdo de carnosina muscular elevado, de 30-50% acima dos níveis iniciais, a dose de BA considerada ótima é de 1,2 g/dia. Entretanto, até a presente data, não se tem conhecimento de estudos que tenham avaliado o efeito da dose de manutenção ou da interrupção da suplementação de BA sobre o desempenho. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da suplementação de BA, da dose de manutenção e da interrupção da suplementação sobre o desempenho em *sprints* repetidos e a composição corporal de indivíduos treinados. Participaram do estudo 44 voluntários do sexo masculino com  $23,9 \pm 3,8$  anos,  $176,0 \pm 0,05$  cm de altura,  $81,2 \pm 7,5$  kg de massa corporal e  $15,5 \pm 2,9\%$  de gordura corporal. Os participantes realizaram um teste em cicloergômetro composto por 4 *sprints* de 30 segundos por 4 minutos de descanso ativo. A pesquisa aconteceu em três momentos. O momento 1 corresponde ao período pré-suplementação; no momento 2 os indivíduos foram suplementados com 6,4 g/dia de BA ou placebo (GPL) durante quatro semanas; e no momento 3 o grupo que suplementou com BA foi dividido em outros dois grupos, onde um deles recebeu, durante 6 semanas, a dose de manutenção de 1,2 g/dia de BA (GBM) e o outro começou a ingerir placebo (GBI), interrompendo a suplementação. Os efeitos na potência média relativa (PMr), percentual de fadiga, percepção subjetiva do esforço (PSE), lactato sanguíneo e composição corporal foram avaliados nos três momentos. Todos os dados coletados foram analisados através de equações estimadas generalizadas, com um nível alpha de significância em 0,05. O GBI e o GPL apresentaram PMr menores, estatisticamente significativas, durante o terceiro *sprint* do momento 3, enquanto o GBM não apresentou redução estatisticamente significativa. Além disso, o GPL apresentou percentual de fadiga e PSE da sessão significativamente maiores no momento 2 em comparação ao momento 1, enquanto não foi observada diferença estatisticamente significativa no GBM e GBI. Após a suplementação com 6,4 g/dia de BA houve uma redução estatisticamente significativa na concentração de lactato sanguíneo, coletado imediatamente após o teste de *sprints* repetidos. Adicionalmente, após seis semanas da interrupção da suplementação com BA a concentração de lactato apresentou-se significativamente maior em comparação ao período pós-suplementação. Não foram observadas alterações significativas nas concentrações de lactato sanguíneo no grupo placebo em nenhum momento. Por fim, a suplementação com BA não exerceu influência estatisticamente significativa na composição corporal dos participantes. Concluiu-se que a dose de manutenção de BA foi capaz de manter o desempenho em *sprints* repetidos, enquanto houve redução no desempenho após seis semanas da interrupção da suplementação. A suplementação com BA não exerceu efeito sobre a composição corporal dos participantes.

Palavras Chave: Suplementação. Beta-alanina. Carnosina. Tamponamento. Desempenho. Fadiga.



## ABSTRACT

Beta-alanine (BA) is a non-proteogenic amino acid precursor to carnosine synthesis. One of carnosine functions is to buffer intracellular protons, reducing acidosis and fatigue time. BA supplementation has been shown to be effective in increasing carnosine intracellular levels and improving performance in high-intensity and short-term exercises. To maintain high concentration of muscle carnosine, 30-50% above initial levels, BA dose considered optimal is 1.2 g/day. So far, however, no studies have been conducted that have evaluated the maintenance dose effect or discontinuation of BA supplementation on performance. In this way, the aim of this work was to verify the BA supplementation effects, maintenance dose and subsequent interruption, on performance in repeated sprints and body composition of trained individuals. In this study, we had a total of 44 male volunteers aged  $23.9 \pm 3.8$  years,  $176.0 \pm 0.05$  cm height,  $81.2 \pm 7.5$  kg body weight and  $15.5 \pm 2.9\%$  of body fat were recruited. Participants conducted a cycle ergometer test, consisting of 4 sprints of 30 seconds with 4 minutes active rest. The research was conducted in three stages. Stage 1 corresponds to the pre-supplementation period; in stage 2 subjects were supplemented with 6.4 g/day BA or placebo (GPL) for four weeks; and in stage 3 the BA supplementation group was divided into two other groups, where one of them received the maintenance dose of 1.2 g/day BA (GBM) for six weeks and the other started to ingest placebo (GBI), discontinuing supplementation. The effects on the relative average power (PMr), fatigue percentage, rated perceived exertion (RPE), blood lactate and body composition were evaluated in the three stages. All collected data were analyzed using generalized estimated equations, with an alpha level of significance at 0.05. GBI and GPL had statistically significant lower PMr levels during the third sprint at stage 3, while GBM showed no statistically significant reduction. In addition, GPL showed significantly higher fatigue percentage and RPE of the session at stage 2 compared to stage 1, whereas no statistically significant difference was observed in GBM and GBI. After BA supplementation of 6.4 g/day, there was a statistically significant reduction in blood lactate concentration, collected immediately after the repeated sprinting test. Additionally, six weeks after the BA supplementation discontinuation, lactate concentration was significantly higher compared to post-supplementation period. No significant changes in blood lactate concentrations were observed in placebo group at any time. BA supplementation had no statistically significant influence on the participants body composition. It was concluded that the maintenance dose of BA was able to maintain performance on repeated sprints, while there was a reduction in performance after six weeks of discontinuation of supplementation. BA supplementation had no effect on the participants body composition.

Keywords: Supplementation. Beta-alanine. Carnosine. Buffer. Performance. Fatigue.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Médias da potência, relativa ao peso corporal, do terceiro <i>sprint</i> do GBM, GBI e GPL nos três momentos, pré-suplementação (1), quatro semanas após a suplementação (2) e seis semanas após a troca da suplementação (3).....	50
Gráfico 2 – Médias da potência, relativa ao peso corporal, do GBM, GBI e GPL nos três momentos, pré-suplementação (1), quatro semanas após a suplementação (2) e seis semanas após a troca da suplementação (3).....	51
Gráfico 3 – Médias do percentual de fadiga do GBM, GBI e GPL nos três momentos, pré-suplementação (1), quatro semanas após a suplementação (2) e seis semanas após a troca da suplementação (3).....	52
Gráfico 4 – Médias da PSE sessão do GBM, GBI e GPL nos três momentos, pré-suplementação (1), quatro semanas após a suplementação (2) e seis semanas após a troca da suplementação (3).....	52
Gráfico 5 – Médias do lactato sanguíneo, coletado imediatamente após o teste de <i>sprints</i> repetidos, do GBM, GBI e GPL nos três momentos, pré-suplementação (1), quatro semanas após a suplementação (2) e seis semanas após a troca da suplementação (3).....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Efeito da suplementação de beta-alanina no desempenho em exercícios de alta intensidade e curta duração.....	29
Tabela 2 – Características dos participantes.....	48
Tabela 3 – Consumo estimado de alimentos ricos em BA.....	48
Tabela 4 – Valores médios da potência média relativa à massa corporal, percentual de fadiga, PSE sessão, lactato sanguíneo imediatamente após o teste, lactato sanguíneo após 5 min do término do teste, peso e percentual de gordura corporal analisados nos três momentos.....	49
Tabela 5 – Valores da potência relativa à massa corporal no terceiro <i>sprint</i> nos três momentos.....	50

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Figura adaptada de Caruso et al. (2012) demonstrando a síntese intramuscular de carnosina .....	20
Figura 2 – Ilustração esquemática da biodisponibilidade e do metabolismo da carnosina.....	21
Figura 3 – Figura adaptada de Derave <i>et al.</i> (2010) demonstrando os determinantes do conteúdo de carnosina muscular em humanos.....	22
Figura 4 – Esquema do teste de <i>sprints</i> repetidos.....	40
Figura 5 – Esquema da coleta de dados. ....	41

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AMP	Adenosina monofosfato
ATP	Adenosina trifosfato
BA	Beta-alanina
cm	Centímetro
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
E1	Encontro 1
E2	Encontro 2
E3	Encontro 3
E4	Encontro 4
E5	Encontro 5
EC	<i>Enzyme Commission Numbers</i>
FC	Frequência cardíaca
g	Gramas
g/dia	Gramas por dia
GABA	Receptor ácido gama-aminobutírico
GBI	Grupo beta-alanina interrupção
GBM	Grupo beta-Alanina manutenção
GPL	Grupo placebo
h	Horas
H <sup>+</sup>	Íons de hidrogênio
H0	Hipótese nula
H1	Hipótese alternativa
kg	Quilograma
km	Quilômetros
L	Litros
LAFEE	Laboratório de Fisiologia do Exercício e <i>Exergames</i>
m	Metros
mg	Miligramas
mg/dia	Miligramas por dia
mg/dl	Miligramas por decilitro

mg/kg	Miligrama por quilograma
min	Minutos
ml	Mililitros
mmol	Milimol
mmol/kg	Milimol por quilograma
mmol/L	Milimol por litro
MPM	<i>Multiple Pass Method</i>
NMDA	N-metil D-Aspartato
PA	Pressão arterial
PAR-Q	<i>Physical Activity Readiness Questionnaire</i>
pH	Potencial de hidrogenação
PMr	Potência média relativa
PSE	Percepção subjetiva de esforço
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
QFA	Questionário de frequência alimentar
R24h	Recordatório 24 horas
rpm	Rotações por minuto
s	Segundos
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TCLE	Termo de Consentimento Livre Esclarecido
UFPR	Universidade Federal do Paraná
VO <sub>2</sub> max	Capacidade máxima de consumo de oxigênio
W	Watts
W/kg	Watts por quilograma

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
2.1. OBJETIVO GERAL .....	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>3. HIPÓTESES .....</b>	<b>19</b>
<b>4. REVISAO DE LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
4.1. CARNOSINA .....	20
4.2. BETA-ALANINA.....	23
4.2.1. Suplementação de beta-alanina.....	24
4.2.2. Beta-alanina e desempenho.....	26
4.2.3. Precauções.....	30
4.3. EXERCÍCIOS DE ALTA INTENSIDADE E CURTA DURAÇÃO .....	31
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
5.1. TIPO DE ESTUDO.....	36
5.2. PARTICIPANTES.....	36
5.2.1. Recrutamento.....	37
5.2.2. Critérios de inclusão e exclusão.....	37
5.3. COLETA DE DADOS.....	38
5.4. PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS .....	42
5.4.1. Controle do consumo alimentar.....	42
5.4.2. Cálculo dietético.....	42
5.4.3. Avaliações antropométricas e composição corporal .....	43
5.4.4. Teste incremental .....	43
5.4.5. Protocolo de suplementação .....	44
5.4.6. Avaliação do desempenho .....	45
5.4.7. Análises de lactato .....	46
5.4.8. Taxa de percepção subjetiva de esforço .....	46
5.5. ANÁLISE DE DADOS .....	47
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
<b>7. DISCUSSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>8. CONCLUSÕES.....</b>	<b>64</b>

<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>80</b>
APÊNDICE 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)..	81
APÊNDICE 2 - RECORDATÓRIO 24 HORAS (R24H).....	83
APÊNDICE 3 - QUESTIONÁRIO DE FREQUÊNCIA ALIMENTAR (QFA).....	84
<b>ANEXOS</b> .....	<b>85</b>
ANEXO 1 - PHYSICAL ACTIVITY READINESS QUESTIONNAIRE (PAR-Q).....	86
ANEXO 2 - ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO OMNI – C.....	87
ANEXO 3 - ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO DA SESSÃO..	88
ANEXO 4 - CERTIFICADO DA BETA-ALANINA – LAUDO DE PUREZA.....	89



## 1 INTRODUÇÃO

A beta-alanina (BA) é um aminoácido não proteogênico produzido endogenamente no fígado (HARRIS *et al.*, 2006), podendo também ser obtida através do consumo de alimentos como carne de porco, aves e peixes (HARRIS *et al.*, 2007). A BA é o precursor limitante da síntese da carnosina (HARRIS *et al.*, 2006), um dipeptídeo formado pela combinação dos aminoácidos L-histidina e BA com o auxílio da enzima carnosina sintase (EC 6.3.2.11) (DROZAK *et al.*, 2010). Essa enzima apresenta maior afinidade pela histidina em comparação à BA. Além disso, a concentração intra e extracelular de histidina é significativamente maior do que a de BA, tornando a síntese de carnosina limitada pela disponibilidade de BA (HARRIS *et al.*, 2006). A carnosina é predominantemente armazenada no músculo esquelético (ABE, 2000), já a carnosinase (EC 3.4.13.20), enzima que catalisa a decomposição da carnosina, está presente no plasma e em vários tecidos, mas está ausente no músculo esquelético (SALE, SAUNDERS e HARRIS, 2010).

A abundância de carnosina no músculo esquelético sugere que ela desempenha um papel importante durante o exercício (SAUNDERS *et al.*, 2017b). Uma de suas funções é tamponar prótons intracelulares, reduzindo a acidose e o tempo de fadiga (HILL *et al.*, 2007). O aumento da carnosina no músculo tem sido considerado um fator de reforço das capacidades e diminuição da fadiga neuromuscular (HARRIS *et al.*, 2006; STOUT *et al.* 2007; ARTIOLI *et al.*, 2010; KERN e ROBINSON, 2011), porém a suplementação de carnosina oral é um método ineficiente para elevar os níveis de carnosina muscular nos seres humanos (GARDNER *et al.*, 1991). Em contrapartida, estudos têm demonstrado que a suplementação com BA é eficaz para aumentar os níveis intracelulares de carnosina nos membros superiores e inferiores (SAUNDERS *et al.*, 2017b), com o pico de concentração após 30-45min (HARRIS *et al.*, 2006), o que levou a investigações sobre os efeitos da suplementação de BA como auxílio ergogênico (ARTIOLI *et al.*, 2010; HARRIS *et al.*, 2006; DRAVE *et al.*, 2007; HARRIS *et al.*, 2006; HILL *et al.*, 2007; HOBSON *et al.*, 2012; STOUT *et al.* 2007; SALE *et al.*, 2011).

A suplementação de 1,6 g/dia de BA durante duas semanas mostrou-se suficiente para aumentar os níveis de carnosina muscular (STELLINGWERFF *et al.*,

2012), enquanto benefícios no exercício foram apresentados a partir de doses que variam de 3,2 a 6,4 g/dia durante quatro a doze semanas (DERAVE *et al.*, 2007; HILL *et al.*, 2007; SAUNDERS *et al.*, 2012a; SALLES PAINELLI *et al.*, 2014; BELLINGER e MNAHAM, 2016a; GLENN *et al.*, 2016). Durante exercícios em altas intensidades, a taxa de produção de íons H<sup>+</sup> excede a capacidade de tamponamento ou de remoção de prótons do músculo esquelético resultando em queda do pH intramuscular, levando à acidose e fadiga (ROBERGS, GHASVAND e PARKER, 2004). Nesse contexto, estratégias capazes de atenuar a queda do pH muscular apresentam potencial de retardar a fadiga e otimizar o desempenho em modalidades esportivas nas quais a acidose é um fator limitante para o desempenho físico (PINTO *et al.*, 2014). Os efeitos mais significativos da suplementação de BA são observados durante os exercícios com duração de 30 s a 10 min, sem efeito em exercícios com menos de 30 s de duração, visto que este tempo de exercício não é suficiente para acumulação intracelular de íons H<sup>+</sup> (SAUNDERS *et al.*, 2017b).

Estudos mostram uma relação linear dose-resposta entre a carga de BA e os níveis musculares de carnosina, mas sua eficiência é maior durante as primeiras quatro semanas de suplementação do que nas seis semanas seguintes (HILL *et al.*, 2007). Isto pode indicar que o aumento da carnosina muscular induzida pela suplementação de BA segue a tendência de atingir um platô (HOSTRUP e BANGSBO, 2016). Após cessar a suplementação, a carnosina muscular retorna aos níveis iniciais num processo lento que leva em torno de seis a vinte semanas (BAGUET *et al.*, 2009). Segundo Stegen *et al.* (2014), para manter o conteúdo de carnosina muscular elevado, de 30-50% acima dos níveis iniciais durante um período prolongado de tempo, a dose de BA considerada ótima é de 1,2 g/dia. Entretanto, até a presente data, não se tem conhecimento de estudos que tenham avaliado o efeito dessa dose de manutenção ou da interrupção da suplementação de BA sobre o desempenho físico.

Alguns estudos também indicaram um efeito positivo da suplementação de BA na composição corporal, sendo o aumento da massa magra mais comum no grupo BA em comparação ao grupo placebo (JORDAN *et al.*, 2010; KERN e ROBINSON, 2011; SMITH *et al.*, 2009; WALTER *et al.*, 2010) Em contrapartida, outros pesquisadores não encontraram alterações significativas. (BAGUET *et al.*, 2010; HILL *et al.*, 2007; STOUT *et al.*, 2007; VAN THIENEN *et al.*, 2009). Sendo

assim, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos de quatro semanas de suplementação com 6,4 g/dia de BA e de seis semanas adicionais de suplementação com a dose de manutenção de 1,2 g/dia de BA e da interrupção da suplementação sobre o desempenho em *sprints* repetidos e a composição corporal em indivíduos treinados.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Verificar os efeitos da suplementação de 6,4 g/dia de beta-alanina, da dose de manutenção de 1,2 g/dia de beta-alanina e da interrupção da suplementação sobre o desempenho em *sprints* repetidos e a composição corporal de indivíduos treinados.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito de quatro semanas da suplementação de 6,4 g/dia de BA nos parâmetros fisiológicos (i.e: potência, percentual de fadiga, lactato e percepção subjetiva do esforço) em *sprints* repetidos em indivíduos treinados.
- Verificar o efeito de seis semanas da suplementação de BA com a dose de manutenção de 1,2 g/dia, após as quatro semanas de suplementação com 6,4 g/dia, nos parâmetros fisiológicos em *sprints* repetidos em indivíduos treinados.
- Verificar o efeito de seis semanas de interrupção da suplementação de BA nos parâmetros fisiológicos em *sprints* repetidos em indivíduos treinados.
- Avaliar a composição corporal após quatro semanas de suplementação com 6,4 g/dia de BA; após seis semanas da suplementação com a dose de manutenção de 1,2 g/dia; e após seis semanas de interrupção da suplementação.

### 3 HIPÓTESES

- H0 - A suplementação com 6,4 g/dia de BA não exercerá efeito sobre a potência, percentual de fadiga, lactato, percepção subjetiva do esforço e sobre a composição corporal dos participantes, bem como a dose de manutenção de 1,2 g/dia e a interrupção da suplementação.
- H1 - A suplementação de 6,4 g/dia de BA exercerá efeito positivo sobre a potência, percentual de fadiga, lactato, percepção subjetiva do esforço e sobre a composição corporal dos participantes. A dose de manutenção de 1,2 g/dia será suficiente para manter a melhora das variáveis analisadas e a interrupção da suplementação ocasionará uma regressão nos resultados previamente alcançados.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 4.1 CARNOSINA

A carnosina é um dipeptídeo formado pela combinação dos aminoácidos BA e L-histidina através de uma reação dependente de ATP, mostrada na figura 1 (TIEDJE *et al.*, 2010). Catalizada pela enzima carnosina sintase, sua formação ocorre principalmente dentro das células musculares (DERAVE *et al.*, 2010). Este dipeptídeo foi descoberto pelo bioquímico russo Vladimir Gulevich em 1900 e foi nomeado "*carnis*", que em latim significa carne, devido à sua grande concentração no músculo esquelético de mamíferos (BOLDYREV, 2012).

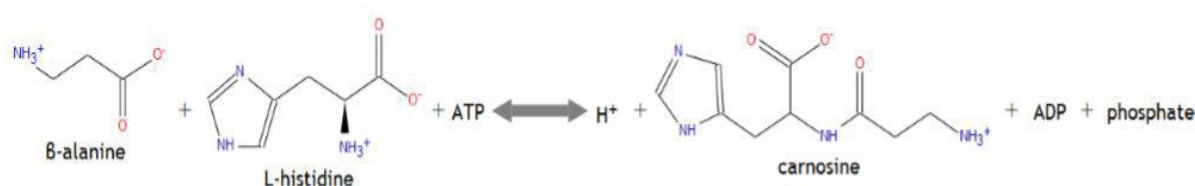


Figura 1 – Figura adaptada de Caruso *et al.* (2012) demonstrando a síntese intramuscular de carnosina.

A carnosina é conhecida principalmente pela sua função como tampão intramuscular (ARTIOLI *et al.*, 2010) e é encontrada principalmente em animais que exigem a capacidade de mover-se rapidamente ou tolerar grandes períodos de ausência de oxigênio (hipóxia) (ABE, 2000), como as baleias da espécie *Balaenoptera Acutorostrata*, que nadam em águas profundas por mais de 30 min sem respirar, resultando em acidose muscular extrema, necessitando de um sistema tamponante eficiente (ARTIOLI *et al.*, 2010). Em humanos, o único dipeptídeo contendo histidina no tecido muscular é a carnosina (CRUSH, 1970).

Encontrada em alguns tipos de carne, a carnosina pode ser obtida pela dieta, mas não é absorvida em sua forma íntegra uma vez que a enzima

carnosinase, presente no aparelho digestório, rapidamente hidrolisa este dipeptídeo (HOBSON *et al.*, 2012). A carnosina pode ser quebrada em L-histidina e BA já no enterócito através da ação da carnosinase presente principalmente na mucosa jejunal (SADIKALI, DARWISH e WATSON, 1975). No entanto, como a atividade jejunal é relativamente baixa, a carnosina ingerida pode atingir a corrente sanguínea, mas é rapidamente hidrolisada (SADIKALI, DARWISH e WATSON, 1975; ASATOOR *et al.*, 1970), como apresentado na figura 2. Assim, a concentração plasmática de carnosina é considerada insignificante (PARK, VOLPE e DECKER, 2005) e apenas uma pequena quantidade de carnosina pode ser encontrada na urina 4 h após a sua ingestão (GARDNER *et al.*, 1991).

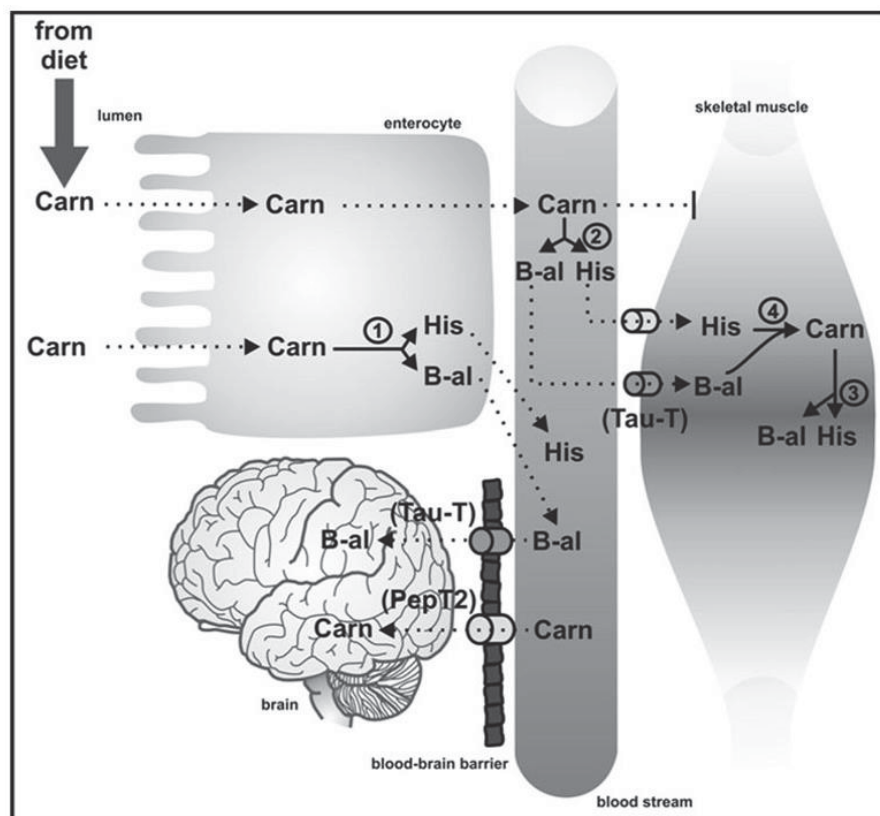


Figura 2 - Ilustração esquemática da biodisponibilidade e do metabolismo da carnosina. 1: carnosinase jejunal; 2: carnosinase sérica; 3: carnosinase tecidual; 4: carnosina sintase; *Tau-T*: transportador taurina/beta-alanina; *PepT2*: transportador de carnosina; *Carn*: carnosina; *B-al*: beta-alanina; *His*: histidina. Adaptado de Sale *et al.* (2013).

As células musculares não têm a capacidade de absorver a carnosina presente na corrente sanguínea devido à ausência de transportadores específicos

(BAUER e SHULTZ, 1994). A síntese de carnosina é, em condições fisiológicas, limitada pela disponibilidade de BA, pois a enzima carnosina sintase tem maior afinidade pela histidina do que pela BA e a concentração de histidina, tanto no meio extra quanto no meio intracelular, é substancialmente maior do que a de BA. Desse modo, a maneira mais eficiente de se aumentar a síntese endógena de carnosina e, conseqüentemente, a capacidade tamponante das células musculares, é aumentar a concentração intramuscular de BA (HARRIS *et al.*, 2006).

A carnosina é uma molécula estável; suas concentrações intramusculares geralmente mostram apenas pequenas mudanças ao longo do tempo (DERAVE *et al.*, 2010). Os altos níveis iniciais de carnosina intramuscular aparentemente não limitam a capacidade de uma célula realizar novos aumentos (BAGUET *et al.*, 2009). Em indivíduos saudáveis, o conteúdo intramuscular de carnosina é de, aproximadamente, 20 mmol/kg de músculo seco (HARRIS *et al.*, 2006; HILL *et al.*, 2007). No entanto, o conteúdo intramuscular de carnosina pode variar de acordo com alguns fatores, como os diferentes tipos de fibras (HARRIS *et al.*, 2006). O conteúdo de carnosina nos diferentes tipos de fibras musculares mostra a seguinte ordem hierárquica: I <IIa <IIx (SUZUKI *et al.*, 2002; BAGUET *et al.*, 2010; HARRIS *et al.*, 2012). Além disso, os níveis intracelulares de carnosina são mais elevados nos homens do que nas mulheres e diminuem com a idade em ambos os sexos, (DERAVE *et al.*, 2010; STOUT *et al.*, 2008; DERAVE *et al.*, 2010), como mostra a figura 3.

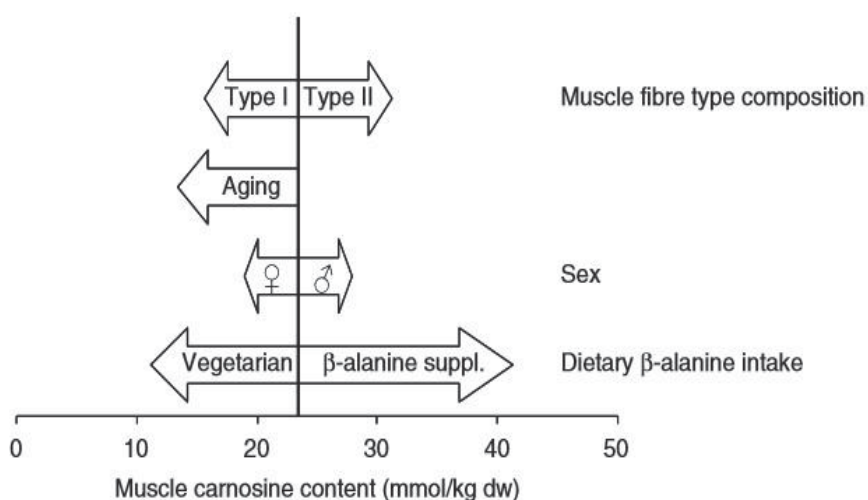


Figura 3 – Figura adaptada de Derave *et al.* (2010) demonstrando os determinantes do conteúdo de carnosina muscular em humanos. **dw** = peso seco; **suppl.** = suplementação.



Em virtude de um pKa de 6,83 e altas concentrações no músculo, a carnosina demonstrou ser mais eficaz na captação de prótons do que o bicarbonato (pKa 6,3) e o fosfato inorgânico (pKa 7,2), outros principais tampões químicos. Foi sugerido que o tamponamento exercido pela carnosina precede o tamponamento do bicarbonato e do fosfato inorgânico durante o exercício devido à sua estrutura, que é capaz de aceitar prontamente um próton em pH fisiológico (SUZUKI, 2006). Além de sua função como tampão de prótons, recentemente, outros papéis têm sido atribuídos à carnosina, como proteção contra danos oxidativos, glicação e regulação da sensibilidade ao cálcio (TREXLER *et al.*, 2015).

Um dos mecanismos propostos de fadiga sugere que quantidades excessivas de íons  $H^+$  intracelular podem reduzir tanto a atividade da actina-miosina ATPase como a afinidade da troponina pelo cálcio, reduzindo dessa maneira o acoplamento actina-miosina e a capacidade de geração de força muscular (VANHATALO *et al.*, 2009). Porém, dados recentes de Jones *et al.* (2017) mostraram que não houve efeito da suplementação de BA sobre a produção da força isométrica voluntária ou eletricamente estimulada. Esses achados corroboram os resultados encontrados por Hannah *et al.* (2015) que não observaram efeito da suplementação de BA nas contrações voluntárias máximas, sugerindo que o principal mecanismo pelo qual o aumento dos níveis de carnosina melhora o desempenho muscular pode não ser devido à sensibilidade e liberação de cálcio mas sim à sua ação tamponante.

## 4.2 BETA-ALANINA

A BA é um aminoácido não proteogênico que pode ser produzido dentro do corpo humano (DERAVE *et al.*, 2010). Sua síntese ocorre a partir da quebra de pirimidinas, descarboxilação por micróbios intestinais de L-aspartato e a transaminação com 3-oxopropanato por L-aspartato (GOJKOVIC, SANDRINI e PISKUR, 2001; TIEDJE *et al.*, 2010). A síntese endógena de BA ocorre dentro do fígado por meio da degradação irreversível de tiamina, citosina e uracila (DERAVE *et al.*, 2010). Uma vez sintetizada é transportada para células musculares onde

atravessa o sarcolema através de um processo dependente de sódio e cloreto (ARTIOLI *et al.*, 2009).

Blancquaert *et al.* (2016) mostraram que quando a quantidade de BA excede as condições fisiológicas dos tecidos para sintetizar dipeptídeos contendo histidina, a maior parte da BA é transaminada no fígado e nos rins. Stegen *et al.* (2013) mostrou que apenas 3-6% da BA é transformada em carnosina e 2% é excretada pela urina. A BA tem várias funções; dentro do sistema nervoso, pode atuar como neurotransmissor ou neuromodulador e tem locais de ligação ao hipocampo nos receptores de NMDA, GABA-A, GABA-C e glicina para auxiliar a aprendizagem de novas informações (SUZUKI *et al.*, 2002).

#### 4.2.1 Suplementação de beta-alanina

A suplementação de BA é um popular recurso ergogênico entre a comunidade esportiva, com cerca de 61% dos atletas de esportes de equipe utilizando este suplemento (KELLY *et al.*, 2017). Harris *et al.* (2006) foram os primeiros a mostrar que a ingestão crônica de BA é capaz de elevar o conteúdo de carnosina muscular, apoiando a suposição de que a BA é o precursor limitante da taxa de síntese de carnosina no músculo. Desde então, diversas pesquisas mostraram que a suplementação crônica com BA (quatro a dez semanas com 4,0 a 6,4 g/dia) pode aumentar o conteúdo de carnosina muscular em 40% a 100% (BAGUET *et al.*, 2009; HILL *et al.*, 2007).

Os indivíduos são aconselhados a suplementar BA diariamente por um mínimo de duas a quatro semanas com uma dose de 3,2 a 6,4 g/dia divididas ao longo do dia (0,8 a 1,6 g a cada 3 a 4 h) (SAUNDERS *et al.*, 2017b). Essa suplementação resulta em um aumento de 20 a 30% nas concentrações de carnosina no músculo em duas semanas (BAGUET *et al.*, 2009), com maiores benefícios observados após quatro semanas (40 a 60% de aumento) (STELLINGWERFF *et al.*, 2012; HARRIS *et al.*, 2009). Demonstrou-se, também, que o consumo de BA juntamente com a refeição foi eficaz para potencializar o aumento dos níveis de carnosina muscular (STEGEN *et al.*, 2013).

Estudos mostram uma relação linear dose-resposta entre a carga de BA e os níveis musculares de carnosina, mas sua eficiência é maior durante as primeiras quatro semanas de suplementação do que nas seis semanas seguintes (HILL *et al.*, 2007). Isto pode indicar que o aumento da carnosina muscular induzida pela suplementação de BA segue a tendência de atingir um platô (HOSTRUP e BANGSBO, 2016). Após cessar a suplementação, a carnosina muscular retorna aos níveis iniciais num processo lento, que leva em torno de seis a vinte semanas. Em três semanas, observam-se níveis reduzidos de carnosina em 30% do seu conteúdo (BAGUET *et al.*, 2009). Segundo Stegen *et al.* (2014), para manter o conteúdo de carnosina muscular elevado, de 30-50% acima dos níveis iniciais durante um período prolongado de tempo, a dose de BA considerada ótima é de 1,2 g/dia.

A contribuição da BA para a capacidade de tamponamento muscular total é estimada em 8% em humanos, o que representa capacidade de capturar em média 7,0 mmol de H<sup>+</sup>/kg de músculo seco (HARRIS *et al.*, 2006; MANNION *et al.*, 1992). A eficiência de suplementação de BA pode ser calculada dividindo o aumento molar de carnosina muscular pela quantidade molar total de BA ingerida. Curiosamente, esta eficiência é baixa, 2,8% ao assumir que 40% da massa corporal é massa muscular (STEGEN *et al.*, 2013), o que indica que apenas uma pequena parte da BA ingerida é realmente transformada em carnosina muscular (BLANCQUAERT, EVERAERT e DERAIVE, 2015). Além disso, Stegen *et al.* (2013) observaram que a excreção urinária de BA é baixa (1-2%) e não aumenta durante o período de suplementação. Dessa maneira, esses achados indicam que o destino metabólico de aproximadamente 95% da ingestão de BA é desconhecido, sendo possivelmente atribuído à sua oxidação (BLANCQUAERT, EVERAERT e DERAIVE, 2015).

De acordo com Saunders *et al.* (2017b), a suplementação concomitante de BA com bicarbonato de sódio pode levar a ganhos adicionais na capacidade de tamponamento e no exercício. Estudos com suplementação aguda de bicarbonato de sódio têm mostrado aumento do pH sanguíneo e do desempenho em exercícios de alta intensidade (ARTIOLI *et al.*, 2007; PEART, SIEGLER, VINCE, 2012), o que levou ao interesse na suplementação combinada com BA. O possível efeito benéfico da alcalose pré-exercício sobre o desempenho muscular é promover um maior efluxo de íons H<sup>+</sup> do músculo ativo atenuando a velocidade de queda do pH intracelular, facilitando dessa forma uma maior contribuição glicolítica (VANHATALO

*et al.* 2009). Alguns autores mostraram um modesto efeito aditivo ao adicionar bicarbonato de sódio à suplementação de BA em sessões de exercício em que a acidose metabólica pode ser um fator limitante para o desempenho. (SALE *et al.*, 2011; SALLES PAINELLI *et al.*, 2013; HOBSON *et al.*, 2013), embora nem todos concordem (BELLINGER *et al.*, 2012).

#### 4.2.2 Beta-alanina e desempenho

Durante exercícios em altas intensidades, a taxa de produção de íons  $H^+$  excede a capacidade de tamponamento ou de remoção de prótons do músculo esquelético resultando em queda do pH intramuscular, levando à acidose e fadiga (ROBERGS, GHIASVAND e PARKER, 2004). Nesse contexto, estratégias capazes de atenuar a queda do pH muscular apresentam potencial de retardar a fadiga e otimizar o desempenho em modalidades esportivas nas quais a acidose é um fator limitante para o desempenho físico (PINTO *et al.*, 2014). Os efeitos mais significativos da suplementação de BA são observados durante os exercícios com duração de 30 s a 10 min, sem efeito em exercícios com menos de 30 s de duração, visto que este tempo de exercício não é suficiente para o acúmulo intracelular de íons  $H^+$  (SAUNDERS *et al.*, 2017b). Dessa maneira, o efeito ergogênico da suplementação de BA depende da modalidade do exercício (HOSTRUP e BANGSBO, 2016), apresentando melhora mais evidente nas atividades que dependem principalmente do metabolismo anaeróbio (TREXLER *et al.*, 2015). Dados atuais sugerem que tanto exercícios de membro isolado quanto exercícios de corpo inteiro apresentam a mesma probabilidade de se beneficiar com a suplementação de BA (SAUNDERS *et al.*, 2017b).

Bellinger e Minahan (2016a), em seu estudo com quatorze ciclistas treinados, observaram que a suplementação de BA aumentou a intensidade do treinamento durante o *sprint interval training* (SIT) e proporcionou benefícios adicionais ao ciclo supramáximo exaustivo em comparação ao SIT sozinho. Glenn *et al.* (2016) verificaram que 28 dias de suplementação de BA aumentaram o pico de

torque e trabalho, indicando que a BA melhorou o desempenho de atletas femininas da categoria master de ciclismo.

Pesquisas que investigaram os efeitos da suplementação de BA sobre a força relataram achados mistos. Embora os estudos realizados por Hoffman *et al.*, (2008a) durante 30 dias de suplementação com BA não apresentaram melhoria estatisticamente significativa no desempenho, houve aumento no volume de treinamento e redução da fadiga. Durante o mesmo período de suplementação com BA, Hill *et al.* (2007) encontraram um aumento significativo de 13% no trabalho total de homens fisicamente ativos. Também em um estudo de quatro semanas, Derave *et al.* (2007) observou que a suplementação de BA aumentou o conteúdo de carnosina muscular e atenuou significativamente a fadiga durante cinco sessões de 30 extensões do joelho, enquanto a resistência isométrica não foi afetada. Em contrapartida, Sale *et al.* (2012) demonstraram uma significativa melhora na resistência isométrica após o mesmo período de suplementação.

Por outro lado, em um estudo realizado por Smith *et al.* (2008) não houve diferenças significativas no trabalho total realizado após seis semanas de treinamento e suplementação nos grupos BA e placebo. Kern e Robinson (2011) também não apresentaram dados de melhora significativa do desempenho nos membros superiores de lutadores e jogadores de futebol suplementados durante oito semanas com BA em comparação ao placebo. Numa intervenção de 10 semanas, Kendrick *et al.* (2008) não observaram diferença entre o grupo suplementado com BA e o placebo na produção de força, força isocinética e resistência muscular.

Alguns estudos examinaram a capacidade física de trabalho no limiar de fadiga e demonstraram um aumento no grupo suplementado com BA em comparação ao grupo placebo, indicando que a BA atrasa o início da fadiga neuromuscular em cargas de trabalho submáximas (STOUT *et al.*, 2006; STOUT *et al.* 2007; STOUT *et al.*, 2008, SMITH-RYAN *et al.*, 2014). Em sua pesquisa Stout *et al.* (2006) relataram uma melhora de 16,9% na capacidade física de trabalho no limiar de fadiga em homens após 28 dias de suplementação com BA. Smith-Ryan *et al.* (2014) encontraram um aumento de 5,6% na capacidade de trabalho físico no limiar da frequência cardíaca em homens e mulheres que consumiram BA. Stout *et al.* (2008) demonstraram que 90 dias de suplementação com BA resultou em melhora de 37,3% na capacidade física de trabalho no limiar de fadiga. Já Hoffman

*et al.* (2014) investigaram o efeito da suplementação com BA durante 28 dias em soldados envolvidos em treinamento militar. Apesar do desempenho cognitivo não ter sido alterado, a BA resultou em aumentos moderados no pico de potência, velocidade de pontaria e tiro ao alvo, em relação ao placebo.

Baguet *et al.* (2010) em um estudo com dezoito remadores de elite observou que após sete semanas de suplementação com BA houve melhora no desempenho de tempo, mas não foi estatisticamente significativa. Da mesma maneira, Ducker *et al.* (2013) mostrou uma melhora no tempo de remadores bem treinados suplementados com BA em comparação ao grupo placebo, mas também sem diferença estatisticamente significativa. Salles Painelli *et al.* (2013) mostraram melhor desempenho de 1 a 2% em nadadores brasileiros de 100 e 200m estilo livre, altamente treinados após a suplementação de BA. Em contrapartida, Chung *et al.* (2012), em um estudo anterior, obtiveram resultados de desempenho pouco claros tanto na competição quanto no treinamento de nadadores de 50-400m.

Tem-se a hipótese de que a melhora documentada do volume de treinamento e fadiga pode resultar em mudanças significativas em relação a intervenções prolongadas. No entanto, os mecanismos exatos pelos quais o aumento da carnosina contribui para a melhoria dos resultados do exercício continuam a ser pesquisados (TREXLER *et al.*, 2015; SAUNDERS *et al.*, 2017b). As diferenças nos achados na literatura sobre a eficácia ergogênica da suplementação de BA em modalidades esportivas de alta intensidade podem estar relacionadas a vários fatores, como duração do esforço, características do esforço (capacidade vs. desempenho) e grau de treinamento (HOBSON *et al.*, 2012; SAUNDERS *et al.*, 2017b). A Tabela 1 apresenta os dados de efeitos da suplementação de BA sobre o desempenho em exercícios de alta intensidade e curta duração.

Alguns estudos relataram mudanças na composição corporal com a suplementação de BA, havendo aumento da massa magra (JORDAN *et al.*, 2010; KERN e ROBINSON, 2011; SMITH *et al.*, 2009). Em contrapartida, Baguet *et al.* (2010) e outros pesquisadores não encontraram alterações significativas (GLENN *et al.*, 2016; HILL *et al.*, 2007; STOUT *et al.*, 2007; VAN THIENEN *et al.*, 2009).

Tabela 1 - Efeito da suplementação de beta-alanina no desempenho em exercícios de alta intensidade e curta duração.

<b>Autor</b>	<b>Participantes</b>	<b>Protocolo de teste</b>	<b>Protocolo de suplementação</b>	<b>Resultados</b>
Hill <i>et al.</i> , 2006.	24 universitários fisicamente ativos.	Teste de desempenho em bicicleta ergométrica até a exaustão.	Sem 1 - 4,0g/dia Sem 2 - 4,8g/dia Sem 3 - 5,6g/dia Sem 4 - 10 6,4g/dia.	Aumento no trabalho total realizado.
Stout <i>et al.</i> , 2006.	22 homens.	Teste de desempenho em bicicleta ergométrica até a exaustão.	Semana 1 - 3: 2 g/dia Semana 2 - 4: 6,4 g/dia.	Aumento da capacidade física no limiar de fadiga.
Stout <i>et al.</i> , 2007.	22 mulheres fisicamente ativas.	Teste em bicicleta ergométrica até a exaustão.	4,8g/dia durante 28 dias.	Retardo do início da fadiga neuromuscular.
Stout <i>et al.</i> , 2008.	26 homens e 17 mulheres.	Teste em bicicleta ergométrica até a exaustão.	2,4 g/dia durante 90 dias.	Aumento da capacidade de trabalho físico, retardando o aparecimento da fadiga.
Hill <i>et al.</i> , 2007.	13 universitários fisicamente ativos.	Teste de desempenho em bicicleta ergométrica até a exaustão.	Sem 1 - 4,0 g/dia Sem 2 - 4,8 g/dia Sem 3 - 5,6 g/dia Sem 4 a 10 6,4g/dia.  2 grupos: 4 e 10 semanas.	4 e 10 semanas: aumento no trabalho total.
Derave <i>et al.</i> , 2007.	15 atletas competitivos de <i>sprint</i> de 400m	Teste isocinético de extensões do joelho, contração isométrica, tempo de corrida (400m).	4,8g/dia durante 4 semanas.	O torque da extensão do joelho foi melhorado. A resistência isométrica e o tempo de corrida não foram afetados.
Hoffman <i>et al.</i> , 2008a.	26 atletas de futebol do sexo masculino.	Teste de potência anaeróbia e <i>sprint</i> com distância demarcada.	4,5g/dia durante 30 dias.	Não houve melhoria significativa no desempenho,

Smith <i>et al.</i> , 2008.	46 homens, recreacionalmente ativos.	Teste de potência anaeróbica em bicicleta ergométrica.	3 semanas: 6g/dia. Após 3 semanas: 3 g/dia.	Não houve diferença no trabalho total realizado após três semanas de treinamento e suplementação.
Sweeney <i>et al.</i> , 2010.	19 jovens ativos	2 séries de 5 <i>sprints</i> de 5s em esteira não motorizada com resistência de 15% do peso corporal dos participantes.	1 semana: 4g/dia 4 semanas: 6g/dia	Nenhuma interação significativa foi observada.
Kern e Robinson, 2011.	22 universitários e 15 atletas universitários.	Teste de vai vem (300m).	4g/dia durante 8 semanas.	Aumento no desempenho e massa magra.
Sale <i>et al.</i> , 2012.	13 homens fisicamente ativos.	Teste isocinético de extensões do joelho, contração isométrica.	6,4g/dia durante 4 semanas.	Melhora da capacidade de resistência dos extensores de joelho.
Saunders <i>et al.</i> , 2012a.	17 atletas de futebol do sexo masculino.	YoYo IR2.	3,2g/dia durante 12 semanas.	Melhora de 34,4%.
Chung <i>et al.</i> , 2012.	23 homens e 18 mulheres, atletas de elite/sub elite.	Tempos da competição nacional.	4 semanas: 4,8 g/dia (carregamento) e 3,2g/dia. (10 semanas).	Efeito mínimo no desempenho da natação.
Ducker <i>et al.</i> , 2013.	16 homens.	2.000m em remo ergômetro.	80mg/kg (~7g/dia).	Não houve melhora significativa.
Tobias <i>et al.</i> , 2013.	37 homens, atletas de judô e jiu-jitsu.	Teste de <i>Wingate</i> .	6,4g/dia durante 4 semanas.	Melhora no desempenho intermitente.
Salles Painelli <i>et al.</i> , 2014.	20 ciclistas de endurance e 20 indivíduos destreinados	4 séries de <i>Wingate</i> de membros inferiores de 30s, separados por 3min.	6,4g/dia durante 4 semanas.	Aumento da potência média em ambos os grupos.
Gross <i>et al.</i> , 2014.	16 homens ativos.	Teste em cicloergômetro incremental.	3,2g/dia durante 38 dias.	Não houve melhora no desempenho.
Danaher <i>et al.</i> , 2014.	8 homens saudáveis.	<i>Sprints</i> repetidos e teste em ciclo ergômetro (CCT).	4 semanas:4,8 g/dia 2 semanas: 6,4 g/dia.	Melhora no desempenho durante o CCT. O desempenho não foi diferente entre os tratamentos durante o teste RSA.



Hoffman <i>et al.</i> , 2014.	20 soldados.	Corrida de 4km, 5 saltos contra-movimentos linear, <i>sprint</i> de 120m e protocolo de 10 tiros com rifle .	6g/dia durante 28 dias.	Não houve melhora no desempenho cognitivo, mas aumentou a potência e a pontaria.
Cochran <i>et al.</i> , 2015	24 homens ativos (destreinados).	<i>Sprint interval training</i> durante 6 semanas.	3,2g/dia durante 10 semanas.	Não houve diferença significativa entre os grupos que suplementaram com BA e o placebo.
Bellinger e Minahan, 2016a.	14 ciclistas treinados.	Teste de ciclismo supramáximo até a exaustão, <i>time trial</i> de 4 e 10km e <i>sprints</i> de 4 × 1km.	6,4g/dia durante 4 semanas.	Melhora no <i>sprint</i> de 4 × 1km e no tempo de ciclismo supramáximo.
Brisola <i>et al.</i> , 2016.	22 jogadores de pólo aquático.	2 testes de <i>sprints</i> repetidos intercalados por 1 teste de natação de 30 min.	10 dias: 4,8g/dia 18 dias: 6,4g/dia	Não houve interação significativa para nenhuma variável.
Glenn <i>et al.</i> , 2016.	22 ciclistas <i>master</i> do sexo feminino.	Handgrip e 50 flexões e extensões totais do joelho.	3,2g/dia durante 4 semanas.	Aumento do torque máximo.
Milioni <i>et al.</i> , 2017.	27 jogadores de basquete.	<i>Sprints</i> de 30m.	6,4g/dia durante 6 semanas.	Não houve melhora no desempenho.
Claus <i>et al.</i> , 2017.	15 jogadores de polo aquático.	Teste de 200m (nado) e teste de <i>sprints</i> repetidos, com arremesso livre e 30s de chutes.	6,4g/dia durante 6 semanas.	Efeito positivo no desempenho do nado de 200m.
Bech <i>et al.</i> , 2018.	10 homens e 7 mulheres remadores de caiaque de elite.	1000m e 5 x 250m de remo em caiaque ergômetro.	80mg/kg/dia durante 8 semanas.	Não houve efeito da suplementação.

### 4.2.3 Precauções

Assim como qualquer suplemento alimentar, a BA pode provocar danos se não for consumida de forma adequada. As precauções com relação à suplementação de BA referem-se ao seu potencial para induzir a parestesia, caracterizada por uma maior sensibilidade dos neurônios nociceptivos que transmitem dor neuropática, o que leva ao rubor, formigamento, sensação pinicante, causando irritação à pele (SALE, SAUNDERS e HARRIS, 2010; HARRIS *et al.*, 2006; CROZIER *et al.*, 2007). A gravidade dos episódios de parestesia é dependente da dose e os sintomas aparecem dentro de 10 a 20 min após a ingestão de doses acima de 800 mg (10 mg/kg de peso corporal), podendo durar cerca de 60min ou mais. Portanto, o fracionamento da ingestão de BA é indicado para evitar os sintomas de parestesia (HARRIS *et al.*, 2006). Estudos utilizando comprimidos de liberação lenta também demonstraram sua eficácia evitando o aparecimento dos sintomas (SALE *et al.*, 2011; SAUNDERS *et al.*, 2012a e 2012b).

Um provável efeito secundário da suplementação de BA seria uma diminuição potencial das concentrações de taurina, já que a BA e a taurina utilizam o mesmo transportador (Tau-T) no músculo esquelético, com a BA inibindo a absorção de taurina dentro do músculo (MURAKAMI e FURUSI, 2010). Em modelos animais, a BA demonstrou diminuir cerca de 50% os níveis circulantes de taurina (DAWSON *et al.*, 2002). Porém, Harris *et al.* (2006) relataram que quatro semanas de suplementação com BA (10-40 mg/kg de peso corporal) resultou em um aumento da concentração plasmática de taurina. Recentemente, Saunders *et al.* (2018) também investigaram os efeitos da suplementação crônica de BA no conteúdo de taurina muscular e observaram que a suplementação de 6,4 g/dia de BA durante 24 semanas não afetou significativamente o conteúdo de taurina muscular. De acordo com Artioli *et al.* (2009), as dosagens de BA que prejudicam os níveis de taurina intracelular excedem em muito as dadas aos seres humanos e, portanto, as preocupações com as concentrações de taurina intramuscular comprometidas pela administração de BA são infundadas (STERLINGWERFF *et al.*, 2012).

Atualmente, tem-se levantado a questão de uma possível redução nos níveis de histidina muscular devido à suplementação de BA. Blancquaert *et al.*

(2017) relataram que a ingestão de 6,0 g/dia de BA por 23 dias resultou em um declínio de 31,6% nos níveis de histidina muscular. Apesar do significado fisiológico não ser bem entendido, a deficiência de histidina pode reduzir o metabolismo das proteínas, diminuir a hemoglobina circulante e reduzir os níveis do hematócrito. Por outro lado, Varanoske *et al.* (2017) observou que 28 dias de suplementação com 6,0 g/dia de BA não reduziu o conteúdo de L-histidina muscular.

Saunders *et al.* (2018) observaram que a suplementação de 6,4 g/dia de BA durante 24 semanas não afetou significativamente marcadores clínicos de função renal, hepática e muscular, nem resultou em efeitos colaterais sensoriais crônicos em indivíduos saudáveis. Esses dados fornecem evidências importantes, sugerindo que a suplementação de 6,4 g/dia de BA por até seis meses é segura para indivíduos saudáveis. Atualmente, não há dados de segurança do uso prolongado de BA acima de um ano. Contudo, devido à natureza não essencial desse aminoácido, as preocupações em relação à segurança do seu consumo são baixas (Trexler *et al.*, 2015). Portanto, a suplementação de BA parece ser segura em populações saudáveis nas doses recomendadas.

#### 4.3 EXERCÍCIOS DE ALTA INTENSIDADE E CURTA DURAÇÃO

Exercícios de alta intensidade com duração de 1 a 7 min, ou esportes envolvendo *sprints* repetidos, podem levar à produção de metabólitos intracelulares, tais como adenosina difosfato, fosfato inorgânico e íons de hidrogênio (Artoli *et al.*, 2010), os quais estão entre os fatores que podem levar à fadiga muscular (Derave *et al.*, 2010). A fadiga muscular pode ser definida como uma diminuição da capacidade de gerar quantidades apropriadas de força muscular ou de potência durante a atividade contrátil (Finsterer, 2012).

Em exercícios de alta intensidade e curta duração, o acúmulo de íons H<sup>+</sup> no interior da célula muscular vem sendo apontado como um dos principais agentes causadores da fadiga (VanHatalo *et al.*, 2009). A elevada taxa de hidrólise de ATP, decorrente desse tipo de exercício, resulta em um rápido aumento nas concentrações sarcoplasmáticas de H<sup>+</sup>, levando à queda do pH intramuscular, que

interfere diretamente na ressíntese de fosfocreatina, no fluxo glicolítico e nos processos contráteis (ROBERGS, GHIASVAND e PARKER, 2004).

Apesar da rápida liberação de íons  $H^+$ , a queda no pH intramuscular não é imediata devido aos mecanismos de tamponamento de íons  $H^+$  existentes. Os tampões intracelulares de maior importância são os aminoácidos e peptídeos (dentre eles a carnosina), os fosfatos e o bicarbonato ( $HCO_3^-$ ). Outros mecanismos de tamponamento de íons  $H^+$  abrangem a ressíntese de ATP pelo sistema creatina-fosfato, a produção de lactato e os transportadores monocarboxilatos (ou MCTs), os quais transportam  $H^+$  para fora da célula muscular (MAINWOOD e WORSLEY-BROWN, 1975; MAINWOOD e CECHET, 1980).

Exercícios envolvendo *sprints* são conhecidos por recrutar unidades motoras de alto limiar durante a produção de força nos músculos utilizados durante o *sprint* (ROSS, LEVERITT E RIEK, 2001). As fibras de contração rápida que compõem as unidades motoras de alto limiar são caracterizadas por uma maior acidose intramuscular durante sua ativação do que fibras de contração lenta (ZHENGHE *et al.*, 2000). Dessa maneira, durante *sprints* repetidos, o envolvimento da glicólise em fibras de contração rápida, indica maior probabilidade de o músculo estar em estado de acidose. Como o pH do músculo cai, a potência pode ser prejudicada devido à fadiga muscular (DERAVE *et al.*, 2007). Sabe-se que os efeitos da fadiga, em grande parte atribuídos a uma diminuição do pH durante o exercício intenso, inclui a inibição ou a limitação da velocidade de enzimas envolvidas na glicólise, como a fosfofrutoquinase (EC 2.7.1.11) e a fosforilase (EC 2.4.1.1), diminuição da liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático e diminuição das interações entre as pontes cruzadas no músculo (LINDERMAN e FAHEY, 1991; ROTH e BROOKS, 1990), levando a uma queda no pH.

O aumento nos níveis de carnosina muscular, associado à suplementação de BA, pode aumentar a capacidade de tamponamento dos íons  $H^+$ , mantendo o pH muscular, e melhorar o desempenho durante os *sprints* (TOBIAS *et al.*, 2013; DUCKER, DAWSON e WALLMAN, 2013 b; SALLES PAINELLI *et al.*, 2014; DANAHER *et al.*, 2014; BELLINGER e MINAHAN, 2016b; CLAUS *et al.*, 2017). Quando um teste intermitente é realizado com esforços de 30 s com 3 min de recuperação, a probabilidade da suplementação de BA causar um efeito ergogênico é maior. Contudo, quando os esforços intermitentes são curtos (menores que 10 s) e

com curtos períodos de recuperação (menores que 60 s), os efeitos ergogênicos são aparentemente improváveis. Uma possível explicação é a de que os esforços com 30 s separados por 3 min causam um grande aumento da acidose intramuscular, enquanto que em esforços intermitentes mais curtos a acidose é menor (BRISOLA e ZAGATTO, 2019).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 TIPO DE ESTUDO

A investigação teve característica longitudinal, quase experimental, apresentando um delineamento de medidas repetidas nas quais o objeto de estudo foi submetido à influência de variáveis sob condições controladas pelos pesquisadores utilizando um grupo controle (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2012). Não foi utilizado o delineamento cruzado devido à natureza muito estável dos níveis de carnosina intracelular que, por sua vez, exigem um *washout* (período necessário para que a concentração da substância retorne aos níveis basais) de seis a vinte semanas (BAGUET *et al.*, 2010; BAGUET *et al.*, 2009).

As avaliações e os testes foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Exercício e Exergames (LAFEE), da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), localizado na cidade de Curitiba - PR. As coletas tiveram início após a aprovação do comitê de ética e pesquisa (CEP) da UFPR.

### 5.2 PARTICIPANTES

Participaram do estudo 44 homens praticantes de esportes envolvendo *sprints* (rugby, futebol americano, futebol, basquete) da cidade de Curitiba - PR, com idade entre 18 e 33 anos e peso corporal entre 71 e 93 kg. O cálculo amostral foi realizado com o software Gpower® versão 3.192, para um poder estatístico de 0,8, alfa de 0,05 e tamanho do efeito de 0,5 (COHEN, 1988).

### 5.2.1 Recrutamento

Foi agendado um horário com os responsáveis pelas seguintes equipes de rugby e futebol americano: Curitiba Rugby Clube, Curitiba Crocodiles, Paraná HP, Brown Spiders e Curitiba Lions com o intuito de explicar o estudo, os procedimentos aos quais os participantes seriam submetidos, os possíveis riscos ou eventualidades e os benefícios caso participassem do estudo. Após o consentimento e a permissão dos responsáveis pelas equipes, os potenciais participantes foram abordados ao final do treino, de forma aleatória, e questionados a respeito de seu interesse em participar da pesquisa. Os participantes foram informados sobre o objetivo da pesquisa, os possíveis benefícios e malefícios relacionados ao experimento, da não necessidade de identificação, da garantia do anonimato de suas informações e que, a qualquer momento, poderiam deixar o estudo sem nenhum tipo de sanção. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), presente no apêndice 1, foi assinado pelos voluntários antes da obtenção dos dados antropométricos e dietéticos e do início dos testes.

### 5.2.2 Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão consistiram em: a) ter no mínimo um ano de prática consecutiva de exercício físico com frequência semanal de, pelo menos, três dias; b) ter realizado *sprints* por, pelo menos, duas vezes na semana no último mês; c) responder negativamente todas as questões do questionário *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q) (ANEXO 1); d) não ter realizado suplementação com creatina nos últimos três meses e BA nos seis meses antecedentes ao estudo. Os critérios de exclusão foram: a) presença de problemas articulares, neurológicos, cardiovasculares ou respiratórios que podem prejudicar o desempenho; b) uso de medicamentos que afetam as respostas ao exercício; c) autorrelato de contraindicação ao exercício físico de alta intensidade, com base em exames

médicos realizados nos doze meses anteriores ao início das avaliações; d) ser fumante; e) ser vegetariano; f) fazer uso de hormônios.

### 5.3 COLETA DE DADOS

Foram realizados cinco encontros com os 44 indivíduos que aceitaram participar do estudo na primeira abordagem e se encaixaram nos critérios para participação da pesquisa. No primeiro encontro (E1) foram explicados os objetivos e o delineamento do estudo aos participantes, contemplando os riscos e benefícios relacionados à suplementação com BA, e o questionário PAR-Q e o TCLE foram assinados. Os voluntários foram instruídos a realizar todos os testes no mesmo horário do dia, para evitar influências do ritmo circadiano, e a chegar bem alimentados e hidratados para a realização dos testes, mas sem ingerir alimentos nas quatro horas antecedentes. Os indivíduos também foram orientados a manter a mesma intensidade de treinamento ao longo do estudo, a abster-se de exercícios intensos 48 h antes dos testes, e de álcool e cafeína 24 h antes. O cumprimento dessas instruções foi confirmado verbalmente com cada participante antes do início de cada teste. Por fim, ainda no E1, ocorreram as familiarizações com o Recordatório Alimentar de 24 horas (R24h) (APÊNDICE 2), aplicado por um nutricionista, com o teste de desempenho, no cicloergômetro mecânico Biotec 2100 (Cefise, biotecnologia esportiva) e com as escalas de percepção subjetiva de esforço (PSE) OMNI – Ciclismo (SILVA *et al.*, 2011) (ANEXO 2), e a escala de PSE da sessão (FOSTER, 1997) (ANEXO 3).

No segundo encontro (E2), foi aplicado um Questionário de Frequência Alimentar (QFA), apresentado no apêndice 3, para estimar o consumo de alimentos ricos em BA pelos participantes. Então, foi realizado um teste incremental para verificar o consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max), e a altura ideal do banco de cada participante foi anotada para repeti-la nos demais testes. Também foram coletados os dados antropométricos dos participantes, como altura, peso, percentual de gordura corporal e, também, a idade para garantir a homogeneidade dos grupos. Os participantes foram randomicamente divididos em três grupos, com um controle



duplo-cego. 22 participantes foram alocados nos grupos que consumiriam BA. Desses, 11 participantes compuseram o grupo BA de manutenção (GBM) e 11 o grupo BA de interrupção (GBI). O GBM continuou recebendo BA, após as quatro semanas iniciais de suplementação com 6,4 g/dia, porém com uma dose menor (1,2 g/dia) nas seis semanas seguintes, com o objetivo de manter os níveis elevados de carnosina. O GBI, ao invés de continuar recebendo BA, recebeu 1,2 g/dia de placebo, interrompendo, dessa maneira, a suplementação com BA. Os demais 22 participantes compuseram o grupo placebo (GPL), que recebeu 6,4 g/dia de dextrose durante as quatro semanas iniciais e 1,2 g/dia de placebo durante as próximas seis semanas.

No terceiro, quarto e quinto encontros (E3, E4 e E5, respectivamente), a avaliação antropométrica foi novamente realizada e um nutricionista aplicou o R24h, com o objetivo de investigar o consumo alimentar dos indivíduos no dia anterior ao teste. Os indivíduos foram instruídos a repetir essa mesma dieta no dia anterior aos próximos testes, a serem realizados no E4 e E5, com o objetivo de evitar possível influência da variação da alimentação sobre os testes. Os participantes chegaram em jejum de 4 h e fizeram ingestão de 30 g de dextrose, diluídas em 300 ml de água, 30 min antes do início dos testes de desempenho para padronização da alimentação. O desempenho dos indivíduos foi avaliado no E3, E4 e E5 utilizando um teste composto por quatro *sprints all out* (em intensidade máxima) com duração de 30 s e 4 min de recuperação ativa entre eles, em cicloergômetro (GIST *et al.*, 2014) (FIGURA 4). O lactato foi coletado em repouso, imediatamente após, e 5 min após o quarto *sprint*, utilizando o lactímetro *Lactate Plus Meter*® (Nova Biomedical, Waltham, MA, EUA). As avaliações da PSE foram obtidas imediatamente após cada *sprint* e a PSE da sessão foi coletada 30 min após o final do teste em cada encontro. Após a conclusão do teste de desempenho no E3, 22 participantes receberam cápsulas contendo BA, sendo 11 participantes GBM e 11 participantes do GBI, enquanto que os outros 22 participantes receberam cápsulas contendo placebo (GPL). Os indivíduos foram orientados a consumir uma cápsula (800 mg) a cada duas horas (com o objetivo de evitar o sintoma de parestesia), totalizando 8 cápsulas (6,4 g) de BA ou placebo por dia, durante as próximas quatro semanas.

O E4 foi realizado quatro semanas após o E3. Os participantes foram orientados a relatar quaisquer sintomas que, por ventura, apresentaram durante as

quatro semanas de suplementação e se foram capazes, ou não, de identificar a substância ingerida, BA ou placebo. Então, os grupos receberam novas cápsulas. O GBM continuou recebendo BA pelas próximas seis semanas, porém uma dose menor (1,2 g/dia), enquanto que o GBI e o GPL receberam 1,2 g/dia de placebo para ingerir pelas próximas seis semanas. Os participantes foram orientados a consumir duas cápsulas por dia (600 mg cada) junto a grandes refeições, uma no almoço e a outra na janta.

No quinto encontro (E5), realizado seis semanas após o E4, foram realizados os últimos testes e análises, para determinar a eficácia da dose de manutenção e a influência da interrupção da suplementação durante seis semanas no desempenho dos participantes, e os participantes foram novamente questionados quanto à sintomatologia e à identificação da suplementação.

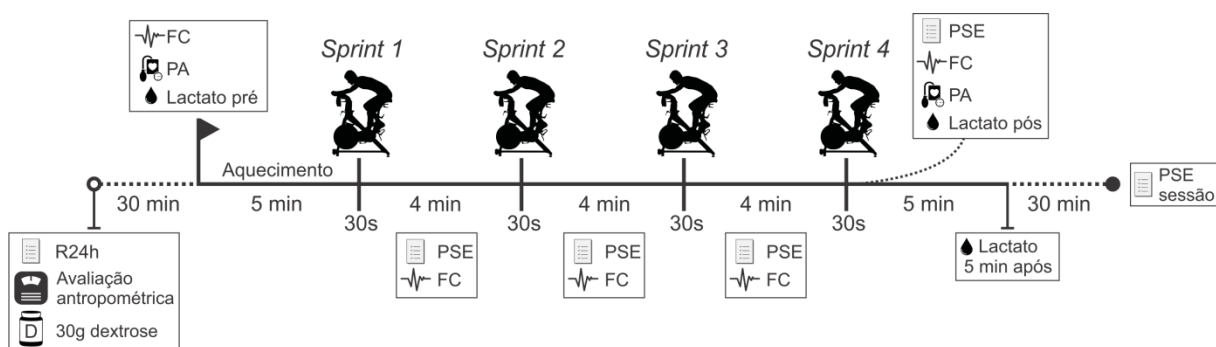


Figura 4 – Esquema do teste de *sprints* repetidos. R24h = recordatório alimentar de 24 h, FC = frequência cardíaca, PA = pressão arterial, PSE = percepção subjetiva do esforço.

Todos os participantes foram submetidos aos mesmos procedimentos experimentais. Ao longo dos três meses de estudo houve uma perda amostral de quatorze participante, devido a lesões ou motivos pessoais. Dessa maneira, o GBM e o GBI permaneceram com nove participantes cada e doze participantes do GPL concluíram o estudo. A variável independente do estudo foi a BA e as variáveis dependentes analisadas foram potência média relativa à massa corporal (PMr), percentual de fadiga, lactato, PSE, massa corporal total e percentual de gordura corporal. A Figura 5 mostra um esquema do desenho do estudo.

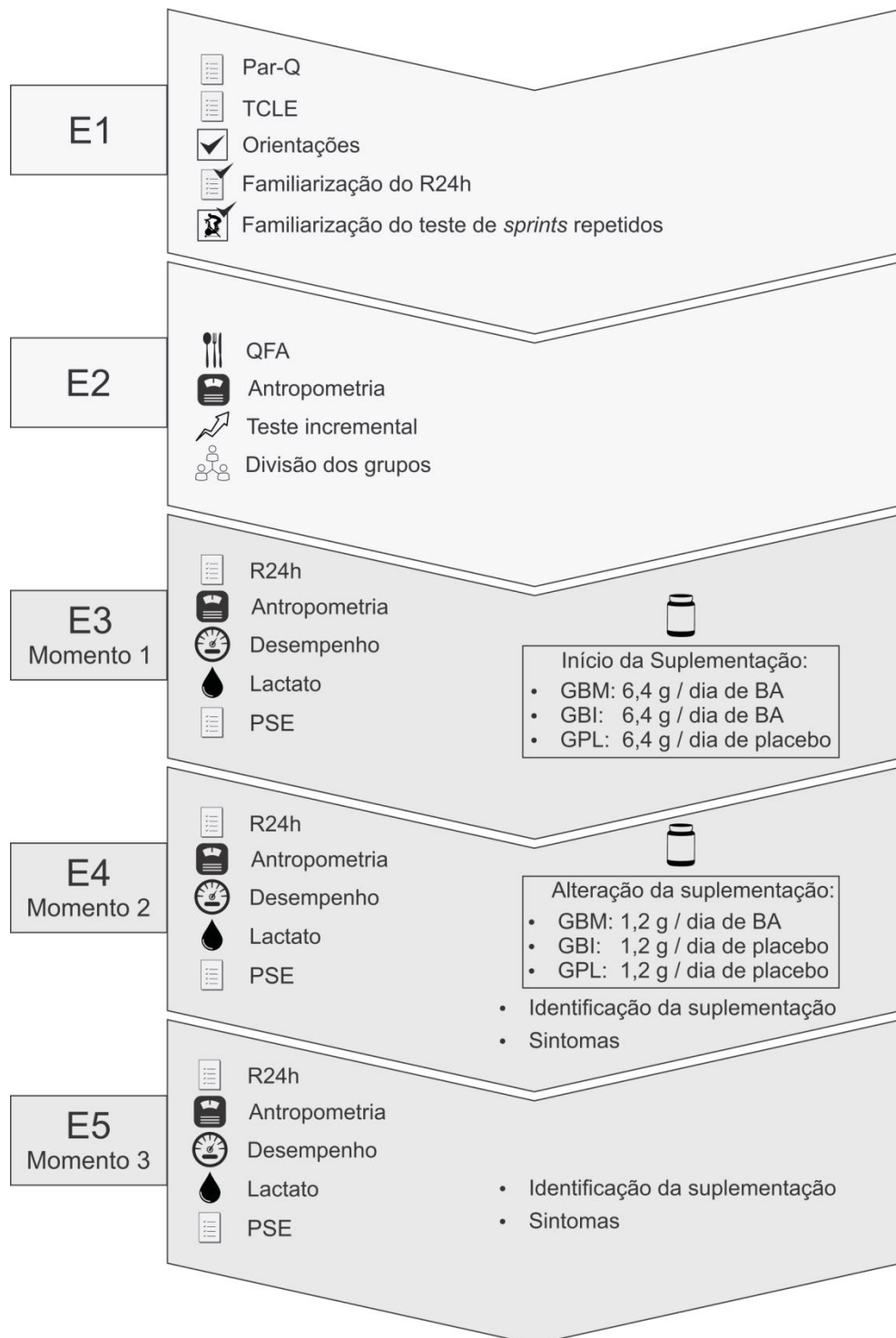


Figura 5 – Esquema da coleta de dados. TCLE = termo de consentimento livre e esclarecido, R24h = recordatório alimentar de 24 h, QFA = questionário de frequência alimentar, PSE = percepção subjetiva do esforço.

## 5.4 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS

### 5.4.1 Controle do consumo alimentar

Com o intuito de controlar a influência da alimentação nos testes de desempenho, os indivíduos foram orientados a chegar ao laboratório em jejum de quatro horas e receberam 30 g de dextrose 30 min antes do início do teste. Os participantes também foram instruídos a manter sua alimentação habitual. A verificação do consumo alimentar foi realizada através do R24h (APÊNDICE 2). Este foi aplicado enquanto os indivíduos aguardavam o início do teste de desempenho, ou seja, entre a ingestão de dextrose e a aplicação do teste. Foi utilizada a técnica *multiple pass method* (MPM) (RAPER *et al.*, 2004), que é considerada a melhor forma de aplicação desta metodologia de inquérito alimentar, pois padroniza e reduz eventuais falhas.

### 5.4.2 Cálculo dietético

A quantificação em energia e nutrientes dos dados obtidos foi realizada com o software de avaliação nutricional AVANUTRI® 4.0, utilizando como base de dados a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) (UNICAMP, 2011) e a Tabela de Composição de Alimentos (PHILIPPI, 2002). As medidas caseiras foram padronizadas seguindo o manual elaborado por Castro (2013). A análise estatística demonstrou que não houve diferença entre os três dias de teste ( $p > 0,05$ ).

### 5.4.3 Avaliações antropométricas e composição corporal

As avaliações antropométricas ocorreram em ambiente reservado, localizado dentro do Laboratório de Fisiologia do Exercício e Exergames da PUCPR. A mensuração da massa corporal foi realizada em uma balança (Toledo®, modelo 2096, São Paulo, Brasil) com precisão de 0,1kg. A estatura foi aferida em um estadiômetro (Sanny®, modelo Standard, São Bernardo do Campo, Brasil) fixado à parede, escalonado em 0,1cm. Ambos os procedimentos foram realizados conforme os métodos estabelecidos por Heyward e Wagner (2004).

A composição corporal foi avaliada em jejum de quatro horas, após a micção, por um dispositivo de impedância bioelétrica de frequência única, Omron BF 500 (Omron Medizintechnik), que utiliza oito eletrodos em um arranjo tetrapolar. Para a avaliação, os indivíduos ficaram em pé, descalços, sobre a área de metal e seguraram um par de eletrodos fixados em uma alça com os braços estendidos na frente do peito. As equações pré-programadas do fabricante foram utilizadas para prever o percentual de gordura corporal, percentual da massa muscular esquelética e o índice de gordura visceral.

### 5.4.4 Teste incremental

Os participantes completaram o teste incremental no ciclo ergômetro mecânico Biotec 2100 (Cefise, biotecnologia esportiva). Primeiramente foi realizado um aquecimento de 5 min sem carga, em cadência auto selecionada. Os participantes começaram o teste sem carga, com incrementos de 50 W a cada 2 min até alcançar a fadiga voluntária ou se a frequência da pedalada caísse abaixo de 60 rpm.

A potência máxima aeróbica foi calculada a partir do último estágio de potência concluído, utilizando a seguinte equação de ARAÚJO (1986):

$$\text{VO2máx} = \frac{(W \times 12) + 300}{\text{Peso corporal}}$$

Onde:

VO2máx = consumo máximo de oxigênio

W = watts

Peso corporal em kg

#### 5.4.5 Protocolo de suplementação

Nas primeiras quatro semanas de suplementação, os participantes do GBM e do GBI foram igualmente suplementados, com 6,4 g/dia de BA (Beta Alanine 100% pure, Wholesale Health Connection, San Antonio, Texas, EUA). Nas seis semanas seguintes, os participantes do GBM reduziram a suplementação para 1,2 g/dia de BA enquanto os participantes do GBI receberam 1,2 g/dia de placebo (dextrose). Os participantes do GPL receberam nas primeiras quatro semanas 6,4 g/dia de dextrose e 1,2 g/dia de dextrose nas seis semanas seguintes. As cápsulas de gelatina, contendo BA ou dextrose, eram idênticas em aparência e número. No E3 os participantes foram orientados a ingerir, nas quatro semanas seguintes, uma cápsula de 800 mg a cada duas horas para reduzir o tempo de absorção da BA e minimizar a parestesia, um efeito colateral relacionado a picos elevados de BA no plasma (DÉCOMBAZ *et al.*, 2012). As cápsulas foram ingeridas juntamente às refeições para potencializar o aumento dos níveis de carnosina muscular (STEGEN *et al.*, 2013). No E4 os participantes foram instruídos a ingerir, nas seis semanas subsequentes, uma cápsula de 600 mg duas vezes ao dia, uma no almoço e a outra no jantar. Os indivíduos foram orientados a relatar quaisquer sintomas incomuns durante todo o protocolo de suplementação. Também foi questionado aos participantes quais substâncias eles acreditavam estar ingerindo.

#### 5.4.6 Avaliação do desempenho

Para avaliar o efeito da suplementação no desempenho, os participantes completaram um teste composto por quatro *sprints all out* de 30 s, com 4 min de recuperação ativa entre eles, no ciclo ergômetro Biotec 2100 (Cefise, biotecnologia esportiva) e software (*Ergometric* 6.0). A carga utilizada foi a mesma do teste de *Wingate*, sendo correspondente a 7,5% da massa corporal total de cada participante (BAR-OR, 1987).

Antes da aplicação do teste foi realizado um aquecimento de 5 min a 50 rpm, sem carga, seguido por quatro *sprints* em máxima velocidade com 30 s de duração, separados por 4 min de recuperação ativa (GIST *et al.*, 2014). Uma vez que a carnosina é mais ativa como tampão quando as taxas de acúmulo de H<sup>+</sup> intracelulares são mais altas (ARTIOLI *et al.*, 2009; SALE, SAUNDERS e HARRIS, 2010), o exercício que envolve múltiplos *sprints* supramáximos proporcionam a melhor oportunidade para examinar a capacidade da suplementação com BA sobre a elevada carga de prótons (CARUSO *et al.*, 2012).

Em cada *sprint* foram coletados dados de parâmetros de PMr, analisados através do software *Ergometric* 6.0. Os participantes foram orientados a permanecer sentados, a fim de evitar contribuição de outros grupos musculares durante os *sprints*. Durante todo o teste os participantes foram verbalmente motivados para que realizassem esforço máximo durante cada um dos *sprints*. Os testes foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Exercício e *Exergames* da PUCPR. Antes da realização dos testes, foi aferida a pressão arterial dos indivíduos, e caso esta estivesse muito elevada, o participante não seria submetido aos testes.

O percentual de fadiga foi determinado pelo do software *Ergometric* 6.0, através da seguinte equação:

$$\text{Percentual de fadiga} = \frac{(\text{potência pico} - \text{potência mínima}) \times 100}{\text{potência pico}}$$

#### 5.4.7 Análise de lactato

As amostras de sangue foram coletadas da polpa digital antes do início do teste de desempenho, imediatamente após, e 5 min após o quarto *sprint* com agulhas descartáveis, e foram imediatamente analisadas em um lactímetro *Lactate Plus Meter*® (Nova Biomedical, Waltham, MA, EUA). Em seguida, as amostras de sangue e as agulhas foram descartadas.

Uma vez que os aumentos de lactato coincidem com maiores concentrações de H<sup>+</sup> (SAHLIN, HARRIS e NYLIND, 1976; JORDAN *et al.*, 2010), as medições dos níveis de lactato no sangue ao longo do tempo são uma boa opção para quantificar objetivamente e com precisão os efeitos da suplementação de BA. Além disso, em contraste com as medidas invasivas, a coleta de lactato sanguíneo da polpa digital é muito mais simples e pode oferecer uma avaliação indireta da capacidade tampão (CARUSO *et al.*, 2012).

#### 5.4.8 Taxa de percepção subjetiva de esforço

A PSE é utilizada para quantificar a intensidade do exercício (BORRESEN e LAMBERT, 2009), baseada na sensação consciente de quão difícil, pesada e extenuante é uma tarefa física (PEREIRA *et al.*, 2014). Há evidências indicando que a suplementação de BA pode diminuir a PSE (DERAVE *et al.*, 2007; HOFFMAN *et al.*, 2008a).

A PSE foi avaliada imediatamente após cada um dos quatro *sprints* realizados no E3, E4 e E5, utilizando a versão em português da escala OMNI-Ciclismo (ANEXO 2), que consiste em uma escala numérica de 1 a 10 (SILVA *et al.*, 2011). A escala foi previamente ancorada em todos os participantes nas visitas preliminares e foi aplicada sempre pelo mesmo pesquisador. Ao final de cada *sprint*, foi realizada a seguinte pergunta: qual foi a sua percepção da intensidade de esforço realizada em uma escala de 0-10, sendo zero correspondente a muito fácil e dez correspondente



a muito difícil e o valor indicado pelo participante era anotado. A PSE da sessão também foi coletada, 30 min após o final do teste de desempenho.

## 5.5 ANÁLISE DE DADOS

Os dados foram tabulados e armazenados no programa *Microsoft Excel*®. Para a análise dos dados foi utilizado o pacote estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, versão 22.0). Os resultados são apresentados com a estatística descritiva (média  $\pm$  desvio padrão). A verificação da normalidade dos dados ocorreu por meio do teste de *Shapiro Wilk*. A comparação entre os tratamentos foi realizada com GEE (*Generalized Estimating Equations*) (TWISK e de VENTE, 2008) para determinar o nível de significância foi utilizado “*Wald test*” e análise “*post-hoc*” realizada pelo LSD (Diferença Menos Significativa)  $p < 0,05$ .

## 6 RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os dados descritivos das variáveis do estudo, compostos por: idade, estatura, massa corporal, percentual de gordura corporal e VO<sub>2</sub>max dos participantes de cada grupo. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos no momento pré-suplementação para as variáveis idade, estatura, peso e VO<sub>2</sub>max ( $p > 0,05$ ). Apenas o GPL apresentou percentual de gordura mais elevado que o GBM e o GBI ( $p = 0,011$ ).

Tabela 2 – Características dos participantes

Características dos participantes					
Grupos	Idade (anos)	Estatura (m)	Peso (kg)	Gordura corporal (%)	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)
GBM (n = 9)	22,56 ± 3,09	1,79 ± 0,06	80,05 ± 6,42	13,71 ± 1,85	38,38 ± 10,38
GBI (n = 9)	23,00 ± 3,16	1,75 ± 0,03	81,73 ± 7,43	15,38 ± 1,61	39,77 ± 9,19
GPL (n = 12)	25,67 ± 4,27	1,75 ± 0,05	81,68 ± 8,78	16,97 ± 3,51*	39,44 ± 9,62

Os resultados são apresentados em média ± DP. GBM = grupo beta-alanina manutenção; GBI = grupo beta-alanina interrupção; GPL = grupo placebo. \*Diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Na Tabela 3 estão representados os valores médios ± DP do consumo estimado de alimentos ricos em BA pelos participantes. Não foi observada diferença estatisticamente significativa no consumo de alimentos ricos em BA pelos participantes dos três grupos ( $p = 0,915$ ).

Tabela 3 – Consumo estimado de alimentos ricos em BA

Consumo estimado de alimentos ricos em BA	
Grupos	Consumo de alimentos ricos em BA (g/dia)
GBM (n = 9)	154,23 ± 163,45
GBI (n = 9)	152,49 ± 115,95
GPL (n = 12)	176,40 ± 171,52

Os resultados são apresentados em média ± DP. GBM = grupo beta-alanina manutenção; GBI = grupo beta-alanina interrupção; GPL = grupo placebo.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios  $\pm$  DP da potência média relativa à massa corporal (PMr), percentual de fadiga, PSE sessão, lactato sanguíneo imediatamente após o teste, percentual de gordura corporal, analisados nos momentos pré-suplementação (momento 1), após quatro semanas de suplementação (momento 2) e após seis semanas da troca da suplementação (momento 3).

Tabela 4 – Valores médios da potência média relativa à massa corporal, percentual de fadiga, PSE sessão, lactato sanguíneo imediatamente após o teste, lactato sanguíneo após 5 min do término do teste, peso e percentual de gordura corporal analisados nos três momentos.

Grupo	GBM			GBI			GPL		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Potência média relativa (W/kg)	9,18 $\pm$ 1,07	9,35 $\pm$ 0,83	8,11 $\pm$ 0,72*	9,63 $\pm$ 0,69	9,63 $\pm$ 0,96	7,65 $\pm$ 1,39*	8,79 $\pm$ 0,60	9,12 $\pm$ 1,03	7,83 $\pm$ 0,51*
Percentual de fadiga (%)	36,40 $\pm$ 12,03	41,00 $\pm$ 13,73	41,73 $\pm$ 12,86	31,60 $\pm$ 11,58	36,17 $\pm$ 11,33	33,93 $\pm$ 12,28	37,59 $\pm$ 7,23	44,51 $\pm$ 12,31*	44,84 $\pm$ 7,73*
Percepção subjetiva de esforço da sessão	8,33 $\pm$ 1,22	8,33 $\pm$ 1,32	8,33 $\pm$ 1,50	8,11 $\pm$ 1,90	8,00 $\pm$ 1,58	8,11 $\pm$ 2,15	8,00 $\pm$ 1,60	8,92 $\pm$ 0,90*	8,83 $\pm$ 1,11
Lactato pós (mmol/L)	17,13 $\pm$ 1,53	16,09 $\pm$ 1,69*	16,48 $\pm$ 2,14	14,36 $\pm$ 2,88	13,57 $\pm$ 4,04	15,28 $\pm$ 3,14*	16,18 $\pm$ 1,25	15,63 $\pm$ 2,08	15,73 $\pm$ 1,47
Lactato 5 min após (mmol/L)	16,02 $\pm$ 1,80	15,41 $\pm$ 1,27	16,34 $\pm$ 1,90	15,71 $\pm$ 2,52	14,91 $\pm$ 1,46	15,47 $\pm$ 2,77	15,30 $\pm$ 1,59	15,52 $\pm$ 1,56	15,33 $\pm$ 1,66
Peso (kg)	80,05 $\pm$ 6,42	79,28 $\pm$ 6,30	79,46 $\pm$ 6,46	81,73 $\pm$ 7,43	81,79 $\pm$ 7,50	82,03 $\pm$ 7,819	81,68 $\pm$ 8,78	81,60 $\pm$ 8,95	82,87 $\pm$ 9,43*
Percentual de gordura corporal (%)	13,71 $\pm$ 1,85	13,99 $\pm$ 2,18	13,59 $\pm$ 1,93*	15,38 $\pm$ 1,61	15,71 $\pm$ 1,97	15,00 $\pm$ 2,74*	16,97 $\pm$ 3,51	16,16 $\pm$ 3,70*	15,98 $\pm$ 4,39

Os resultados são apresentados em média  $\pm$  DP. GBM = grupo beta-alanina manutenção; GBI = grupo beta-alanina interrupção; GPL = grupo placebo.  
\*Diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Ao analisar a PMr de cada um dos quatro *sprints*, para cada grupo e em cada momento, observou-se que o GPL e GBI apresentaram PMr menores, estatisticamente significativas ( $7,28 \pm 0,66$  e  $7,71 \pm 0,42$  W/kg vs.  $8,04 \pm 0,84$  e  $9,25 \pm 1,18$  W/kg, respectivamente;  $p < 0,05$ ), durante o terceiro *sprint* do momento 3, enquanto o GBM foi o único a não apresentar redução estatisticamente significativa na PMr nesse momento ( $7,47 \pm 1,03$  W/kg vs.  $8,74 \pm 1,07$  W/kg;  $p > 0,05$ ). A Tabela 5 mostra os valores médios  $\pm$  DP da PMr no terceiro *sprint* de cada grupo, nos três momentos. Esses valores são representados no gráfico 1.

Tabela 5 – Valores da potência relativa à massa corporal no terceiro *sprint* nos três momentos.

Grupo	Momento	Potência média relativa no <i>sprint</i> 3 (W/kg)
GBM	1	$8,78 \pm 2,06$
	2	$8,74 \pm 1,07$
	3	$7,47 \pm 1,03$
GBI	1	$9,25 \pm 1,18$
	2	$9,38 \pm 1,06$
	3	$7,71 \pm 0,42^*$
GPL	1	$8,04 \pm 0,84$
	2	$8,40 \pm 1,18$
	3	$7,28 \pm 0,66^*$

Os resultados são apresentados em média  $\pm$  DP. GBM = grupo beta-alanina manutenção; GBI = grupo beta-alanina interrupção; GPL = grupo placebo. \*Diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

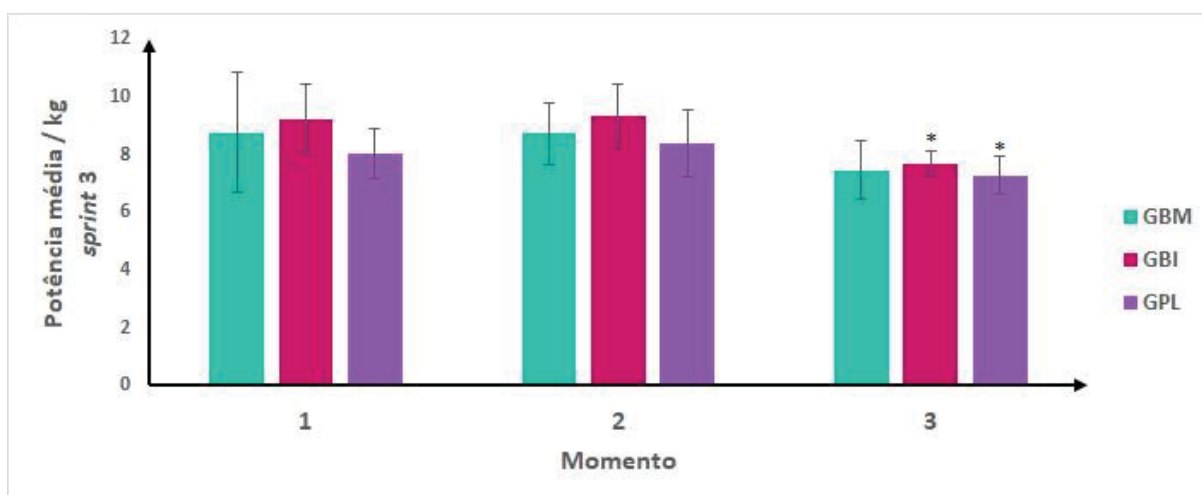


Gráfico 1 – Médias da potência, relativa ao peso corporal, do terceiro *sprint* do GBM, GBI e GPL nos três momentos, pré-suplementação (1), quatro semanas após a suplementação (2) e seis semanas após a troca da suplementação (3). \*Diferente GBI no momento 3 em relação aos momentos 1 e 2 e GPL no momento 3 em relação ao momento 1 ( $p < 0,05$ ). GBM = grupo beta-alanina manutenção; GBI= grupo beta-alanina interrupção; GPL = grupo placebo.

A análise da média dos quatro *sprints* mostrou que todos os grupos apresentaram uma PMr significativamente menor no momento 3 em comparação aos momentos 1 e 2 ( $p < 0,05$ ), não havendo diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p > 0,05$ ), como representado no gráfico 2.

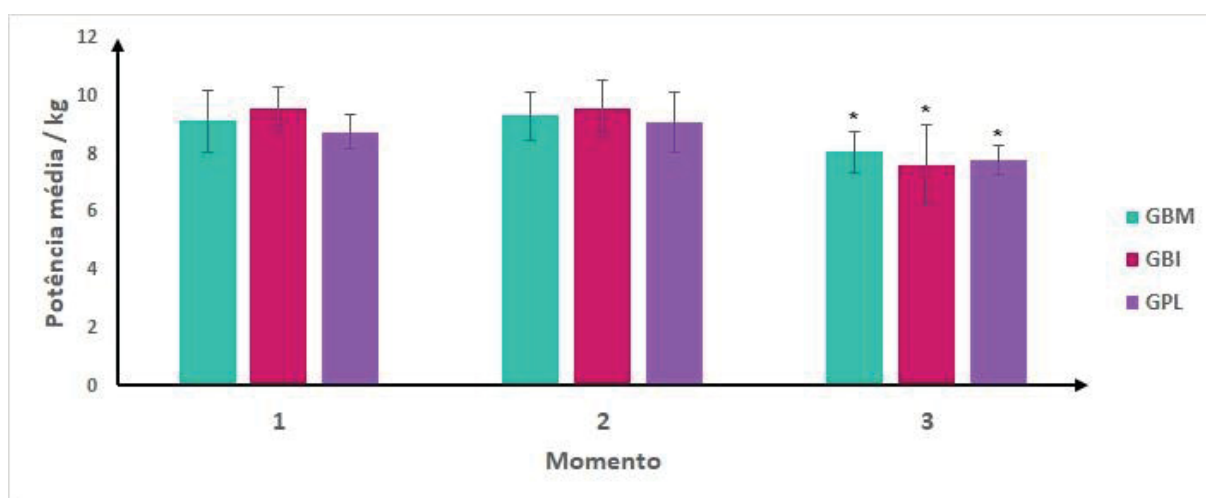


Gráfico 2 - Médias da potência, relativa ao peso corporal, do GBM, GBI e GPL nos três momentos, pré-suplementação (1), quatro semanas após a suplementação (2) e seis semanas após a troca da suplementação (3). Os resultados são apresentados em média  $\pm$  DP. \*Diferente todos os grupos no momento 3 em relação aos momentos 1 e 2 ( $p < 0,05$ ). GBM = grupo beta-alanina manutenção; GBI = grupo beta-alanina interrupção; GPL = grupo placebo.

Com relação ao percentual de fadiga (calculado pela média da diferença entre as potências máximas e mínimas dos *sprints*), o GPL apresentou valores significativamente maiores nos momentos 2 e 3 em comparação ao momento 1 ( $44,51\% \pm 12,31\%$  e  $44,84\% \pm 7,73\%$  vs.  $37,59\% \pm 7,23\%$ , respectivamente;  $p = 0,042$  e  $0,021$ ), enquanto não foi observada diferença estatisticamente significativa nos grupos GBM e GBI e entre os grupos ( $p > 0,05$ ), como demonstrado no gráfico 3. Ou seja, apesar de não ter sido observada redução no percentual de fadiga após a suplementação com BA, o GPL apresentou valores significativamente maiores no percentual de fadiga, enquanto não foi observada diferença nos grupos que suplementaram com BA.

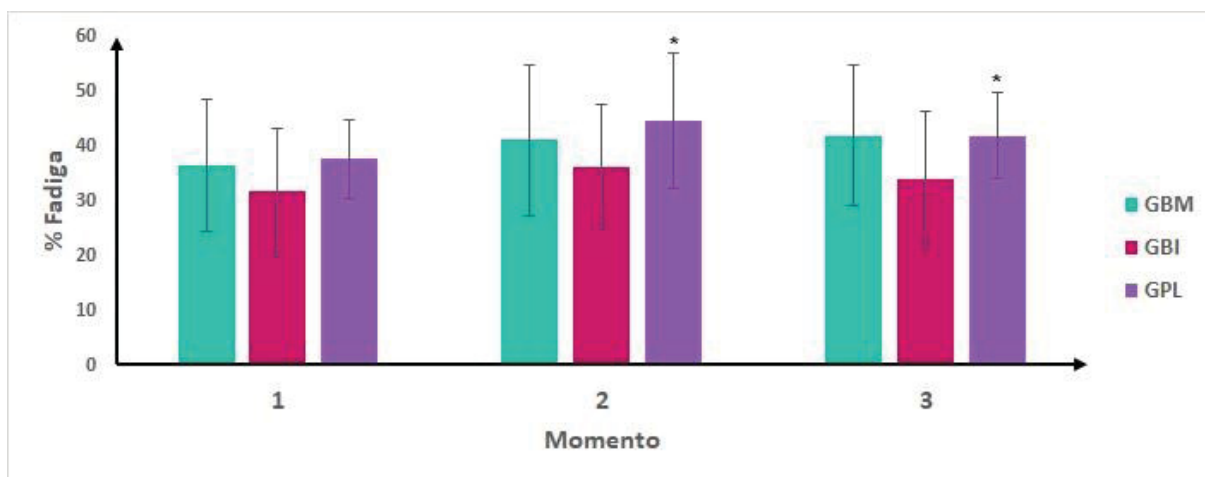


Gráfico 3 - Médias do percentual de fadiga do GBM, GBI e GPL nos três momentos, pré-suplementação (1), quatro semanas após a suplementação (2) e seis semanas após a troca da suplementação (3). Os resultados são apresentados em média  $\pm$  DP. Diferente GPL 2 e GPL 3 de GPL 1 ( $p < 0,05$ ). GBM = grupo beta-alanina manutenção; GBI = grupo beta-alanina interrupção; GPL = grupo placebo.

De acordo com o gráfico 4, o GPL apresentou uma PSE sessão significativamente maior no momento 2 em comparação ao momento 1 ( $8,92 \pm 0,90$  vs.  $8,00 \pm 1,60$ , respectivamente;  $p = 0,028$ ), enquanto no GBM e no GBI não foi observada diferença estatisticamente significativa em nenhum momento ( $p > 0,05$ ).

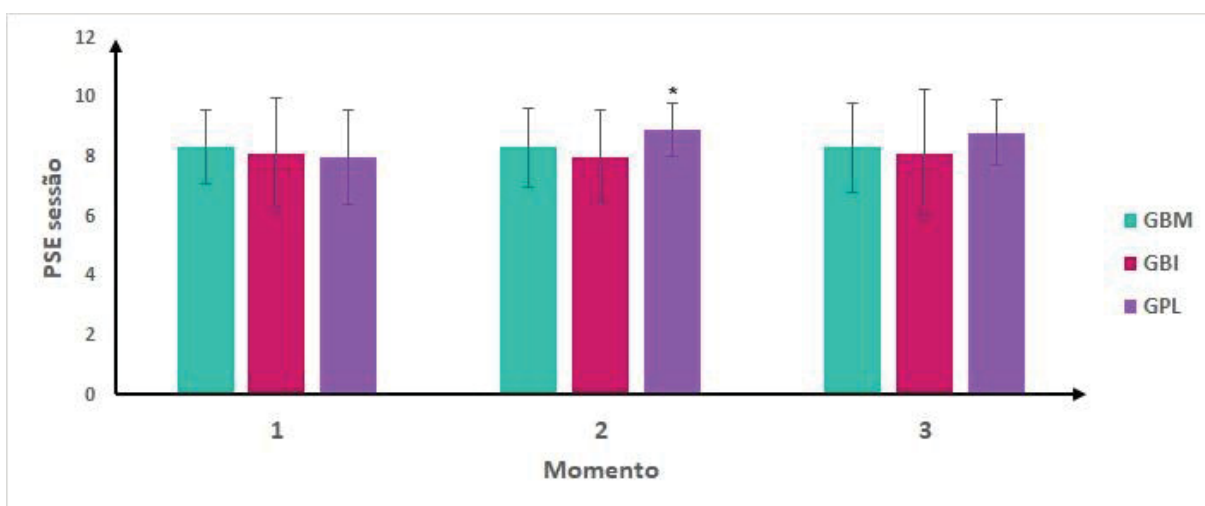


Gráfico 4 - Médias da PSE sessão do GBM, GBI e GPL nos três momentos, pré-suplementação (1), quatro semanas após a suplementação (2) e seis semanas após a troca da suplementação (3). Os resultados são apresentados em média  $\pm$  DP. \*Diferente GPL 2 de GPL 1 ( $p < 0,05$ ). PSE = percepção subjetiva de esforço; GBM = grupo beta-alanina manutenção; GBI = grupo beta-alanina interrupção; GPL = grupo placebo.

De acordo com o gráfico 5, a análise de lactato sanguíneo coletado imediatamente após o término do teste de *sprints* repetidos mostrou que o GBM apresentou uma concentração de lactato sanguíneo significativamente menor no momento 2 em comparação ao momento 1 ( $16,09 \pm 1,69$  mmol/L vs.  $17,13 \pm 1,53$  mmol/L, respectivamente;  $p = 0,044$ ), enquanto no momento 3 a concentração de lactato aumentou ligeiramente com relação ao momento 2, mas essa diferença não foi estatisticamente significativa ( $16,48 \pm 2,14$  mmol/L vs.  $16,09 \pm 1,69$  mmol/L, respectivamente;  $p = 0,689$ ). O GBI, apesar de ter apresentado uma redução nos níveis de lactato no momento 2 em relação ao momento 1, esta não foi estatisticamente significativa ( $13,57 \pm 4,04$  mmol/L vs.  $14,36 \pm 2,88$  mmol/L, respectivamente;  $p = 0,548$ ). Em contrapartida, o GBI apresentou uma concentração de lactato significativamente maior no momento 3 em comparação ao momento 2 ( $15,28 \pm 3,14$  mmol/L vs.  $13,57 \pm 4,04$  mmol/L, respectivamente;  $p = 0,045$ ). Não foram observadas alterações significativas nas concentrações de lactato sanguíneo imediatamente após o teste de *sprints* repetidos no GPL em nenhum dos momentos ( $p > 0,05$ ).

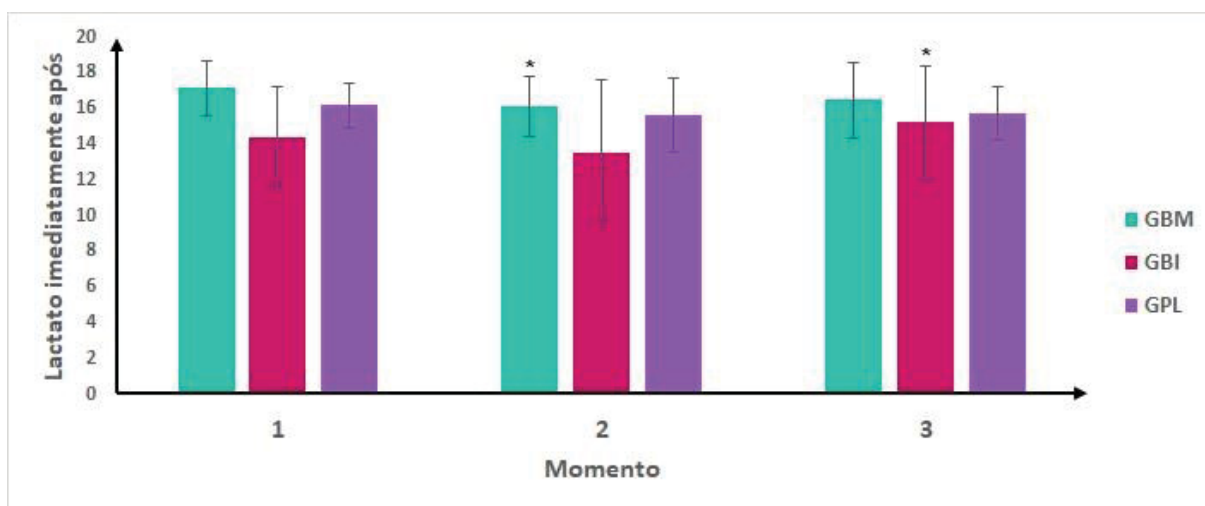


Gráfico 5 - Médias do lactato sanguíneo, coletado imediatamente após o teste de *sprints* repetidos, do GBM, GBI e GPL nos três momentos, pré-suplementação (1), quatro semanas após a suplementação (2) e seis semanas após a troca da suplementação (3). Os resultados são apresentados em média  $\pm$  DP. \*Diferente GBM 2 de GBM 1 e GBI 3 de GBI 2 ( $p < 0,05$ ). GBM = grupo beta-alanina manutenção; GBI = grupo beta-alanina interrupção; GPL = grupo placebo.

Não houve diferença estatisticamente significativa na análise do lactato sanguíneo coletado 5 min após o término do teste de *sprints* repetidos entre os grupos e entre os momentos ( $p > 0,05$ ). Quanto às análises do peso e do percentual de gordura corporal, a suplementação de BA não exerceu influência estatisticamente significativa nessas variáveis ( $p > 0,05$ ).

A conformidade com o protocolo de suplementação foi confirmada verbalmente com todos os participantes. Eles foram orientados a relatar quaisquer sintomas que, por ventura, aparecessem durante o período do estudo e, também, a adivinhar qual substância estavam ingerindo (BA ou placebo). Todos os participantes estavam hesitantes em adivinhar a qual grupo pertenciam. No momento 2, dos 21 participantes que ingeriram BA (GBM + GBI), nove (42,86%) sentiram coceira ou formigamento, mas apenas cinco (23,80%) pensaram estar ingerindo BA. No momento 3, dos nove componentes do GBM, três (33,33%) sentiram coceira ou picicadas e identificaram a suplementação. Apenas um participante identificou a suplementação com BA em ambos os momentos 2 e 3. Dos 18 participantes do GPL, três (16,67%) relataram coceira e pensaram estar ingerindo BA.



## 7 DISCUSSÃO

Até a presente data, não se tem conhecimento de estudos que tenham avaliado o efeito da dose de manutenção de 1,2 g/dia de BA e da interrupção da suplementação durante um período de seis semanas sobre variáveis antropométricas e fisiológicas. O objetivo principal do presente estudo foi investigar se a suplementação de BA poderia fornecer benefícios no desempenho durante *sprints* repetidos de alta intensidade e curta duração e os efeitos da dose de manutenção (GBM) e da interrupção da suplementação (GBI). Os resultados encontrados mostraram que o GPL e o GBI apresentaram redução significativa da PMr no terceiro *sprint* do momento 3, enquanto para o GBM, único grupo a continuar suplementando com BA, não houve diferença estatisticamente significativa. Também foi observado que a suplementação de BA apresentou efeito no percentual de fadiga e na PSE sessão, uma vez que houve aumento do percentual de fadiga e da PSE sessão no GPL enquanto não foi observada diferença estatisticamente significativa nos grupos que suplementaram com BA. Ainda, observou-se redução na concentração de lactato sanguíneo após quatro semanas de suplementação com 6,4 g/dia de BA (momento 2) no GBM, enquanto o GPL e o GBI não apresentaram diferença estatisticamente significativa. Porém, após seis semanas da interrupção da suplementação com BA (momento 3), houve um aumento estatisticamente significativo na concentração de lactato sanguíneo do GBI em comparação ao momento 2, enquanto não foi observado diferença estatisticamente significativa no GBM, que estava ingerindo a dose de manutenção. Em contrapartida, não foram observados efeitos estatisticamente significativos da suplementação de BA sobre a média da potência dos quatro *sprints* e sobre o peso e o percentual de gordura corporal dos participantes.

A premissa que apoia a utilização da BA como um auxílio ergogênico é de que a suplementação é capaz de atenuar a queda do pH muscular, retardando a fadiga e otimizando o desempenho em exercícios de altas intensidades, onde a acidose é um fator limitante para o desempenho físico (HILL *et al.*, 2007; PINTO *et al.*, 2014; SAUNDERS *et al.*, 2017b). Considerando que *sprints* repetidos intercalados por intervalos de descanso curtos são conhecidos por causar grandes

aumentos de acidose no sangue (BISHOP, LAWRENCE e SPENCER, 2003) e no músculo (BISHOP *et al.*, 2004), hipotetizou-se que o aumento da concentração de carnosina muscular, provocado pela suplementação de BA (DERAVE *et al.*, 2007; HARRIS *et al.*, 2006; HILL *et al.*, 2007; KENDRICK *et al.*, 2008; BAGUET *et al.*, 2009; STELLINGWERFF *et al.*, 2012; GROSS *et al.*, 2014; CHUNG *et al.*, 2014; COCHRAN *et al.*, 2015), melhoraria o desempenho dos participantes durante a execução do teste de *sprints* repetidos. Apesar de não ter sido observado aumento na PMr após a suplementação de BA, os grupos que ingeriram placebo nas últimas seis semanas do estudo (GPL e GBI) apresentaram resultados de potência média significativamente menores no terceiro *sprint* do momento 3 ( $7,28 \pm 0,66$  e  $7,71 \pm 0,42$  W/kg vs.  $8,04 \pm 0,84$  e  $9,25 \pm 1,18$  W/kg, respectivamente;  $p < 0,05$ ), enquanto o GBM, único grupo a continuar suplementando com BA, não apresentou diferença estatisticamente significativa ( $7,47 \pm 1,03$  W/kg vs.  $8,74 \pm 1,07$  W/kg;  $p > 0,05$ ). Ou seja, o único grupo que suplementou com BA no momento 3 foi o único a não apresentar redução na PMr durante o terceiro *sprint*.

Bellinger e Minahan (2016a), demonstraram uma melhora significativa na potência média no terceiro e quarto *sprints*, do total de quatro *sprints* de 1 km ( $+4,5\% \pm 3,4\%$  e  $+7,0\% \pm 4,0\%$ , respectivamente;  $p < 0,05$ ), após a suplementação com BA, sem haver alteração no grupo placebo. Derave *et al.* (2007) também demonstraram que a suplementação com BA melhorou o desempenho de exercícios intermitentes compostos por 5 sessões de 30 repetições máximas de extensão de perna com 1 min de descanso, onde cada série durou aproximadamente 45 seg. Os benefícios ergogênicos, entretanto, não foram notados até as duas últimas séries do protocolo intermitente.

No entanto, ao analisar a média dos quatro *sprints*, não foi observado efeito na PMr após a suplementação com BA, resultado corroborado por outros estudos envolvendo *sprints* (SWEENEY *et al.*, 2010; DUCKER, DAWSON e WALLMAN, 2013a; GROSS *et al.*, 2014; COCHRAN *et al.* 2015; BRISOLA *et al.*, 2016; MILIONI *et al.*, 2017; BECH *et al.*, 2018). Todos os grupos apresentaram uma PMr significativamente menor no momento 3 em comparação aos momentos 1 e 2 ( $p < 0,05$ ), não havendo diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p > 0,05$ ). Essa redução da potência média, também foi observada no estudo de

Sweeney *et al.* (2010), podendo ser atribuída a uma mudança na estratégia de ritmo durante o *sprint*.

Milioni *et al.* (2017) não encontraram melhora no desempenho em *sprints* repetidos e tarefas técnicas em jovens jogadores de basquete após a suplementação com 6,4 g/dia de BA, durante seis semanas. Da mesma maneira, Gross *et al.* (2014) verificaram em testes realizados em cicloergômetro com duração de 90 s a 110% de potência pico, que a suplementação com 3,2 g/dia de BA durante 38 dias não ocasionou melhora no desempenho de homens treinados. Cochran *et al.* (2015) estudaram os efeitos da suplementação de 3,2 g/dia de BA durante 10 semanas no desempenho em testes de *sprints* repetidos e também observaram que o trabalho total realizado foi semelhante entre o grupo que suplementou com BA e o grupo que ingeriu placebo.

Por outro lado, alguns estudos confirmaram que a suplementação de BA melhora a capacidade de tamponamento (HARRIS *et al.*, 2006; SUZUKI, 2006; HILL *et al.*, 2007; DANAHER *et al.*, 2014) e o desempenho em exercícios de alta intensidade (SAUNDERS *et al.*, 2012a; TOBIAS *et al.*, 2013; DUCKER, DAWSON e WALLMAN, 2013 b; SALLES PAINELLI *et al.*, 2014; DANAHER *et al.*, 2014; BELLINGER e MINAHAN, 2016a; CLAUS *et al.*, 2017), especialmente em exercícios onde há um alto nível de acidose muscular (BELLINGER, 2014). Bellinger e Minahan (2016a) observaram melhora na potência média alcançada durante *sprints* de 1 km em cicloergômetro após 28 dias de suplementação com 6,4 g/dia de BA em relação a grupo placebo (+9,9%  $\pm$  5,0% vs. +4,9%  $\pm$  5,0%, respectivamente;  $p = 0,044$ ). Saunders *et al.* (2012a) também encontraram melhora significativa da distância percorrida no Yo-Yo IR2 por jogadores amadores de futebol após doze semanas de suplementação com 3,2 g/dia de BA, sem encontrar diferença para o grupo placebo.

Recentemente, Saunders *et al.* (2017a) mostraram, através de biópsias musculares, que nem todos os participantes de seu estudo apresentaram aumentos lineares no conteúdo de carnosina durante 24 semanas de suplementação de BA. A duração média para que indivíduos ativos atingissem o pico de concentração de carnosina intramuscular foi de 18 semanas, utilizando doses de 6,4 g/dia, representando um aumento de 119,2% no teor de carnosina. Os pesquisadores observaram que cinco dos 25 participantes não atingiram um platô no conteúdo de carnosina em 24 semanas de suplementação, sugerindo que para alguns indivíduos

24 semanas de suplementação com BA pode não ter sido suficiente para atingir valores máximos. Além disso, os pesquisadores também identificaram uma alta variabilidade individual no aumento da concentração de carnosina (de 17,13 mmol/kg a 41,32 mmol/kg de músculo seco). Considerando esses dados, talvez um período de suplementação de BA mais longo, e possivelmente maior concentração dos níveis intramusculares de carnosina, seja necessário para que alguns indivíduos melhorem de forma significativa seu desempenho esportivo. Ainda, de acordo com Tallon *et al.* (2005), indivíduos ativos apresentam níveis mais elevados de carnosina muscular em repouso em comparação a indivíduos não treinados, especialmente os envolvidos em treinamento anaeróbio, como os participantes do presente estudo. Além disso, os indivíduos com melhor habilidade em *sprints* repetidos são provavelmente aqueles que produzem menos H<sup>+</sup>, especialmente nos primeiros *sprints* (BISHOP, EDGE e GOODMAN, 2004). Esses fatos podem ter influenciado na ausência de um efeito ergogênico mais pronunciado após a suplementação com BA. Bex *et al.* (2015) encontraram aumentos mais significativos no conteúdo de carnosina intramuscular quando a suplementação de BA foi associada a um alto volume de treinamento de alta intensidade em comparação à suplementação isolada. O que poderia explicar alguns resultados divergentes encontrados na literatura.

O percentual de fadiga dos participantes também foi analisado, pois em estudos realizados com esforços de alta intensidade há fortes evidências de que o acúmulo de íons H<sup>+</sup> pode atuar como uma causa relevante no processo de fadiga muscular (BISHOP, LAWRENCE e SPENCER, 2003; BISHOP, EDGE e GOODMAN, 2004). Considerando que a acidose intramuscular é principalmente gerada pelo processo de glicólise anaeróbica e por uma alta taxa de hidrólise de adenosina trifosfato (DEBOLD *et al.*, 2016) ela tem sido considerada a principal causa periférica de fadiga muscular durante esforços de alta intensidade (FITTS, 1994). Nesse contexto, a BA surge como uma das principais alternativas atuais para retardar a fadiga em esforços de alta intensidade (HOBSON *et al.*, 2012; SAUNDERS *et al.*, 2017b). No presente estudo, apesar de não ter sido observada redução no percentual de fadiga após a suplementação com BA, o GPL apresentou valores significativamente maiores no percentual de fadiga nos momentos 2 e 3 em comparação ao momento 1 (44,51% ± 12,31% e 44,84% ± 7,73% vs. 37,59% ±

7,23%, respectivamente;  $p = 0,042$  e  $0,021$ ), enquanto não foi observada diferença estatisticamente significativa nos grupos que suplementaram com BA (GBM e GBI) e entre os grupos ( $p > 0,05$ ).

Os resultados encontrados estão em conflito com os dados de Claus *et al.*, (2017), que realizaram um estudo com jovens jogadores de pólo aquático, onde o grupo placebo diminuiu o percentual de fadiga, enquanto o grupo suplementado com BA se manteve inalterado. Em contrapartida, Howe *et al.* (2013) encontraram uma redução significativa no índice de fadiga ( $p = 0,03$ ) em um protocolo de 30 flexões / extensões do joelho isocinéticas máximas após quatro semanas de suplementação com 4,5 g/dia de BA. Da mesma maneira, Carpentier *et al.* (2015) observaram que a suplementação crônica com BA foi eficaz na redução do índice de fadiga em comparação ao grupo placebo durante uma sequência de 45 saltos. Já Sweeney *et al.* (2010) não encontraram diferenças significativas no percentual de fadiga de jovens ativos após a suplementação de BA ou entre os grupos BA e placebo após a realização de *sprints* repetidos. Dessa maneira, os dados presentes na literatura são bastante conflitantes, havendo necessidade de mais investigações envolvendo a análise do percentual de fadiga para esclarecer o efeito da suplementação de BA sobre essa variável.

Resultado similar ao do percentual de fadiga foi observado no presente estudo com relação à PSE da sessão. Apesar de não ter sido observada uma redução na PSE da sessão após a suplementação de BA, o GPL apresentou uma PSE sessão significativamente maior no momento 2 quando comparado ao momento 1 ( $8,92 \pm 0,90$  vs.  $8,00 \pm 1,60$ , respectivamente;  $p = 0,028$ ), enquanto no GBM e no GBI não foi observada diferença estatisticamente significativa em nenhum momento ( $p > 0,05$ ). Ou seja, os grupos que suplementaram com BA foram capazes de manter a PSE sessão ao longo do tempo, enquanto no GPL foi observado um aumento da PSE sessão. Nos estudos de Chung *et al.* (2014) e Jordan *et al.* (2010) não foram encontradas diferenças significativas na PSE entre os testes pré e pós-suplementação em ambos os grupos. No entanto, nos estudos de Derave *et al.* (2007) e Hoffman *et al.* (2008a) os pesquisadores indicaram uma redução da PSE para o grupo BA em comparação ao grupo placebo.

Os resultados da análise de lactato sanguíneo, coletado imediatamente após o término do teste de *sprints* repetidos, mostraram que o GBM apresentou uma

concentração de lactato sanguíneo significativamente menor no momento 2 em comparação ao momento 1 ( $16,09 \pm 1,69$  mmol/L vs.  $17,13 \pm 1,53$  mmol/L, respectivamente;  $p = 0,044$ ). Além disso, após seis semanas de suplementação com a dose de manutenção de 1,2 g/dia (momento 3), realizada pelo GBM, os níveis sanguíneos de lactato apresentaram-se maiores com relação ao período de suplementação com a dose de 6,4 g/dia (momento 2), porém, essa diferença não se mostrou estatisticamente significativa ( $16,48 \pm 2,14$  mmol/L vs.  $16,09 \pm 1,69$  mmol/L, respectivamente;  $p = 0,689$ ). Em contrapartida, com a interrupção da suplementação durante seis semanas (momento 3), realizada pelo GBI, foi possível observar que os níveis de lactato sanguíneo aumentaram significativamente com relação ao momento 2 ( $15,28 \pm 3,14$  mmol/L vs.  $13,57 \pm 4,04$  mmol/L, respectivamente;  $p = 0,045$ ). Já no GPL, não foram observadas alterações significativas nas concentrações de lactato sanguíneo coletado imediatamente após o teste de *sprints* repetidos em nenhum dos momentos ( $p > 0,05$ ). Ou seja, após a suplementação com 6,4 g/dia de BA, durante quatro semanas, houve redução estatisticamente significativa nos níveis de lactato sanguíneo e após a diminuição da dose consumida de BA para 1,2 g/dia, durante seis semanas, os níveis de lactato voltaram a subir, embora essa diferença não tenha sido estatisticamente disgnificativa. No entanto, ao interromper a suplementação pelo período de seis semanas, o aumento na concentração de lactato, em comparação ao período pós-suplementação, foi estatisticamente significativo.

Corroborando os dados encontrados, estudos anteriores também demonstraram que a suplementação de BA reduziu o acúmulo de lactato sanguíneo (JORDAN *et al.*, 2010; GHIASVAND *et al.*, 2012; CHUNG *et al.*, 2012; GROSS *et al.*, 2014; GLENN *et al.*, 2015; MILIONI *et al.*, 2017). Milioni *et al.* (2017) investigaram o efeito da suplementação com 6,4 g/dia de BA, durante seis semanas em jovens jogadores de basquete e, assim como no presente estudo, os pesquisadores observaram que o grupo que suplementou com BA apresentou valores menores de lactato sanguíneo enquanto que no grupo placebo não houve diferença. Da mesma maneira, Gross *et al.* (2014) observaram que a suplementação com 3,2 g/dia de BA durante 38 dias ocasionou redução significativa do acúmulo de lactato muscular em homens treinados após teste em cicloergômetro. Além disso, os pesquisadores também encontraram uma redução na atividade da enzima fosfofrutoquinase no

grupo que suplementou com BA, enquanto que o grupo placebo não apresentou alteração. Chung *et al.* (2012) verificaram os efeitos da suplementação de BA durante 10 semanas em nadadoras. Uma dose de 4,8 g/dia de BA foi fornecida durante quatro semanas e uma dose de 3,2 g/dia nas restantes seis semanas. Os pesquisadores não encontraram efeito da suplementação de BA sobre os níveis de pH e bicarbonato, mas no lactato sanguíneo houve redução pós-treino após quatro semanas de estudo.

A redução da concentração de lactato sanguíneo pode ser explicada pelo aumento nas concentrações de carnosina intramuscular, causado diretamente pela suplementação de BA (DERAVE *et al.*, 2007; HARRIS *et al.*, 2006; HILL *et al.*, 2007; KENDRICK *et al.*, 2008; BAGUET *et al.*, 2009; GROSS *et al.*, 2014; CHUNG *et al.*, 2014; COCHRAN *et al.*, 2015; SAUNDERS *et al.*, 2017a), que conseqüentemente aumenta a capacidade de remover subprodutos ( $H^+$ ) do metabolismo do lactato (CULBERTSON *et al.* 2010). O tamponamento desses íons através do aumento da concentração de carnosina muscular (HARRIS *et al.*, 2006; SUZUKI, 2006; HILL *et al.*, 2007; DANAHER *et al.*, 2014) pode ocasionar a redução da produção de lactato ou do efluxo de lactato para a corrente sanguínea, pois esse deve ser acompanhado por íons  $H^+$  (BANGSBO *et al.*, 1993). Uma explicação alternativa é que a suplementação de BA pode promover adaptações aeróbicas / mitocondriais que resultem em menor produção de lactato /  $H^+$  (BISHOP *et al.*, 2010). De qualquer maneira, o ambiente menos ácido dentro das células musculares, devido a maior capacidade tamponante, permite aos indivíduos atingir uma maior potência, ou igual potência como encontrada no presente estudo, com uma menor concentração de lactato (ARTIOLI *et al.*, 2010).

Isso já havia sido demonstrado por Stvolinskii *et al.* (1992). Ao injetar carnosina em ratos, os pesquisadores observaram que os animais correram 25-30% a mais acumulando menos lactato do que os ratos do grupo controle, provavelmente devido à redução no gasto de energia por unidade de trabalho ou melhor acoplamento mitocondrial (BOLDYREV, 2012). Recentemente, Naderi *et al.* (2016) observaram que quatro semanas de suplementação com 1,8% de BA em água potável resultou em aumento da concentração da carnosina muscular (117%) e redução na concentração de lactato sérico (7,4%) após corrida em esteira. Em contrapartida, alguns estudos não encontraram efeito da suplementação de BA

sobre a concentração de lactato sanguíneo (DERAVE *et al.*, 2007; VAN THIENEN *et al.*, 2009; BAGUET *et al.*, 2010; SWEENEY *et al.*, 2010; SALE *et al.* 2011; JAGIM *et al.*, 2012; SAUNDERS *et al.*, 2012b; CHUNG *et al.*, 2014; CARPENTIER *et al.*, 2015), enquanto outros observaram aumento do lactato (JORDAN *et al.*, 2010; KERN e ROBINSON, 2011; DONOVAN *et al.*, 2012; TOBIAS *et al.*, 2013; KRATZ *et al.*, 2017; BELLINGER e MINAHAN, 2016a).

A medição dos níveis de lactato sanguíneo ao longo do tempo possivelmente fornece a melhor oportunidade para quantificar objetiva e precisamente os efeitos da ingestão de BA (CARUSO *et al.*, 2012), pois o ambiente metabólico que provoca o declínio do pH também aumenta a produção de lactato, tornando-o um bom marcador para as condições que induzem acidose metabólica (ROBERGS, GHIASVAND e PARKER, 2010). As investigações cinéticas de lactato sanguíneo historicamente incluíam procedimentos invasivos que eram desconfortáveis para os participantes e provavelmente comprometiam seu desempenho no exercício (FREUND e GENDRY, 1978; OYONO-ENGUELLE *et al.*, 1989). Em contraste com essas medições invasivas, a coleta de lactato sanguíneo das pontas dos dedos, utilizada no presente estudo, pode ser considerada um bom método para quantificar o acúmulo e a liberação desse metabólito no plasma para oferecer uma avaliação indireta da capacidade de tamponamento (CARUSO *et al.*, 2012).

Alguns estudos indicaram um efeito positivo da suplementação de BA na composição corporal, sendo o aumento da massa magra mais comum no grupo suplementado com BA em comparação ao grupo placebo (JORDAN *et al.*, 2010; KERN e ROBINSON, 2011; SMITH *et al.*, 2009; WALTER *et al.*, 2010). Esses dados estão em contraste com os resultados encontrados no presente estudo, os quais revelaram que a suplementação de BA não exerceu influência estatisticamente significativa no peso e percentual de gordura corporal dos participantes ( $p > 0,05$ ). Outros pesquisadores também não encontraram alterações significativas na composição corporal após a suplementação de BA. (HILL *et al.*, 2007; STOUT *et al.*, 2007; VAN THIENEN *et al.*, 2009; BAGUET *et al.*, 2010; GROSS *et al.*, 2014; GLENN *et al.*, 2016). Além disso, Hoffman *et al.* (2008b) analisaram a resposta hormonal à suplementação de BA medindo as concentrações de hormônio do



crescimento, testosterona e cortisol e não encontraram diferenças entre os grupos BA e placebo.

A principal limitação deste estudo foi a ausência de biópsias musculares para confirmar a eficácia da suplementação de BA em aumentar a concentração de carnosina muscular. No entanto, pesquisas anteriores indicaram que 4-10 semanas de suplementação com BA (1,6 - 6,4 g/dia) ocasionaram aumentos consistentes de, pelo menos, 8 mmol/kg de carnosina intramuscular, correspondendo a um aumento de 40% (HARRIS *et al.*, 2006; ARTIOLI *et al.*, 2010; HOBSON *et al.*, 2012). Harris *et al.* (2006) encontraram 64% de aumento nos níveis de carnosina após quatro semanas de suplementação com 6,4 g/dia de BA, mesmo protocolo utilizado na primeira fase do presente estudo. O pH sanguíneo não foi analisado no presente estudo, pois, considerando que a carnosina é um dipeptídeo citoplasmático (HARRIS *et al.*, 2006), não é esperado que a suplementação de BA ocasione qualquer efeito direto no pH sanguíneo, como observado em estudos anteriores (BAGUET *et al.*, 2010 b; HOBSON *et al.*, 2013; KRATZ *et al.*, 2017). A grande perda amostral ao longo do presente estudo (14 participantes) pode ter prejudicado o poder estatístico para detectar efeitos adicionais da suplementação de BA. Futuros estudos devem verificar o efeito da dose de manutenção de BA sobre o desempenho com um maior período de saturação antecedente ao início da suplementação de manutenção.

## 8 CONCLUSÕES

O presente estudo mostrou que a dose de manutenção de 1,2 g/dia de BA foi capaz de manter a PMr de indivíduos treinados durante o terceiro *sprint*, enquanto os grupos que consumiram placebo apresentaram PMr menores, estatisticamente significativas, nesse momento. Além disso, o grupo placebo apresentou percentual de fadiga e PSE da sessão significativamente maiores no momento pós-suplementação em comparação ao momento pré-suplementação, enquanto não foi observada diferença estatisticamente significativa nos grupos que consumiram BA. Também foi observado que, após a suplementação com 6,4 g/dia de BA durante quatro semanas, houve uma redução estatisticamente significativa na concentração de lactato sanguíneo, coletado imediatamente após o teste de *sprints* repetidos. Adicionalmente, após seis semanas da interrupção da suplementação com BA a concentração de lactato apresentou-se significativamente maior em comparação ao período pós-suplementação. Não foram observadas alterações significativas nas concentrações de lactato sanguíneo no grupo placebo em nenhum momento. Também não houve diferença estatisticamente significativa na análise do lactato sanguíneo coletado 5 min após o término dos *sprints* repetidos entre os grupos e entre os momentos. Por fim, quatro semanas de suplementação com 6,4 g/dia de BA não exerceram influência estatisticamente significativa sobre a média da PMr dos quatro *sprints* e sobre a composição corporal de indivíduos treinados.

## REFERÊNCIAS

ABE, H. Role of histidine-related compounds the intracellular proton buffering constituents in vertebrate muscle. **Biochemistry (Mosc)**, v. 65, n. 7, p. 757-65, Jul. 2000.

ARAÚJO, W. B. **Ergometria e cardiologia desportiva**. Rio de Janeiro: Medsi, 1986.

ARTIOLI *et al.* Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judo performance? **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v. 17, n. 2, p. 206-17, Apr. 2007.

ARTIOLI *et al.* Physiological, performance, and nutritional profile of the Brazilian Olympic Wushu (kung-fu) team. **The Journal of Strength and Conditioning Research**. v.23, n.1, p. 20-5, 2009.

ARTIOLI *et al.* Role of  $\beta$ -alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 42. n.6, 1162-1173, Jun. 2010.

BAGUET *et al.* Carnosine loading and washout in human skeletal muscles. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 106, n. 3, p. 837-842, Mar. 2009.

BAGUET *et al.* Important role of carnosine in rowing performance. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 109, n.4, p. 1096-1101, Jul. 2010.

BAGUET *et al.* Beta-alanine supplementation reduces acidosis but not oxygen uptake response during high-intensity cycling exercise. **European Journal of Applied Physiology**. v. 108. n. 3, p. 495-503. Fev. 2010.

BANGSBO, J. **The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise**. Copenhagen: August Krogh Institute. University of Copenhagen. Denmark, 1993.

BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. **Sports Medicine**. v. 4, n. 6, p.381-394, Nov.1987.

BECH *et al.* No effect of b-alanine on muscle function and kayak performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 50 n. 3, p. 562–569, Mar. 2018.

BELLINGER *et al.* The effect of combined b-alanine and NaHCO<sub>3</sub> supplementation on cycling performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 44, n. 8, p. 1545-1551, Aug. 2012.

BELLINGER, P. M. Beta-Alanine supplementation for athletic performance: an update. **The Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 28 n. 6, p. 1751-1770, Jun. 2014.

BELLINGER, P. M.; MINAHAN, C. L. Additive benefits of a-alanine supplementation and sprint-interval training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 48, n. 12, p. 2417-2425, Dec. 2016a.

BELLINGER, P. M.; MINAHAN, C. L. The effect of b-alanine supplementation on cycling time trials of different length. **European Journal of Sport Science**. v. 16, n. 7, p. 829-836, Oct. 2016b.

BENEKE *et al.* Modeling the blood lactate kinetics at maximal short-term exercise conditions in children, adolescents, and adults. **Journal of Applied Physiology**. v. 99, n. 2, p.499-504, Aug. 2005.

BEX *et al.* Exercise training and Beta-alanine-induced muscle carnosine loading. **Frontiers in Nutrition**. v. 2 p. 13, May. 2015.

BISHOP, D.; LAWRENCE, S.; SPENCER, M. Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. **The Journal of Science and Medicine in Sport**. v. 6. n. 2, p. 199-209, Jun. 2003.

BISHOP *et al.* Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 36, n. 5, p. 807-813, May. 2004.

BISHOP, D.; EDGE, J.; GOODMAN, C. Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. **European Journal of Applied Physiology**. v. 92, n.4-5, p. 540–547, Aug. 2004.

BISHOP *et al.* Sodium bicarbonate ingestion prior to training improves mitochondrial adaptations in rats. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**. v. 99, n. 2, p. 225–233. Aug. 2010.

BLANCQUAERT, L.; EVERAERT, I.; DERAIVE, W. Beta-alanine supplementation, muscle carnosine and exercise performance. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**. v. 18, n. 1, p. 63-70, 2015.

BLANCQUAERT *et al.* Effects of histidine and beta-alanine supplementation on human muscle carnosine storage. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 49, n. 3, p. 602-609, Mar. 2017.

BOLDYREV, A. A. Carnosine: new concept for the function of an old molecule. **Biochemistry (Mosc)**. v. 77, n. 4, p.313–326, Apr. 2012.

BORRESEN, J.; LAMBERT, M. I. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. **Sports Medicine**. v. 39, n. 9, p. 779-795, Fev. 2009.

BRISOLA, G. M. P.; ZAGATTO, A. M. Ergogenic effects of b-alanine supplementation on different sports modalities: strong evidence or only incipient findings? **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 33, n. 1, p. 253-282, Jan. 2019.

BRISOLA *et al.* Effects of Four Weeks of  $\beta$ -Alanine Supplementation on Repeated Sprint Ability in Water Polo Players. **PLoS ONE**. v. 11, n. 12, Dez. 2016.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming 3 puzzle: part ii: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. **Sports Medicine**. v. 43, n. 10, 927-954, Oct. 2013.

CARPENTIER *et al.*  $\beta$ -Alanine supplementation slightly enhances repeated plyometric performance after high-intensity training in humans. **Amino Acids**. v. 47, n. 7, p. 1479-83, Jul. 2015.

CARR *et al.* Sodium bicarbonate supplementation improves hypertrophy-type resistance exercise performance. **European Journal of Applied Physiology**. v. 113, n. 3, p. 743-752, Mar. 2013.

CARUSO *et al.* Ergogenic effects of  $\beta$ -alanine and carnosine: proposed future research to quantify their efficacy. **Nutrients**, v. 4, n. 7, p. 585-601, Jul. 2012.

CASTRO, M. A. D. **Manual de críticas de inquéritos alimentares**. São Paulo 2013.

CHUNG *et al.* Doubling of muscle carnosine concentration does not improve laboratory 1-hr cycling time-trial performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v. 24. n. 3, p. 315-324. Jun. 2014.

CHUNG *et al.* Effect of 10 week beta-Alanine supplementation on competition and training performance in elite swimmers. **Nutrients**. v. 4. n. 10, p. 1441-1453. Oct. 2012.

CLAUS *et al.* Beta-alanine supplementation improves throwing velocities in repeated sprint ability and 200-m swimming performance in young water polo players. **Pediatric Exercise Science**. v. 29, n. 2, p. 203-212. May. 2017.

COCHRAN *et al.* B-Alanine supplementation does not augment the skeletal muscle adaptive response to 6 weeks of sprint interval training. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v. 25. n. 6, p. 541-549, Dec. 2015.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. 2 ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1988.

CREER *et al.* Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. **International Journal of Sports Medicine**. v. 25, n. 2, p. 92-98, Feb. 2004.

CROZIER *et al.* MrgD activation inhibits KCNQ/M-currents and contributes to enhanced neuronal excitability. **Journal of Neuroscience**. v. 18, n. 27, p. 4492-4496, Apr. 2007.

CRUSH, K. G. Carnosine and related substances in animal tissues. **Comparative Biochemistry & Physiology**. v. 34, n. 1, p. 3-30, May. 1970.

CULBERTSON *et al.* Effects of beta-alanine on muscle carnosine and exercise performance: A review of the current literature. **Nutrients**. v. 2, n. 1, p. 75-98, Jan. 2010

DANAHER *et al.* The effect of beta-alanine and NaHCO<sub>3</sub> co-ingestion on buffering capacity and exercise performance with high-intensity exercise in healthy males. **European Journal of Applied Physiology**. v. 114, n. 8, p. 1715-1724, Aug. 2014.

DEBOLD *et al.* Muscle fatigue from the perspective of a single crossbridge. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 48, n. 11, p. 2270–2280, Nov. 2016.

DECOMBAZ *et al.* Effect of slow-release b-alanine tablets on absorption kinetics and paresthesia. **Amino Acids**. v. 43, n. 1. p. 67-76, Jul. 2012.

DERAVE *et al.* Muscle carnosine metabolism and b-alanine supplementation in relation to exercise and training. **Sports Medicine**. v. 40, n. 3, p. 247-263, Mar. 2010.

DERAVE *et al.* Beta-alanine supplementation augments muscle carnosine content and attenuates fatigue during repeated isokinetic contraction bouts in trained sprinters. **Journal of Applied Physiology (1985)**. v. 103, n. 5, p.1736-1743, Nov. 2007.

DONOVAN *et al.*  $\beta$ -alanine improves punch force and frequency in amateur boxers during a simulated contest. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v. 22. n. 5, p. 331-337, Oct. 2012.

DUCKER *et al.* Effect of beta-alanine supplementation on 2000 m rowing ergometer performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v. 23, n. 4, p. 336-343 Aug. 2013.

DUCKER, K.J.; DAWSON, B.; WALLMAN, K. E. Effect of Beta alanine and sodium bicarbonate supplementation on repeated-sprint performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 27, n. 12. p. 3450-3460, Dec. 2013a.

DUCKER, K.J.; DAWSON, B.; WALLMAN, K. E. Effect of beta-alanine supplementation on 800-m running performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v. 23, n. 6, p. 554-561, Dec. 2013b.

DROZAK *et al.* Molecular identification of carnosine synthase as ATP-grasp domain-containing protein 1 (ATPGD1). **Journal of Biological Chemistry**. n. 285, v. 13, p. 9346-9356, Mar. 2010.

FINSTERER, J. Biomarkers of peripheral muscle fatigue during exercise. **BMC Musculoskeletal Disorders**. v. 8, n. 13, p. 2018, Nov. 2012.

FITTS, R. H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. **Physiological Reviews**. v. 74, n. 1, p. 49-94, Jan. 1994.

FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 30, n. 7, p. 1164-8. Jul. 1998.

FREUND, H.; GENDRY, P. Lactate kinetics after short strenuous exercise in man. **European Journal of Applied Physiology**. v. 39, n. 2, p. 123-135. Aug. 1978.

GARDNER *et al.* Intestinal absorption of the intact peptide carnosine in man, and comparison with intestinal permeability to lactulose. **Journal of Physiology**. v. 439, n. 1, p. 411-422, Aug. 1991.

GHIASVAND *et al.* Effects of Six Weeks of  $\beta$ -alanine Administration on VO<sub>2</sub> max, Time to Exhaustion and Lactate Concentrations in Physical Education Students. **International Journal of Preventive Medicine**. v. 3, n. 8, p. 559-63, Aug. 2012

GIST *et al.* Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**. v. 44. n. 2, p. 269-279, Feb. 2014.

GLENN *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**. v. 47, n. 12, p. 2593-2600, Dec. 2015

GLENN *et al.* Effects of 28-day beta-alanine supplementation on isokinetic exercise performance and body composition in female masters athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 30, n. 1, p. 200-207, Jan. 2016.

GOJKOVIC, Z.; SANDRINI, M.P.; PISKUR, J.; Eukaryotic  $\beta$ -alanine synthases are functionally related but have a high degree of structural diversity. **Genetics**. v. 158, n. 3, p. 999-1011, Jul. 2001.



GROSS *et al.* Effects of beta-alanine supplementation and interval training on physiological determinants of severe exercise performance. **European Journal of Applied Physiology**. v. 114, n. 2, p. 221-234, Feb. 2014.

GUNNARSSON, T. P.; BANGSBO, J.; The 10-20-30 training concept improves performance and health profile in moderately trained runners. **Journal of Applied Physiology (1985)**. v. 113, n. 1, p. 16-24, Jul. 2012.

HANNAH *et al.*  $\beta$ -Alanine supplementation enhances human skeletal muscle relaxation speed but not force production capacity. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 118, n. 5, p. 604-612, Mar. 2015.

HARRIS *et al.* The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. **Amino Acids**. v. 30, n. 3, p. 279-289, May. 2006.

HARRIS *et al.* The carnosine content of vastus lateralis in vegetarians and omnivores. **FASEB J.** v. 21, n. 6, p. 769-820, Apr. 2007.

HARRIS *et al.* Changes in muscle carnosine of subjects with 4 weeks of supplementation with a controlled release formulation of beta-alanine (CarnoSyn), and for 6 weeks post (Abstract). **FASEB J.** v. 23, n. 1, p. 599-604, Apr. 2009.

HARRIS *et al.* Determinants of muscle carnosine content. **Amino Acids**. v.43, n.1, p. 5-12, Jul. 2012.

HEYWARD, V. H., WAGNER, D.R Applied body composition assessment. **Champaign: Human Kinetics**. 2 ed. p. 268, 2004.

HILL *et al.* Influence of  $\beta$ -alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. **Amino Acids**. v. 32, n. 2, p. 225-233, Feb. 2007.

HOBSON *et al.* Effect of beta-alanine, with & without sodium bicarbonate, on 2000-m rowing performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v. 23, n. 5, p. 480-487, Oct. 2013.

HOBSON *et al.* Effects of b-alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. **Amino Acids**. v. 43, n. 1, p. 25-37, Jul. 2012.

HOFFMAN *et al.* Beta-alanine supplementation improves tactical performance but not cognitive function in combat soldiers. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**. v. 11, n. 1, p.11-15, Apr. 2014.

HOFFMAN *et al.* Short-duration beta-alanine supplementation increases training volume and reduces subjective feelings of fatigue in college football players. **Nutrition Research**. v. 28, n. 1, p. 31-35, Jan. 2008a.

HOFFMAN *et al.* Beta-alanine and the hormonal response to exercise. **International Journal of Sports Medicine**. v. 29, n. 12, p. 952-958, Dec. 2008b.

HOFFMAN *et al.* Effect of creatine and beta-alanine supplementation on performance and endocrine responses in strength / power athletes. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v. 16, n. 4, p. 430-446, Aug. 2006.

HOSTRUP, M.; BANGSBO, J. Improving beta-alanine supplementation strategy to enhance exercise performance in athletes. **Journal of Physiology**. v. 594, n. 17, p. 4701-4702, Sep. 2016.

HOWE *et al.* The effect of b-alanine supplementation on isokinetic force and cycling performance in highly-trained cyclists. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v. 23, n. 6, p. 562-570, Dec. 2013.

IAIA *et al.* Reduced volume but increased training intensity elevates muscle Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump alpha1-subunit and NHE1 expression as well as short-term work capacity in humans. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**. v. 294, n. 3, p. 966-974. Mar. 2008.

JAGIM *et al.* Effects of beta-alanine supplementation on sprint endurance. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 27. n. 2, p. 526-533, Feb. 2013.

JONES *et al.*  $\beta$ -alanine supplementation improves in-vivo fresh and fatigued skeletal muscle relaxation speed. **European Journal of Applied Physiology**. v. 117, n. 5, p. 867-879, May. 2017.

JORDAN *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. 19, n. 7, p. 20, May. 2010.

KELLY *et al.* Prevalence, knowledge and attitudes relating to b-alanine use among professional footballers. **Journal of Science and Medicine in Sport**. v. 20, n. 1, p. 12-16. Jan. 2017.

KENDRICK *et al.* The effects of 10 weeks of resistance training combined with beta-alanine supplementation on whole body strength, force production, muscle endurance and body composition. **Amino Acids**. v. 34, n. 4, p. 547-554, May. 2008.

KERN, B. D.; ROBINSON, T. Effects of b-alanine supplementation on performance and body composition in collegiate wrestlers and football players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 25, n. 7, p. 1804-1815, Jul. 2011.

KRATZ *et al.* Beta-alanine supplementation enhances judo-related performance in highly-trained athletes. **Journal of Science and Medicine in Sport**. v.20, n.4, p. 403-408, Apr. 2017.

LINDERMAN, J.; FAHEY, T. Sodium bicarbonate ingestion and exercise performance: An update. **Sports Medicine**. v. 11, n. 2, p. 71-77, Feb.1991.

MAINWOOD, G. W.; WORSLEY-BROWN, P. The effects of extracellular pH and buffer concentration on the efflux of lactate from frog sartorius muscle. **Journal of Physiology**. v. 250, n. 1, p. 1-22, Aug. 1975.

MAINWOOD, G. W.; CECHETTO, D. The effect of bicarbonate concentration on fatigue and recovery in isolated rat diaphragm muscle. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**. v. 58, n. 6, p. 624-632, Jun. 1980.

MANNION *et al.* Carnosine and anserine concentrations in the quadriceps femoris muscle of healthy humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. v. 64, n. 1, p. 47-50, Feb. 1992.

MEDBO, J.O.; TABATA, I. Anaerobic energy release in working muscles during 30 s to 3 min of exhaustive bicycling. **Journal of Applied Physiology**. v. 75, n. 4, p. 1654-1660, Oct.1993.

MILIONI *et al.* Six weeks of  $\beta$ -alanine supplementation did not enhance repeated-sprint ability or technical performances in young elite basketball players. **Nutrition and Health**. v. 23 n. 2, p. 111-118, Jun. 2017.

MINAHAN, C. L. Additive benefits of  $\beta$ -alanine supplementation and sprint-interval training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 48, n. 12, p. 2417-2425, Dez. 2016.

MURAKAMI, T.; FURUSE, M.; The impact of taurine - and beta-alanine-supplemented diets on behavioral and neurochemical parameters in mice: antidepressant versus anxiolytic-like effects. **Amino Acids**. v. 39, n. 2, p. 427-434, Jan. 2010.

NADERI *et al.* Effect of four weeks of  $\beta$ -alanine supplementation on muscle carnosine and blood serum lactate during exercise in male rats. **Journal of Dietary Supplements**. v. 13 n. 5, p. 487-498, Jan. 2016.

OYONO-ENGUELLE *et al.* Comparison of arterial and venous blood lactate kinetics after short exercise. **International Journal of Sports Medicine**. v. 10, n. 1, p. 16-24, Feb. 1989.

PEART, D. J.; SIEGLER, J.C.; VINCE, R. V. Practical recommendations for coaches and athletes: a meta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 26, n. 7, p.1975-1983, Jul. 2012.

PEREIRA *et al.* Evolution of perceived exertion concepts and mechanisms: a literature review. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 16, n. 5, p. 579-587, Mar. 2014.

PHILIPPI, S. T. **Tabela de composição de alimentos: suporte para decisão nutricional**. Brasília: Coronário, p. 107, 2002.

PINTO *et al.* Lactato: de causa da fadiga a suplemento ergogênico? **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. v. 22, n. 2, p. 173-181, Fev. 2014.

RAPER *et al.* An overview of USDA's Dietary Intake Data System. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 17, n. 3-4. p. 545–555, 2004.

ROBERGS, R. A; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**. v. 287, n 3, p. 502-516, Sep. 2004.

ROBERTSON *et al.* Validation of the adult OMNI scale of perceived exertion for cycle ergometer exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 36, n. 1, p. 102-108, Jan. 2004.

RONNESTAD *et al.* Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists – an effort-matched approach. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v. 25, n. 2, p. 143-151, Apr. 2015.

ROSS, A.; LEVERITT, M.; RIEK, S. Neural influences on sprint running: Training adaptations and acute responses. **Sports Medicine**. v. 31, n. 6, p. 409-425, Feb. 2001.

ROTH, D.; BROOKS, G. Lactate and pyruvate transport is dominated by a pH gradient-sensitive carrier in rat skeletal muscle sarcolemmal vesicles. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. v. 279, n. 2, p. 386-394, Jun.1990.

SAHLIN, K.; HARRIS, R.C.; NYLIND, B. Lactate content and pH in muscle samples obtained after dynamic exercise. **Pflügers Archiv European Journal of Physiology**. v. 367, n. 2, p.143-149, Dec.1976.

SALE, C.; SAUNDERS, B.; HARRIS, R. C. Effect of beta-alanine supplementation on muscle carnosine concentrations and exercise performance. **Amino Acids**. v. 39, n. 2, p. 321-333, Jul. 2010.

SALE *et al.* Effect of b-alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 43, n. 10, p. 8, Oct. 2011.

SALE *et al.* Beta-alanine supplementation improves isometric endurance of the knee extensor muscles. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**. v. 9, n. 1, p. 26, Jun. 2012.

SALLES PAINELLI *et al.* Influence of training status on high-intensity intermittent performance in response to beta-alanine supplementation. **Amino Acids**. v. 46, n. 5, p. 1207-1215, May. 2014.

SALLES PAINELLI *et al.* The ergogenic effect of beta-alanine combined with sodium bicarbonate on high-intensity swimming performance. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism**. v. 38, n. 5, p. 525-532, May. 2013.

SAUNDERS *et al.*  $\beta$ -alanine supplementation improves YoYo intermittent recovery test performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**. v. 9, n. 1, p. 39, Aug. 2012a.

SAUNDERS *et al.* Effect of betaalanine supplementation on repeated sprint performance during the Loughborough Intermittent Shuttle Test. **Amino Acids**. v. 43, n. 1, p. 39-47, Jul. 2012b.

SAUNDERS *et al.* B-alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**. v. 51, n. 8, p. 658-669, Apr. 2016.

SAUNDERS *et al.* b-Alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: A systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**. v. 51, n. 8, p. 658-669, Apr. 2017a.

SAUNDERS *et al.* Twenty-four weeks of b-alanine supplementation on carnosine content, related genes, and exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 49, n.5, p. 896–906, May. 2017b.

SILVA *et al.* Escalas de Borg e OMNI na prescrição de exercício em cicloergômetro. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. n. 13, v. 2, p.117-123, Nov. 2011.

SMITH *et al.* Effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on endurance performance and body composition in men: A double-blind trial. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**. v. 11, n.6, p. 5, Feb. 2009.

SMITH *et al.* The effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on neuromuscular fatigue and muscle function. **European Journal of Applied Physiology**. v. 105. n. 3, p. 357-363, Nov. 2008.

SMITH-RYAN *et al.* The effects of beta-alanine supplementation on physical working capacity at heart rate threshold. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 34, n. 5, p. 397-404, Sep. 2014.

SMITH-RYAN *et al.* High-velocity intermittent running: effects of beta-alanine supplementation. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 26, n. 10, p. 2798-2805, Oct. 2012.

STEGEN *et al.* The beta-alanine dose for maintaining moderately elevated muscle carnosine levels. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 46, n. 7, p. 1426-1432, Jul. 2014.

STEGEN *et al.* Meal and beta-alanine coingestion enhances muscle carnosine loading. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 45, n. 8, p. 1478-1485, Aug. 2013.

STELLINGWERFF *et al.* Effect of two  $\beta$ -alanine dosing protocols on muscle carnosine synthesis and washout. **Amino Acids**. v. 42, n. 6, p. 2461-2472, Jun 2012.

STERLINGWERFF *et al.* Optimizing human in vivo dosing and delivery of  $\beta$ -alanine supplements for muscle carnosine synthesis. **Amino Acids**. v. 43, n.1, p. 57-65, Jul. 2012.

STEVENS, A. W.; OLVER, T. T.; LEMON, P. W. Incorporating sprint training with endurance training improves anaerobic capacity and 2,000-m Erg performance in trained oarsmen. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 29, n. 1, p. 22-28, Jan. 2015.

STOUT *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**. v. 7, n. 5, p. 21, Nov. 2008.

STOUT *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, Nov. 2007.

STOUT *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. 928-931, Nov. 2006.

STVOLINSKII *et al.* Carnosine and anserine in working muscles—study using proton NMR spectroscopy. **Biokhimiia**. v. 57, n. 9 p. 1317-1323, Sep.1992.

SUZUKI Y *et al.* Carnosine and anserine ingestion enhances contribution of nonbicarbonate buffering. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 38, n. 2, p. 334-338, Feb. 2006.

SUZUKI *et al.* High level of skeletal muscle carnosine contributes to the latter half of exercise performance during 30-s maximal cycle ergometer sprinting. **Japanese Journal of Physiology**. v. 52, n. 5, p. 199-205, Apr. 2002.

SWEENEY *et al.* The effect of beta-alanine supplementation on power performance during repeated sprint activity. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 24. n. 1, p. 79-87, Jan. 2010.

TALLON *et al.* The carnosine content of vastus lateralis is elevated in resistance trained bodybuilders **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 19. n. 4, 725–729, Nov. 2005.

TIEDJE *et al.*  $\beta$ -Alanine as a small molecule neurotransmitter. **Neurochemistry International**. v. 57, n. 3, p.177-188, Oct. 2010.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

TOBIAS *et al.* Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. **Amino Acids**. v. 45. n. 2, p. 309-317, Aug. 2013.

TREXLER *et al.* International society of sports nutrition position stand: beta-alanine. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**. v. 15, n. 12, p. 30, Jul. 2015.

TWISK, J. W.; de VENTE, W. The analysis of randomised controlled trial data with more than one follow-up measurement. A comparison between different approaches. **European Journal of Epidemiology**. v. 23. n. 10, p. 655-660. Aug. 2008.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: UNICAMP/NEPA, 2011. 161 p. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>>. Acesso em: 20 jun. 2017.



VAN THIENEN *et al.* Beta-alanine improves sprint performance in endurance cycling. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 41, n. 4, p.898-903, Apr. 2009.

VANHATALO *et al.* Effect of induced alkalosis on the power-duration relationship for “all-out” exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 42, n. 3, p. 563-570, Nov. 2009.

VARANOSKE *et al.*  $\beta$ -Alanine Supplementation Elevates Intramuscular Carnosine Content and Attenuates Fatigue in Men and Women Similarly, but does not Change Muscle L-Histidine Content. **Nutrition Research**. v. 48, n. 16, p. 25, Dec. 2017.

WALTER *et al.* Six weeks of high-intensity interval training with and without beta-alanine supplementation for improving cardiovascular fitness in women. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 24, n. 5, p. 1199-1207, May. 2010.

ZHEN-HE *et al.* ATP consumption and efficiency of human single muscle fibers with different myosin isoform composition. **Biophysical Journal**. v. 79, n. 2, p. 945-961, Aug. 2000.

**APÊNDICES**

## APÊNDICE 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Nós, Prof. Dr. Tácito Pessoa de Souza Junior, pesquisador responsável, o coorientador Prof. Dr. Ragami Chaves Alves, e a aluna de mestrado Bruna Amorim Zandoná da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, atleta do sexo masculino, com idade entre 18 e 38 anos e média de 75 a 95 kg de peso corporal, a participar do estudo intitulado **“Efeito da Suplementação de Beta-Alanina no Treinamento Intervalado de Sprint em Indivíduos Treinados”**. A suplementação com beta-alanina tem se mostrado eficaz para aumentar os níveis intracelulares de carnosina e melhorar o desempenho em exercício de alta intensidade e curta duração. Entretanto, até a presente data, não se tem conhecimento de estudos que tenham avaliado o efeito da dose de manutenção de 1,2g/d de beta-alanina ou da interrupção da suplementação sobre o desempenho.

- a) O objetivo deste trabalho será verificar os efeitos da suplementação de beta-alanina, da dose de manutenção e da interrupção da suplementação sobre o desempenho no treinamento intervalado de sprint em indivíduos treinados.
- b) Caso você participe da pesquisa, será necessário: apresentar no mínimo um ano de prática consecutiva de exercício físico; ter realizado treinamento de sprints por, pelo menos, duas vezes na semana no último mês; responder negativamente a todas as questões do questionário de aptidão para a realização de atividade física; não ter utilizado creatina nos últimos 3 meses e beta-alanina nos últimos 6 meses; não utilizar qualquer tipo de medicamento de uso contínuo; não apresentar lesões ou problemas de saúde que limitem ou impeçam a realização dos testes propostos; não ser fumante; e não ser vegetariano. Você passará por 3 avaliações antropométricas; 1 teste de consumo máximo de oxigênio em bicicleta ergométrica; 3 testes compostos por 4 sprints *all out* de 30 s em bicicleta ergométrica com 4 min de recuperação ativa entre eles; e 3 coletas de sangue da ponta do dedo em 3 momentos diferentes. Você responderá a avaliações da percepção subjetiva do esforço, a questionários sobre a sua alimentação e fará consumo diário de cápsulas contendo 6,4g e 1,2g de beta-alanina ou placebo durante 4 e 6 semanas, respectivamente. Você deverá repetir a mesma dieta realizada no dia anterior ao primeiro teste no dia anterior aos testes subsequentes; chegar bem alimentado e hidratado para a realização dos testes, mas sem ingerir alimentos nas *quatro* horas antecedentes. Não será permitida a realização de exercícios intensos 48h antes dos testes e a ingestão de álcool e alimentos que contenham cafeína (café, chá, refrigerante, bebidas energéticas, chocolate e achocolatados) a partir do dia anterior.
- c) Para tanto, você deverá comparecer ao Centro de Pesquisa em Exercício e Esporte, do Departamento de Educação Física da UFPR, localizado na Rua Coração de Maria, 92 - Jardim Botânico, Curitiba – PR, para a realização das avaliações e dos testes citados no item acima, por quatro vezes, durante 11 semanas.
- d) É possível que você experimente algum desconforto durante ou após os testes de desempenho, devido à intensidade do exercício, e também *com* a picada da agulha durante a coleta de lactato sanguíneo. Pode acontecer irritação à pele, como rubor sensação espinhosa e formigamento, após o consumo das cápsulas.
- e) Alguns riscos relacionados ao estudo: a ingestão de beta-alanina pode reduzir o metabolismo das proteínas, diminuir a hemoglobina circulante e reduzir os níveis do hematócrito. Assim como qualquer suplemento alimentar, a beta-alanina pode provocar danos se não for consumida de forma adequada. Também pode ocorrer vômito durante ou logo após a execução dos testes.

Participante da Pesquisa _____ Pesquisador Responsável _____ Orientador _____
-------------------------------------------------------------------------------------

- f) Os benefícios esperados com essa pesquisa são um maior conhecimento de sua alimentação, composição corporal e de suas capacidades físicas, embora nem sempre você seja diretamente beneficiado por sua participação neste estudo.
- g) O pesquisador responsável Prof. Dr. Tácito Pessoa de Souza Junior, o pesquisador Ragami Chaves Alves e Bruna Amorim Zandoná, nutricionista esportiva, mestranda em desempenho esportivo, poderão ser contatados (Rua Coração de Maria, 92, Departamento de Educação Física, 3º andar, laboratório GPMENUTF - Jardim Botânico, Curitiba – PR; telefones: 32290772 e 999112341; e-mail: [tacitojr2009@hotmail.com](mailto:tacitojr2009@hotmail.com), [ragami1@hotmail.com](mailto:ragami1@hotmail.com), [brunazandona@hotmail.com](mailto:brunazandona@hotmail.com)), das 10:00 as 17:00, para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.
- h) Neste estudo será utilizado um grupo controle e um grupo placebo. Isto significa que você poderá receber o tratamento já padronizado para a pesquisa (grupo controle) ou uma substância que não tem efeito (placebo).
- i) A sua participação neste estudo é voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado.
- j) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas (Prof. Dr. Tácito Pessoa de Souza Junior). No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a **sua identidade seja preservada e seja mantida a confidencialidade**.
- k) As despesas necessárias para a realização da pesquisa (testes, exames, suplementação, transporte etc.) não são de sua responsabilidade e pela sua participação no estudo você não receberá qualquer valor em dinheiro. Serão ofertadas 30g de dextrose antes do início dos testes e haverá uma mesa com frutas à disposição dos participantes após a conclusão dos testes. Os gastos com o transporte serão ressarcidos em dinheiro, individualmente, após cada dia de teste. Haverá indenização, por parte dos pesquisadores, diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.
- l) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.
- m) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone 3360-7259. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Eu, \_\_\_\_\_ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim. Eu entendi o que não posso fazer durante a pesquisa e fui informado que serei atendido sem custos para mim se eu apresentar algum problema dos relacionados nos itens “d” e “e”.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Curitiba, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante de pesquisa

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador





**ANEXOS**

## ANEXO 1 – PHYSICAL ACTIVITY READINESS QUESTIONNAIRE (PAR-Q)

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_ m    Peso: \_\_\_\_\_ kg    Idade: \_\_\_\_\_    %GC: \_\_\_\_\_

	Perguntas	Sim	Não
1	Alguma vez seu médico disse que você possui algum problema cardíaco e recomendou que você só praticasse atividade física sob prescrição médica?		
2	Você sente dor no tórax quando pratica uma atividade física?		
3	No último mês você sentiu dor torácica quando não estava praticando atividade física?		
4	Você perdeu o equilíbrio em virtude de tonturas ou perdeu a consciência quando estava praticando atividade física?		
5	Você tem algum problema ósseo ou articular que poderia ser agravado com a prática de atividades físicas?		
6	Seu médico já recomendou o uso de medicamentos para controle da sua pressão arterial ou condição cardiovascular?		
7	Você tem conhecimento de alguma outra razão física que o impeça de participar de atividades físicas?		

Se você respondeu "Sim" a uma ou mais das perguntas acima, consulte seu médico antes de participar de atividades físicas. Informe o seu médico que você respondeu "Sim" às perguntas.

## Declaração de Responsabilidade

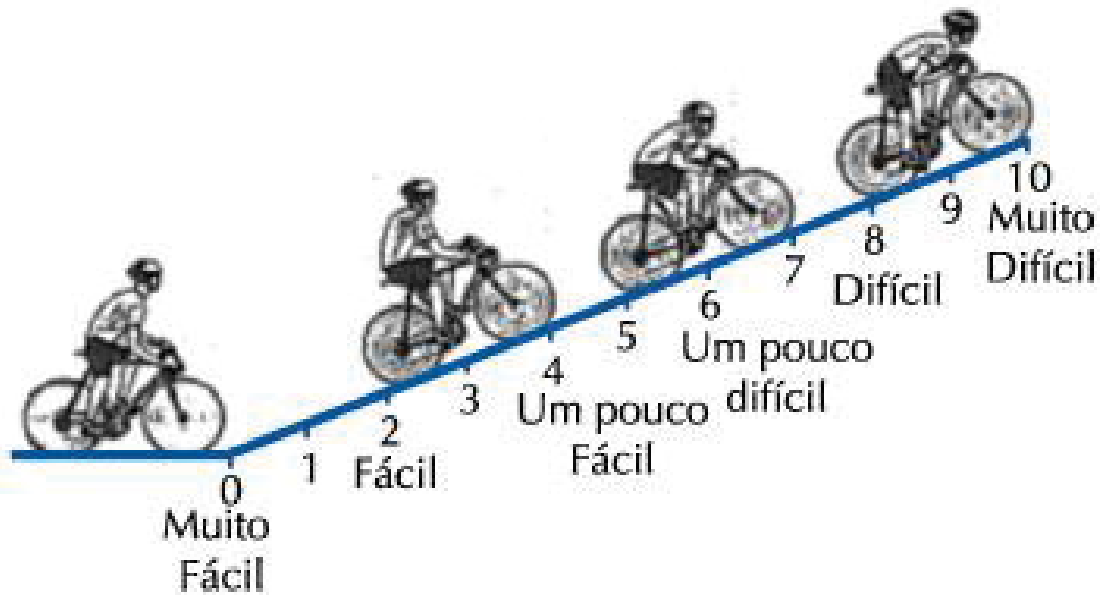
Assumo a veracidade das informações prestadas no questionário "PAR-Q" e afirmo estar liberado pelo meu médico para participação em atividades físicas.

---

Assinatura do participante



## ANEXO 2 - ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO OMNI – CYCLE



## ANEXO 3 - ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO DA SESSÃO

**PSE – SESSÃO**

0	Repouso
1	Muito, muito leve
2	Leve
3	Médio
4	Um pouco pesado
5	Pesado
6	
7	Muito Pesado
8	
9	
10	Máximo

## ANEXO 4 - CERTIFICADO DA BETA-ALANINA – LAUDO DE PUREZA

**CERTIFICATE of ANALYSIS**

<b>Product:</b>	<b>Beta Alanine</b>	<b>Production Date:</b>	12/28/2016
<b>Product ID:</b>	BETALA000-FO001	<b>Analysis Date:</b>	12/28/2016
<b>CAS:</b>	107-95-9	<b>Expiration Date:</b>	12/27/2018
<b>Batch:</b>	201612028		
<b>Origin:</b>	China		

Physical/Chemical Control	Specification	Result	Test Method
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	≤0.02%	Conforms	AJI TEST4
Appearance	Crystals or Crystalline powder	Conforms	Visual
Assay	98.0 - 101.0%	99.2%	AJI TEST14
Chloride (Cl)	≤0.04%	Conforms	AJI TEST3
Color	White	Conforms	Visual
Loss on Drying	≤0.5%	0.21%	AJI TEST11
Melting Point	196 - 202 °C	198 - 200.5 °C	
Residue on Ignition	≤0.2%	0.09%	AJI TEST13
State of Solution	≥95%	99%	AJI TEST2
Sulfate (SO <sub>4</sub> )	≤0.02%	Conforms	AJI TEST5
<b>Heavy Metal Control</b>			
Heavy Metals	≤10 ppm	Conforms	AJI TEST7
<b>Microbiological Control</b>			
Total Plate Count	≤1,000 cfu/g	Conforms	USP
Yeast & Mold	≤100 cfu/g	Conforms	USP
<b>Storage:</b>	Keep in sealed container and under 25°C. Keep away from direct sunlight and moisture.		
<b>Conclusion:</b>	Product Conforms to Specifications		

WHOLESALE  
HEALTH CONNECTION