

**unesp**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO**



---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE**

---

**DISSERTAÇÃO**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE  $\beta$ -ALANINA SOBRE A POTÊNCIA  
ANAERÓBIA, HABILIDADE DE ESFORÇOS REPETIDOS E DESEMPENHO NO  
POLO AQUÁTICO**

**GABRIEL MOTTA PINHEIRO BRISOLA**

**Setembro - 2016**

**Rio Claro/SP**



---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE**

---

**DISSERTAÇÃO**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE  $\beta$ -ALANINA SOBRE A POTÊNCIA  
ANAERÓBIA, HABILIDADE DE ESFORÇOS REPETIDOS E DESEMPENHO NO  
POLO AQUÁTICO**

**GABRIEL MOTTA PINHEIRO BRISOLA  
PROF. DR. ALESSANDRO MOURA ZAGATTO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade.

**Setembro- 2016**

**Rio Claro/SP**

617.1027 Brisola, Gabriel Motta Pinheiro  
B859e Efeitos da suplementação de ?-alanina sobre a potência anaeróbia,  
habilidade de esforços repetidos e desempenho no polo aquático / Gabriel  
Motta Pinheiro Brisola. - Rio Claro, 2016  
107 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de  
Bióciências de Rio Claro

Orientador: Alessandro Moura Zagatto

1. Medicina esportiva. 2. Carnosina. 3. Esporte coletivo. 4. Nado atado.  
5. Desempenho anaeróbio. I. Título.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Efeitos da suplementação de B-alanina sobre a capacidade e potência anaeróbias, habilidade de esforços repetidos e desempenho no polo aquático

**AUTOR: GABRIEL MOTTA PINHEIRO BRISOLA**

**ORIENTADOR: ALESSANDRO MOURA ZAGATTO**

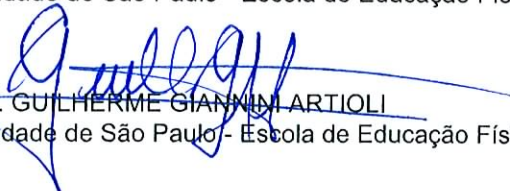
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, especialidade: BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ALESSANDRO MOURA ZAGATTO  
Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências de Bauru - SP



Prof. Dr. MARCELO PAPOTI  
Universidade de São Paulo - Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto - SP



Prof. Dr. GUILHERME GIANNINI ARTIOLI  
Universidade de São Paulo - Escola de Educação Física e Esportes - São Paulo /SP

Rio Claro, 29 de setembro de 2016

**A presente dissertação de mestrado foi realizada com o apoio financeiro da Fundação de  
Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo**



Dedico o presente trabalho a Deus, por sempre ter colocado as pessoas certas em minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto, por ser a pessoa que me “abriu as portas” da vida acadêmica e me permitiu realizar o presente trabalho. Além disso, não posso deixar de agradecer por todo o auxílio e ensinamento realizado por ele durante toda essa jornada.

Aos meus amigos de laboratório, principalmente Fábio, Willian, Elvis, Paulo, Gabriel Claus e Rodrigo por me ajudarem diretamente nas coletas de dados. Sem eles o presente trabalho não poderia ser realizado. Além disso, não pode deixar de agradece-los por todo o ensinamento e companheirismo. Também agradeço aos novos integrantes de laboratório Joel, Luan e Eduardo pelo apoio diário.

Aos professores Dr. Guilherme Giannini Artioli e Dr. Marcelo Papoti, por todas as considerações e sugestões realizadas referentes ao presente trabalho. Com toda a certeza, essas considerações e sugestões realizadas na qualificação já contribuíram para o desenvolvimento do presente trabalho. Ainda, gostaria de agradecer aos alunos dos professores Guilherme Artioli e Marcelo Papoti que também contribuíram de alguma forma nas coletas de dados.

Ao professor Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago e ao seu aluno Luiz Henrique, por me ajudarem diretamente nas análises dos vídeos.

Aos técnicos de polo aquático do SESI André e Marcelo, por permitirem a realização do estudo em suas equipes. Também gostaria de agradecer a toda comissão técnica do SESI e aos atletas que participaram e se empenharam durante o estudo.

A todos os funcionários da Unesp-Bauru que de alguma maneira me ajudaram nas tarefas diárias de laboratório.

Aos meus pais Vinícius e Silmara, por toda a educação, apoio e incentivo em todos os momentos e decisões de minha vida. Não tenho palavras para descrever a importância deles em minha vida.

Aos meus irmãos Vinícius e Isabela que sempre estão ao meu lado me ajudando, aconselhando e incentivando.

À minha namorada Sammyra, por estar ao lado em todos os momentos, sempre me incentivando e me ajudando. Sua importância em minha vida é indescritível.

Aos meus avós Nilton, Rejane e Jaime, por terem contribuído imensamente na minha educação e formação. Também não posso deixar de homenagear minha avó Cida (*in memorian*) que também contribuiu diretamente para meu crescimento.

Aos meus tios, primos, cunhados e familiares, por sempre estarem me dando força, aconselhando e torcendo para o meu sucesso. Em especial, faço uma homenagem a minha Ronise (*in memorian*) pela força e palavras de apoio que me deixou antes de partir.

Aos meus amigos Guilherme, Danilo, Milton, Alessandro, Luiz, Thiago Tozi e outros, por toda a força, amizade e apoio.

A Deus, por sempre iluminar o meu caminho, me dar paz, força e discernimento para tomar todas as decisões.



## RESUMO

O objetivo geral do presente trabalho foi verificar o potencial ergogênico da suplementação por 4 semanas de  $\beta$ -alanina sobre a potência anaeróbia, habilidade de esforços repetidos e desempenho no polo aquático. 22 jogadores de elite do sexo masculino (média $\pm$ dp: idade = 18 $\pm$ 4 anos, peso = 78,5 $\pm$ 9,5 kg e altura = 1,79 $\pm$ 0,06 m) participaram do estudo, que foi conduzido de modo randomizado, duplo cego e placebo controlado. Os participantes foram divididos em dois grupos ( $\beta$ -alanina e placebo) de 11 atletas cada e foram submetidos a testes específicos (teste de habilidade de esforços repetidos (RSA) e teste máximo de 30s de salto sob o gol (30CJ)) e semi-específicos (teste de 30s máximo em nado atado (30<sub>ATADO</sub>), teste máximo de 3 minutos (*All Out* 3min), teste incremental máximo (GXT<sub>ATADO</sub>) e *performance* de 200m em nado crawl (P200m)) para a modalidade e um jogo simulado para possibilitar o rastreamento das atividades realizadas por meio de filmagem. As avaliações ocorreram pré e após o período de suplementação (4 semanas). Não foram encontrados efeitos significativos de interação entre os grupos para nenhuma variável do presente estudo. No entanto, alguns ligeiros indícios de melhora com a suplementação de  $\beta$ -alanina foram encontrados como: (1) melhora significativa entre os momentos (pré  $\times$  pós) no número total de *sprints* durante o jogo simulado de polo aquático; (2) efeito *provavelmente benéfico* (análise de inferência baseada na magnitude) para o tempo médio, pior tempo e tempo total na primeira série do teste de RSA (RSA<sub>1</sub>); (3) melhora significativa entre os momentos na força média e integral de força durante o teste 30<sub>ATADO</sub> e na P200m; (4) melhora significativa entre os momentos na força pico no teste GXT<sub>ATADO</sub>. Portanto, conclui-se que a suplementação por 4 semanas de  $\beta$ -alanina pode promover apenas melhorar ligeiramente alguns parâmetros relacionados a habilidade de nado no polo aquático como número total de *sprints* em jogo simulado, tempo médio, pior tempo e tempo total no teste de RSA, força média e integral de força no 30<sub>ATADO</sub>, P200m e força crítica no GXT<sub>ATADO</sub>.

**Palavras-Chave:** Carnosina, Esporte Coletivo, Nado Atado, Desempenho Anaeróbio

## **EFFECTS OF $\beta$ -ALANINE SUPPLEMENTATION ON THE ANAEROBIC POWER, REPEATED EFFORTS ABILITY AND PERFORMANCE IN WATER POLO**

### **ABSTRACT**

The overall aim of this study was to investigate the ergogenic effect of 4 weeks  $\beta$ -alanine supplementation on the anaerobic power, ability to performed repeated efforts and performance of water polo. 22 male elite players (mean $\pm$ SD age = 18 $\pm$ 4 years, weight = 78.5 $\pm$ 9.5 kg and height = 1.79 $\pm$ 0.06 m) participated in the study, which was conducted in order randomized, double blind and placebo controlled. Participants were divided into two groups ( $\beta$ -alanine and placebo) of 11 athletes each and were subjected to specific tests (repeated sprint ability test (RSA) and maximum 30s jump under the goal test (30CJ)) and semi-specific (30s maximal test in tethered swimming (30TS), maximal 3 min effort (All-Out-3min), tethered swimming graded exercise test (GXT<sub>TS</sub>) and 200m in front crawl (P200m)) for the modality and a simulated game to enable tracking of the activities carried out by video record. Assessments occurred before and after the supplementation period (4 weeks). There were no significant interaction effects between the groups for any variable of this study. However, some slight improvement indications with  $\beta$ -alanine supplementation were found to: (1) significant improvement between moments (pre  $\times$  post) the total number of sprints during the simulated game water polo; (2) probably beneficial effect (magnitude-based inference analysis) for the mean time, worst time and total time in the first series of the RSA test (RSA1); (3) significant improvement between moments for mean force and integral of force during the 30TS and P200m; (4) significant improvement between moments for peak power at GXT<sub>TS</sub>. Therefore, it is concluded that supplementation for 4 weeks of  $\beta$ -alanine can promote only slightly improve some parameters related to swimming ability in water polo as total number of sprints in simulated game, mean time, worst time and total time on test RSA, mean and integral of force in 30TS, P200m and critical force in GXT<sub>TS</sub>.

**Keywords:** anaerobic performance, carnosine, team sport, tethered swim

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquemática do recrutamento dos participantes e progressão de cada estágio do estudo.....	38
<b>Figura 2.</b> Fixação da célula de carga no bloco de partida.....	40
<b>Figura 3.</b> Desenho esquemático do posicionamento do nadador e dos equipamentos utilizados para a mensuração da força durante o teste de 30 s máximo em nado atado.....	41
<b>Figura 4.</b> Diagrama das posições dos cones que serão utilizados no teste incremental máximo em nado atado.....	42
<b>Figura 5.</b> Teste incremental em nado atado adaptado de Papoti et al. (2013).....	42
<b>Figura 6.</b> Representação do teste 30 CJ.....	44
<b>Figura 7.</b> Enquadramento da câmara GoPro sem correção da distorção radial.....	47
<b>Figura 8.</b> Enquadramento da câmara GoPro após a correção da distorção radial.....	47
<b>Figura 9.</b> Distribuição das cargas de treinamento diário durante o período de intervenção para o grupo placebo e grupo $\beta$ -alanina.....	50
<b>Figura 10.</b> Cargas de treinamento semanais, monotonia e <i>training strain</i> durante o período de intervenção para os grupos placebo e $\beta$ -alanina.....	51
<b>Figura 11.</b> Resultados do teste 30 <sub>ATADO</sub> .....	56
<b>Figura 12.</b> Análise da magnitude do efeito entre os grupos para o teste de 30 segundos máximo em nado atado, <i>performance</i> de 200 m em nado crawl e teste de salto sob a trave do gol de 30 segundos.....	59
<b>Figura 13.</b> Alterações absolutas individuais (pós-pré) para os grupos placebo e $\beta$ -alanina no teste de RSA.....	63
<b>Figura 14.</b> Análise da magnitude do efeito entre os grupos para o teste de RSA.....	65
<b>Figura 15.</b> Concentração de lactato sanguíneo ( $[La^-]$ ) durante os 4 quartos do jogo simulado de polo aquático.....	72
<b>Figura 16.</b> Análise da magnitude do efeito entre os grupos para as variáveis do jogo simulado.....	73

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características dos participantes pré suplementação.....	38
<b>Tabela 2.</b> Variáveis do teste incremental máximo em teste de nado atado dos grupos $\beta$ -alanina e placebo pré e pós o período de suplementação.....	53
<b>Tabela 3.</b> Variáveis do teste de esforço máximo de 3 minutos dos grupos $\beta$ -alanina e placebo pré e pós o período de suplementação.....	54
<b>Tabela 4.</b> Número de saltos e $[La^-]_{pico}$ no 30CJ pré e após do período de suplementação.....	58
<b>Tabela 5.</b> <i>Performance</i> do teste de 200 m em nado crawl para os grupos placebo e $\beta$ -alanina avaliados antes e após 4 semanas de suplementação.....	58
<b>Tabela 6.</b> Comparação entre os grupos e momentos para o teste de RSA.....	61
<b>Tabela 7.</b> Distância percorrida e número de <i>sprints</i> realizado durante o jogo simulado de polo aquático.....	67
<b>Tabela 8.</b> Distância percorrida nas 4 faixas de velocidade durante o jogo simulado de polo aquático.....	68
<b>Tabela 9.</b> Tempo absoluto dispendido nas 4 faixas de velocidade durante o jogo simulado de polo aquático.....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\dot{V}O_{2\text{pico}}$	Intensidade referente ao consumo de oxigênio pico
$\dot{V}O_2$	Consumo de oxigênio
$\dot{V}O_{2\text{MAX}}$	Consumo máximo de oxigênio
$\dot{V}O_{2\text{pico}}$	Consumo de oxigênio pico
[La <sup>-</sup> ]	Concentração de lactato sanguíneo
[La <sup>-</sup> ] <sub>pico</sub>	Concentração pico de lactato sanguíneo encontrado no teste
Δ	Diferença nos valores entre duas variáveis
Δ%	Diferença em percentual entre duas variáveis
1RM	Uma repetição máxima
30CJ	Teste de salto sob a trave do gol
<i>All-Out 3-min</i>	Esforço máximo de 3 minutos
Ca <sup>++</sup>	Cálcio
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbônico
EPOC	Consumo excessivo de oxigênio pós-exercício
EPOC <sub>FAST</sub>	Componente rápido do consumo excessivo de oxigênio pós-exercício
FC	Frequência cardíaca
H <sup>+</sup>	Íons de hidrogênio
Hz	Hertz
ICC	Índice de correlação intraclasse
Lan	Limiar anaeróbio
LV	Limiar ventilatório
O <sub>2</sub>	Oxigênio
P200m	<i>Performance</i> em 200 metros de nado crawl
pH	Potencial hidrogenionico
pKa	Constante de acidez
PSE	Percepção subjetiva de esforço
RSA	Habilidade de <i>sprints</i> repetidos
RSA <sub>1</sub>	Teste de habilidade de <i>sprints</i> repetidos realizado pré T30
RSA <sub>2</sub>	Teste de habilidade de <i>sprints</i> repetidos pósT30
T30	Teste de nado de 30 minutos
TTE	Tempo até a exaustão
TWD	Trabalho total realizado

**W'**

Assumida como a integral da relação entre a força e o tempo de esforço, obtida acima da força crítica

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1 Fadiga muscular .....	17
2.2. Carnosina .....	18
2.2.1. Funções fisiológicas gerais da carnosina .....	20
2.2.2. Conteúdo intramuscular de carnosina .....	20
2.2.3. Metabolismo da $\beta$ -alanina .....	21
2.2.4. Suplementação de $\beta$ -alanina e aumento no conteúdo intramuscular de carnosina .....	22
2.2.5. Suplementação de $\beta$ -alanina e desempenho .....	24
2.2.6. Efeito da suplementação de $\beta$ -alanina em teste incremental.....	24
2.2.7. Efeito da suplementação de $\beta$ -alanina em exercícios de força.....	26
2.2.8. Efeito da suplementação de $\beta$ -alanina em exercícios de alta intensidade .....	27
2.2.9. Efeito da suplementação de $\beta$ -alanina no esporte .....	28
2.3. Polo aquático.....	31
2.3.1. Histórico e principais regras.....	31
2.3.2 Ações de jogo .....	31
2.3.3. Características metabólicas da modalidade.....	33
2.3.4. Fadiga no polo aquático .....	34
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>35</b>
3.1. Objetivos gerais .....	35
3.2. Objetivos específicos .....	35
<b>4. HIPÓTESE.....</b>	<b>36</b>
<b>5. METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
5.1. Sujeitos.....	37
5.2. Desenho e procedimento experimental.....	38
5.3. Testes em nado atado em estilo crawl .....	39

5.3.1. Teste incremental máximo em nado atado para determinação do consumo pico de oxigênio (VO <sub>2</sub> pico) .....	41
5.3.2. Teste de esforço máximo de 3 minutos.....	43
5.3.3. Teste de 30 segundos máximo em nado atado .....	43
5.4. Performance de 200 m em nado crawl.....	43
5.5. Teste de salto sob a trave do gol de 30 segundos .....	43
5.6. Teste de habilidade de sprints repetidos .....	44
5.7. Rastreamento do deslocamento em jogo simulado .....	45
5.8. Suplementação .....	47
5.9. Treinamento .....	48
5.10. Análise Estatística.....	49
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
6.1. Treinamento .....	50
6.2. Teste incremental máximo em nado atado e teste de esforço máximo de 3 minutos ....	52
6.3. Teste de 30 segundos máximo em nado atado, performance de 200 m em nado crawl e teste de salto sob a trave do gol de 30 segundos.....	56
6.4. Teste de habilidade de sprints repetidos .....	60
6.5. Rastreamento do deslocamento em jogo simulado.....	66
<b>7. DISCUSSÃO .....</b>	<b>74</b>
7.1. Teste incremental máximo em nado atado.....	74
7.2. Teste de esforço máximo de 3 minutos.....	75
7.3. Teste de 30 segundos máximo em nado atado, performance de 200 m em nado crawl e teste de salto sob a trave do gol de 30 segundos.....	76
7.4. Teste de habilidade de sprints repetidos .....	78
7.5. Rastreamento do deslocamento em jogo simulado .....	80
7.6. Aplicações práticas .....	81
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>83</b>



ANEXO I.....	97
ANEXO II.....	100
ANEXO III .....	103

## 1. INTRODUÇÃO

A carnosina ( $\beta$ -alanyl-L-histidina) é um dipeptídeo sintetizado no tecido muscular a partir dos aminoácidos L-histidina e  $\beta$ -alanina (HARRIS et al., 2006) e encontrado em altas concentrações no músculo esquelético humano ( $\sim 20$ - $25 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  de músculo seco) (MANNION et al., 1992; KENDRICK et al., 2009). Dentre as diversas funções da carnosina, como a função antioxidante e outras (BOLDYREV; ALDINI; DERAIVE., 2013), a carnosina tem sido considerada um relevante tampão intramuscular dos íons hidrogênio em um pH variando entre  $\sim 7,1$  a  $\sim 6,5$  (COSTILL et al., 1984), principalmente devido ao seu pKa de 6,83 (SMITH, 1938).

A síntese de carnosina é limitada principalmente pela disponibilidade de  $\beta$ -alanina (HARRIS et al., 2006) devido a menor afinidade da  $\beta$ -alanina com a enzima carnosina sintetase quando comparado a L-histidina (HORINISHI et al., 1978; NG e MARSHALL, 1978) e a baixa concentração fisiológica da  $\beta$ -alanina (HARRIS et al., 2006). Assim, importantes estudos demonstraram que a suplementação de  $\beta$ -alanina pode aumentar o conteúdo muscular de carnosina em até 60% após quatro semanas de suplementação (HARRIS et al., 2006; HILL et al., 2007) e aumentar a capacidade de tamponamento do músculo em  $\sim 5\%$  (HARRIS et al., 2006; HILL et al., 2007).

Com isso, a suplementação de  $\beta$ -alanina surge atualmente como uma das principais alternativas para retardar a fadiga e conseqüentemente aumentar a *performance* em esforços de alta intensidade (DERAIVE et al., 2007; DE SALLES PAINLELLI et al., 2014; HILL et al., 2007). No entanto, especificamente em modalidades esportivas, os efeitos ergogênicos da suplementação de  $\beta$ -alanina precisam ser melhores elucidados. Embora alguns estudos tenham investigado os efeitos da suplementação de  $\beta$ -alanina sobre modalidades esportivas individuais, como corrida (DERAIVE et al., 2007), remo (HOBSON et al., 2013), ciclismo (VAN THIENEN et al., 2010), natação (DE SALLES PAINELLI et al., 2013) e lutas (DE ANDRADE KRATZ et al., 2016 *in press*), os resultados são discrepantes e parecem estar relacionados a especificidade de cada modalidade.

Em muitas modalidades esportivas coletivas, a capacidade de execução de esforços repetidos é considerado um componente extremamente importante para o sucesso do jogo (SPENRCER et al., 2005). Tendo em vista que os esforços repetidos de alta intensidade separados por curtos períodos de recuperação causam alta taxa de produção e acúmulo de íons  $\text{H}^+$  (BISHOP et al., 2004), o que pode levar a instalação do processo de fadiga e queda de desempenho (SPRIET et al., 1989), é plausível que uma melhora na capacidade de

tamponamento gerada pela suplementação de  $\beta$ -alanina possa ser um fator relevante para essas modalidades esportivas.

O polo aquático é uma modalidade esportiva coletiva caracterizada pela frequente realização de esforços repetidos de alta intensidade (TAN et al., 2009; MELCHIORRI et al., 2010) e por apresentarem alta demanda cardiovascular (SMITH, 1998). Os períodos de alta intensidade no jogo do polo aquático (velocidade  $> 1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) correspondem a  $\sim 44\%$  da distância total percorrida, resultando em uma resposta lactacidêmica ( $[\text{La}^-]$ ) média de  $7,7 \pm 1,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  e deixando evidente a alta intensidade e significativa contribuição do metabolismo anaeróbio durante o jogo (MELCHIORRI et al., 2010). Ainda, em adição a velocidade de nado, a necessidade de realizar constantes saltos e de manter as mãos levantadas para receber um passe ou realizar um bloqueio nos momentos ofensivos e defensivos são esforços extras que aumentam a intensidade durante o jogo do polo aquático (SMITH, 1998).

A alta intensidade e estresse metabólico anaeróbio afetam diretamente o desempenho dos atletas no decorrer do jogo, tanto nos padrões de deslocamento com significativa diminuição da distância total de nado em alta intensidade no último quarto do jogo (velocidade  $> 1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  diminui 7% e a taxa de trabalho que diminui de  $58,0 \pm 6,2$  para  $49,0 \pm 09,0 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ ) (MELCHIORRI et al., 2010), como na técnica de arremesso, com um decréscimo de 43% na proficiência da execução dessa habilidade motora (ROYAL et al., 2006). Nesse sentido, como a diminuição do desempenho no polo aquático parece estar associado à fadiga ocasionada pela alta solicitação do sistema glicolítico e diminuição do pH, torna-se evidente a necessidade de intervenção com procedimentos que possam retardar esse mecanismo de fadiga durante o jogo.

Portanto, baseado nessa lacuna científica em relação a suplementação de  $\beta$ -alanina sobre modalidades esportivas e as atividades de alta intensidade do polo aquático, o presente trabalho terá como foco principal investigar o efeito da suplementação de  $\beta$ -alanina no polo aquático, tanto em relação à potência anaeróbia, no retardo da fadiga, na habilidade de esforços repetidos e no desempenho físico durante o jogo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Fadiga muscular

A fadiga muscular é um fenômeno complexo e multifatorial que pode ser definido como uma redução induzida por exercício na capacidade do músculo para produzir força ou potência (ENOKA e DUCHATEAU, 2008). Embora a fadiga muscular seja um processo estudado a mais de 100 anos, os motivos que contribuem para esse processo ainda são completamente entendidos. Alguns autores atribuem as causas da fadiga como sendo de origem central (dentro do sistema nervoso central) ou periférica (produzida por alterações na junção neuromuscular ou distal à mesma) (GANDEVIA et al., 2001). Especificamente em esforços de alta intensidade, alguns fatores periféricos podem ser destacados como principais causadores desse processo, como redução de ATP, acúmulo de fosfato inorgânico (Pi) (WESTERBLAD et al., 2002), aumento extracelular de potássio (NIELSEN et al., 2003), diminuição da liberação / absorção dos íons de cálcio ( $Ca^{2+}$ ) a partir/do retículo sarcoplasmático (HIRANO et al., 2000), redução do glicogênio muscular (HERMANSEN et al., 1967), redução muscular dos estoques de creatina fosfato (HULTMAN et al., 1967), e a acidose intramuscular (acúmulo de íons  $H^{+}$ ) (FABIATO e FABIATO, 1978).

A acidose intramuscular é gerada principalmente pelo processo de glicólise anaeróbia e classicamente têm sido considerada como o principal fator causador periférico de fadiga muscular (FITTS, 1994). A contribuição da acidose para o estabelecimento da fadiga muscular têm sido são suportados por importantes estudos (FABIATO e FABIATO, 1978; METZGER e MOSS, 1987) que mostraram principalmente redução de força em condição de baixo pH intramuscular. Fabiato e Fabiato (1978) mostraram que em fibras musculares isoladas (cardíacas e esqueléticas), uma redução no pH intramuscular de 7,4 para 6,2 pode reduzir a tensão muscular em 30%. Similarmente, Metzger e Moss (1987), também mostraram expressiva redução na produção força (30% a 40%) em fibras musculares isoladas quando o pH foi reduzido de 7,0 para 6,2. No entanto, é importante ressaltar que esses estudos foram realizados em temperaturas  $\sim 20^{\circ}C$ . Quando os efeitos da acidose sobre o processo de fadiga muscular foram investigados em temperatura mais próximas dos valores fisiológico ( $\sim 30^{\circ}C$ ), os resultados foram mais discretos. Por exemplo, Pate et al. (1995) examinaram os efeitos da redução de pH (7,0 para 6,2) em fibras musculares isoladas examinadas em  $30^{\circ}C$  e encontraram apenas uma pequena influência da acidose sobre a tensão isométrica do músculo (redução de 18%) comparado ao mesmo procedimento realizado em baixas temperaturas

(10°C; redução de 50% na tensão isométrica do músculo). Assim, essas investigações com fibras isoladas indicam que efeitos da acidose sobre o desempenho muscular é dependente da temperatura.

Em estudos realizados com humanos durante a realização de esforços de alta intensidade, existem fortes evidências de que o acúmulo de íons  $H^+$  pode atuar como relevante causador do processo de fadiga muscular. Spriet et al. (1989) encontraram elevados aumentos na concentração intramuscular de íons  $H^+$  após a realização de esforços intermitentes de alta intensidade ( $3 \times 30$ -s máximos em cicloergômetro isocinético) com conseqüente redução na *performance* (~40% na potência máxima). Similarmente, Hargreaves et al. (1998) encontraram significativa redução na potência pico com concomitante aumento no acúmulo de íons  $H^+$  após 3 séries de esforços de 30-s máximos em cicloergômetro com 4 minutos de recuperação entre os esforços.

A redução na produção de tensão do músculo e conseqüente redução na *performance* causado pela acidose intramuscular pode ser explicada pelo fato da acidose perturbar o processo de ressíntese de creatina fosfato (HARRIS et al., 1976), prejudicar o processo de glicólise pela inibição de importantes enzimas glicolíticas como a fosfofrutoquinase (TRIVEDI e DANIFORTH, 1966) e por fim, perturbar o funcionamento do maquinário contrátil do músculo (DONALDSON e HERMANSEN, 1978; FABIATO e FABIATO 1978).

Desse modo, visto que a acidose intramuscular possui efeitos deletérios sobre o funcionamento celular, o corpo humano possui alguns mecanismos para regulação do pH dentro do próprio tecido muscular. Dentre os mecanismos, as substâncias tamponantes como a carnosina parece ter importante papel para manutenção do equilíbrio ácido-básico (ARTIOLI et al., 2010). Desse modo, visto que os esforços de alta intensidade podem causar grande acúmulo de íons  $H^+$  e conseqüente instalação do processo de fadiga e redução na *performance* esportiva (HOBSON et al., 2012), estratégias que possam aumentar os estoques de carnosina podem ter relevante importância ergogênica para o âmbito esportivo.

## **2.2. Carnosina**

A carnosina ( $\beta$ -alanyl-L-histidina) é um dipeptídeo sintetizado no tecido muscular a partir do aminoácido L-histidina e do aminoácido não-proteogênico  $\beta$ -alanina (HARRIS et al., 2006) através da ação da enzima carnosina sintetase (KALYANKAR e MEISTER, 1959). Esse dipeptídeo foi descoberto pelo bioquímico russo Vladimir Gulevich em 1900, e foi nomeado assim (“carnis” em Latin significa carne) devido à sua grande concentração presente no músculo esquelético de mamíferos (BOLDYREV, 2012).

Conhecida por ser um eficiente tampão intramuscular (ARTIOLI et al., 2010), a carnosina é encontrada principalmente em animais que necessitam da habilidade de rápida locomoção ou tolerar grandes períodos de ausência de oxigênio (hipóxia) (ABE, 2000), como por exemplo, as baleias da espécie *Balaenoptera Acutorostrata*, que chegam a nadar em águas profundas por mais de 30 minutos sem respirar, o que resulta em uma extrema acidose muscular e necessidade de um sistema de tamponamento eficiente (ARTIOLI et al., 2010).

Em humanos, a carnosina é o único dipeptídeo contendo histidina presente no tecido muscular, enquanto que nos músculos de outros mamíferos também podem ser encontrados dipeptídeos análogos da carnosina, como a anserina ( $\beta$ -alanyl-N1-methylhistidine) e a balenina/ofidina ( $\beta$ -alanyl-N3-methylhistidine) (CRUSH, 1970), as quais possuem função e aminoácidos similares ( $\beta$ -alanina e L-histidina) à carnosina (ABE, 2000).

A síntese de carnosina ocorre principalmente no tecido muscular e é determinada pela disponibilidade do aminoácido  $\beta$ -alanina (HARRIS et al., 2006). As células musculares não possuem a capacidade de capturar a carnosina circulante na corrente sanguínea devido à ausência de transportadores específicos (BAUER e SCHULZ, 1994), portanto o conteúdo intramuscular da carnosina é dependente exclusivamente de sua síntese através do aminoácido essencial L-histidina e da  $\beta$ -alanina (produzida no fígado) (FRITZSON, 1957; MATTHEWS e TRAUT, 1987), que podem, por sua vez, ser capturados do meio extracelular (ARTIOLI et al., 2010).

Quando ingerida através da dieta, a carnosina pode ser clivada em L-histidina e  $\beta$ -alanina já no enterócito pela ação da enzima carnosinase, presente principalmente na mucosa jejunal de humanos (SADIKALI et al., 1975). No entanto, como a atividade jejunal é relativamente baixa (SADIKALI et al., 1975), é muito provável que a carnosina ingerida chegue intacta a corrente sanguínea, onde é rapidamente hidrolisada pela enzima carnosinase (CN1) (ASATOOR et al., 1970). Assim, a concentração plasmática de carnosina é considerada insignificante (PARK et al., 2005) e apenas uma quantidade pequena de carnosina pode ser encontrada na urina 4 horas a ingestão da mesma (GARDNER et al., 1991).

Desse modo, embora presente em altas concentrações no tecido muscular de diversos animais presentes na dieta humana (aves, peixes e carnes) (ABE, 2000), a ingestão de carnosina parece não ser a estratégia mais interessante para aumentar sua síntese e atualmente, a suplementação crônica do aminoácido isolado  $\beta$ -alanina têm sido uma estratégia utilizada com sucesso para elevar o conteúdo intramuscular de carnosina (BLANCQUAERT; EVERAERT; DERAIVE, 2015).

### 2.2.1. Funções fisiológicas gerais da carnosina

A carnosina é conhecida por ser um dipeptídeo que possui diversas funções fisiológicas, tais como antioxidante (BOLDYREV; ALDINI; DERAIVE, 2013), anti-glicação de proteínas (HIPKISS; MICHAELIS; SYRRIS, 1995), neuroprotetiva (BOLDYREV; ALDINI; DERAIVE, 2013), cardioprotetiva (MCCARTY e DINICOLANTONIO, 2014) e pode atuar no aumento da sensibilidade ao cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) do aparato contrátil muscular (DUTKA e LAMB, 2004; DUTKA et al., 2012). No entanto, a principal função atribuída à carnosina é de tampão intracelular de íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) (SALE; SAUNDERS; HARRIS, 2010).

Tal função se deve ao valor de pKa (6,2) do anel de imidazol presente no aminoácido L-histidina (ABE, 2000). Esse valor de pKa está muito próximo do valor de pH dentro dos miócitos (~7,1 até ~6,5) (COSTILL et al., 1984) e quando a L-histidina se liga à  $\beta$ -alanina (carnosina), o valor de pKa se altera para 6,83, permitindo uma eficiente atuação de tampão dos íons  $\text{H}^+$  pela proximidade ao pH intracelular (SMITH et al., 1938). Assim, a carnosina se torna a primeira linha de defesa contra alterações no equilíbrio ácido-básico (VAN THIENEN et al., 2009).

### 2.2.2. Conteúdo intramuscular de carnosina

Em indivíduos saudáveis, o conteúdo intramuscular de carnosina é de aproximadamente  $20 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  de músculo seco (KENDRICK et al., 2009). No entanto, o conteúdo intramuscular de carnosina pode variar de acordo com alguns fatores, como por exemplo, os diferentes tipos de fibras (HARRIS et al., 2006). Fibras do tipo II possuem conteúdos de carnosina aproximadamente 120% maiores quando comparadas a fibras do tipo I (tipo II =  $23,2 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  de músculo seco e tipo I =  $10,5 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  de músculo seco) (HARRIS; DUNNETT; GREENHAFF, 1998). Essa distribuição do conteúdo de carnosina nas diferentes fibras musculares está de acordo com sua função de tampão intramuscular, visto que o fornecimento de energia anaeróbia é quantitativamente e qualitativamente mais importante em fibras glicolítica (DERAIVE et al., 2010). Assim, é aceitável que essas fibras necessitem de maiores concentrações de substâncias tamponantes (DERAIVE et al., 2010).

Ainda, também existe uma expressiva variação do conteúdo intramuscular de carnosina entre homens ( $21,3\pm 4,2 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  de músculo seco) e mulheres ( $17,5\pm 4,8 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  de músculo seco) (MANNION et al., 1992; BAGUET et al., 2012) e entre as diferentes faixas etárias, onde o conteúdo intramuscular de carnosina diminui significativamente com o passar dos anos (~16%) (BAGUET et al., 2012). Embora não exista

uma única explicação para essas diferenças, a concentração de testosterona é considerada um dos possíveis fatores regulador do conteúdo de carnosina (BAGUET et al., 2012).

Alguns fatores comportamentais também podem exercer influências no conteúdo intramuscular de carnosina, como por exemplo, os hábitos alimentares. Indivíduos vegetarianos apresentam conteúdos intramusculares de carnosina ~20% menores comparado a indivíduos onívoros (EVERAERT et al., 2013).

Outro aspecto importante a ser considerado nessa perspectiva é a influência do treinamento físico sobre o conteúdo intramuscular de carnosina (BELLINGER, 2014). Os poucos estudos realizados sobre o tema encontraram resultados conflitantes, o que impossibilita estabelecer um consenso. Por exemplo, Suzuki et al. (2004) encontraram aumento significativo no conteúdo intramuscular de carnosina após 8 semanas de treinamento de alta intensidade, enquanto que outros estudos utilizando treinamento isocinético com duração de 4 a 16 semanas não encontram nenhuma diferença nos conteúdos (MANNION et al., 1994; KENDRICK et al., 2009). Dessa maneira, futuros estudos são necessários para elucidar a real influência do treinamento físico sobre o conteúdo intramuscular de carnosina.

### **2.2.3. Metabolismo da $\beta$ -alanina**

O aminoácido não proteogênico  $\beta$ -alanina é sintetizado no fígado como metabólito final da degradação de uracila (FRITZSON, 1957; MATTHEWS e TRAUT, 1987), ou pode ser ingerido através da dieta, principalmente através do consumo de carnes, peixes e aves (ABE, 2000). Quando a  $\beta$ -alanina é sintetizada no fígado, apenas pequena parte é degradada em dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), e portanto, a principal função da via da uracila parece ser a síntese da carnosina (FRITZSON e PIHL, 1957).

Quando ingerida através da dieta, a  $\beta$ -alanina é rapidamente transportada através do trato gastrointestinal e atinge um pico de concentração plasmática entre 30 e 45 minutos, para então ser transportada para tecidos alvos (HARRIS et al., 2006), sendo que apenas pequena parte é excretada na urina (~2%) (STEGEN et al., 2013).

O transporte de  $\beta$ -alanina para o tecido muscular ainda não está bem estabelecido em humanos (ARTIOLI et al., 2010). Em um estudo realizado com células musculares embrionárias de frango, foi mostrado que a  $\beta$ -alanina presente na corrente sanguínea é capturada pelo tecido muscular através de um transportador estequiométrico no interior da célula que envolve aminoácido, cloreto e sódio na proporção de 1:1:2, respectivamente (BAKARDJIEV e BAUER, 1994).



Já em estudos em culturas celulares de roedores são apontados o transportador de taurina (TauT/SLC616;) (HARRIS et al., 2006) e peptídeo transportador 2 (PEPT2/SLC15A2) (STELLINGWERFF et al., 2012) como transportadores musculares de  $\beta$ -alanina. Dessa maneira, mais estudos são necessários para melhor elucidar as vias e envolvidas no processo de transporte de  $\beta$ -alanina em músculo humano.

De todo modo, a importância da  $\beta$ -alanina no metabolismo geral é evidenciada pelo o fato de ser considerado o aminoácido limitante para síntese endógena de carnosina em humanos (HARRIS et al., 2006), mesmo sendo um aminoácido não essencial (STELLINGWERFF et al., 2012). Tal atribuição é devido a menor afinidade da  $\beta$ -alanina com a carnosina sintetase ( $K_m$  aproximado de 2,3 mM) (HORINISHI et al., 1978) quando comparado a L-histidina ( $K_m$  16,8  $\mu$ M) (NG e MARSHALL, 1978) e a baixa concentração fisiológica de  $\beta$ -alanina comparada também a L-histidina (HARRIS et al., 2006).

#### **2.2.4. Suplementação de $\beta$ -alanina e aumento no conteúdo intramuscular de carnosina**

Atualmente, a principal estratégia para elevar o conteúdo intramuscular de carnosina é a suplementação crônica de  $\beta$ -alanina (BLANCQUAERT; EVERAERT; DERAIVE, 2015).

A efetividade dessa estratégia já está bem estabelecida na literatura, sendo possível aumentar o conteúdo intramuscular de carnosina em até 80% após 10 de semanas de suplementação com doses de 4,0-6,4 g·dia<sup>-1</sup> de  $\beta$ -alanina (HILL et al., 2007). Até mesmo doses diárias de  $\beta$ -alanina consideradas pequenas (1,6 g·dia<sup>-1</sup>) podem aumentar o estoque de carnosina entre 8 a 11% em apenas 2 semanas de suplementação (STELLINGWERFF et al., 2012). Ainda, esses aumentos no conteúdo intramuscular de carnosina são semelhantes nos diferentes tipos de fibras, isto é, fibras do tipo I e II apresentam um  $\Delta$  de  $\sim$ 16,7 mmol·kg<sup>-1</sup> de músculo seco após 10 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina (HILL et al., 2007).

O principal fator determinante para os aumentos no conteúdo intramuscular de carnosina é a quantidade total de  $\beta$ -alanina consumida durante um determinado período de tempo (STELLINGWERFF et al., 2012). Tal afirmação é evidenciada pelo estudo de Stellingwerff et al. (2012), que investigaram a dose-resposta da quantidade total de  $\beta$ -alanina consumida sobre conteúdo intramuscular de carnosina e encontraram uma forte dependência linear ( $r^2 = 0,921$ ).

Apesar disso, Baguet et al. (2009) mostraram que a resposta à suplementação crônica de  $\beta$ -alanina pode apresentar grande variação individual. Os autores (BAGUET et al., 2009) encontraram aumentos de 15% a 55% no conteúdo intramuscular de carnosina em indivíduos que receberam a mesma dose diária de  $\beta$ -alanina (4,8 g·dia<sup>-1</sup>). Os fatores que influenciam

essas diferenças individuais ainda são pouco entendidos, no entanto, o conteúdo intramuscular de carnosina na linha de base surge como uma possível explicação (HARRIS et al., 2006).

Outros fatores também parecem afetar diretamente a magnitude da resposta à suplementação de  $\beta$ -alanina, como por exemplo, a co-ingestão de  $\beta$ -alanina com outras refeições (STEGEN et al., 2013) e a associação da suplementação com treinamento físico (BEX et al., 2015). Embora ainda exista controvérsia em relação à influência da associação do treinamento físico à suplementação crônica de  $\beta$ -alanina, Bex et al. (2014; 2015) encontraram resultados relevantes sobre o tema. Recentemente, os autores (BEX et al., 2015) encontraram maiores aumentos absolutos no conteúdo intramuscular de carnosina quando a suplementação foi associada ao treinamento de alto volume ou alta intensidade em detrimento à suplementação realizada de maneira isolada. No entanto, maiores conclusões sobre o tema tornam-se limitadas visto que os estudos de Bex et al. (2014; 2015) utilizaram o método de espectroscopia de prótons por ressonância magnética para analisar o conteúdo intramuscular de carnosina, técnica que ainda não é validada e que pode apresentar valores errôneos (DE SALLES PAINELLI et al., 2015).

De todo modo, os aumentos no conteúdo intramuscular de carnosina também resultam em melhora de sua principal função, que é a capacidade de tamponamento (HILL et al., 2007). A capacidade de tamponamento muscular pode aumentar em ~5,5 %, sendo ~4,0 % em fibras do tipo I e ~7,0% em fibras do tipo II (HARRIS et al., 2006). Ainda, a contribuição da carnosina para o processo de tamponamento pode aumentar de ~6,5% para ~10,0% em fibras do tipo I e de ~12,0 % para ~18,0% em fibras do tipo II (HARRIS et al., 2006).

Outro fator relevante referente à suplementação crônica de  $\beta$ -alanina é o lento processo *washout*, isso é, após a interrupção da suplementação os estoques de carnosina retornam aos valores basais de maneira lenta e aparentemente linear (BAGUET et al., 2009, STELLINGWERFF et al., 2012). Os níveis de carnosina reduzem em apenas 30% do seu conteúdo após 3 semanas do término da suplementação, retornando aos valores basais pré-suplementação somente após 9 semanas (BAGUET et al., 2009). No entanto, novos estudos sobre o comportamento do processo *washout* da carnosina se fazem necessários, visto que os estudos realizados nessa perspectiva utilizaram apenas duas mensurações do conteúdo de carnosina após a interrupção da suplementação de  $\beta$ -alanina (BAGUET et al., 2009, STELLINGWERFF et al., 2012), o que dificulta uma análise precisa da cinética.

Atualmente, as recomendações de suplementação de  $\beta$ -alanina para aumentos significativos no conteúdo intramuscular de carnosina sugerem período de suplementação mínimo de 4 semanas com doses de 4 a 6 g por dia (BLANCQUAERT; EVERAERT;

DERAVE, 2015; TREXLER et al., 2015). Ainda, é importante que o consumo diário  $\beta$ -alanina seja dividido em múltiplas doses não maiores que 800 mg para evitar a ocorrência de parestesia (HARRIS et al., 2006). No entanto, se as cápsulas forem de liberação lenta, os efeitos de parestesia podem ser amenizados e doses de até 1,6 g podem ser toleradas (DECOMBAZ et al., 2012). Ainda, as cápsulas de liberação lenta podem diminuir a excreção urinária de  $\beta$ -alanina em até 70% (DECOMBAZ et al., 2012).

### **2.2.5. Suplementação de $\beta$ -alanina e desempenho**

O potencial aumento da atividade de tamponamento muscular com a suplementação da  $\beta$ -alanina (consequência do aumento dos níveis musculares de carnosina) surge como uma das principais alternativas da atualidade para retardar a fadiga em esforços de alta intensidade (DERAVE et al., 2007, DE SALLES PAINLELLI et al., 2014; HILL et al., 2007), especialmente em exercícios que resultam em alta acidose muscular (BELLINGER, 2014) com duração entre 1 e 4 minutos (HOBSON et al., 2012).

Embora o efeito ergogênico da suplementação  $\beta$ -alanina esteja diretamente relacionado a esforços de alta intensidade, isso é, com grande participação do metabolismo glicolítico (HOBSON et al., 2012), diversos estudos têm investigado a influência da suplementação também em parâmetros aeróbios determinados em teste incremental. Assim como, alguns estudos também investigaram o efeito ergogênico da suplementação  $\beta$ -alanina em exercício de força, que exigem grande participação neuromuscular.

Dessa maneira, a eficácia da suplementação  $\beta$ -alanina em parâmetros aeróbios e na *performance* de testes anaeróbios e de força serão discutidos a seguir.

### **2.2.6. Efeito da suplementação de $\beta$ -alanina em teste incremental**

A efetividade da suplementação de  $\beta$ -alanina sobre parâmetros fisiológicos aeróbios e parâmetros de *performance* determinados em teste incremental ainda é muito discutível. Os parâmetros fisiológicos como o consumo máximo e pico de oxigênio ( $\dot{V}O_{2max}$  e  $\dot{V}O_{2pico}$ ) parecem ter pouca ou nenhuma influência da suplementação de  $\beta$ -alanina, enquanto que os limiares ventilatório e anaeróbio parecem ser mais suscetíveis aos efeitos ergogênicos da suplementação de  $\beta$ -alanina, embora ainda exista discrepância nos resultados. Já os parâmetros de *performance* do teste incremental são os que possuem maiores evidências sobre um possível efeito ergogênico da suplementação de  $\beta$ -alanina, embora isso ainda não seja um consenso.

Os estudos de Smith-Ryan et al. (2013), Stout et al. (2007), Zoeller et al. (2007), Cochran et al. (2015), Glenn et al. (2015), Gross et al. (2014), Walter et al. (2010) e Kresta et al. (2014) investigaram os efeitos da suplementação de  $\beta$ -alanina sobre teste incremental em cicloergômetro e não encontraram melhora no  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  ou  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ . Ainda, Smith-Ryan et al. (2013), Zoeller et al. (2007) Walter et al. (2010), Gross et al. (2014) e Kresta et al. (2014) também investigaram a influência da suplementação de  $\beta$ -alanina sobre o limiar ventilatório (LV) e não encontraram melhora. Até o momento, apenas Ghiasvand et al. (2012) e Smith et al. (2009) encontraram alguma melhora no  $\dot{V}O_{2\text{max}}$ , Stout et al. (2007) no LV e Zoeller et al. (2007) no limiar de lactato em cicloergômetro. Ainda, Stout et al. (2006, 2007 e 2008) encontraram melhora na capacidade de trabalho em limiar de fadiga através de análises eletromiográficas.

Quando os parâmetros aeróbios foram investigados em esteira, Jordan et al. (2010) encontraram resultados contraditórios, com diminuição no  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  e retardo no acúmulo de lactato sanguíneo (OBLA).

Dessa maneira, pelo fato dos parâmetros fisiológicos aeróbios como  $\dot{V}O_{2\text{pico}} / \dot{V}O_{2\text{max}}$  terem pouca ou nenhuma influência da capacidade de tamponamento, aparentemente os valores dessas variáveis também são pouco influenciados pela suplementação de  $\beta$ -alanina. Já os limiares ventilatórios e anaeróbios possuem maior influência da capacidade de tamponamento, mas ainda assim os efeitos da suplementação de  $\beta$ -alanina são contraditórios, sendo que poucos estudos encontraram melhora significativa. Por outro lado, os resultados de melhora na capacidade de trabalho em limiar de fadiga mostrado por Stout et al. (2006, 2007 e 2008) são promissores e indicam que a suplementação de  $\beta$ -alanina pode retardar o estabelecimento de fadiga neuromuscular.

A influência da suplementação de  $\beta$ -alanina sobre os parâmetros de *performance* em teste incremental também são controversos. Por exemplo, Stout et al. (2007), Ghiasvand et al. (2012) e Smith et al. (2009) encontraram aumento no tempo até exaustão (TTE) em teste incremental. Enquanto que Smith-Ryan et al. (2013) e Zoeller et al. (2007) não encontraram melhora para essa mesma variável de *performance*. Devido ao fato dos últimos estágios de um teste incremental até exaustão ser demarcado por grande elevação na acidose (FREITAS et al., 2015), é plausível que a suplementação de  $\beta$ -alanina possa ter algum efeito positivo sobre essa variável.

Dessa maneira, a influência da suplementação de  $\beta$ -alanina em parâmetros fisiológicos aeróbios determinados em teste incremental como  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  e  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  é discreta ou inexistente,

enquanto que em limiares ventilatório e anaeróbio e em parâmetros de *performance* como TTE, os efeitos benéficos são mais prováveis. Em adição, existe fortes indícios de efeitos ergogênico da suplementação de  $\beta$ -alanina sobre a capacidade de trabalho em limiar de fadiga.

### **2.2.7. Efeito da suplementação de $\beta$ -alanina em exercícios de força**

Para melhor entendimento sobre os efeitos da suplementação de  $\beta$ -alanina em exercícios de força, torna-se necessário a análise separada entre os diferentes tipos de avaliação dessa variável. Com base na principal função da carnosina que é de tampão intramuscular, é de se esperar que os exercícios de força que não induzam uma grande elevação na acidose muscular e não irão se beneficiar da suplementação de  $\beta$ -alanina, tais como exercícios de força máxima. Os estudos realizados nessa perspectiva, como de Kendrick et al. (2008) não encontraram melhora significativa após 10 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina ( $6,4 \text{ g} \cdot \text{dia}^{-1}$ ) na repetição máxima (1RM) de agachamento, supino e agachamento terra. Assim como, Hoffman et al. (2008) não encontraram melhora no teste de 1RM em agachamento e na potência de membros inferiores após 30 dias de suplementação com doses de  $4,8 \text{ g} \cdot \text{dia}^{-1}$ . Assim, muito provavelmente a falta de efeito ergogênico da suplementação crônica de  $\beta$ -alanina nesse tipo de exercício seja devido ao fato da força máxima não ser limitada pela acidose (ARTIOLI et al., 2010).

Em exercícios de força isométrica e isocinética, a utilização do metabolismo glicolítico e conseqüente acidose se tornam mais evidentes, e portanto, os efeitos ergogênicos com a suplementação de  $\beta$ -alanina nesses tipos de exercício se mostram mais efetivos.

Em exercícios isométricos com cargas próximas a 45% da contração isométrica voluntária máxima ocorre a oclusão do fluxo sanguíneo para o músculo contraído, o que conseqüentemente restringe o efluxo de lactato e íons  $\text{H}^+$ , e eleva a acidose intramuscular (AHLBORG et al., 1972). Assim, é muito provável que exercícios até à exaustão em cargas próxima a 45% da contração isométrica voluntária máxima (tempo estimado 78 s) possam se beneficiar com a suplementação de  $\beta$ -alanina. Nessa perspectiva, Sale et al. (2012) encontraram melhora significativa no tempo até a exaustão em um teste realizado a 45% da contração isométrica voluntária máxima após 4 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina com doses de  $6,4 \text{ g} \cdot \text{dia}^{-1}$ . Já Derave et al. (2007) não encontraram melhora no tempo até exaustão a 45% da contração voluntária máxima, enquanto Kern e Robinson (2011) não encontraram efeito significativo na *performance* do teste de flexão de braço isométrica na barra fixa (*flexed-arm hang*) com suplementação de 8 semanas  $\beta$ -alanina ( $4,0 \text{ g} \cdot \text{dia}^{-1}$ ). No entanto é

muito provável que os participantes do estudo de Derave et al. (2007) tenham realizado o esforço em uma carga abaixo de 45% da contração isométrica voluntária máxima, visto que o tempo até exaustão (~180 s) foi muito superior ao tempo estimado para esse tipo de exercício (SALE et al., 2013), enquanto que o tempo até à exaustão no estudo de Kern e Robinson (2011) foi inferior a 60 s, e assim, possivelmente a acidose intramuscular gerada durante ambos os testes tenha sido insuficiente para limitar a *performance* de maneira significativa.

Em avaliação referente à força isocinética, os estudos também têm mostrado resultados benéficos frente à suplementação  $\beta$ -alanina quando os esforços possuem duração e intensidade suficiente para causar extrema acidose. Desse modo, Derave et al. (2007) encontraram melhora no torque de extensão de joelho em múltiplas séries (5 séries de 30 repetições) em teste isocinético. De maneira semelhante, Howe et al. (2013) encontraram melhora na potência média, TWD e índice de fadiga em protocolo de 30 contrações isocinéticas máximas (flexão/extensão) de joelho após 4 semanas de suplementação (~4,5 g·dia<sup>-1</sup>). No entanto, durante a realização de apenas 3 repetições de extensão de joelho, Kendrick et al. (2008) não encontraram melhora na produção de força isocinética.

Assim, o efeito ergogênico da suplementação crônica de  $\beta$ -alanina é improvável em exercícios de força máxima, enquanto que em exercício de força isométrica e isocinética os resultados parecem estar mais associados à intensidade e tempo de esforço necessário para gerar grande acidose intramuscular.

### **2.2.8. Efeito da suplementação de $\beta$ -alanina em exercícios de alta intensidade**

Tendo em vista que o principal mecanismo fisiológico associado com a suplementação de  $\beta$ -alanina está relacionado ao aumento na capacidade de tamponamento muscular, consequentemente a maioria dos estudos que investigaram o efeito ergogênico da suplementação de  $\beta$ -alanina são direcionados para exercícios com grande participação do metabolismo glicolítico e de fosfato de alta energia.

A efetividade da suplementação tem sido mostrada em exercícios com duração entre 60 a 240 segundos (HOBSON et al., 2012) e portanto, grande parte dos estudos que investigaram exercícios com essa duração encontraram melhora significativa na *performance*, principalmente em exercícios que avaliaram a capacidade de realização de esforços em intensidade supramáxima (QUESNELE et al., 2014; TREXLER et al., 2015).

Tal afirmação é baseada nos achados de Hill et al. (2007), Sale et al. (2011) e Danaher et al. (2014) que encontraram melhora de ~13% no TTE em ciclo ergômetro a 110% da potência máxima após 4 semanas de suplementação ciclo ergômetro. Smith et al. (2009)

encontraram melhoras ainda mais expressivas (32%) no TTE a 110% da intensidade de  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  após 42 dias de suplementação. Mesmo em intensidades a 120% do  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  em ciclo ergômetro, a suplementação de  $\beta$ -alanina é capaz de gerar melhoras expressivas na *performance* (~9--23%) (BELLINGER e MINAHAN, 2015; GLENN et al., 2015).

No entanto, quando os esforços de característica anaeróbia são realizados de maneira intermitente, os resultados são conflitantes. Realizando 4 testes *Wingate* com 3 minutos de recuperação entre os esforços, De Salles Painelli et al. (2014) e Tobias et al. (2013) encontraram melhora significativa na *performance* com a suplementação de  $\beta$ -alanina, no entanto, utilizando protocolo semelhante, mas com 4 minutos de recuperação, Cochran et al. (2015) não encontraram melhora significativa na *performance*. Assim como, Smith-Ryan et al. (2012) não encontraram melhora em esforços de corrida até a exaustão em três diferentes intensidades (90%, 100% e 110% da velocidade pico) utilizando longos intervalos (15 minutos) entre os esforços.

Desse modo, mais investigações são necessárias em relação à influência da suplementação de  $\beta$ -alanina sobre os esforços intermitentes de alta intensidade.

Os efeitos da suplementação crônica de  $\beta$ -alanina sobre os esforços intermitentes de alta intensidade de curta duração ( $\leq 10$  s) e separados por curto período de recuperação ( $\leq 60$  s) serão discutidos no próximo tópico.

### **2.2.9. Efeito da suplementação de $\beta$ -alanina no esporte**

O potencial efeito ergogênico da suplementação crônica de  $\beta$ -alanina em exercícios de alta intensidade têm despertado o interesse da comunidade esportiva (BLANCQUAERT; EVERAERT; DERAIVE, 2015).

Diversos estudos têm investigado a influência da suplementação de  $\beta$ -alanina em diferentes modalidades esportivas, no entanto, os resultados são contraditórios e devem ser analisados especificamente dentro de cada modalidade esportiva.

O ciclismo é a modalidade que atualmente contém o maior número de estudos a respeito. No entanto, as diferenças entre os testes e níveis dos atletas dificultam a formação de um consenso sobre a eficácia da suplementação de  $\beta$ -alanina nessa modalidade. Aparentemente provas longas contra o relógio (*time-trial*) ( $>1$  h) não são influenciadas pela suplementação de  $\beta$ -alanina (VAN THIENEN et al., 2009; CHUNG et al., 2014), o que não é surpreendente visto que essa duração de prova possui característica aeróbia. No entanto, quando realizado um *sprint* (30 s) ao final desse tipo de prova, Van Thienen et al. (2009) mostraram que a suplementação de  $\beta$ -alanina pode ser eficiente para melhorar a *performance*

do *sprint*. Já em provas mais curtas, os resultados mais promissores com a suplementação de  $\beta$ -alanina são encontrados em provas de ~4-km, com duração entre 4 e 6 minutos (BELLINGER et al., 2012; BELLINGER e MINAHAN, 2015) e aparentemente ineficaz em provas de duração ~1min (1km) (BELLINGER e MINAHAN, 2015).

Outra modalidade que têm recebido grande atenção é o remo, especificamente em provas de 2000 m. Até o presente momento, três estudos (BAGUET et al., 2010; DUCKER; DAWSON; WALLMAN, 2013b; HOBSON et al., 2013) investigaram o efeito da suplementação crônica de  $\beta$ -alanina nessa modalidade e os resultados mostraram uma tendência positiva de melhora na *performance*. Embora os estudos não tenham apresentado diferença estatisticamente significativa entre os grupos, o tempo de prova do grupo que suplementou  $\beta$ -alanina foi ~5 segundos melhor quando comparado com o grupo placebo (BAGUET et al., 2010; DUCKER; DAWSON; WALLMAN, 2013b; HOBSON et al., 2013). Ainda, é importante ressaltar que o valor de *p* no estudo de Baguet et al. (2010) e Ducker; Dawson; Wallman, (2013b) foram de 0,07 e 0,055, respectivamente, para encontrar diferença entre os grupos. Portanto, visto que esses estudos foram realizados com atletas bem treinados da modalidade, para os quais pequenas alterações na *performance* podem ser muito relevantes, a suplementação de  $\beta$ -alanina parece ser uma estratégia muito interessante para melhorar a *performance* nessa distância de prova (2000 m).

De maneira semelhante, o efeito da suplementação de  $\beta$ -alanina na natação tem recebido relativamente grande atenção recentemente, no entanto, os efeitos na *performance* ainda são contraditórios. De Salles Painelli et al. (2013) encontraram achados positivos após a suplementação de  $\beta$ -alanina em provas de 100 e 200 metros, enquanto Mero et al. (2013) não encontraram melhora em prova de 100 metros. De maneira semelhante, Chung et al. (2012) também não encontraram na *performance* competitiva de nadadores de distancias curta, média e longa. Portanto, mais estudos se fazem necessários em relação à natação para elucidar a eficácia da suplementação de  $\beta$ -alanina nessa modalidade esportiva.

Em relação aos efeitos da suplementação de  $\beta$ -alanina na *performance* de corrida, apenas dois estudos foram realizados até o momento. Derave et al. (2007) investigaram o efeito da suplementação de  $\beta$ -alanina na *performance* de 400 metros e não encontraram melhora significativa. No entanto, quando a eficácia da suplementação foi investigada em prova de 800 metros, onde existe grande a participação glicolítica, Ducker, Dawson e Wallman (2013a) encontraram resultados benéficos. Assim, embora poucos estudos tenham sido realizados com *performance* de corrida até o presente momento, os efeitos benéficos da



$\beta$ -alanina parece ser mais provável em provas de meio fundo (800 m e 1500 m), onde existe grande participação glicolítica (HILL, 1999).

Em modalidades de luta, apenas dois estudos foram realizados nessa perspectiva e os resultados encontrados foram promissores. Em um estudo com boxeadores amadores, Donovan et al. (2012) encontraram melhora na frequência de soco ( $\beta$ -alanina:  $5\pm 4$  socos; placebo:  $-2\pm 3$  socos) e força média de soco ( $\beta$ -alanina:  $20\pm 1$  kg; placebo:  $1\pm 1$  kg) em protocolo que mimetiza uma luta de boxe. Assim como, em um recente estudo realizado com atletas bem treinados de judô (DE ANDRADE KRATZ et al., 2016 *in press*), foi encontrado melhora entre os grupos no número de total de golpes ( $\beta$ -alanina:  $\sim 78$  golpes; placebo:  $\sim 72$  golpes) realizados em um protocolo específico para judô, cujo o desenho foi composto de 5 minutos de luta simulada, seguido por 3 séries do teste *Special Judo Fitness Test*.

De todo modo, a grande maioria dos estudos que investigaram o potencial efeito ergogênico da suplementação crônica de  $\beta$ -alanina em modalidades esportivas foram realizados com esportes individuais. Poucos estudos até o momento foram realizados com modalidades esportivas coletivas, tanto em relação à amostra, como em testes e protocolos que representem as ações dessas modalidades.

Nessa perspectiva, Saunders et al. (2012b) investigaram o efeito ergogênico da suplementação crônica de  $\beta$ -alanina em jogadores amadores de futebol em teste intermitente altamente específico para a modalidade (*YoYo Intermittent Recovery Tests level 2*) e encontraram melhora significativa na distância total percorrida. No entanto, em estudo similar mas com teste de múltiplos *sprints* (*Loughborough Intermittent Shuttle Test*), que também é considerado específico ao futebol, nenhuma melhora significativa foi encontrada (SAUNDERS et al., 2012a). Segundo os autores (SAUNDERS et al., 2012a), essa ausência de efeito ergogênico da  $\beta$ -alanina pode ser devido à insuficiente intensidade de esforço no teste para gerar elevada acidose e conseqüentemente permitir uma atuação efetiva da carnosina no tamponamento intramuscular.

Quando investigado a influência da suplementação de  $\beta$ -alanina na habilidade de realizar *sprints* repetidos com breves períodos de recuperação (*Repeated Sprint Ability - RSA*), atividade que é altamente realizada nas modalidades esportivas coletivas (SPENCER et al., 2005), os estudos realizados até o momento não encontraram melhora (SWEENEY et al., 2010; DUCKER et al., 2013c; DANAHER et al., 2014; SAUNDERS et al., 2014). No entanto, as conclusões a respeito dos efeitos ergogênicos da suplementação de  $\beta$ -alanina em modalidades esportivas coletivas devem ser realizadas com cautela, tendo em vista que apenas dois estudos realizados nessa perspectiva utilizaram protocolo de RSA específico à

modalidade investigada (DUCKER; DAWSON; WALLMAN, 2013c; SAUNDERS et al., 2014), o que poderia representar o jogo de fato. Além disso, a realização de *sprints* repetidos separados por curto intervalo pode gerar elevada acidose sanguínea (GAITANOS et al., 1993) e muscular (BISHOP et al., 2004), o que poderia levar as modalidades coletivas se beneficiarem da suplementação de  $\beta$ -alanina. Assim, novas investigações são necessárias sobre o tema, principalmente utilizando protocolos específicos à modalidade esportiva investigada e atletas bem treinados.

## **2.3. Polo aquático**

### **2.3.1. Histórico e principais regras**

O polo aquático foi criado no Reino Unido no final dos anos 1800 e incluído nas Olimpíadas de Paris em 1900 (SMITH, 1998), sendo considerada a modalidade esportiva coletiva mais antiga dos Jogos Olímpicos modernos (PLATANOU, 2009).

A prática do polo aquático inicialmente se tornou muito popular no continente europeu e atualmente, com ajuda da inclusão da modalidade feminina de polo aquático nos jogos Olímpicos (Sydney 2000), o esporte também se disseminou para outros continentes, tornando-se uma atividade popular também na América do Norte, Oceania e Ásia (SMITH, 1998).

O jogo de polo aquático é constituído por 2 gols posicionados em uma piscina de 30 x 20 m com 7 jogadores em cada equipe, sendo seis jogadores de linha e um goleiro (LUPO et al., 2009). Ainda, é permitida a presença de 6 atletas no banco de reservas e as substituições durante a partida são ilimitadas (FEDERATION INTERNATIONALE DE NATATION).

Os jogos oficiais são compostos por 4 tempos de 8 minutos (excluindo as pausas no jogo) separados por intervalos de 2 e 5 minutos (FEDERATION INTERNATIONALE DE NATATION). Em caso de empate, o jogo pode ter mais dois tempos extras de 3 minutos e caso o empate permaneça, o vencedor do jogo é decidido nas cobranças de pênaltis. (FEDERATION INTERNATIONALE DE NATATION).

Outra característica relevante da modalidade é que as equipes tem o tempo máximo de 30 segundos de posse bola para executar alguma ação e caso esse tempo seja extrapolado, a posse da bola passar a ser da equipe adversária (FEDERATION INTERNATIONALE DE NATATION), o que torna dessa maneira o jogo mais dinâmico.

### **2.3.2 Ações de jogo**

O polo aquático é uma modalidade caracterizada por esforços de alta intensidade que ocorrem de maneira intermitente durante uma partida. Tais esforços são realizados tanto na

posição horizontal quanto na posição vertical (D'ERCOLE et al., 2013), sendo que cada posição representa ~50% do tempo de jogo (LUPO et al., 2009, SMITH, 1998).

A posição horizontal é utilizada para o deslocamento dos atletas durante o jogo, realizado principalmente com a execução do nado em estilo crawl (DOPSAJ; MADIC; OKICIC, 2007), que pode ser realizado com a cabeça sob a água, com a cabeça acima da água e/ou conduzindo a bola (DOPSAJ; MADIC; OKICIC, 2007). De todo modo, o deslocamento total de um atleta de elite de nível internacional durante uma partida é de ~1600 m (MELCHIORRI et al., 2010), sendo ~44% dessa distância percorrida em alta intensidade, ou seja, em velocidade  $> 1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (HOHMANN e FRASE; BRATUSA et al., 2010; MELCHIORRI et al., 2010). Ainda, a posição horizontal é utilizada para a realização de *sprints*, que acontecem ~15 vezes durante uma partida com duração de ~6 segundos cada (TAN et al., 2009).

Já a posição vertical é utilizada para realizar habilidades motoras como passes, arremessos, saltos, bloqueios e disputas com o oponente (PLATANOU e GELADAS, 2006), sempre utilizando o movimento de pernada alternada (movimento cíclico e alternado das pernas) chamado de pernada *egg beater* (ULJEVIC et al., 2013). As ações estacionárias e bloqueios apenas com um braço acima do nível da água são consideradas ações de baixa e moderada intensidade, respectivamente (D'AURIA e GABBETT, 2008; TAN et al., 2009) e representam grande parte das ações de posição vertical. No entanto, algumas ações nessa posição como os duelos e os movimentos que exigem do atleta grande elevação do tronco (peito e ombro acima do nível da água, por exemplo, nos arremessos) são considerados de alta intensidade e acontecem ~40 vezes durante uma partida (TAN et al., 2009), sendo considerados determinantes para a modalidade (D'AURIA e GABBETT, 2008).

Assim, as considerações de esforços de alta intensidade no polo aquático devem ser baseadas em esforços de posição vertical e horizontal. Nessa perspectiva Tan et al. (2009) investigaram em a frequência de esforços repetidos de alta intensidade, onde eram assim considerados os esforços de alta intensidade (*sprints*, duelos, movimentos de grande elevação de tronco) que se repetissem no mínimo 3 vezes com tempo de recuperação máxima de 30 segundos entre eles e os resultados mostraram que esse evento ocorre com a frequência de  $6,7\pm 3,5$  vezes por partida, com duração de cada esforço e tempo de recuperação entre os esforços de  $5,9\pm 2,6$  segundos e  $10,6\pm 4,2$  segundos, respectivamente. Dessa maneira, os autores concluem que os programas de treinamento físico do polo aquático devem preparar os atletas para essas situações de esforços repetidos de alta intensidade (TAN et al., 2009).

As ações de jogo no polo aquático podem variar consideravelmente de acordo com as posições dos atletas, indiciando a especificidade de cada posição. Por exemplo, os jogadores marcadores de centro percorrem uma distância total significativamente maior ( $1816 \pm 496$  metros) durante uma partida oficial quando comparado a jogadores de perímetro ( $1676 \pm 348$  metros) e atacantes de centro ( $1317 \pm 281$  metros) (MELCHIORRI et al., 2010). No entanto jogadores de perímetro realizam maior número de *sprints* ( $20 \pm 11$ ) e com duração maior ( $6,7 \pm 1,3$  s) quando comparados a jogadores centrais ( $9 \pm 4$  *sprints* de  $5,7 \pm 0,8$  s) (TAN et al., 2009). Já em relação a movimentos de posição vertical, os jogadores de posições centrais realizam duelos com duração maior ( $8,0 \pm 1,4$  s) do que jogadores de ponta ( $4,9 \pm 1,4$  s) (TAN et al., 2009). Portanto, o posicionamento dos atletas é um fator que deve ser considerado quando analisado as ações de jogo no polo aquático.

### 2.3.3. Características metabólicas da modalidade

Por ser uma modalidade que contempla diversos esforços de alta intensidade, o polo aquático também é caracterizado por possuir grandes exigências metabólicas (SMITH, 1998).

De maneira geral, um atleta de polo aquático apresenta altas taxas de frequência cardíaca (FC; FC média durante uma partida  $\sim 80\%$  da FC máxima) e concentração de lactato sanguíneo ( $[La^-]$ ; entre 7 a 9  $mmol \cdot L^{-1}$ ) durante o jogo (SMITH, 1998), sendo 58,7% do tempo total de jogo gasto em intensidades acima do limiar anaeróbio (Lan) (PLATANOU e GELADAS, 2006). Assim, a contribuição energética total de uma partida é dividida em torno de 50 a 60% aeróbio e 40 a 50% anaeróbio (SMITH, 1998).

Entretanto, por ser um ambiente completamente imprevisível, alguns fatores como diferença no placar da partida (PLATANOU, 2009), aspectos táticos (BOTONIS et al. (2015) e posicionamento dos atletas podem exercer grande influência sobre as variáveis fisiológicas e metabólicas do jogo. Por exemplo, os jogos com diferença de até dois gols no placar exigem uma demanda metabólica maior quando comparados com jogos com mais de 2 gols de diferença (PLATANOU, 2009). Ainda, recentemente Botonis et al. (2015) mostraram que o uso do sistema defensivo “pressão” ( $[La^-] = 6,5 \pm 2,9$   $mmol \cdot L^{-1}$ ) pode aumentar a demanda metabólica tanto para defensores quanto atacantes quando comparado à marcação por “zona” ( $[La^-] = 4,7 \pm 2,5$   $mmol \cdot L^{-1}$ ) ou “zona-pressão” ( $[La^-] = 4,6 \pm 1,8$   $mmol \cdot L^{-1}$ ). Em relação ao posicionamento dos atletas, Melchiorri et al. (2010b) mostraram que as  $[La^-]$  são maiores para os jogadores atacantes de centro ( $11,2$   $mmol \cdot L^{-1}$ ), quando comparado aos marcadores de centro ( $6,7$   $mmol \cdot L^{-1}$ ) e outras posições ( $5,3$   $mmol \cdot L^{-1}$ ).

Todos esses aspectos exigem que um atleta de polo aquático tenha uma excelente condição física para suportar a demanda metabólica imposta pela modalidade (MARRIN e BAMPOURAS, 2008). Assim, atletas de polo aquático de elite apresentam valores de  $\dot{V}O_{2MAX}$  em torno de  $60 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (PLATANOU, 2009) e são capazes de produzir altos valores de  $[\text{La}^-]$  ( $16 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) em testes máximos (SMITH, 1998), evidenciando a boa eficiência dos metabolismos aeróbio e anaeróbio.

#### 2.3.4. Fadiga no polo aquático

Em consequência do acúmulo de esforços de alta intensidade, há um evidente declínio nos parâmetros de *performance* física e em parâmetros fisiológicos durante a partida. Até mesmo atletas de elite podem apresentar diminuição da distância total de nado em alta intensidade no último estágio do jogo comparado aos três quartos iniciais (velocidade  $>1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  diminuiu 7%, enquanto a taxa de trabalho pode diminuir de  $58,0\pm 6,2 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  para  $49,0\pm 09,0 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ ) (MELCHIORRI et al., 2010). Ainda, existe um evidente decréscimo nas atividades de intensidades moderada e alta do primeiro para o último quarto (22,9% para 19,6% e 18,1% para 12,6%, respectivamente) (TAN et al., 2009). Além disso, a fadiga pode prejudicar parâmetros técnicos dos atletas, como redução na técnica de arremesso em ~43% (ROYAL et al., 2006).

A redução na intensidade do jogo causada pela fadiga também é evidente nos parâmetros fisiológicos. O último quarto do jogo apresenta diminuição no percentual de tempo (~9%) em zonas acima de 85% da FC e redução na  $[\text{La}^-]$  (~13%) (PLATANOU, 2009) em relação ao primeiro quarto de jogo.

De todo modo, torna-se evidente a necessidade de estratégias que possam de alguma forma atenuar essa queda de desempenho no polo aquático. Nesse sentido Tan et al. (2010) investigaram o efeito da suplementação de bicarbonato de sódio em um teste que reproduz as características e demandas fisiológicas de uma partida de polo aquático, porém apesar do bicarbonato de sódio ter sido eficiente para atenuar as reduções no pH sanguíneo, a suplementação não foi eficiente para melhorar a *performance* dos *sprints*, o que torna necessário novas investigações com outros recursos ergogênicos.

Baseado nas informações a respeito da suplementação de  $\beta$ -alanina na *performance*, é plausível supor que essa estratégia possa ser efetiva para melhorar o desempenho no polo aquático. Assim, torna-se relevante a investigação do efeito ergogênico da  $\beta$ -alanina nessa modalidade esportiva, tanto em relação à potência anaeróbia, na habilidade de esforços repetidos, no retardo da fadiga, e no desempenho durante o jogo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivos gerais**

O objetivo principal do presente estudo foi verificar o potencial ergogênico da suplementação por quatro semanas de  $\beta$ -alanina sobre a potência anaeróbia, habilidade de esforços repetidos e parâmetros de deslocamento em jogo simulado do polo aquático.

#### **3.2. Objetivos específicos**

3.2.1. Verificar o efeito da suplementação de  $\beta$ -alanina na força pico, força média, índice de fadiga, integral e lactacidemia no teste de nado atado de 30s, assim como, na força pico, força média, índice de fadiga, integral, força crítica e  $W'$  e lactacidemia no teste de esforço máximo de 3 minutos (*All-Out 3-min*);

3.2.2. Verificar o efeito da suplementação de  $\beta$ -alanina na habilidade de *sprints* repetidos mensurado em teste específico para o polo aquático;

3.2.3. Verificar o efeito da suplementação de  $\beta$ -alanina nos parâmetros de deslocamento no jogo de polo aquático mensurado por meio de rastreamento em jogo simulado;

#### 4. HIPÓTESE

Baseado no que foi exposto previamente sobre a suplementação de  $\beta$ -alanina e o desempenho em esforços de alta intensidade, a principal hipótese do presente estudo é que a suplementação de  $\beta$ -alanina possa atuar na manutenção da *performance* em situações precedidas por esforços prévios, como acontece em uma partida de polo aquático. Assim, espera-se encontrar melhora nos parâmetros de *performance* entre os grupos ( $\beta$ -alanina  $\times$  placebo) e entre os momentos (pré  $\times$  pós) principalmente nas ações de alta intensidade dos últimos quartos (3 e 4º quarto) do jogo simulado de polo aquático, onde provavelmente exista uma direta influência da acidose intramuscular sobre o desempenho físico. De maneira semelhante, espera-se que tais efeitos ergogênicos também sejam evidentes no teste habilidade de *sprints* repetidos, o qual é considerado um componente-chave para modalidades esportivas coletivas e conseqüentemente gera elevados níveis de acidose.

Por fim, mesmo nos testes semi-específicos (testes de nado atado) para polo aquático, que também são caracterizados pela alta intensidade e grande participação da via glicolítica, espera-se que a suplementação de  $\beta$ -alanina possa atuar de maneira benéfica aumentando os parâmetros de *performance*.

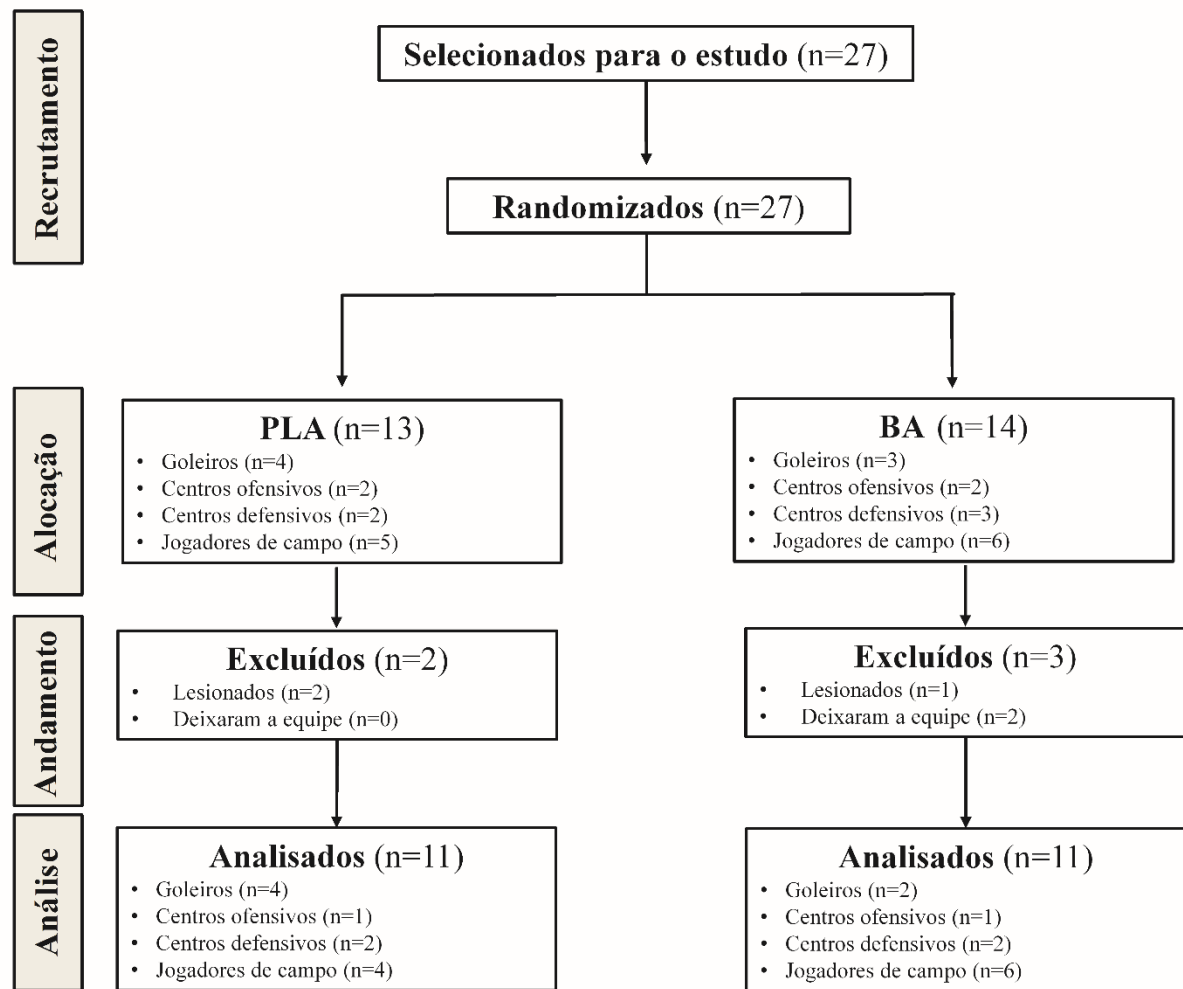
## 5. METODOLOGIA

### 5.1. Sujeitos

Iniciaram o estudo 27 atletas de polo aquático do sexo masculino. No entanto, 5 atletas foram excluídos da pesquisa por motivos de lesão, doenças ou por abandonarem a equipe (Figura 1). Dessa maneira, o estudo foi realizado com 22 atletas bem treinados de polo aquático, participantes de duas equipes da 1<sup>o</sup> divisão do Campeonato Brasileiro de polo aquático, com idade de  $18\pm 4$  anos, altura de  $178,5\pm 6,4$  cm, massa corporal de  $78,5\pm 9,5$  kg, ingestão proteica (calculado pelo *software* Avanutri® [Avanutri, Três Rios, RJ, Brasil] após a aplicação de um registro alimentar de 3 dias – ANEXO III) de  $2,0\pm 0,5$  g·kg<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup> e com quatro anos mínimos de experiência competitiva na modalidade. Os atletas foram divididos de maneira randômica em 2 grupos (suplementado com β-alanina e placebo) de 11 atletas (Tabela 1). A randomização dos participantes foi realizada de maneira estratificada considerando primeiramente a posição dos atletas, seguido pelo desempenho no teste de 30 s de salto sob a trave do gol (30 CJ- ver descrição do teste no tópico 5.5) e por fim, a ingestão de proteína na dieta (aplicação de um registro alimentar de 3 dias – ANEXO III). Assim, foi garantido que os grupos ficassem homogêneos tanto em relação a posição dos atletas, desempenho em teste específico de polo aquático e ingestão proteica .

Os procedimentos experimentais desse estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista (Anexo I) e foram aplicados respeitando a Declaração de Helsinki. Antes da participação no estudo, todos os sujeitos foram informados dos riscos e benefícios dos procedimentos e os voluntários ou seus responsáveis (quando menor de 18 anos) assinaram o Termo de Consentimento/Assentimento Livre e Esclarecido (Anexo II) (Protocolo nº 430.916/2013).





**Figura 1.** Esquemática do recrutamento dos participantes e progressão de cada estágio do estudo. PLA = grupo placebo; BA= grupo  $\beta$ -alanina.

**Tabela 1.** Características dos participantes pré suplementação.

	Placebo (n=11)	$\beta$ -alanina (n=11)	Valor de <i>p</i>
<b>Idade (anos)</b>	18±3	19±5	0,77
<b>Peso corporal (kg)</b>	81,4±8,8	75,7±9,6	0,16
<b>Altura (m)</b>	1,79±0,07	1,79±0,06	0,92
<b>Ingestão proteica (g·kg<sup>-1</sup>·dia<sup>-1</sup>)</b>	2,0±0,6	2,0±0,5	0,93

Valores expressos em média±desvio padrão.

## 5.2. Desenho e procedimento experimental

O estudo foi conduzido de maneira randomizado, duplo cego e controlado por placebo.

Inicialmente os atletas realizaram todas as avaliações (7 testes) e na semana seguinte iniciaram o período de suplementação (4 semanas), para então serem reavaliados. Tanto a

avaliação como a reavaliação foram realizadas em 4 dias ambas as equipes devido à disponibilidade de tempo das mesmas para realizarem avaliações, assim, foram realizados 2 testes por dia em períodos separados (manhã/noite).

Após a avaliação de linha de base, os 22 participantes foram divididos de maneira randômica em dois grupos de 11 sujeitos, caracterizado por grupo suplementado com  $\beta$ -alanina e grupo placebo (dextrose) (Sessão 5.2).

Todas as avaliações e reavaliações foram realizadas em piscina com temperatura de  $27\pm 1^\circ\text{C}$ .

Antes do início das avaliações, os participantes foram familiarizados durante o treino aos equipamentos utilizados nos testes de nado atado, como os elásticos (ver sessão 5.3), cabo inextensível e ao *snorkel* (AquaTrainer<sup>®</sup>, Cosmed, Roma, Roma, Itália) que foi utilizado na mensuração do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) durante o teste incremental máximo em nado atado (GXT<sub>ATADO</sub>). Ainda, o aquecimento dos participantes era realizado de maneira livre (~5 min) onde eles poderiam utilizar os equipamentos até se sentirem confortáveis.

Em todos os procedimentos aplicados, exceto no teste de *performance* de 200 m em nado crawl (ver sessão 5.4), amostras de sangue (25  $\mu\text{L}$ ) foram coletadas em diferentes momentos do lóbulo da orelha para análise da lactacidemia ( $[\text{La}^-]$ ). As amostras foram coletadas em tubos capilar heparinizados e armazenado em microtubos com 50  $\mu\text{L}$  de fluoreto de sódio à 1% em temperatura  $-20^\circ\text{C}$ . Posteriormente as amostras de sangue foram analisadas em lactímetro eletroquímico YSI 2300 (YSI, *Yellow Spring Instruments*, Yellow Springs, Ohio, EUA).

Ainda, durante a realização de todos os testes foram realizados incentivos verbais por parte dos pesquisadores com o intuito de encorajar os atletas a realizarem sempre esforços máximos.

### 5.3. Testes em nado atado em estilo crawl

Dos procedimentos aplicados nesse estudo, três testes foram aplicados em nado atado (estilo crawl), sendo um teste incremental máximo (GXT<sub>ATADO</sub>) (PAPOTI et al., 2013), um teste de esforço máximo de 3 minutos (*All-Out* 3min) (KALVA-FILHO et al., 2015) e um teste de 30 s máximo (PAPOTI et al., 2003; PAPOTI et al., 2013). Em todos os testes, a intensidade de esforço (força do nado) foi monitorada por meio de um sistema de aquisição de sinais em alta frequência (1000 Hz) (célula de carga – MK Controle, módulo de aquisição de dados - National Instruments e software LabView, Signal Express). A célula de carga foi fixada no bloco de partida (Figura 2) e os atletas foram atados ao sistema por uma corda

elástica (Auriflex, nº 204, São Roque, SP, Brasil) GXT<sub>ATADO</sub> e *All-Out* 3min ou por um fio de aço inextensível no teste máximo de nado atado de 30 s de cinco metros (Figura 3).

Todos os dados adquiridos foram filtrados por filtro de 4ª ordem em frequência de corte de 10Hz através do software Matlab (MatLab, MathWorks, Natick, Mass, EUA). Nos testes de *All-Out* 3min e no teste de 30 s máximo em nado atado de foram determinados os seguintes parâmetros em comum: força pico (maior valor de força do teste), força média (média de força durante todo o teste), integral de força (área sob a curva), índice de fadiga relativo (Equação 1) e absoluto (Equação 2):

$$\text{Índice de fadiga relativo} = (\text{força pico} - \text{força mínima}) * 100 / \text{força pico} \text{ (Equação 1)}$$

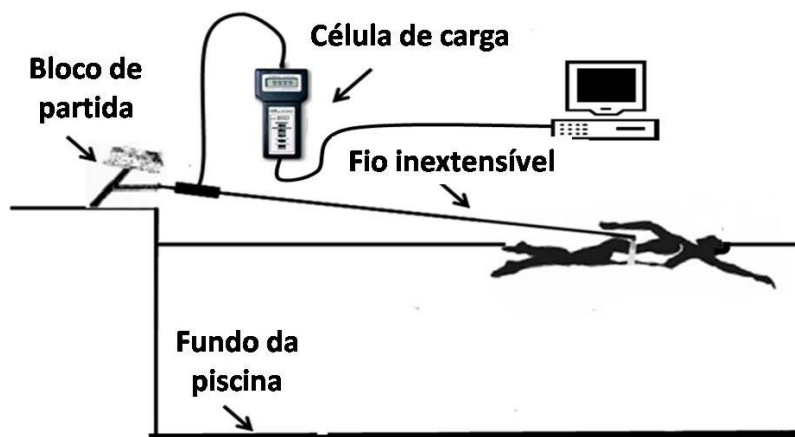
$$\text{Índice de fadiga absoluto} = (\text{força pico} * \text{tempo do teste}) - \text{integral} \text{ (Equação 2)}$$

Já no GXT<sub>ATADO</sub>, a determinação da força foi realizada de maneira específica e descrita no próximo tópico.

Ao final de todos os testes de nado atado, foram realizadas coletas de sangue nos minutos 3', 5' e 7' para a determinação da  $[La^-]$  pico do teste ( $[La^-]_{\text{pico}}$ ).



**Figura 2.** Fixação da célula de carga no bloco de partida.



**Figura 3.** Desenho esquemático do posicionamento do nadador e dos equipamentos utilizados para a mensuração da força durante o teste de 30 s máximo em nado atado.

### 5.3.1. Teste incremental máximo em nado atado para determinação do consumo pico de oxigênio ( $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ )

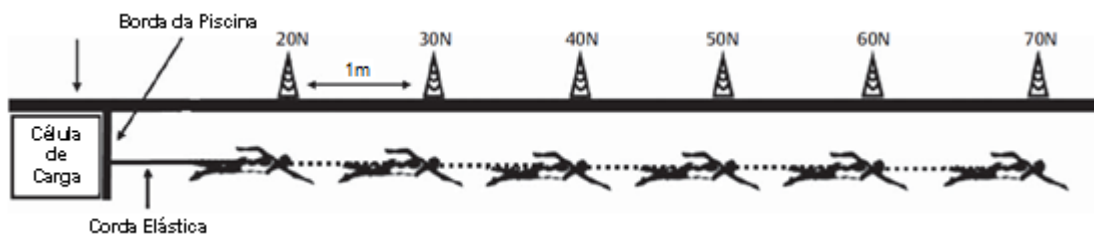
O consumo pico de oxigênio ( $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ), a intensidade de nado associada ao  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  ( $i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ) foram determinados em um teste incremental máximo em nado atado (GXT<sub>ATADO</sub>), adaptado de Papoti et al. (2013). Para isso, os atletas foram conectados ao aparato de dinamometria usando uma corda elástica comercial (Auriflex nº204, São Roque, São Paulo, Brasil) de 3 metros e tiveram o  $\dot{V}O_2$  mensurado respiração a respiração por um analisador de gases portátil (K4b2, Cosmed, Roma, Roma, Itália) acoplado a um *snorkel* específico para esse fim (AquaTrainer®, Cosmed, Roma, Roma, Itália). O analisador de gases foi calibrado a cada 4 avaliações com amostras de ar ambiente e gases conhecidos (3,98% CO<sub>2</sub> e 16,02% O<sub>2</sub>). Para posterior análise, os dados respiratórios foram suavizados a cada 30 pontos com o objetivo de excluir os pontos *outliers* (OZYENER et al. 2001).

A intensidade inicial do teste foi correspondente a aproximadamente 20N, e foi incrementada em aproximadamente 10N a cada estágio, cuja duração tinha 1 minuto. Durante cada estágio de exercício, os participantes eram instruídos a manter a linha da cintura o mais próximo possível do nível dos cones, que foram posicionados na borda lateral da piscina a cada 1 m entre um e outro. O aumento da intensidade de exercício foi realizado pela mudança da posição do nadador para o próximo cone, aumentando a tensão na corda elástica e resultando no incremento de aproximadamente 10N (Figura 4 e 5). O final do teste era determinado pela exaustão voluntária máxima do participante ou devido a impossibilidade do participante manter a cintura paralela ao cone no específico estágio. Os valores de força de cada estágio era considerado pelo valor médio de força dos últimos 50 segundos de cada

estágio, visto que durante os 10 primeiros segundos o participante ainda estava se ajustando ao novo estágio. O  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  foi assumido como a maior média de  $\dot{V}O_2$  encontrado no teste (considerando apenas os últimos 20 s), enquanto que a  $i\dot{V}O_{2\text{pico}}$  foi correspondente a menor intensidade em que o  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  for verificado (BILLAT e KORALSZTEIN, 1996). A força máxima atingida no teste incremental foi chamada de força pico, qual era referente à força do último estágio do teste. Caso o último estágio não fosse completado, a força associada a esse estágio era determinada através da formula de Kuipers et al. (1985) (Equação 3):

$$\text{Força pico} = F + (A \times N \div B) \text{ (Equação 3)}$$

Onde F é a força do último estágio completo (N), A é a taxa de incremento do teste (N), N é a duração (s) mantida no estágio incompleto e B é a duração dos estágios (s).



**Figura 4.** Diagrama das posições dos cones que foram utilizados no teste incremental máximo em nado atado. Adaptado de Papoti et al. (2013).



**Figura 5.** Teste incremental em nado atado adaptado de Papoti et al. (2013).

### 5.3.2. Teste de esforço máximo de 3 minutos

O teste de esforço máximo de 3 minutos (*All-Out* 3-min) foi realizado conforme descrito por Kalva-Filho et al. (2015) para avaliação de força específica na natação. O *All-Out* 3-min foi composto por um esforço máximo com duração de 3 minutos em nado atado, onde os atletas eram presos à uma corda elástica dupla de 3 m e instruídos a realizar o máximo esforço durante os 3 minutos sem qualquer estratégia e sem receber *feedback* de tempo. O início e fim do teste eram sempre sinalizados por um apito sonoro.

A mensuração da força foi realizada durante todo o *All-Out* 3-min para a determinação força pico, força média, integral da força, força crítica,  $W'$ , índice de fadiga relativo (Equação 1) e absoluto (Equação 2).

A força crítica foi correspondente média dos valores obtidos nos últimos 30s de esforço enquanto que a  $W'$  foi assumida como a integral da relação entre a força e o tempo de esforço, obtida acima da força crítica (VANHATALO et al., 2007).

### 5.3.3. Teste de 30 segundos máximo em nado atado

O teste de 30 s máximo teste nado atado (30<sub>ATADO</sub>) consistiu em realizar o esforço máximo durante 30 segundos no estilo crawl atado a um cabo inextensível (5 m) como descrito por Papoti et al. (2007). Papoti et al. (2003) relataram que a alta confiabilidade de ensaio ( $r = 0,93$ ). O início e o fim do teste foram definidos por sinal sonoro (apito) e os participantes começavam o teste já com o cabo esticado para evitar trancos. No teste 30<sub>ATADO</sub> foram determinados os parâmetros força pico, força média e integral da força. Também foram determinados o índice de fadiga relativo (Equação 1) e absoluto (Equação 2).

### 5.4. Performance de 200 m em nado crawl

Os atletas foram submetidos a um teste de *performance* de 200 m em nado crawl (P200m). Após o apito do avaliador, os atletas deveriam percorrer a distância de 200 m no menor tempo possível, que foi registrado através de um cronometro manual (JS-6610, Shenzhen Junsd Industry, Guangdong, Guangzhou, China).

A “largada” do teste era realizada de dentro da piscina devido ao fato dos atletas estarem habituados a realizarem os treinamentos de natação dessa maneira.

### 5.5. Teste de salto sob a trave do gol de 30 segundos

O teste de salto na trave do gol de 30 segundos (30CJ) consiste na realização de saltos consecutivos tocando a trave superior do gol por 30 segundos (BAMPOURAS e MARRIN,



2006; 2009; 2010) (Figura 6). O atleta deveria permanecer flutuando com a cabeça e ombros acima do nível da água e as mãos na superfície da água. Ao sinal sonoro, o jogador deveria saltar para fora da água e tocar a trave do gol com ambas as mãos o maior número de vezes durante 30 segundos, que foi considerado como índice do teste. Após o término do teste, amostras de sangue (25  $\mu$ L) foram coletadas para análise da lactacidemia no 3<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup> e 7<sup>o</sup> minuto.

A reprodutibilidade do 30CJ tem sido relatada por Bampouras e Marrin (2006; 2010) que encontraram valores moderados de correlação entre teste e reteste ( $r = 0,61$ ;  $p = 0,022$ ).



**Figura 6.** Representação do teste 30CJ.

### **5.6. Teste de habilidade de *sprints* repetidos**

O teste de habilidade de *sprints* repetidos (RSA) foi aplicado em duas situações distintas. O primeiro foi aplicado após a realização apenas do aquecimento (RSA<sub>1</sub>); e o segundo (RSA<sub>2</sub>), aplicado imediatamente após a execução do teste de nado de 30 min (T30; maior distância percorrida em 30 min) (OLBRECHT et al., 1985).

Cada teste de RSA foi composto por seis esforços máximos de 10 m com intervalo de 17s entre cada nado (TAN et al., 2010). Durante os períodos de recuperação não era permitido aos participantes tocar o fundo da piscina com os pés para o descanso e os atletas eram informados com sinal verbal 5s antes do início de cada esforço e também pela contagem regressiva de “3, 2, 1, vai”. A demarcação da distância de 10 m foi realizada por cones na borda da piscina, delimitando os pontos de início e final do esforço. A confiabilidade do teste de RSA foi descrita por Tan e colaboradores (2010) cujo valor do coeficiente de correlação intraclasse (ICC) foi de 0,93 e o coeficiente de variação foi de 1,2%.

Os esforços foram registrados com uma câmera digital (GoPro Hero 3+ Black, San Mateo, CA, EUA) posicionada no lado oposto da piscina para obter uma visão clara dos pontos de início e fim dos esforços. A análise dos *sprints* foi realizada através do software Kinovea (Kinovea 0.8.15 para Windows; disponível em <http://www.kinovea.org/>) (BALSALOBRE-FERNANDEZ et al., 2014). O tempo em cada nado foi utilizado para determinação do melhor tempo, tempo médio, tempo total e pior tempo. Ainda, o decréscimo absoluto foi calculado através da equação 5 e o percentual de decréscimo durante o teste foi calculado através da equação 6:

$$\text{Decréscimo absoluto} = \text{tempo total} - \text{tempo ideal} \text{ (Equação 5)}$$

$$\text{Percentual de decréscimo} = [\text{tempo total} / \text{tempo ideal} \times 100] - 100 \text{ (Equação 6)}$$

Onde o tempo ideal é o melhor tempo dos *sprints* multiplicado por 6.

O teste de nado de 30 min era iniciado 3 minutos após o término do primeiro teste de RSA e os atletas eram instruídos a percorrer a maior distância que possível em nado estilo crawl dentro do tempo de 30 minutos (OLBRECHT et al., 1985). Durante o teste não era fornecido nenhum *feedback* de tempo para os atletas e as distâncias percorridas também eram registradas por uma câmera digital (GoPro Hero 3+ Black, San Mateo, CA, EUA) para posterior contagem.

Amostras de sangue foram coletadas 2 minutos após o primeiro teste de RSA e, 5 e 7 minutos após o segundo teste de RSA para análise da  $[La^-]$ .

### **5.7. Rastreamento do deslocamento em jogo simulado**

Os jogos foram realizados com o intuito de torna-los mais semelhantes o possível de um jogo oficial. Assim, os jogos eram constituídos por 2 árbitros, placar eletrônico e cronômetro de posse de bola. Ainda, os jogos tinham 4 tempos com duração de 8 min e com intervalos de 2 min entre o 1º e o 2º quarto e entre 3º e 4º quarto e, de 5 min entre o 2º e 3º quarto, conforme a regra oficial do polo aquático. As medidas da piscina (30x20m) e da bola (circunferência= ~0,70m) também respeitaram as regras oficiais para campeonatos masculinos.

A seleção dos jogadores de cada time (7 atletas) foi realizada pelo treinador com o intuito de torna-las o mais equilibradas possível. Durante o decorrer do jogo os jogadores não poderiam ser substituídos e nem expulsos para que ocorresse equalização do tempo de jogo de cada atleta.



Devido ao acesso limitado as equipes, apenas uma das equipes da instituição participou do rastreamento do deslocamento em jogo simulado, o que diminuiu o número de participantes nessa avaliação. Em adição, os goleiros foram excluídos de todas as análises do jogo simulado por apresentarem grandes diferenças dos demais jogadores nas ações e demandas metabólicas durante a partida. Assim, o número de participantes que foram incluídos em todas as análises do jogo simulado foram 6 no grupo  $\beta$ -alanina e 5 no grupo placebo.

O jogo foi filmado de maneira integral por uma câmera da marca GoPro (GoPro Hero 3+ Black, San Mateo, CA, EUA) em 30 Hz alocada na área central de jogo da piscina e em ponto alto do local onde ocorreu o jogo, de tal forma que o posicionamento da câmera propiciava o enquadramento de toda área de jogo (Figura 7). Posteriormente, foi realizada a correção da distorção radial da imagem conforme descrito por Vieira et al. (2015) (Figura 8). Após a realização desse processo, foi utilizado o *software* Dvideow<sup>®</sup> (BARROS et al., 2007) para a calibração, rastreamento (30Hz) e obtenção do posicionamento bidimensional (x, y) de cada atleta na piscina durante o jogo em função do tempo. As coordenadas foram posteriormente filtradas em rotinas desenvolvidas em ambiente Matlab<sup>®</sup> (MatLab, MathWorks, Natick, MA, EUA) pelo filtro *butterworth* de 3<sup>a</sup> ordem, adotando-se uma frequência de corte de 0,6 Hz.

A calibração do ambiente foi realizada com marcações de 5 metros posicionadas do lado de fora de piscina, de modo que cobrisse todo o campo de jogo. No total foram utilizados 18 pontos de calibração posicionado nos eixos x e y.

Dessa maneira, foi possível determinar a distância total percorrida e o número (quantidade) de *sprints* (velocidade  $\geq 1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) realizados durante a partida. Ainda, a velocidade de deslocamento dos participantes durante a partida foi estratificada baseado nas seguintes zonas de velocidade utilizados no trabalho de Melchiorri et al. (2010), que foram propostos para o polo aquático tendo como base quatro zonas arbitrárias de velocidade, a saber: (1) velocidade  $< 0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (2) velocidade  $\geq 0,8$  e  $< 1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (3) velocidade  $\geq 1,4$  e  $< 1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (4) velocidade  $\geq 1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Assim, foram determinados a distância percorrida e o tempo dependido dos participantes nas 4 zonas de velocidade.

Imediatamente após o término de cada quarto, amostras de sangue foram coletadas do lóbulo da orelha para análise da lactacidemia. Ao final do último quarto de jogo foram coletadas amostras de sangue no 5<sup>o</sup> e 7<sup>o</sup> minuto.



**Figura 7.** Enquadramento da câmera GoPro sem correção da distorção radial.



**Figura 8.** Enquadramento da câmera GoPro após a correção da distorção radial.

### 5.8. Suplementação

Os participantes receberam os suplementos  $\beta$ -alanina (99% pura; *CarnoSyn*®  $\beta$ -alanine, Vista, CA, EUA) ou placebo (dextrose, Neonutri, Poços de Calda, BH, Minas Gerais) de maneira duplo-cego, que foram acondicionados em cápsulas gastro-resistente (hidroxipropilmetilcelulosa, *DrCaps*™, Capsugel, Puebla, PL, México) contendo 800 mg de suplemento. O período total de suplementação foi de quatro semanas (28 dias). O protocolo

de suplementação utilizado no presente estudo foi adaptado de Hill et al. (2007), onde nos 10 primeiros dias, os participantes receberam doses correspondentes a  $4,8 \text{ g}\cdot\text{dia}^{-1}$ , divididas em seis doses diárias de 800 mg, enquanto nos 18 dias finais, os participantes receberam doses correspondentes a  $6,4 \text{ g}\cdot\text{dia}^{-1}$ , divididas em quatro doses diárias de 1600 mg (duas cápsulas). Todas as doses foram ingeridas com um intervalo mínimo de duas horas entre elas a fim de evitar a ocorrência de parestesia (sensação de formigamento na pele) (HARRIS et al., 2006; HILL et al., 2007), que é o único efeito colateral da suplementação  $\beta$ -alanina descrito na literatura (HARRIS et al., 2006).

### 5.9. Treinamento

Foi monitorado um ciclo de treinamento típico em polo aquático, de modo que toda prescrição do treinamento foi exclusivamente elaborada pela comissão técnica, não sofrendo qualquer interferência por parte dos pesquisadores.

A periodização das equipes teve como base o calendário oficial da Federação Aquática Paulista de Natação. Dessa maneira, quando o estudo foi iniciado as equipes se encontravam no período preparatório básico e no momento da reavaliação as equipes estavam no período competitivo. Portanto, tanto no momento da avaliação quanto na reavaliação não houve o período de polimento, o que poderia supostamente aumentar o rendimento dos atletas nos testes (PAPOTI et al., 2007) e supostamente ressaltar os efeitos da suplementação de  $\beta$ -alanina.

Ambas as equipes treinavam entre 5 e 6 dias na semana em dois períodos e realizavam rotinas de treinamento semelhante, visto que estavam no mesmo período da temporada (preparatório básico). Um período do dia era direcionado para o treinamento resistido (força, hipertrofia e potência) enquanto que o outro era para o treinamento em meio aquático. O treinamento de força era dividido em exercícios de musculação convencional (2ª, 4ª e 6ª feira) e exercícios para desenvolvimento de potência (3ª e 5ª feira). O treinamento em meio aquático ainda era dividido entre exercícios específicos de natação e exercícios específicos de polo aquático com duração total de ~3 horas. Os exercícios específicos da natação eram realizados geralmente na 2ª, 4ª e 6ª feira e precediam os exercícios específicos para polo aquático, que aconteciam diariamente. Os treinamentos de 3ª e 5ª feira eram direcionados para o desenvolvimento da parte técnica e tática do jogo.

Para a quantificação da carga de treinamento, foi utilizado o método proposto por Foster et al. (1988), o qual sugere a multiplicação da percepção subjetiva de esforço (PSE) da sessão (valor apontado na escala de PSE CR-10, modificada por Foster (1998)) pela duração

total da sessão de treino, sendo os resultados expressos em unidades arbitrárias (U.A.). A escala foi apresentada aos jogadores 30 minutos após o final de cada sessão de treinamento, inclusive dos treinamentos resistidos. Desse modo, foi possível calcular a carga total de treinamento diário e semanal, assim como a monotonia (carga média da semana dividida pelo seu desvio padrão) e o *training strain* (calculado por meio da multiplicação monotonia pelo somatório das cargas de treinamento acumuladas na semana).

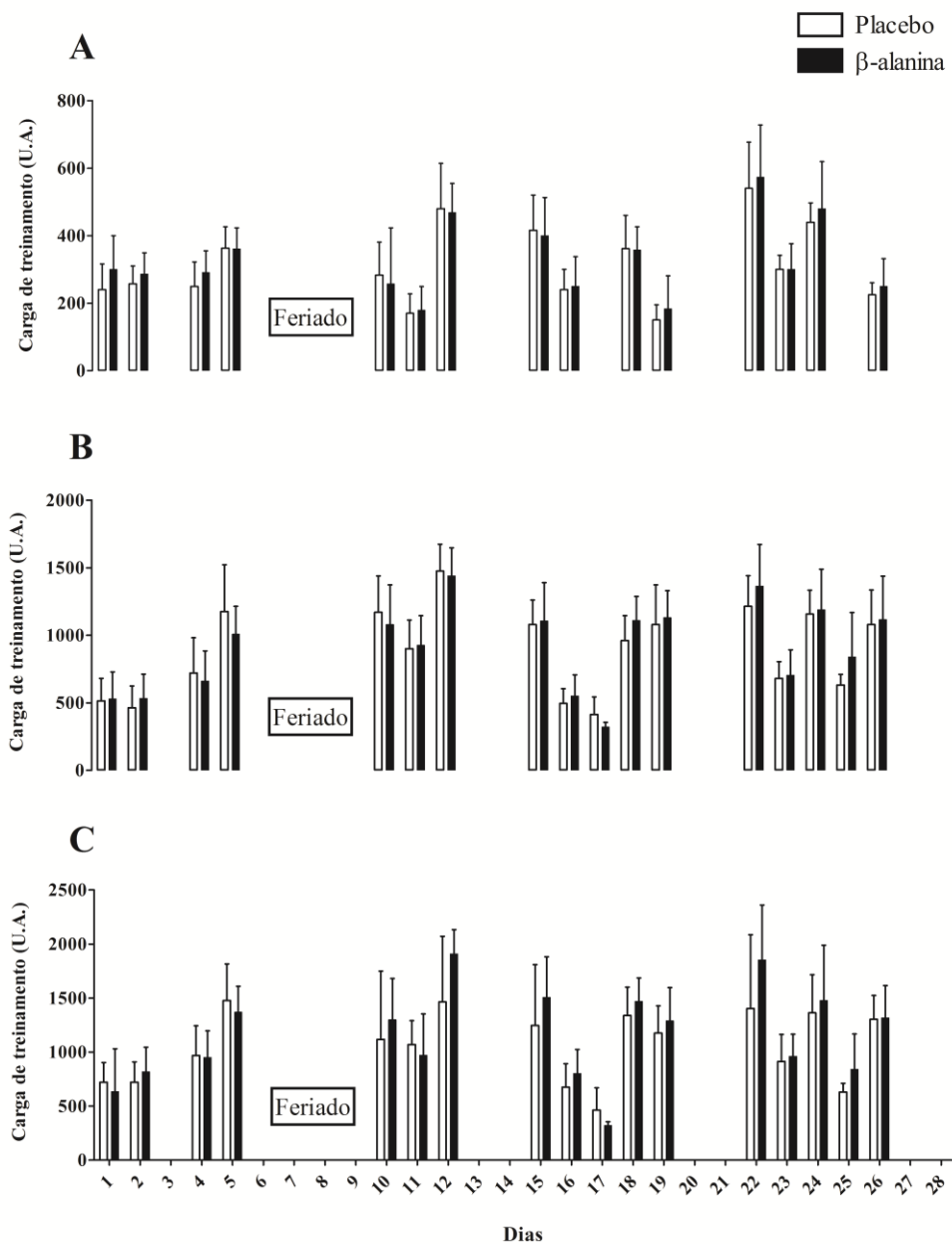
### 5.10. Análise Estatística

Todas as amostras foram submetidas ao teste de *Shapiro-Wilk* para fins de verificação dos padrões de normalidade. Para comparação entre os parâmetros antes da suplementação e após cada período da periodização entre os grupos foi utilizado o teste de Análise de Variância *Two Way* (grupos X momento). Em adição a análise de variância, o teste de esfericidade Mauchly também foi aplicado e a esfericidade assumida quando observado um *F* não significativo. Em caso de violação da esfericidade foi utilizada a correção Epsilon de Greenhouse-Geisser Epsilon. A análise foi completada com o teste de comparação de Bonferroni. Em todos os casos, foi considerado um nível de significância de 5%. Os dados foram analisados no *software* SPSS versão 15.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago IL, EUA). Em adição a análise estatística convencional, também foi realizada a análise da magnitude de efeito apenas entre os grupos (BATTERHAM e HOPKINS, 2006). Os valores foram expressos como a diferença média padronizada (Cohen's *d*) (COHEN, 1988) e os valores limite para poder estatístico de Cohen's *d* foram consideradas > 0,2 (pequena), > 0,5 (moderada) e > 0,8 (grande). As chances do efeito ser positivo, trivial ou negativo, foi calculados com base no menor mudança de valor (SWC; 0,2 multiplicado pelo desvio-padrão entre sujeitos). Se as probabilidades do efeito ser substancialmente positivo e negativo forem > 5%, o efeito foi reportado como *não claro*, caso ao contrário, o efeito foi evidente. Assim, as alterações foram avaliadas qualitativamente como se segue: <1% = *o mais improvável*; 1% -5% = *muito improvável*; 5% -25% = *improvável*; 25% -75% = *possível*; 75% -95% = *provável*; 95% -99% = *muito provável*; e > 99% = *o mais provável*. (HOPKINS et al., 2009).

## 6. RESULTADOS

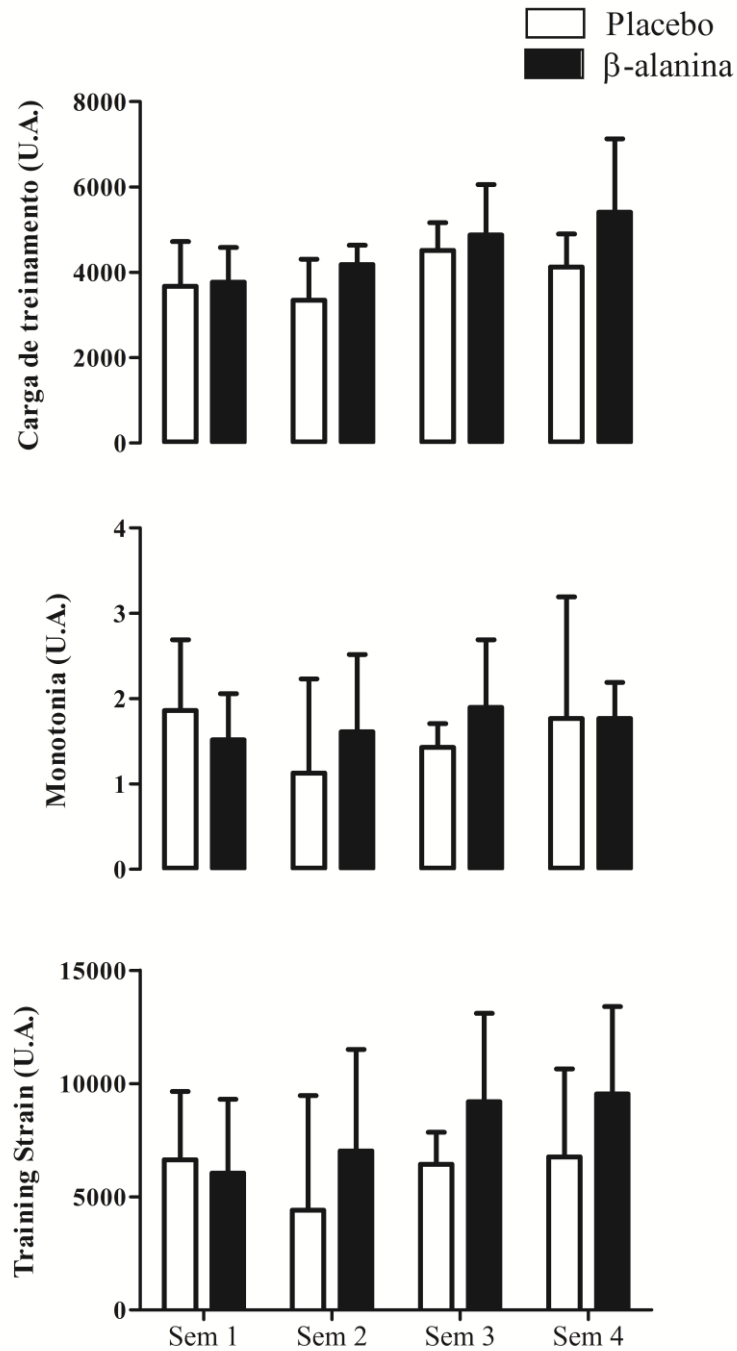
### 6.1. Treinamento

As cargas de treinamentos diários referente aos treinamentos resistido, em meio líquido e total (somatória do treinamento resistido e em meio líquido) durante o período de intervenção (4 semanas) estão apresentadas na figura 9. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para as cargas de treinamento diárias (resistido, meio líquido e total).



**Figura 9.** Distribuição das cargas de treinamento diário durante o período de intervenção para os grupos placebo e  $\beta$ -alanina. A= treinamento resistido; B=treinamento em água; C=carga total diária.

A carga de treinamento semanal, assim como a monotonia (carga média da semana dividida pelo seu desvio padrão) e o *training strain* (calculado por meio da multiplicação monotonia pelo somatório das cargas de treinamento acumuladas na semana) estão apresentados na figura 10. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para as cargas de treinamento semanais, monotonia e *training strain*.



**Figura 10.** Cargas de treinamento semanais, monotonia e *training strain* durante o período de intervenção para os grupos placebo e β-alanina.

## 6.2. Teste incremental máximo em nado atado e teste de esforço máximo de 3 minutos

Não houve efeito de interação significativa entre os grupos ( $\beta$ -alanina  $\times$  placebo) e entre os  $\Delta\%$  para as variáveis do teste incremental máximo em nado atado (GXT<sub>ATADO</sub>) e teste de esforço máximo de 3 minutos (*All Out* 3 min).

Os resultados do GXT<sub>ATADO</sub> estão apresentados na Tabela 2. Foram encontradas diferenças significativas entre os momentos (pré  $\times$  pós) somente para o grupo  $\beta$ -alanina com redução do  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  expresso em unidades absolutas (F= 10,2;  $p=0,005$ ; *post hoc*:  $\beta$ -alanina  $p=0,021$ ), mas um aumento na força pico (F=8,6;  $p=0,008$ ; *post hoc*:  $\beta$ -alanina  $p=0,022$ ). Para todas as variáveis do GXT<sub>ATADO</sub>, a inferência da análise de magnitude do efeito entre grupos foi *não claro*.

Os resultados do *All Out* 3-min estão apresentados na Tabela 3. Foram encontradas diferenças significativas entre os momentos somente para o grupo  $\beta$ -alanina para as variáveis força crítica (F=6,0;  $p=0,024$ ; *post hoc*:  $\beta$ -alanina  $p=0,044$ ) e W' (F=4,9;  $p=0,039$ ; *post hoc*:  $\beta$ -alanina  $p=0,049$ ). A análise de magnitude do efeito mostrou um efeito *não claro* para todas as variáveis *All Out* 3-min entre os grupos.

**Tabela 2.** Variáveis do teste incremental máximo em teste de nado atado dos grupos  $\beta$ -alanina e placebo pré e pós o período de suplementação.

	Placebo			$\beta$ -alanina			Magnitude do efeito ( $\beta$ -alanina $\times$ Placebo)		
	Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$	Diferença padronizada das médias (Cohens's $d\pm 95\%$ CL)	% chance (benéfico/trivial/prejudicial)	Inferência mecanicista
$\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ( $L\cdot\text{min}^{-1}$ )	3,4 $\pm$ 0,6 (3,1 até 3,7)	3,2 $\pm$ 0,5 (2,9 até 3,4)	-8,2	3,3 $\pm$ 0,6 (3,0 até 3,6)	3,0 $\pm$ 0,4* (2,7 até 3,2)	-9,8	-0,1 $\pm$ 0,7	20/40/40	<i>não claro</i>
$\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	41,7 $\pm$ 8,0 (37,5 até 46,4)	40,1 $\pm$ 8,9 (35,4 até 44,9)	-6,9	43,4 $\pm$ 4,9 (40,4 até 45,9)	39,9 $\pm$ 7,9 (35,8 até 44,6)	-8,0	0,0 $\pm$ 0,8	28/37/35	<i>não claro</i>
$i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (N)	81,7 $\pm$ 15,4 (73,5 até 90,8)	77,6 $\pm$ 10,0 (72,2 até 83,2)	-5,2	75,6 $\pm$ 12,1 (68,5 até 81,9)	76,3 $\pm$ 18,0 (66,4 até 85,8)	0,7	0,4 $\pm$ 0,7	74/21/04	<i>não claro</i>
Força pico (N)	85,2 $\pm$ 13,4 (77,6 até 92,5)	91,0 $\pm$ 12,7 (83,6 até 97,7)	6,9	80,2 $\pm$ 13,6 (72,5 até 87,2)	88,6 $\pm$ 17,2* (79,1 até 98,3)	11,5	0,2 $\pm$ 0,7	48/39/13	<i>não claro</i>
$[\text{La}^-]_{\text{pico}}$ ( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	7,7 $\pm$ 2,5 (6,4 até 9,1)	6,6 $\pm$ 1,7 (5,7 até 7,5)	-8,2	8,5 $\pm$ 2,5 (6,6 até 9,5)	7,3 $\pm$ 2,1 (6,2 até 8,5)	-12,4	0,1 $\pm$ 0,8	44/36/20	<i>não claro</i>

Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão (95%IC).

\* Diferença significativa comparado com o momento pré suplementação ( $p\leq 0,05$ ).



**Tabela 3.** Variáveis do teste de esforço máximo de 3 minutos dos grupos  $\beta$ -alanina e placebo pré e pós o período de suplementação.

	Placebo			$\beta$ -alanina			Magnitude do efeito ( $\beta$ -alanina $\times$ Placebo)		
	Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$	Diferença padronizada das médias (Cohens's $d\pm 95\%CL$ )	% chance (benéfico/trivial/prejudicial)	Inferência mecanicista
<b>Força pico (N)</b>	139,8 $\pm$ 26,6 (126,1 até 156,8 )	143,4 $\pm$ 23,0 (130,3 até 155,8)	3,9	134,4 $\pm$ 17,9 (124,0 até 143,8)	136,5 $\pm$ 20,9 (124,8 até 148,5)	2,0	-0,1 $\pm$ 0,7	23/42/35	<i>não claro</i>
<b>Força média (N)</b>	70,8 $\pm$ 10,7 (65,4 até 77,2)	72,7 $\pm$ 13,2 (66,1 até 80,6)	2,4	67,9 $\pm$ 10,3 (62,5 até 73,3)	68,9 $\pm$ 10,6 (62,9 até 74,7)	1,7	-0,1 $\pm$ 0,4	06/68/25	<i>não claro</i>
<b>Índice de fadiga (N·s)</b>	12433,5 $\pm$ 3500,2 (10472,4 até 14644,2)	12706,1 $\pm$ 3271,8 (10816,1 até 14462,4)	8,8	11921,5 $\pm$ 3009,4 (10141,3 até 13546,3)	12154,8 $\pm$ 3898,1 (9916,8 até 14322,4)	2,8	0,0 $\pm$ 1,0	34/33/33	<i>não claro</i>
<b>Índice de fadiga (%)</b>	71,7 $\pm$ 9,7 (66,3 até 77,4)	67,7 $\pm$ 7,4 (63,3 até 71,8)	-4,1	71,4 $\pm$ 8,9 (66,5 até 76,0)	72,3 $\pm$ 12,1 (65,7 até 79,3)	1,6	0,5 $\pm$ 1,0	08/19/73	<i>não claro</i>
<b>Integral (N·s)</b>	12765,9 $\pm$ 1941,2 (11785,2 até 13909,5)	13087,4 $\pm$ 2402,3 (11889,5 até 14516,2)	2,2	12175,1 $\pm$ 1859,1 (11180,3 até 13168,2)	12387,0 $\pm$ 1898,4 (11315,4 até 13426,6)	2,1	-0,1 $\pm$ 0,4	09/69/22	<i>não claro</i>
<b>Força crítica (N)</b>	56,3 $\pm$ 12,3 (49,9 até 63,6)	59,6 $\pm$ 12,0 (53,7 até 66,7)	7,1	51,2 $\pm$ 10,4 (45,7 até 57,0)	56,5 $\pm$ 13,1* (49,4 até 63,7)	11,2	0,2 $\pm$ 0,6	45/44/11	<i>não claro</i>

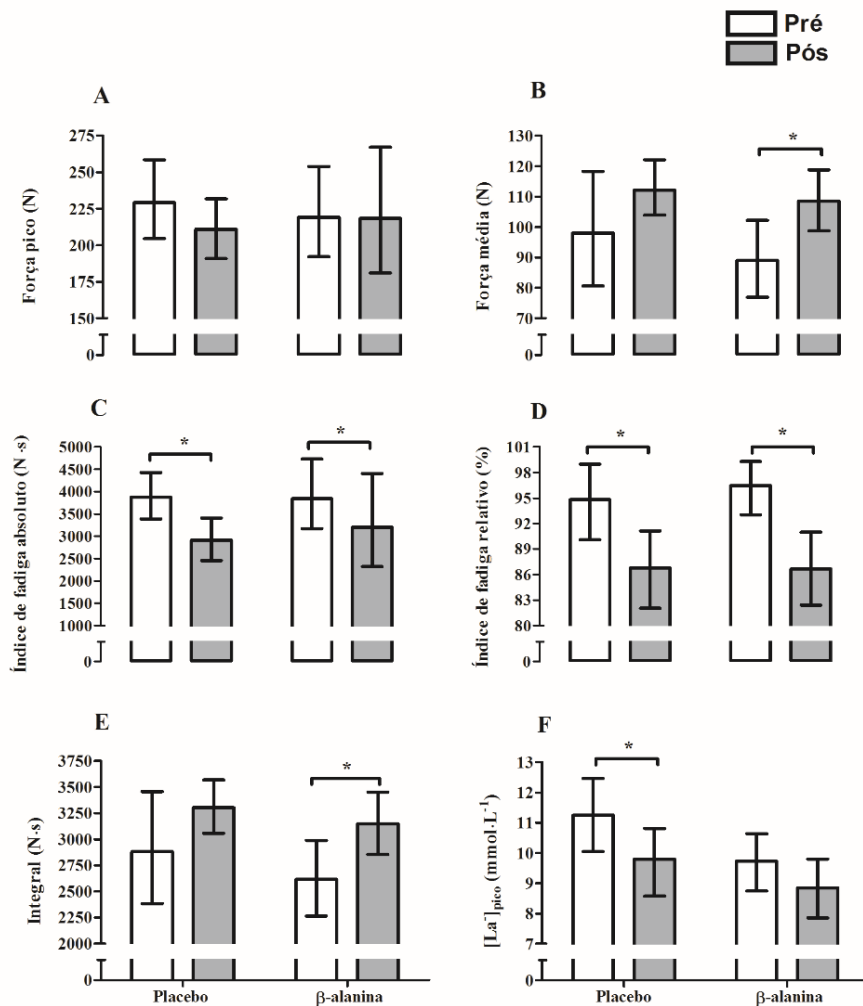
<b>W' (N·s)</b>	2891,8±753,0 (2477,6 até 3351,3)	2359,5±855,8 (1888,3 até 2821,4)	-8,4	2998,0±1103,7 (2410,3 até 3606,7)	2224,6±1058,9* (1675,2 até 2826,8)	-17,1	-0,4±1,1	15/23/62	<i>não claro</i>
<b>[La<sup>-</sup>]<sub>pico</sub> (mmol·L<sup>-1</sup>)</b>	13,6±2,9 (11,8 até 15,4)	12,5±3,4 (10,7 até 14,8)	-6,5	13,6±3,1 (11,9 até 15,5)	12,0±2,6 (10,6 até 13,5)	-10,1	-0,2±0,8	16/34/49	<i>não claro</i>

Valores expressos como média±desvio padrão (95%IC).

\* Diferença significativa comparado com o momento pré suplementação ( $p \leq 0,05$ ).

### 6.3. Teste de 30 segundos máximo em nado atado, *performance* de 200 m em nado crawl e teste de salto sob a trave do gol de 30 segundos

Os resultados do teste de 30 segundos máximo em nado atado (30<sub>ATADO</sub>) estão apresentados na figura 11. Não existiu nenhum efeito de interação significativa entre os grupos no 30<sub>ATADO</sub>. No entanto, existiram diferenças significativas entre os momentos para o índice de fadiga relativo ( $F=23,0$ ;  $p<0,001$ ; *post hoc*: placebo  $p=0,01$ ;  $\beta$ -alanina  $p=0,001$ ) e índice de fadiga absoluto ( $F=20,0$ ;  $p<0,001$ ; *post hoc*: placebo  $p=0,001$ ;  $\beta$ -alanina  $p=0,02$ ). Ainda, somente o grupo  $\beta$ -alanina grupo apresentou diferença significativa dentro do grupo para a força média ( $F=7,0$ ;  $p=0,02$ ; *post hoc*:  $\beta$ -alanina  $p=0,04$ ) e integral de força ( $F=6,7$ ;  $p=0,02$ ; *post hoc*:  $\beta$ -alanina  $p=0,05$ ), enquanto somente o grupo placebo apresentou uma diferença significativa na  $[La^-]_{\text{pico}}$  ( $F=7,1$ ;  $p=0,02$ ; *post hoc*: placebo  $p=0,03$ ).



**Figura 11.** Resultados do teste 30<sub>ATADO</sub> (média $\pm$ 95%IC). A = força pico, B = força média, C = índice de fadiga absoluto, D = índice de fadiga relativo, E = integral, F =  $[La^-]_{\text{pico}}$ .

\* Diferença significativa comparado com o momento pré suplementação ( $p \leq 0,05$ ).

A tabela 4 apresenta o número de saltos e a  $[La^-]_{\text{pico}}$  para o teste de salto sob a trave do gol de 30 segundos (30CJ). Ambos os grupos aumentaram significativamente o número de saltos comparado com o momento pré suplementação ( $F=19,7$ ;  $p<0,001$ ; *post hoc*: placebo  $p=0,01$ ,  $\beta$ -alanina  $p=0,003$ ), mas não houve efeito de interação significativa entre os grupos ( $F=0,163$ ;  $p=0,69$ ). Em adição, não existiu efeito de interação significativa entre os grupos para a  $[La^-]_{\text{pico}}$  ( $F=0,21$ ,  $p=0,66$ ), no entanto, existiu um efeito significativo entre os momentos ( $F=8,55$ ;  $p=0,01$ ) para o grupo  $\beta$ -alanina ( $p=0,03$ ). Os  $\Delta\%$  não foram estatisticamente diferentes para nenhuma variável.

A *performance* do teste de 200 m em nado crawl (P200m) é apresentado na tabela 5. Não houve efeito de interação significativa entre os grupos ( $F=0,13$ ;  $p=0,72$ ), no entanto, houve um efeito significativo entre os momentos ( $F=7,4$ ;  $p=0,01$ ), com o *post hoc* mostrando uma diferença significativa apenas para o grupo  $\beta$ -alanina ( $p=0,05$ ). Os  $\Delta\%$  também não foram estatisticamente diferentes.

**Tabela 4.** Número de saltos e  $[La^-]_{pico}$  mensurados no 30CJ antes e após o período de suplementação.

	Placebo			$\beta$ -alanina		
	Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$
<b>Número de saltos (saltos)</b>	26 $\pm$ 5(23 até 30)	30 $\pm$ 6(27 até 33)*	14,9	27 $\pm$ 4(25 até 29)	31 $\pm$ 6(28 até 35)*	16,9
<b><math>[La^-]_{pico}</math> (mmol·L<sup>-1</sup>)</b>	10,5 $\pm$ 2,5(8,9 até 11,8)	9,7 $\pm$ 2,5(8,3 até 11,1)	-5,6	10,2 $\pm$ 1,4(9,5 até 11,0)	9,2 $\pm$ 1,8(8,4 até 10,2)*	-9,7

Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão (95%IC).  $\Delta\%$  = percentual de alteração entre períodos pré e pós suplementação.

\* Diferença significativa comparado com o momento pré suplementação ( $p\leq 0,05$ ).

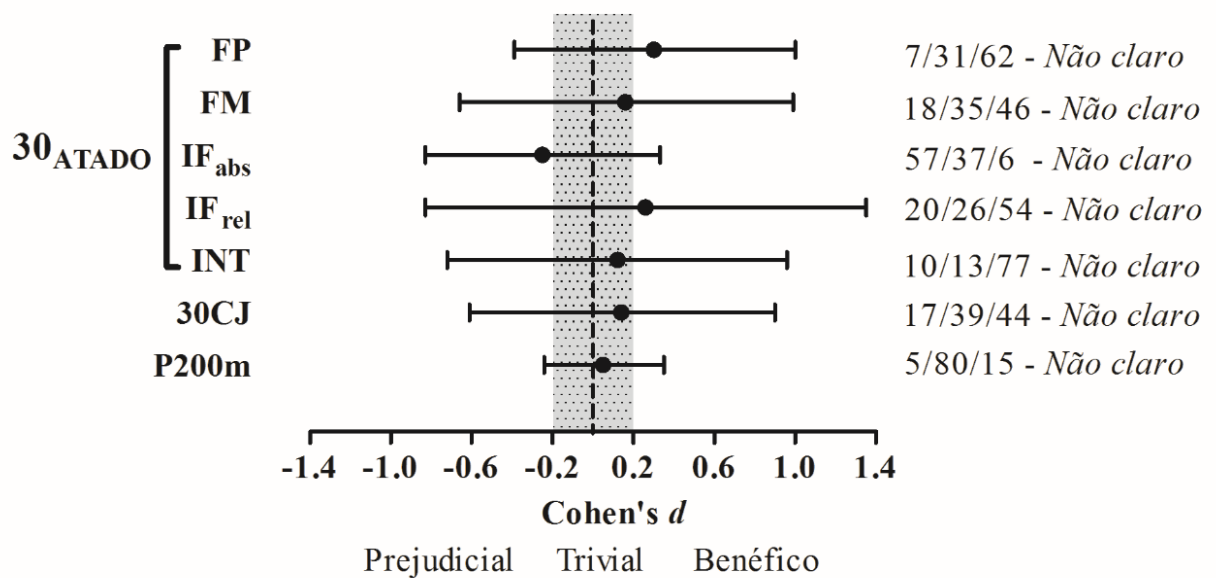
**Tabela 5.** *Performance* do teste de 200 m em nado crawl para os grupos placebo e  $\beta$ -alanina avaliados antes e após 4 semanas de suplementação.

	Placebo			$\beta$ -alanina		
	Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$
<b>Tempo (s)</b>	155 $\pm$ 17(145 até 164)	152 $\pm$ 16(143 até 162)	-1,6	151 $\pm$ 11(144 até 157)	147 $\pm$ 9(141 até 152)*	-2,2

Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão (95%IC).  $\Delta\%$  = percentual de alteração entre períodos pré e pós suplementação.

\* Diferença significativa comparado com o momento pré suplementação ( $p\leq 0,05$ ).

A análise magnitude do efeito entre os grupos para as variáveis de desempenho estão apresentados na figura 12. As diferenças na média padronizadas (Cohen's  $d$ )  $\pm 95\%$  do limite de confiança (95%CL) para a  $[La^-]_{\text{pico}}$  no 30<sub>ATADO</sub> foi  $0,26 \pm 0,83$  e as chances (%) do efeito ser positivo, trivial ou negativo foram 56%, 31% e 13%, respectivamente. Ainda, o Cohen's  $d \pm 95\%$  CL para a  $[La^-]_{\text{pico}}$  no 30CJ foi  $-0,13 \pm 0,58$  e as chances (%) do efeito ser positivo, trivial ou negativo foram 13%, 48% e 40%, respectivamente. Todas as variáveis (*performance* e  $[La^-]_{\text{pico}}$ ) apresentaram resultados *não claro*.



**Figura 12.** Análise da magnitude do efeito entre os grupos para o teste de 30 segundos máximo em nado atado, *performance* de 200 m em nado crawl e teste de salto sob a trave do gol de 30 segundos. A área trivial (cinza) representa o menor limiar (-0.2 até 0.2) e os valores estão apresentados em Cohen's  $d \pm 95\%$  do limite de confiança. 30<sub>ATADO</sub> = teste de 30 s máximo em nado atado; FP = força pico, FM = força média, IF<sub>abs</sub> = índice de fadiga absoluto, IF<sub>rel</sub> = índice de fadiga relativo, INT = integral de força, 30CJ = teste de salto na trave do gol de 30 segundos, P200m = *performance* de 200 m em nado crawl.

#### 6.4. Teste de habilidade de *sprints* repetidos

Todos os resultados do teste de habilidade de *sprints* repetidos RSA estão apresentados na tabela 6. Não houve efeito de interação significativa entre os grupos e os momentos para qualquer variável de tempo relacionada aos *sprints*. No entanto, houve um efeito significativo entre os momentos na  $[La^-]$  para o RSA<sub>1</sub> ( $F= 48,7$ ;  $p<0,001$ ; *post hoc*: grupos Placebo e  $\beta$ -alanina  $p<0,001$ ) e na  $[La^-]_{pico}$  para o RSA<sub>2</sub> ( $F= 14,0$ ;  $p=0,002$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p=0,006$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p=0,049$ ). Ainda, ambos os grupos melhoraram significativamente a *performance* no T30 após o período de suplementação ( $F= 35,3$ ;  $p<0,001$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p<0,001$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p=0,001$ ).

**Tabela 6.** Comparação entre os grupos (placebo × β-alanina) e momentos (pré × pós) para todas as variáveis do teste de habilidade de *sprints* repetidos (RSA) em protocolo específico para polo aquático.

	Placebo			β-alanina		
	Pré	Pós	Δ%	Pré	Pós	Δ%
<b>RSA<sub>1</sub></b>						
<b>Melhor tempo (s)</b>	6,3±0,5 (6,0 até 6,5)	6,3±0,4 (6,1 até 6,5)	0,7	6,3±0,3 (6,1 até 6,5)	6,3±0,4 (6,0 até 6,5)	-0,5
<b>Tempo médio (s)</b>	6,6±0,4 (6,4 até 6,9)	6,7±0,4 (6,5 até 7,0)	1,6	6,6±0,4 (6,4 até 6,8)	6,6±0,4 (6,3 até 6,8)	-0,9
<b>Pior tempo (s)</b>	6,9±0,5 (6,7 até 7,2)	7,1±0,5 (6,8 até 7,3)	1,9	6,9±0,4 (6,7 até 7,1)	6,9±0,5 (6,6 até 7,1)	-0,8
<b>Tempo total (s)</b>	39,7±2,7 (38,2 até 41,2)	40,4±2,5 (38,9 até 41,8)	1,6	39,7±2,3 (38,4 até 41,0)	39,3±2,5 (37,9 até 40,8)	-0,9
<b>Decréscimo absoluto (s)</b>	2,0±0,8 (1,6 até 2,5)	2,4±1,1 (1,8 até 3,0)	18,7	1,9±0,6 (1,6 até 2,3)	1,8±0,6 (1,5 até 2,1)	-7,6
<b>Percentual de decréscimo (%)</b>	5,4±2,3 (4,2 até 6,8)	6,3±2,8 (4,9 até 8,0)	16,3	5,1±1,4 (4,3 até 5,9)	4,7±1,4 (4,0 até 5,5)	-7,0
<b>[La<sup>-</sup>] (mmol·L<sup>-1</sup>)</b>	7,4±1,7 (6,4 até 8,3)	4,9±1,1 (4,2 até 5,5)*	-33,9	6,9±1,4 (6,0 até 7,6)	4,9±1,8 (3,9 até 5,9)*	-29,9
<b>T30 (m)</b>	1852±204 (1741 até 1970)	1938±229 (1805 até 2073)*	4,6	1957±159 (1877 até 2054)	2020±165 (1930 até 2123)*	3,3
<b>RSA<sub>2</sub></b>						
<b>Melhor tempo (s)</b>	6,9±0,5 (6,6 até 7,2)	6,8±0,4 (6,6 até 7,0)	-1,8	6,8±0,4 (6,6 até 7,1)	6,6±0,5 (6,3 até 6,9)	-3,7
<b>Tempo médio (s)</b>	7,2±0,6 (6,9 até 7,5)	7,2±0,6 (6,9 até 7,5)	-0,4	7,1±0,5 (6,9 até 7,4)	6,9±0,5 (6,6 até 7,2)	-3,5
<b>Pior tempo (s)</b>	7,5±0,6 (7,1 até 7,9)	7,5±0,6 (7,2 até 7,9)	0,1	7,5±0,6 (7,2 até 7,9)	7,2±0,6 (6,8 até 7,5)	-4,2
<b>Tempo total (s)</b>	43,2±3,4 (41,2 até 45,0)	43,1±3,3 (41,3 até 44,9)	-0,4	42,8±2,9 (41,2 até 44,5)	41,3±3,2 (39,4 até 43,2)	-3,5

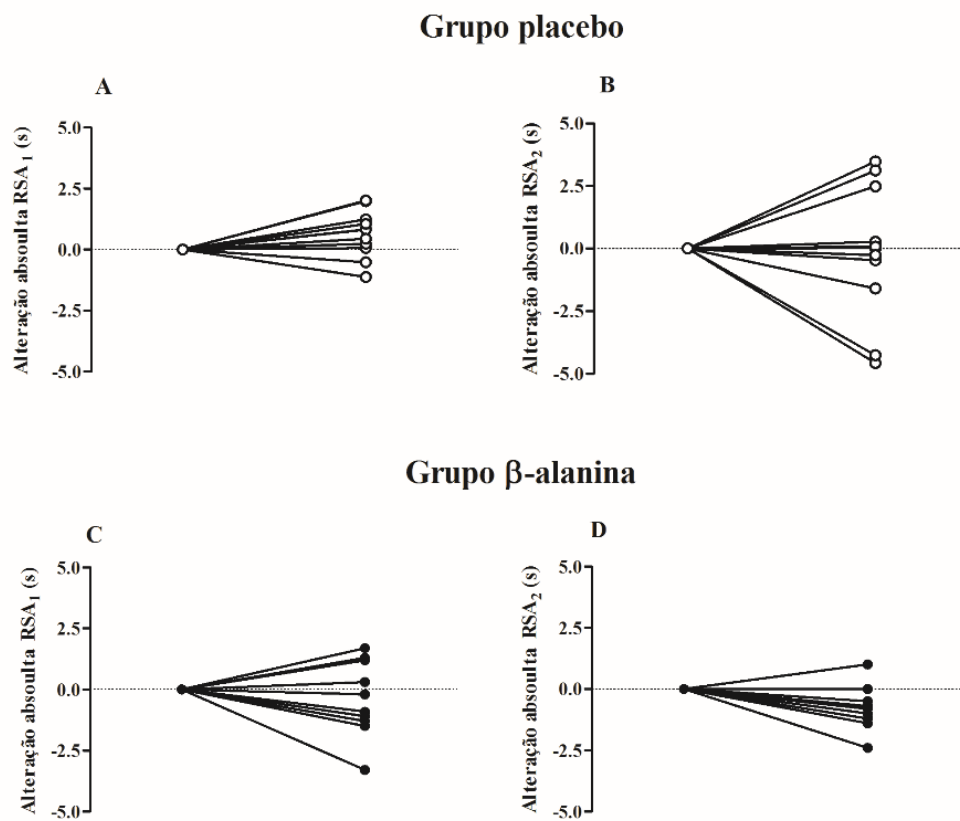


<b>Decréscimo absoluto (s)</b>	1,8±0,9 (1,3 até 2,3)	2,4±1,3 (1,7 até 3,1)	33,4	1,9±1,3 (1,2 até 2,7)	2,0±0,9 (1,5 até 2,5)	2,6
<b>Percentual de decréscimo (%)</b>	4,3±2,1 (3,1 até 5,5)	5,8±3,0 (4,3 até 7,6)	35,0	4,8±3,2 (3,0 até 6,8)	5,1±2,3 (3,8 até 6,5)	5,6
<b>Tempo total de ambos testes de RSA (s)</b>	82,9±5,9 (79,4 até 86,1)	83,4±5,6 (80,3 até 86,5)	0,6	82,7±5,0 (79,7 até 85,5)	80,8±5,7 (77,4 até 84,3)	-2,5
<b>[La<sup>-</sup>]<sub>pico</sub> (mmol·L<sup>-1</sup>)</b>	5,4±1,8 (4,3 até 6,4)	3,9±1,7 (3,0 até 4,9)*	-26,7	5,6±1,7 (4,6 até 6,6)	4,8±2,0 (3,7 até 6,1)*	-14,3

Valores expressos como média±desvio padrão (95%IC). Δ% = percentual de alteração entre períodos pré e pós suplementação. T30 = teste de nado de 30 min; RSA<sub>1</sub> = teste de RSA realizado antes do T30; RSA<sub>2</sub> = teste de RSA realizado após o T30; [La<sup>-</sup>] = concentração de lactato; [La<sup>-</sup>]<sub>pico</sub> = concentração pico de lactato.

\* Diferença significativa comparado com o momento pré suplementação ( $p \leq 0,05$ ).

As alterações individuais para o tempo total no teste de RSA estão apresentadas na figura 13, onde é possível verificar um efeito da  $\beta$ -alanina no RSA<sub>2</sub>, com 7 de 11 atletas melhorando o desempenho. As alterações entre os grupos analisados pela magnitude do efeito estão apresentadas na figura 14. No RSA<sub>1</sub>, o grupo  $\beta$ -alanina mostrou um efeito *provavelmente benéfico* para o tempo médio, pior tempo e o tempo total. No RSA<sub>2</sub> todos os efeitos foram *não claro*, com exceção do tempo total de ambos os testes de RSA, onde o grupo  $\beta$ -alanina apresentou um efeito *possivelmente benéfico*. O efeito entre os grupos para o T30 em unidades de Cohen's *d* foram *não claro* (3/87/10% de chance para o efeito ser benéfico, trivial e prejudicial, respectivamente).



**Figura 13.** Alterações absolutas individuais (pós-pré) para os grupos placebo e  $\beta$ -alanina no teste de RSA. A= Alterações absolutas individuais no grupo placebo no RSA<sub>1</sub>; B= Alterações absolutas individuais no grupo placebo no RSA<sub>2</sub>; C= Alterações absolutas individuais no grupo  $\beta$ -alanina no RSA<sub>1</sub>; D Alterações absolutas individuais no grupo  $\beta$ -alanina no RSA<sub>2</sub>.

Nota: 2 participantes no grupo  $\beta$ -alanina foram excluídos da análise do RSA<sub>2</sub>. Um por sentir tontura durante o esforço e o outro por parar antes de cruzar a “linha de chegada”.



**Figura 14.** Análise da magnitude do efeito entre os grupos para o teste de RSA. Área trivial (cinza) representa o limiar de -0,2 até 0,2 e as barras indicam  $\pm 95\%$  do limite de confiança. RSA<sub>1</sub> = teste de RSA realizado antes do T30; RSA<sub>2</sub> = teste de RSA realizado após o T30; MT = melhor tempo; TM = tempo médio; PT = pior tempo; TT = tempo total; DA = decréscimo absoluto; PD = percentual de decréscimo; TT<sub>RSA1+RSA2</sub> = somatória do tempo total dos dois testes de RSA.

### 6.5. Rastreamento do deslocamento em jogo simulado

Os valores de distância total percorrida e número de *sprints* realizados durante o jogo simulado estão apresentados na tabela 7, no entanto não houve efeito de interação significativa entre os grupos para essas variáveis. No entanto, houve um efeito significativo entre os momentos na distância total percorrida no primeiro quarto ( $F=13,7$ ;  $p<0,001$ ; *post hoc*:  $p=0,002$ ) e no terceiro quarto ( $F=13,7$ ;  $p<0,001$ ; *post hoc*:  $p=0,041$ ) para o grupo  $\beta$ -alanina. Ainda, ambos os grupos apresentaram redução significativa na distância total percorrida entre os momentos para o último quarto ( $F=13,7$ ;  $p<0,001$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p=0,002$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p=0,016$ ).

Em relação ao número de *sprints*, ambos os grupos apresentaram aumento para essa variável no primeiro quarto de jogo após o período de suplementação ( $F=5,2$ ;  $p=0,007$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p=0,05$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p=0,007$ ), enquanto apenas o grupo  $\beta$ -alanina apresentou aumento significativo no terceiro ( $F=5,2$ ;  $p=0,007$  *post hoc*:  $p=0,011$ ) e último quarto ( $F=5,2$ ;  $p=0,007$ ; *post hoc*:  $p=0,036$ ) e na somatória de todos os quartos ( $F=19,9$ ;  $p=0,002$ ; *post hoc*:  $p=0,002$ ).

**Tabela 7.** Distância percorrida e número de *sprints* realizado durante o jogo simulado de polo aquático.

	Placebo			β-alanina		
	Pré	Pós	Δ%	Pré	Pós	Δ%
<b>Distância total percorrida</b>						
<b>1º quarto (m)</b>	413,1±27,7	394,4±27,8		422,1±24,6	386,7±11,6*	
<b>2º quarto (m)</b>	369,8±27,3	394,4±16,0		366,7±35,0	378,3±18,1	
<b>3º quarto (m)</b>	405,4±29,7	441,5±25,8		404,2±23,8	442,3±19,9*	
<b>4º quarto (m)</b>	420,7±28,0	378,4±27,0*		402,7±27,1	376,1±30,1*	
<b>Total do jogo (m)</b>	1609,0±101,3	1608,8±65,9	0,2	1595,7±93,0	1583,3±40,5	-0,5
<b>Nº de sprints</b>						
<b>1º quarto (u.a.)</b>	2,6±1,9	5,2±4,3*		1,5±1,2	5,2±2,4*	
<b>2º quarto (u.a.)</b>	2,0±2,3	2,8±2,8		1,7±1,0	3,7±1,6	
<b>3º quarto (u.a.)</b>	2,6±1,8	4,0±2,5		1,7±1,0	6,2±4,1*	
<b>4º quarto (u.a.)</b>	3,6±2,3	5,0±2,8		3,0±4,1	5,2±2,6*	
<b>Total do jogo (u.a.)</b>	10,8±7,1	17,0±10,5	103,6	7,8±5,2	20,2±7,8*	212,8

Valores expressos como média± desvio padrão.

\* Diferença significativa comparado com o momento pré suplementação ( $p \leq 0,05$ ).

As distâncias percorridas nas 4 faixas de velocidade estão apresentadas na tabela 8. Não houve efeito de interação significativa entre os grupos para essa variável. No primeiro quarto de jogo, ambos os grupos apresentaram alteração significativa na distância percorrida na faixa 1 ( $F= 41,6$ ;  $p<0,001$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p=0,007$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p=0,031$ ) e na faixa 3 ( $F= 7,8$ ;  $p=0,001$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p<0,023$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p=0,003$ ), e apenas o grupo  $\beta$ -alanina apresentou aumento significativo na faixa 2 ( $F= 5,0$ ;  $p=0,007$ ; *post hoc*:  $p=0,045$ ). No terceiro quarto apenas o grupo  $\beta$ -alanina apresentou aumento significativo na faixa 3 ( $F= 7,8$ ;  $p=0,001$ ; *post hoc*:  $p=0,008$ ). No último período de jogo, ambos os grupos apresentaram redução na faixa 1 de velocidade ( $F=41,6$ ;  $p<0,001$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p<0,001$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p<0,001$ ) e apenas o grupo placebo ( $F=7,8$ ;  $p=0,001$ ; *post hoc*: *post hoc*:  $p=0,005$ ) apresentou aumento significativo na faixa 3 de velocidade. Quando considerado as distâncias percorridas nas 4 faixas de velocidade durante todo o jogo, ambos os grupos apresentaram redução significativa na faixa 1 ( $F=37,8$ ;  $p<0,001$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p=0,001$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p=0,003$ ) e aumento na faixa 3 ( $F=25,8$ ;  $p=0,001$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p=0,012$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p=0,003$ ).

**Tabela 8.** Distância percorrida nas 4 faixas de velocidade durante o jogo simulado de polo aquático.

	Placebo		$\beta$ -alanina	
	Pré	Pós	Pré	Pós
<i>Distância percorrida nas faixas</i>				
<b><u>1º quarto</u></b>				
<b>Faixa 1 (m)</b>	180,2±14,6	152,6±19,0*	179,1±13,6	160,7±7,4*
<b>Faixa 2 (m)</b>	217,4±35,4	213,4±33,5	230,6±32,5	196,5±17,0*
<b>Faixa 3 (m)</b>	14,7±9,7	26,9±14,5*	11,6±6,9	27,9±11,1*
<b>Faixa 4 (m)</b>	0,8±1,4	1,5±1,6	0,9±1,2	1,6±1,6
<b><u>2º quarto</u></b>				
<b>Faixa 1 (m)</b>	164,1±14,3	162,5±21,0	165,6±16,0	172,3±8,6
<b>Faixa 2 (m)</b>	193,2±28,7	210,7±35,9	190,0±42,8	184,4±14,6
<b>Faixa 3 (m)</b>	11,0±10,4	19,8±10,3	10,8±7,1	21,2±8,5
<b>Faixa 4 (m)</b>	1,6±3,3	1,3±2,7	0,3±0,6	0,4±0,7

**3º quarto**

<b>Faixa 1 (m)</b>	202,8±21,4	197,1±11,6	219,3±11,9	210,5±17,7
<b>Faixa 2 (m)</b>	189,0±25,4	223,7±29,9	174,4±25,2	202,2±21,3
<b>Faixa 3 (m)</b>	12,7±10,8	20,3±11,8	9,9±3,6	28,4±14,9*
<b>Faixa 4 (m)</b>	0,9±2,0	0,4±1,0	0,6±0,8	1,1±1,0

**4º quarto**

<b>Faixa 1 (m)</b>	211,5±18,8	164,6±7,0*	216,6±14,6	174,7±7,0*
<b>Faixa 2 (m)</b>	192,3±27,3	183,6±20,3	166,5±23,0	175,2±22,1
<b>Faixa 3 (m)</b>	14,4±9,7	27,9±12,8*	19,1±13,7	24,1±13,5
<b>Faixa 4 (m)</b>	2,4±3,1	2,4±2,4	0,6±0,9	2,1±1,7

**Total do jogo**

<b>Faixa 1 (m)</b>	758,5±57,5	676,8±49,6*	780,5±38,3	718,2±25,1*
<b>Faixa 2 (m)</b>	792,0±90,8	831,4±96,6	761,5±106,4	758,4±36,9
<b>Faixa 3 (m)</b>	52,8±35,4	94,9±42,1*	51,3±25,3	101,5±38,5*
<b>Faixa 4 (m)</b>	5,7±7,2	5,6±6,7	2,4±2,3	5,2±3,7

Valores expressos como média±desvio padrão. Faixa 1 = velocidade < 0,8 m·s<sup>-1</sup>; faixa 2 = velocidade ≥ 0,8 e <1,4 m·s<sup>-1</sup>; faixa 3 = velocidade ≥ 1,4 e <1,8 m·s<sup>-1</sup>; faixa 4 = velocidade ≥1,8 m·s<sup>-1</sup>.

\* Diferença significativa comparado com o momento pré suplementação ( $p \leq 0,05$ ).

O tempo dispendido nas 4 faixas de velocidade estão apresentados na tabela 9. Não houve efeito de interação significativa entre os grupos para essas variáveis. No primeiro quarto de jogo, ambos os grupos aumentaram de maneira significativa o tempo dispendido na faixa 3 de velocidade ( $F=6,3$ ;  $p < 0,001$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p=0,025$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p=0,004$ ), enquanto que apenas o grupo placebo apresentou redução na faixa 1 ( $F=89,7$ ;  $p < 0,001$ ; *post hoc*:  $p=0,009$ ) e apenas o grupo  $\beta$ -alanina apresentou redução na faixa 2 ( $F=4,9$ ;  $p=0,007$ ; *post hoc*:  $p=0,033$ ). No terceiro quarto apenas o grupo  $\beta$ -alanina apresentou aumento significativo na faixa 3 ( $F=6,3$ ;  $p < 0,001$ ; *post hoc*:  $p=0,008$ ). No último período de jogo ambos os grupos apresentaram redução na faixa 1 de velocidade ( $F=89,7$ ;  $p < 0,001$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p < 0,001$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p < 0,001$ ) e apenas o grupo placebo ( $F=6,3$ ;  $p < 0,001$ ; *post hoc*:  $p=0,005$ ) apresentou aumento significativo na faixa 3 de velocidade.



Quando considerado as distância percorrida nas 4 faixas de velocidade durante todo o jogo, ambos os grupos apresentaram redução significativa na faixa 1 ( $F= 16,4$ ;  $p=0,003$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p=0,015$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p=0,024$ ) e aumento na faixa 3 ( $F=25,8$ ;  $p=0,001$ ; *post hoc*: grupo Placebo  $p=0,012$ ; grupo  $\beta$ -alanina  $p=0,003$ ).

**Tabela 9.** Tempo absoluto dispendido nas 4 faixas de velocidade durante o jogo simulado de polo aquático.

	Placebo		$\beta$ -alanina	
	Pré	Pós	Pré	Pós
<i>Tempo nas faixas</i>				
<b><u>1º quarto</u></b>				
Faixa 1 (s)	489,6±34,6	441,5±26,5*	481,9±31,9	455,1±13,3
Faixa 2 (s)	213,5±38,1	201,3±31,8	223,0±32,0	186,9±19,0*
Faixa 3 (s)	9,6±6,3	17,6±9,5*	7,8±4,6	18,3±7,4*
Faixa 4 (s)	0,4±0,7	0,8±0,9	0,5±0,6	0,9±0,8
<b><u>2º quarto</u></b>				
Faixa 1 (s)	430,3±26,8	442,5±32,8	436,6±38,9	468,0±17,1
Faixa 2 (s)	190,7±25,7	202,1±38,4	185,1±37,8	176,2±11,5
Faixa 3 (s)	7,2±6,8	13,1±6,7	7,2±4,8	14,0±5,7
Faixa 4 (s)	0,8±1,7	0,7±1,4	0,2±0,3	0,2±0,4
<b><u>3º quarto</u></b>				
Faixa 1 (s)	575,6±21,3	577,0±27,9	593,9±23,4	593,1±25,3
Faixa 2 (s)	188,1±23,3	215,4±31,5	171,7±23,3	194,2±18,7
Faixa 3 (s)	8,4±7,1	13,4±7,8	6,6±2,4	18,6±9,7*
Faixa 4 (s)	0,5±1,0	0,2±0,5	0,3±0,4	0,6±0,5
<b><u>4º quarto</u></b>				
Faixa 1 (s)	589,6±26,1	477,4±19,1*	611,9±24,5	487,3±24,4*
Faixa 2 (s)	187,7±23,8	174,8±18,6	163,2±21,3	167,8±20,1
Faixa 3 (s)	9,5±6,5	18,4±8,6*	12,6±8,8	15,8±9,0
Faixa 4 (s)	1,2±1,5	1,2±1,2	0,3±0,5	1,1±0,9

**Total do jogo**

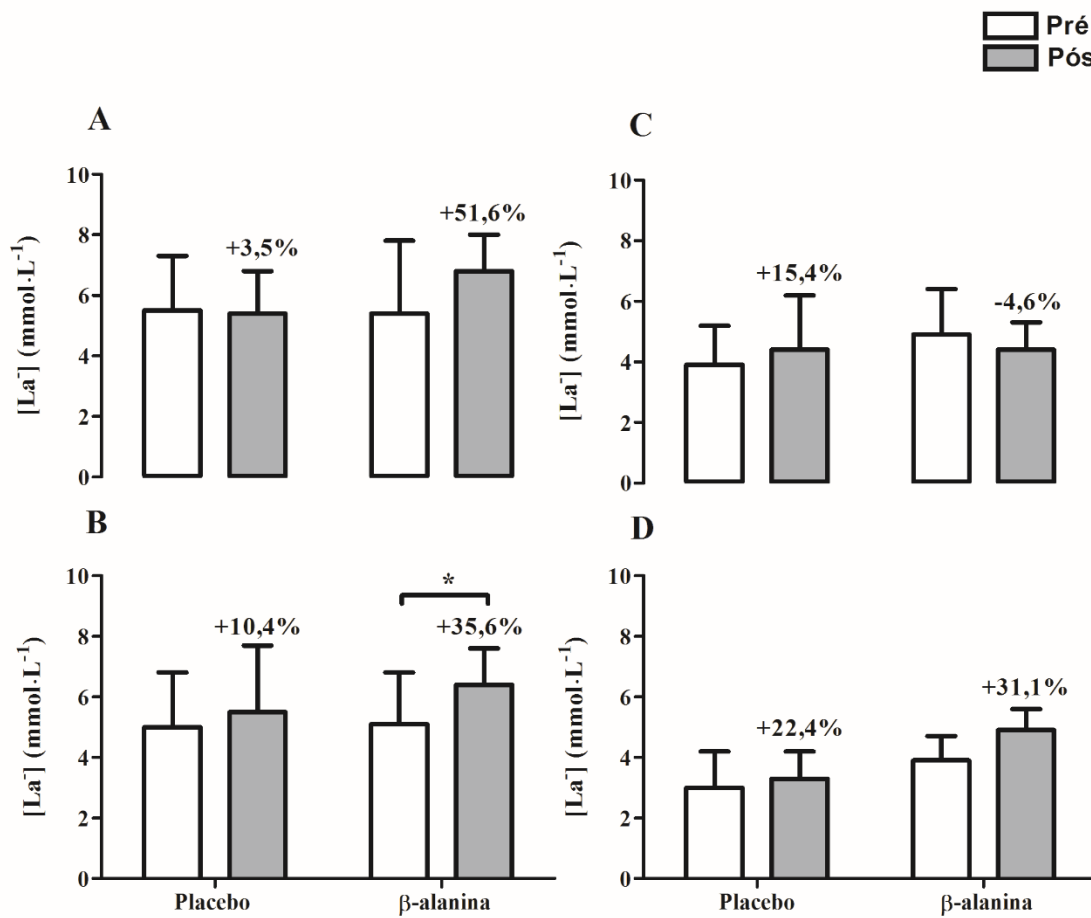
<b>Faixa 1 (s)</b>	2085,1±81,2	1938,4±80,6*	2124,3±98,8	2003,5±43,0*
<b>Faixa 2 (s)</b>	780,0±84,6	793,6±101,5	743,0±96,2	725,1±36,3
<b>Faixa 3 (s)</b>	34,7±23,2	62,6±27,5*	34,2±16,7	66,8±25,3*
<b>Faixa 4 (s)</b>	2,9±3,6	3,0±3,5	1,3±1,2	2,8±1,9

Valores expressos como média±desvio padrão. faixa 1 = velocidade < 0,8 m·s<sup>-1</sup>; faixa 2 = velocidade ≥ 0,8 e <1,4 m·s<sup>-1</sup>; faixa 3 = velocidade ≥ 1,4 e <1,8 m·s<sup>-1</sup>; faixa 4 = velocidade ≥1,8 m·s<sup>-1</sup>.

\* Diferença significativa comparado com o momento pré suplementação ( $p \leq 0,05$ ).

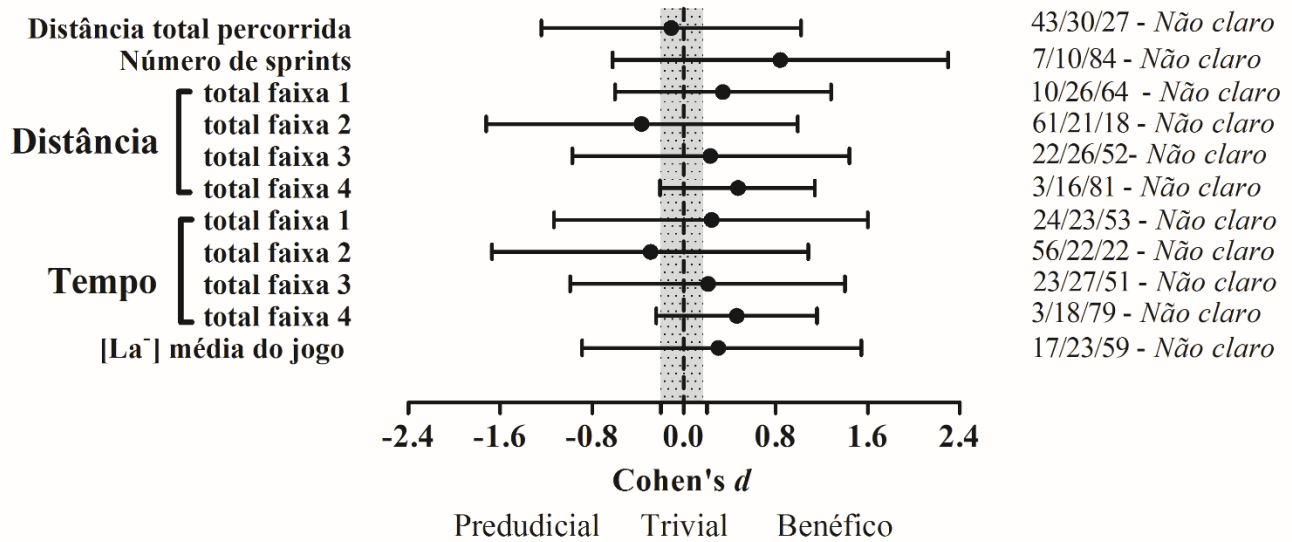
As respostas lactacidemicas durante os 4 quartos do jogo estão apresentadas na figura 15. Não foi encontrado efeito de interação significativa entre os grupos. No entanto, apenas o grupo β-alanina apresentou diferença entre os momentos no segundo quarto de jogo ( $F=7,1$ ;  $p < 0,001$ ; *post hoc*:  $p=0,038$ ). O valor médio de [La<sup>-</sup>] durante o jogo foi de 4,4±1,4 mmol·L<sup>-1</sup> e de 4,7±1,5 mmol·L<sup>-1</sup> para o grupo placebo nos momentos pré e pós suplementação ( $\Delta\% = 9,9\%$ ), respectivamente, e de 4,8±1,4 mmol·L<sup>-1</sup> e 5,6±0,5 mmol·L<sup>-1</sup> para o grupo β-alanina nos momentos pré e pós suplementação ( $\Delta\% = 23,7\%$ ), respectivamente. Não foram encontrados efeitos de interação significativa entre os grupos e momentos para os valores médios de [La<sup>-</sup>] do jogo simulado.

A análise magnitude do efeito entre os grupos para as variáveis de deslocamento e de [La<sup>-</sup>] do jogo simulado estão apresentados na figura 16. Todos os resultados foram *não claros*.



**Figura 15.** Concentração de lactato sanguíneo ( $[La^-]$ ) durante os 4 quartos do jogo simulado de polo aquático (média $\pm$ DP). A = primeiro quarto; B = segundo quarto; C= terceiro quarto; D = último quarto.

\* Diferença significativa comparado com o momento pré suplementação ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura16.** Análise da magnitude do efeito entre os grupos para as variáveis do jogo simulado. Área trivial (cinza) representa o limiar de -0,2 até 0,2 e as barras indicam  $\pm 95\%$  do limite de confiança. Faixa 1 = velocidade  $< 0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; faixa 2 = velocidade  $\geq 0,8$  e  $< 1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; faixa 3 = velocidade  $\geq 1,4$  e  $< 1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; faixa 4 = velocidade  $\geq 1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

## 7. DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que 4 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina não apresentou nenhum efeito de interação significativa entre os grupos para nenhuma variável. No entanto, alguns ligeiros indícios de melhora com a suplementação de  $\beta$ -alanina foram encontrados como: (1) melhora significativa entre os momentos (pré  $\times$  pós) no número total de *sprints* durante o jogo simulado de polo aquático; (2) efeito *provavelmente benéfico* para o tempo médio, pior tempo e tempo total na primeira série do teste de RSA (RSA<sub>1</sub>); (3) melhora significativa entre os momentos na força média e integral de força durante o teste de 30 s máximo em nado atado (30<sub>ATADO</sub>) e na *performance* de 200 m em nado crawl; (4) melhora significativa entre os momentos na força pico no teste incremental máximo em nado atado (GXT<sub>ATADO</sub>). Dessa maneira, aparentemente o efeito ergogênico da suplementação de  $\beta$ -alanina em atletas de polo aquático parece ser apenas ligeiro e mais evidente em esforços de alta intensidade, como no jogo simulado, teste de RSA, 30<sub>ATADO</sub> e GXT<sub>ATADO</sub>.

### 7.1. Teste incremental máximo em nado atado

O teste incremental máximo em nado atado (GXT<sub>ATADO</sub>) foi utilizado no presente estudo principalmente por possibilitar a determinação direta do  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ , que é considerado o melhor preditor de aptidão cardiovascular (HOWLEY et al., 1995). No entanto, os resultados do presente estudo não mostraram nenhum efeito substancial de melhora da suplementação de  $\beta$ -alanina comparado com o grupo placebo para o  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ , pelo contrário, apenas o grupo suplementado com  $\beta$ -alanina apresentou redução significativa nos valores de  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  expressos em unidade absoluta.

Tais achados poderiam sugerir uma ligeira piora com a suplementação de  $\beta$ -alanina sobre a aptidão aeróbia. No entanto, a grande maioria dos estudos realizados nessa perspectiva (SMITH-RYAN et al., 2013; STOUT et al., 2007; ZOELLER et al., 2007; COCHRAN et al., 2015; GLENN et al., 2015; GROSS et al., 2014; WALTER et al., 2010; KRESTA et al., 2014) não encontraram alterações significativas nos valores de  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  após a suplementação de  $\beta$ -alanina, o que indica que essa variável tem pouco ou nenhuma influência da acidose e consequentemente da capacidade de tamponamento. Ainda, o único estudo que encontrou redução significativa nos valores de  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  com a suplementação de  $\beta$ -alanina (JORDAN et al., 2010), não utilizou  $\beta$ -alanina pura e os autores consideraram tal redução como efeito inesperado. Assim, essa redução significativa nos valores de  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  encontrado no presente

estudo parece ser um efeito mais associado à fase do treinamento das equipes, visto que ambos os grupos apresentaram uma redução no  $\Delta\%$  (tabela 2).

Em relação aos parâmetros de *performance* do GXT<sub>ATADO</sub> ( $i\dot{V}O_{2\text{pico}}$  e força pico) também nenhuma melhora substancial entre os grupos foi encontrada. No entanto, apenas o grupo  $\beta$ -alanina apresentou melhora na força pico, e assim, aparentemente esse parâmetro de *performance* do GXT<sub>ATADO</sub> parece sofrer ligeira influência positiva da suplementação de  $\beta$ -alanina.

Estudos anteriores também encontraram melhora em parâmetros de *performance* com a suplementação de  $\beta$ -alanina em teste incremental, como aumento no tempo total de esforço (STOUT et al., 2007; GHIASVAND et al., 2012; SMITH et al., 2009). Tal fator pode estar associado à alta acidose gerada pelos últimos estágios do teste incremental, o que permitiria maior atuação da carnosina.

Assim, de acordo com os achados do presente estudo, 4 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina pode apenas melhorar ligeiramente a força pico do GXT<sub>ATADO</sub>, enquanto que a redução no  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  parece ser uma oscilação devido a fase de treinamento que a equipe se encontra na temporada.

## 7.2. Teste de esforço máximo de 3 minutos

Embora o teste esforço máximo de 3 minutos (*All Out* 3-min) tenha a duração do esforço dentro da faixa considerada ideal (1-4 min) para se encontrar melhora com a suplementação de  $\beta$ -alanina (HOBSON et al., 2012) e tenha apresentado altos valores de  $[La^-]$  ( $\sim 13 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ), o que sugere grande participação da via glicolítica e alta acidose intramuscular, não foram encontradas melhoras substanciais entre os grupos para nenhuma variável desse teste. A única melhora encontrada com a suplementação  $\beta$ -alanina foi na variável força crítica apenas entre os momentos.

A força crítica é conceitualmente um parâmetro representativo do metabolismo aeróbio, cuja intensidade teoricamente poderia ser mantida infinitamente sem que ocorra a exaustão (MONOD e SCHERRER, 1965). Ainda, Kalva-Filho et al. (2014) mostraram que a força crítica determinada através do *All Out* 3-min em nadadores possui fortes correlações ( $r=0,80$ ) com a intensidade de lactato mínimo e moderadas ( $r=0,60$ ) com o  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ . Portanto, uma melhora nessa variável poderia representar uma melhora na aptidão aeróbia dos participantes. No entanto, o presente estudo encontrou apenas uma ligeira melhora na força

crítica com suplementação de  $\beta$ -alanina e qualquer associação com melhorias na aptidão aeróbia deve ser realizada com cautela.

De maneira similar aos achados do presente estudo, Smith-Ryan et al. (2012) também não encontraram melhora na velocidade crítica em corrida, determinada com a realização de 3 esforços supramáximos (110, 100, e 90% da velocidade pico) após 28 dias de suplementação de  $\beta$ -alanina comparado com o grupo placebo.

Inversamente ao ligeiro aumento na força crítica, houve uma redução significativa na  $W'$  para o grupo  $\beta$ -alanina. A  $W'$  corresponde a quantidade de trabalho realizado acima da força crítica e poderia dar uma estimativa da capacidade de trabalho anaeróbio (VANHATALO et al., 2007), que nesse caso seria deteriorada. No entanto, o aumento da força crítica sem um aumento da força pico ou da área total durante o teste implica, que a redução da  $W'$ , foi uma consequência do aumento força crítica e não necessariamente uma diminuição da atividade anaeróbia dos atletas, o que aponta uma fragilidade da interpretação desse parâmetro no teste de *All Out 3-min*.

Portanto, 4 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina parece ter apenas ligeiro efeito ergogênico sobre a força crítica no teste *All Out 3-min*, enquanto que a redução encontrada na variável  $W'$  parece estar mais associada à uma fragilidade na interpretação desse parâmetro.

### **7.3. Teste de 30 segundos máximo em nado atado, performance de 200 m em nado crawl e teste de salto sob a trave do gol de 30 segundos**

No presente estudo, o teste de 30 segundos máximo em nado atado (30<sub>ATADO</sub>) foi utilizado pelo fato de ser um teste reprodutível (PAPOTI et al., 2003) e sensível aos efeitos do treinamento e polimento (PAPOTI et al., 2007). Esse teste é determinado aproximadamente 77% pelo metabolismo anaeróbio (PEYREBRUNE et al. 2014) e a força média desse teste possui forte correlação ( $r \geq 0,80$ ) com o máximo déficit acumulado de oxigênio (dados não publicados). Além disso, a importância do 30<sub>ATADO</sub> para polo aquático é evidenciado pelo fato dos atletas usarem constantemente o nado crawl com a cabeça acima da água. De Jesus et al. (2012) mostraram que quando os atletas realizam o nado crawl com a cabeça acima da água e conduzem a bola, ocorre maior obliquidade da posição do tronco e afundamento das pernas, bem como, maior frequência de batidas de perna. Assim, espera-se que para a mesma velocidade de nado, jogadores de polo aquático apliquem maior força de propulsão em comparação com o nado crawl realizado de modo convencional. No entanto, apesar da importância do 30<sub>ATADO</sub> para o polo aquático, os resultados do presente estudo mostraram que o 30<sub>ATADO</sub> parece ser pouco influenciado pela suplementação de  $\beta$ -alanina.

No 30<sup>ATADO</sup>, os participantes apresentaram elevada produção de lactato ( $\sim 10 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ), o que sugere uma elevada atividade da via glicolítica e uma possível queda no pH intramuscular (PAROLIN et al., 1999). Tendo em vista o fato da acidose intramuscular poder inibir a produção de energia (SPRIET et al., 1989), reduzir a produção de força (SPRIET et al., 1989) e perturbar o funcionamento do processo contrátil do músculo (FABIATO e FABIATO, 1978), é provável que a acidose seja um relevante fator causador de fadiga no 30<sup>ATADO</sup>. No entanto, apesar do alto valor de lactato sanguíneo e consequente acidose intramuscular durante o esforço, a suplementação de  $\beta$ -alanina não foi eficaz para melhorar os parâmetros de desempenho do teste em relação ao grupo placebo. Por outro lado, a melhora significativa da força média e integral de força (pré  $\times$  pós) no grupo  $\beta$ -alanina sem efeito no grupo placebo, pode evidenciar uma tendência de efeito benéfico da suplementação de  $\beta$ -alanina, que deve ser melhor investigado utilizando um tempo de suplementação maior. Essa melhora entre os momentos poderia ser atribuída a um efeito do treinamento, mas essa explicação deve ser refutada com base no efeito não significativo do grupo placebo.

A importância de carnosina para este tipo de esforço foi descrita por Suzuki et al. (2002). Os autores (SUZUKI et al., 2002) mostraram alta correlação entre o conteúdo intramuscular de carnosina e a potência média por quilo de massa corporal ( $r = 0,78$ ;  $p < 0,01$ ) durante um teste de esforço máximo de 30 s em cicloergométrica, evidenciando a importância do alto conteúdo de carnosina para esse tipo de exercício. Assim, são necessários mais estudos sobre o efeito ergogênico da suplementação de  $\beta$ -alanina no 30<sup>ATADO</sup>.

Estudos anteriores mostraram que as provas de 200 m na natação também são caracterizadas por alta  $[\text{La}^-]$  (isto é,  $\sim 15 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) (BONIFAZI et al., 1993; LINDH et al., 2008), queda acentuada no pH do sangue ( $\sim 7,1$ ) (LINDH et al., 2008) e possivelmente elevada acidose intramuscular. Assim, bem como no 30<sup>ATADO</sup>, é aceitável que o suposto aumento da capacidade de tamponamento do músculo pela suplementação de  $\beta$ -alanina também pode ter sido insuficiente para atenuar expressivamente o processo de fadiga no teste de *performance* de 200 m em nado crawl (P200m).

Embora a duração do esforço do P200m esteja dentro do intervalo de tempo ideal (1-4 min) em que a suplementação de  $\beta$ -alanina promove efeitos ergogênicos (HOBSON et al., 2012), a melhora encontrada no presente estudo foi muito modesta e apenas dentro do grupo.

De Salles Painelli et al. (2013) relataram resultados mais expressivos de melhora na P200m em nadadores bem treinados comparados ao presente estudo. No entanto, os autores (DE SALLES PAINELLI et al., 2013) utilizaram 5 semanas de suplementação  $\beta$ -alanina,



resultando numa dose total de  $\beta$ -alanina ingerida (201,6 g) maior do que no presente estudo, o que pode ter promovido melhoras mais expressivas no desempenho.

O teste de salto sob a trave do gol de 30 segundos (30CJ; posição vertical do corpo) não apresentou qualquer indicação de melhora promovida pela suplementação  $\beta$ -alanina. Possivelmente, a ausência de um efeito ergogênico da suplementação de  $\beta$ -alanina sobre o 30CJ foi devido ao fato do *eggbeater kick* (movimento de pernada utilizado no 30CJ) ser altamente influenciado por fatores técnicos (PLATANOU, 2005). Platanou (2005) não encontraram correlação significativa entre saltos verticais realizado em terra e em água em jogadores de polo aquático, sugerindo que desempenho do salto vertical em água é explicado por uma maior habilidade técnica em vez de parâmetros de força.

Assim, baseado nos achados do presente estudo, é plausível assumir que 4 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina pode apenas melhorar ligeiramente a força média e integral de força no 30<sub>ATADO</sub> e a *performance* de 200 m em nado crawl (P200m).

#### **7.4. Teste de habilidade de *sprints* repetidos**

A nossa hipótese inicial de que  $\beta$ -alanina poderia atuar na manutenção da *performance* em situações precedidas por esforços prévios, como acontece em uma partida de polo aquático, não pode ser confirmada. A segunda série do teste de RSA (RSA<sub>2</sub>) foi realizada a fim de mimetizar a demanda que ocorre em uma partida de polo aquático, onde os atletas realizam repetidos *sprints* intermitentemente (TAN et al., 2009). Qualquer melhora no RSA<sub>2</sub> poderia representar uma melhora em algumas ações importantes, particularmente nos últimos quartos de uma partida de polo aquático (ou seja, 3º e 4º quarto), onde um declínio no desempenho físico é geralmente observado (TAN et al., 2009; MELCHIORRI, et al., 2010). No entanto, a suplementação de  $\beta$ -alanina parece não ser capaz de promover melhoras substanciais no teste de RSA realizado sob estas condições. Além disso, embora a figura 13 demonstre uma ligeira tendência de melhora no grupo  $\beta$ -alanina para o tempo total e os  $\Delta\%$  tenham melhorado ~ 3% para todas as variáveis de tempo do grupo  $\beta$ -alanina enquanto que no grupo placebo a melhora tenha disso apenas de ~0,5% (Tabela 1), essas diferenças (entre os grupos e dentro do grupo) foram muito pequenas e com grande dispersão, tornando-as insubstancial. Ainda, esses resultados no RSA<sub>2</sub> apresentados no presente estudo estão de acordo com o estudo de Saunders et al. (2014), que investigaram os efeitos da suplementação de  $\beta$ -alanina em RSA avaliado após os esforços que simulavam as exigências físicas de uma partida de futebol, e também não encontraram melhora.

Quando realizado sem esforços anteriores (isto é, RSA<sub>1</sub>), a suplementação de β-alanina apresentou resultados positivos somente pela análise da magnitude do efeito, enquanto que pela análise estatística convencional não foram encontrados resultados positivos. A análise de magnitude do efeito mostrou um efeito *provavelmente benéfico* para a suplementação β-alanina no tempo médio, pior tempo e o tempo total em comparação com o tratamento com placebo (Figura 14). Embora as melhoras no RSA<sub>1</sub> tenham sido encontradas apenas pela análise da magnitude do efeito, isso pode ter alguma importância para a modalidade esportiva. Esse tipo de análise é uma abordagem estatística utilizada para lidar adequadamente com a importância de um efeito no mundo real (HOPKINS et al., 2009); e tem sido amplamente utilizada em estudos com o desempenho esportivo (DE SALLES PAINELLI et al., 2013; DUCKER et al., 2013a; DUCKER et al., 2013b), onde pequenas diferenças podem ser representativas. Assim, é plausível supor apenas uma ligeira melhora no RSA<sub>1</sub>, que é considerado um componente chave para o sucesso competitivo em esportes coletivos (SPENCER et al., 2005), incluindo o polo aquático (TAN et al., 2009). Em partidas de polo aquático, os *sprints* são executados para ganhar uma vantagem sobre o adversário, realizar contra-ataques e defender contra-ataque (SMITH, 1998); e muitas vezes ocorrem de maneira repetida (TAN et al., 2009).

De qualquer forma, estes resultados no RSA<sub>1</sub> também são semelhantes a outros estudos que investigaram o efeito ergogênico da suplementação de β-alanina sobre o RSA (SWEENEY et al., 2010; DUCKER et al., 2013c; DANAHER et al., 2014; SAUNDERS et al., 2014), os quais também não encontraram efeitos de interação significativa pela análise estatística convencional.

Uma vez que o RSA é altamente dependente da capacidade de tamponamento de íons de H<sup>+</sup> (BISHOP et al., 2003), esperava-se resultados mais expressivos para o efeito ergogênico da suplementação de β-alanina. Esforços repetidos podem causar grandes reduções no pH intramuscular (GAITANOS et al., 1993) e resultar em prejuízos na produção de força (SPRIET et al., 1989), inibição de ressíntese de creatina fosfato (HARRIS et al., 1976), inibição da glicólise (PAROLIN et al., 1999), prejudicar o funcionamento do processo de contração muscular (FABIATO e FABIATO., 1978) e conseqüentemente diminuição no desempenho físico (HOBSON et al., 2012). Portanto, visto que a suplementação de β-alanina pode aumentar a capacidade de tamponamento intramuscular, era esperado que tal fator resultasse em atraso nesses processos que podem prejudicar o RSA (BELLINGER, 2014), no entanto, os efeitos benéficos encontrados no presente estudo foram discretos e encontrados somente no RSA<sub>1</sub>.

Portanto, de acordo com os resultados encontrados no presente estudo, 4 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina pode ter ligeira influência positiva sobre tempo médio, pior tempo e o tempo total na primeira série do teste de RSA (RSA<sub>1</sub>).

### 7.5. Rastreamento do deslocamento em jogo simulado

A principal problemática do presente estudo, era que devido à alta intensidade de uma partida de polo aquático, o último quarto de jogo era caracterizado por uma evidente redução nos parâmetros de deslocamento dos atletas (MELCHIORRI et al., 2010), fator que poderia ser causado pela acidose intramuscular. Dessa maneira, novas estratégias nutricionais que pudessem atenuar essa queda de *performance* ou até melhorá-la tornavam-se necessárias. Assim, de maneira pioneira, o presente estudo se propôs a investigar a influência da suplementação de  $\beta$ -alanina nos parâmetros de deslocamento durante o jogo simulado de polo aquático.

Os resultados mostraram que embora não tenha sido encontrado efeito de interação significativa entre os grupos para nenhuma variável de deslocamento, tanto analisando os quartos de maneira separada como considerando o jogo de maneira total, apenas o grupo  $\beta$ -alanina apresentou melhora significativa entre os momentos (pré  $\times$  pós) no número de *sprints* do terceiro e último quarto de jogo e conseqüentemente, no número total de *sprints* do jogo, o que sugere um ligeiro efeito benéfico para essa variável.

A realização de *sprints* no polo aquático pode ser considerado um fator de extrema importância o do jogo (TAN et al., 2009) e dessa maneira, essa ligeira melhora no número de *sprints* nos momentos finais do jogo (3º e 4º quarto) promovida pela suplementação de  $\beta$ -alanina pode ser relevante para o polo aquático. Embora essa melhora seja muito discreta, é plausível que esse aumento no número de *sprints* no final do jogo seja decorrente da melhora no tamponamento intramuscular, visto que provavelmente os momentos finais de jogo sejam mais afetados pela acidose intramuscular.

Os estudos prévios que investigaram a influência da suplementação de  $\beta$ -alanina em protocolos que mimetizam as exigências físicas de uma partida de modalidade esportiva coletiva (SAUNDERS et al., 2012a; SAUNDERS et al. 2014) não encontraram nenhum indício de melhora, justificados pela insuficiente intensidade do teste para gerar elevada acidose (SAUNDERS et al., 2012a) ou pela baixa contribuição anaeróbia e baixo acúmulo de íons H<sup>+</sup> (SAUNDERS et al., 2014). No entanto, o jogo simulado do presente estudo foi realizado na situação que mais se aproxima de um jogo oficial, assim reproduzindo de maneira fidedigna as ações motoras e demanda metabólicas de uma partida. Dessa maneira,

embora os benefícios da suplementação de  $\beta$ -alanina tenham sido apenas modestos, eles podem ser um indício de um efeito ergogênico sobre o número de *sprints* durante uma partida oficial de polo aquático.

Assim, 4 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina pode promover ligeira melhora no número de *sprints* do terceiro e último quarto de jogo e no número total de *sprints* durante um jogo simulado de polo aquático.

## 7.6. Aplicações práticas

O polo aquático é uma modalidade esportiva intermitente, caracterizado principalmente pelos esforços de alta intensidade que resultam em grande participação do sistema glicolítico e estresse metabólico, os quais afetam diretamente o desempenho dos atletas durante o jogo, reduzindo importantes parâmetros como percentual de tempo nas faixas de velocidade  $>1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (7%), taxa de trabalho (reduz de  $58,0\pm 6,2 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  para  $49,0\pm 09,0 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ ) (MELCHIORRI et al., 2010) e percentual de ações de alta intensidades (reduz de 18,1% para 12,6%) (TAN et al., 2009). Assim, é evidente a necessidade de intervenções que possam atenuar essa queda de rendimento e melhore o desempenho dos atletas durante uma partida de polo aquático.

De acordo com os achados do presente estudo, a suplementação por 4 semanas de  $\beta$ -alanina parece ter apenas um discreto efeito ergogênico no número de *sprints* que ocorrem no 3º e 4º quarto de jogo. Além disso, também foram encontrados ligeiros efeitos ergogênico no teste de habilidade de *sprints* repetidos (RSA), no teste de 30 s máximo em nado atado ( $30_{\text{ATADO}}$ ), na *performance* de 200 m em nado crawl (P200m) e na força pico no teste incremental máximo em nado atado ( $\text{GXT}_{\text{ATADO}}$ ).

De todo o modo, essas ligeiras melhoras encontradas no presente estudo, principalmente número de *sprints* total do jogo simulado e no teste de RSA, podem ter alguma representatividade em importantes ações para o jogo, visto que os *sprints* são considerados determinantes para modalidades esportivas coletivas (SPENCER et al., 2005) e, especificamente no polo aquático, os *sprints* são utilizados constantemente para ganhar vantagem sobre o oponente, realizar contra-ataque e defender contra-ataque (SMITH et al., 1998). Além disso, as ligeiras melhoras em testes semi-específicos como no teste de  $30_{\text{ATADO}}$ , na P200m e na força pico do  $\text{GXT}_{\text{ATADO}}$  também podem ser representativas em situações de deslocamento horizontal (nado estilo crawl) durante a partida.

## 8. CONCLUSÃO

De acordo com os achados do presente estudo, 4 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina não é capaz de gerar efeitos de interação significativa com o efeito placebo. No entanto, algumas ligeiras melhoras com a suplementação de  $\beta$ -alanina foram encontradas como: (1) melhora significativa entre os momentos (pré  $\times$  pós) no número total de *sprints* durante o jogo simulado de polo aquático; (2) efeito *provavelmente benéfico* para o tempo médio, pior tempo e tempo total na primeira série do teste de RSA (RSA<sub>1</sub>); (3) melhora significativa entre os momentos na força média e integral de força durante o teste de 30 s máximo em nado atado e na *performance* de 200 m em nado crawl; (4) melhora significativa entre os momentos na força pico no teste incremental máximo em nado atado (GXT<sub>ATADO</sub>). Assim, é plausível assumir que 4 semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina pode apenas melhorar ligeiramente alguns parâmetros relacionados a habilidade de nado no polo aquático como número total de *sprints* em jogo simulado, tempo médio, pior tempo e tempo total no teste de RSA, força média e integral de força no 30<sub>ATADO</sub>, P200m e força crítica no GXT<sub>ATADO</sub>.

## REFERÊNCIAS

- ABE, H. Role of histidine-related compounds as intracellular proton buffering constituents in vertebrate muscle. **Biochemistry (Mosc)**, v. 65, n. 7, p. 757-65, 2000.
- AHLBORG, B.; BERGSTROM, J.; EKELUND, L. G.; GUARNIERI, G.; HARRIS, R. C.; HULTMAN, E.; NORDESJO, L. O. Muscle metabolism during isometric exercise performed at constant force. **Journal Applied Physiology**, v. 33, n. 2, p. 224-8, 1972.
- ARTIOLI, G. G.; GUALANO, B.; SMITH, A.; STOUT, J.; LANCHI, A. H., JR. Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 6, p. 1162-73, 2010.
- ASATOOR, A. M.; BANDO, J. K.; LANT, A. F.; MILNE, M. D.; NAVAB, F. Intestinal absorption of carnosine and its constituent amino acids in man. **Gut**, v. 11, n. 3, p. 250-4, 1970.
- BAGUET, A.; BOURGOIS, J.; VANHEE, L.; ACHTEN, E.; DERAIVE, W. Important role of muscle carnosine in rowing performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 4, p. 1096-101, 2010.
- BAGUET, A.; EVERAERT, I.; ACHTEN, E.; THOMIS, M.; DERAIVE, W. The influence of sex, age and heritability on human skeletal muscle carnosine content. **Amino Acids**, v. 43, n. 1, p. 13-20, 2012.
- BAGUET, A.; REYNGOUDT, H.; POTTIER, A.; EVERAERT, I.; CALLENS, S.; ACHTEN, E.; DERAIVE, W. Carnosine loading and washout in human skeletal muscles. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 3, p. 837-42, 2009.
- BAKARDJIEV, A.; BAUER, K. Transport of beta-alanine and biosynthesis of carnosine by skeletal muscle cells in primary culture. **European Journal of Biochemistry**, v. 225, n. 2, p. 617-23, 15 1994.
- BALSALOBRE-FERNANDEZ, C.; TEJERO-GONZALEZ, C. M.; DEL CAMPO-VECINO, J.; BAVARESCO, N. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 2, p. 528-33, 2014.
- BAMPOURAS, T. M.; MARRIN, K. Validity and reliability of a commonly used water polo test: a pilot study. **Portuguese Journal of Sports Science**, v. 6, p. 72-73, 2006.
- BAMPOURAS, T. M.; MARRIN, K. Comparison of two anaerobic water polo-specific tests with the Wingate test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 336-40, 2009.
- BAMPOURAS, T. M.; MARRIN, K. Reliability of the 30-s crossbar jumps water polo test. **Serbian Journal of Sports Science**, v. 4, n. 2, p. 69-73, 2010.
- BARROS, R. M. L.; MISUTA, M. S.; MENEZES, R. P.; FIGUEROA, P. J.; MOURA, F. A.; CUNHA, S. A.; ANIDO, R.; LEITE, N. J. Analysis of the distances covered by first division

Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 6, n. 2, p. 233-242, 2007.

BATTERHAM, A. M.; HOPKINS, W. G. Making meaningful inferences about magnitudes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 1, n. 1, p. 50-7, 2006.

BAUER, K.; SCHULZ, M. Biosynthesis of carnosine and related peptides by skeletal muscle cells in primary culture. **European Journal of Biochemistry**, v. 219, n. 1-2, p. 43-7, 1994.

BELLINGER, P. M. beta-Alanine supplementation for athletic performance: an update. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 6, p. 1751-70, 2014.

BELLINGER, P. M.; HOWE, S. T.; SHING, C. M.; FELL, J. W. Effect of combined beta-alanine and sodium bicarbonate supplementation on cycling performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 8, p. 1545-51, 2012.

BELLINGER, P. M.; MINAHAN, C. L. The effect of beta-alanine supplementation on cycling time trials of different length. **European Journal of Sport Science**, p. 1-8, 2015.

BEX, T.; CHUNG, W.; BAGUET, A.; ACHTEN, E.; DERAIVE, W. Exercise training and Beta-alanine-induced muscle carnosine loading. **Frontiers in Nutrition**, v. 2, p. 13, 2015.

BEX, T.; CHUNG, W.; BAGUET, A.; STEGEN, S.; STAUTEMAS, J.; ACHTEN, E.; DERAIVE, W. Muscle carnosine loading by beta-alanine supplementation is more pronounced in trained vs. untrained muscles. **Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 2, p. 204-9, 2014.

BILLAT, L. V.; KORALSZTEIN, J. P. Significance of the velocity at VO<sub>2</sub>max and time to exhaustion at this velocity. **Sports Medicine**, v. 22, n. 2, p. 90-108, 1996.

BISHOP, D.; EDGE, J.; DAVIS, C.; GOODMAN, C. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 5, p. 807-13, 2004.

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

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.

BOLDYREV, A. A. Carnosine: new concept for the function of an old molecule. **Biochemistry (Mosc)**, v. 77, n. 4, p. 313-26, 2012.

BOLDYREV, A. A.; ALDINI, G.; DERAIVE, W. Physiology and pathophysiology of carnosine. **Physiology Reviews**, v. 93, n. 4, p. 1803-45, 2013.

BONIFAZI, M.; MARTELLI, G.; MARUGO, L.; SARDELLA, F.; CARLI, G. Blood lactate accumulation in top level swimmers following competition. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 33, n. 1, p. 13-8, 1993.

BOTONIS, P. G.; TOUBEKIS, A. G.; PLATANOU, T. I. Physiological responses of water-polo players under different tactical strategie. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 14, n. 1, p. 84-90, 2015.

BRATUSA, F. Z.; PERISIC, S. M.; DOPSAJ, J. M. General Index of Crawl Swimming Velocity of Junior Water Polo Player in a Match. **Biomechanics and Medicine in Swimming XI**, n. 4, p. 245-246, 2010.

CASTELL, L. M.; BURKE, L. M.; STEAR, S. J.; MCNAUGHTON, L. R.; HARRIS, R. C. BJSM reviews: A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 5. **British Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 1, p. 77-8, 2010.

CHUNG, W.; BAGUET, A.; BEX, T.; BISHOP, D. J.; DERAIVE, W. 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. 315-24, Jun 2014.

CHUNG, W.; SHAW, G.; ANDERSON, M. E.; PYNE, D. B.; SAUNDERS, P. U.; BISHOP, D. J.; BURKE, L. M. Effect of 10 week beta-alanine supplementation on competition and training performance in elite swimmers. **Nutrients**, v. 4, n. 10, p. 1441-53, 2012.

COCHRAN, A. J.; PERCIVAL, M. E.; THOMPSON, S.; GILLEN, J. B.; MACINNIS, M. J.; POTTER, M. A.; TARNOPOLSKY, M. A.; GIBALA, M. J. Beta-Alanine Supplementation Does Not Augment the Skeletal Muscle Adaptive Response to Six Weeks of Sprint Interval Training. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 25, n 6, p. 541-549, 2015.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1988.

COSTILL, D. L.; VERSTAPPEN, F.; KUIPERS, H.; JANSSEN, E.; FINK, W. Acid-base balance during repeated bouts of exercise: influence of HCO<sub>3</sub>. **International Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 5, p. 228-231, 1984

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

D'AURIA, S.; GABBETT, T. A time-motion analysis of international women's water polo match play. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 3, n. 3, p. 305-19, 2008.

D'ERCOLE, A. A.; D'ERCOLE, C.; GOBBI, M.; GOBBI, F. Technical, perceptual and motor skills in novice-expert water polo players: an individual discriminant analysis for talent development. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 12, p. 3436-44, 2013.

DANAHER, J.; GERBER, T.; WELLARD, R. M.; STATHIS, C. G. 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. 1715-24, 2014.

DE ANDRADE KRATZ, C.; DE SALLES PAINELLI, V.; DE ANDRADE NEMEZIO, K. M.; DA SILVA, R. P.; FRANCHINI, E.; ZAGATTO, A. M.; GUALANO, B.; ARTIOLI, G. G. Beta-alanine supplementation enhances judo-related performance in highly-trained athletes. **Journal of Science and Medicine in Sport**: *in press*, 2016.

DE JESUS, K.; FIGUEIREDO, P.; DE JESUS, K.; PEREIRA, F.; VILAS-BOAS, J. P.; MACHADO, L.; FERNANDES, R. J. Kinematic analysis of three water polo front crawl styles. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 7, p. 715-23, 2012.

DE SALLES PAINELLI, V.; FREITAS, P.; GUALANO, B.; ARTIOLI, G. G. Metabolismo de carnosina, suplementação de  $\beta$ -alanina e desempenho físico: atualização - parte I. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 52, p. 361-378, 2015.

DE SALLES PAINELLI, V.; ROSCHEL, H.; DE JESUS, F.; SALE, C.; HARRIS, R. C.; SOLIS, M. Y.; BENATTI, F. B.; GUALANO, B.; LANCHI, A. H., JR.; ARTIOLI, G. G. 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. 525-32, 2013.

DE SALLES PAINELLI, V.; SAUNDERS, B.; SALE, C.; HARRIS, R. C.; SOLIS, M. Y.; ROSCHEL, H.; GUALANO, B.; ARTIOLI, G. G.; LANCHI JR, A. H. Influence of training status on high-intensity intermittent performance in response to beta-alanine supplementation. **Amino Acids**, v. 5, n. 46, p. 1207-1215, 2014.

DECOMBAZ, J.; BEAUMONT, M.; VUICHOU, J.; BOUISSET, F.; STELLINGWERFF, T. Effect of slow-release beta-alanine tablets on absorption kinetics and paresthesia. **Amino Acids**, v. 43, n. 1, p. 67-76, 2012.

DEMINICE, R.; PAPOTI, P.; ZAGATTO, A. M.; PRADO JÚNIOR, M. V. Validity of 30 minutes test (T-30) in aerobic capacity, stroke parameters and aerobic performance determination of trained swimmers. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 3, p. 173-176, 2007.

DERAVE, W.; EVERAERT, I.; BEECKMAN, S.; BAGUET, A. Muscle carnosine metabolism and beta-alanine supplementation in relation to exercise and training. **Sports Medicine**, v. 40, n. 3, p. 247-63, 2010.

DERAVE, W.; OZDEMIR, M. S.; HARRIS, R. C.; POTTIER, A.; REYNGOUDT, H.; KOPPO, K.; WISE, J. A.; ACHTEN, E. beta-Alanine supplementation augments muscle carnosine content and attenuates fatigue during repeated isokinetic contraction bouts in trained sprinters. **Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 5, p. 1736-43, 2007.

DONALDSON, S. K.; HERMANSEN, L.; BOLLES, L. Differential, direct effects of H<sup>+</sup> on Ca<sup>2+</sup>-activated force of skinned fibers from the soleus, cardiac and adductor magnus muscles of rabbits. **Pflugers Archiv: European Journal of Physiology**, v. 376, n. 1, p. 55-65, 1978.

DONOVAN, T.; BALLAM, T.; MORTON, J. P.; CLOSE, G. L. 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. 331-7, 2012.

DOPSAJ, J. M.; MADIC, D.; OKICIC, T. The assessment of the acquisition of various crawl style modes in water polo players with respect to age and competitive levels. **Physical Education Sport**, v. 5, p. 109-120, 2007.

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, 2013a.

DUCKER, K. J.; DAWSON, B.; WALLMAN, K. E. Effect of beta-alanine supplementation on 2000-m rowing-ergometer performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 23, n. 4, p. 336-43, 2013b.

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. 3450-60, 2013c.

DUTKA, T. L.; LAMB, G. D. Effect of carnosine on excitation-contraction coupling in mechanically-skinned rat skeletal muscle. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, v. 25, n. 3, p. 203-13, 2004.

DUTKA, T. L.; LAMBOLEY, C. R.; MCKENNA, M. J.; MURPHY, R. M.; LAMB, G. D. Effects of carnosine on contractile apparatus  $Ca^{2+}$  sensitivity and sarcoplasmic reticulum  $Ca^{2+}$  release in human skeletal muscle fibers. **Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 5, p. 728-36, 2012.

ENOKA, R. M.; DUCHATEAU, J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. **The Journal of Physiology**, v. 5861, p. 11-23, 2008.

EVERAERT, I.; DE NAEYER, H.; TAES, Y.; DERAIVE, W. Gene expression of carnosine-related enzymes and transporters in skeletal muscle. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 5, p. 1169-79, 2013.

FABIATO, A.; FABIATO, F. Effects of pH on the myofilaments and the sarcoplasmic reticulum of skinned cells from cardiac and skeletal muscles. **The Journal of Physiology**, v. 276, p. 233-55, 1978.

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

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

FREITAS, P.; DE SALLES PAINELLI, V.; SAUNDERS, B.; GUALANO, B.; ARTIOLI, G. G. Metabolismo de carnosina, suplementação de  $\beta$ -alanina e desempenho físico: atualização - parte II. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 9, n. 52, p. 379-398, 2015.

FRITZSON, P. The catabolism of C<sup>14</sup>-labeled uracil, dihydrouracil, and beta-ureidopropionic acid in rat liver slices. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 223-8, 1957.

FRITZSON, P.; PIHL, A. The catabolism of C<sup>14</sup>-labeled uracil, dihydrouracil, and beta-ureidopropionic acid in the intact rat. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 226, n. 1, p. 229-35, 1957.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 4, p. 1725–1789, 2001.

GARDNER, M. L.; ILLINGWORTH, K. M.; KELLEHER, J.; WOOD, D. Intestinal absorption of the intact peptide carnosine in man, and comparison with intestinal permeability to lactulose. **The Journal of Physiology**, v. 439, p. 411-22, 1991.

GAITANOS, G. C.; WILLIAMS, C.; BOOBIS, L. H.; BROOKS, S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 2, p. 712-9, 1993.

GHIASVAND, R.; ASKARI, G.; MALEKZADEH, J.; HAJISHAFIEE, M.; DANESHVAR, P.; AKBARI, F.; BAHREYNIAN, M. 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, 2012.

GLENN, J. M.; GRAY, M.; STEWART, R.; MOYEN, N. E.; KAVOURAS, S. A.; DIBREZZO, R.; TURNER, R.; BAUM, J. 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. 2593-600, 2015.

GROSS, M.; BOESCH, C.; BOLLIGER, C. S.; NORMAN, B.; GUSTAFSSON, T.; HOPPELER, H.; VOGT, M. 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. 221-34, 2014.

HARGREAVES, M.; MCKENNA, M. J.; JENKINS, D. G.; WARMINGTON, S. A.; LI, J. L.; SNOW, R. J.; FEBBRAIO, M. A. Muscle metabolites and performance during high-intensity, intermittent exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 5, p. 1687–1691, 1998.

HARRIS, R. C.; DUNNETT, M.; GREENHAFF, P. L. Carnosine and taurine contents in individual fibres of human vastus lateralis muscle. **Journal of Sports Science**, v. 16, n. 7, p. 639-643, 1998.

HARRIS, R. C.; EDWARDS, R. H.; HULTMAN, E.; NORDESJO, L. O.; NYLIND, B.; SAHLIN, K. The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. **Pflügers Archiv: European Journal of Physiology**, v. 367, n. 2, p. 137-42, 1976.

HARRIS, R. C.; TALLON, M. J.; DUNNETT, M.; BOOBIS, L.; COAKLEY, J.; KIM, H. J.; FALLOWFIELD, J. L.; HILL, C. A.; SALE, C.; WISE, J. A. 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. 279-89, 2006.

HERMANSEN, L.; HULTMAN, E.; SALTIN, B. Muscle Glycogen during Prolonged Severe Exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 71, n. 2-3, p. 129-139, 1967.

HILL, C. A.; HARRIS, R. C.; KIM, H. J.; HARRIS, B. D.; SALE, C.; BOOBIS, L. H.; KIM, C. K.; WISE, J. A. Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. **Amino Acids**, v. 32, n. 2, p. 225-33, 2007.

HILL, D. W. Energy system contributions in middle-distance running events. **Journal of Sports Sciences**, v. 17, n. 6, p. 477-83, 1999.

HIPKISS, A. R.; MICHAELIS, J.; SYRRIS, P. Non-enzymatic glycosylation of the dipeptide L-carnosine, a potential anti-protein-cross-linking agent. **FEBS Letters**, v. 371, n. 1, p. 81-5, 28 1995.

HIRANO, H.; TAKAHASHIB, E.; DOIB, K.; WATANABEA Y. Role of intracellular calcium in fatigue in single skeletal muscle fibers isolated from the rat. **Pathophysiology**, v. 6, n. 4, p. 211-216, 2000.

HOBSON, R. M.; HARRIS, R. C.; MARTIN, D.; SMITH, P.; MACKLIN, B.; GUALANO, B.; SALE, C. Effect of beta-alanine, with and without sodium bicarbonate, on 2000-m rowing performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 23, n. 5, p. 480-7, 2013.

HOBSON, R. M.; SAUNDERS, B.; BALL, G.; HARRIS, R. C.; SALE, C. Effects of beta-alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. **Amino Acids**, v. 43, n. 1, p. 25-37, 2012.

HOFFMAN, J. R.; RATAMESS, N. A.; FAIGENBAUM, A. D.; ROSS, R.; KANG, J.; STOUT, J. R.; WISE, J. A. 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. 31-5, 2008.

HOHMANN, A.; FRASE, R. Analysis of swimming speed and energy metabolism in competitive water polo games. Biomechanics and Medicine in Swimming. Swimming Science VI. **Conference: International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming** E. & F.N. Spon, 1992. p.313-319.

HOPKINS, W. G.; MARSHALL, S. W.; BATTERHAM, A. M.; HANIN, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3-13, 2009.

HORINISHI, H.; GRILLO, M.; MARGOLIS, F. L. Purification and characterization of carnosine synthetase from mouse olfactory bulbs. **Journal of Neurochemistry**, v. 31, n. 4, p. 909-19, 1978.

HOWE, S. T.; BELLINGER, P. M.; DRILLER, M. W.; SHING, C. M.; FELL, J. W. The effect of beta-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. 562-70, 2013.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R., JR.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 27, n. 9, p. 1292-301, 1995.

HULTMAN, E.; BERGSTRÖM, J.; ANDERSON, N. M. Breakdown and resynthesis of phosphorylcreatine and adenosine triphosphate in connection with muscular work in man. **Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation**, v. 19, n. 1, p. 56-66, 1967.

JORDAN, T.; LUKASZUK, J.; MISIC, M.; UMOREN, J. Effect of beta-alanine supplementation on the onset of blood lactate accumulation (OBLA) during treadmill running: Pre/post 2 treatment experimental design. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 7, p. 20, 2010.

JURIMAE, J.; HALJASTE, K.; CICHELLA, A.; LATT, E.; PURGE, P.; LEPPIK, A.; JURIMAE, T. Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. **Pediatric Exercise Science**, v. 19, n. 1, p. 70-81, 2007.

KALVA-FILHO, C. A.; ZAGATTO, A. M.; ARAUJO, M. I.; SANTIAGO, P. R.; DA SILVA, A. S.; GOBATO, C. A.; PAPOTI, M. Relationship between aerobic and anaerobic parameters from 3-minute all-out tethered swimming and 400-m maximal front crawl effort. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 1, p. 238-45, 2015.

KALYANKAR, G. D.; MEISTER, A. Enzymatic synthesis of carnosine and related beta-alanyl and gamma-aminobutyryl peptides. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 234, p. 3210-8, 1959.

KENDRICK, I. P.; HARRIS, R. C.; KIM, H. J.; KIM, C. K.; DANG, V. H.; LAM, T. Q.; BUI, T. T.; SMITH, M.; WISE, J. A. The effects of 10 weeks of resistance training combined with beta-alanine supplementation on whole body strength, force production, muscular endurance and body composition. **Amino Acids**, v. 34, n. 4, p. 547-54, 2008.

KENDRICK, I. P.; KIM, H. J.; HARRIS, R. C.; KIM, C. K.; DANG, V. H.; LAM, T. Q.; BUI, T. T.; WISE, J. A. The effect of 4 weeks beta-alanine supplementation and isokinetic training on carnosine concentrations in type I and II human skeletal muscle fibres. **European Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 1, p. 131-8, 2009.

KERN, B. D.; ROBINSON, T. L. Effects of beta-alanine supplementation on performance and body composition in collegiate wrestlers and football players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 7, p. 1804-15, 2011.

KRESTA, J. Y.; OLIVER, J. M.; JAGIM, A. R.; FLUCKEY, J.; RIECHMAN, S.; KELLY, K.; MEININGER, C.; MERTENS-TALCOTT, S. U.; RASMUSSEN, C.; KREIDER, R. B. Effects of 28 days of beta-alanine and creatine supplementation on muscle carnosine, body

composition and exercise performance in recreationally active females. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 11, n. 1, p. 55, 2014.

KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F. T.; KEIZER, H. A.; GEURTEN, P.; VAN KRANENBURG, G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. **International Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 4, p. 197-201, 1985.

LINDH, A. M.; PEYREBRUNE, M. C.; INGHAM, S. A.; BAILEY, D. M.; FOLLAND, J. P. Sodium bicarbonate improves swimming performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 6, p. 519-23, 2008.

LUPO, C.; TESSITORE, A.; CORTIS, C.; AMMENDOLIA, A.; FIGURA, F.; CAPRANICA, L. A physiological, time-motion, and technical comparison of youth water polo and Acquagoal. **Journal of Sports Science**, v. 27, n. 8, p. 823-31, 2009.

MANNION, A. F.; JAKEMAN, P. M.; DUNNETT, M.; HARRIS, R. C.; WILLAN, P. L. 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, 1992.

MANNION, A. F.; JAKEMAN, P. M.; WILLAN, P. L. Effects of isokinetic training of the knee extensors on high-intensity exercise performance and skeletal muscle buffering. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 68, n. 4, p. 356-61, 1994.

MARRIN, K.; BAMPOURAS, T. Anthropometric And Physiological Changes In Elite Female Water Polo Players During A Training Year. **Serbian Journal of Sports Science**, v. 2, n. 3, p. 75-83, 2008.

MATTHEWS, M. M.; TRAUT, T. W. Regulation of N-carbamoyl-beta-alanine amidohydrolase, the terminal enzyme in pyrimidine catabolism, by ligand-induced change in polymerization. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 262, n. 15, p. 7232-7, 1987.

MCCARTY, M. F.; DINICOLANTONIO, J. J. beta-Alanine and orotate as supplements for cardiac protection. **Open Heart**, v. 1, n. 1, p. e000119, 2014.

MELCHIORRI, G.; CASTAGNA, C.; SORGE, R.; BONIFAZI, M. Game activity and blood lactate in men's elite water-polo players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2647-51, 2010.

MERO, A. A.; HIRVONEN, P.; SAARELA, J.; HULMI, J. J.; HOFFMAN, J. R.; STOUT, J. R. Effect of sodium bicarbonate and beta-alanine supplementation on maximal sprint swimming. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 10, n. 1, p. 52, 2013.

METZGER, J. M.; MOSS, R. L. Greater hydrogen ion-induced depression of tension and velocity in skinned single fibres of rat fast than slow muscles. **The Journal of Physiology**, v. 393, p. 727-42, 1987.

MONOD, H.; SCHERER, N. J. The work capacity of synergic muscular group. **Ergonomics**, v.8, n. 3, p. 329-338, 1965.

NG, R. H.; MARSHALL, F. D. Regional and subcellular distribution of homocarnosine-carnosine synthetase in the central nervous system of rats. **Journal of Neurochemistry**, v. 30, n. 1, p. 187-90, 1978.

NIELSEN, J. J. et al. Effects of high-intensity intermittent training on potassium kinetics and performance in human skeletal muscle. **The Journal of physiology**, v. 554, n. Pt 3, p. 857-70, 2004.

OLBRECHT, J.; MADSEN, O.; MADER, A.; LIESEN, H.; HOLLMANN, W. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. . **International Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 2, p. 74-7, 1985.

OZYENER, F.; ROSSITER, H. B.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J. Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **The Journal of Physiology**, v. 533, n. Pt 3, p. 891-902, 2001.

PAPOTI, M.; DA SILVA, A. S.; ARAUJO, G. G.; SANTIAGO, V.; MARTINS, L. E.; CUNHA, S. A.; GOBATTO, C. A. Aerobic and Anaerobic Performances in Tethered Swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 34, n. 8, p. 712-719, 2013.

PAPOTI, M.; MARTINS, L. E. B.; CUNHA, S. A.; ZAGATTO, A. M.; GOBATTO, C. A. Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 538-542, 2007.

PAPOTI, M.; MARTINS, L. E. B.; CUNHA, S. A.; ZAGATTO, A. M.; GOBATTO, C. A. Standardization of a specific protocol to determine the anaerobic conditioning in swimmers during a 30sec effort using load cells. **Portuguese Journal of Sports Science** , v. 3, p. 36-42, 2003.

PARK, Y. J.; VOLPE, S. L.; DECKER, E. A. Quantitation of carnosine in humans plasma after dietary consumption of beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 12, p. 4736-9, 2005.

PAROLIN, M. L.; CHESLEY, A.; MATSOS, M. P.; SPRIET, L. L.; JONES, N. L.; HEIGENHAUSER, G. J. Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. **The American Journal of Physiology**, v. 277, n. 5, p. 890-900, 1999.

PATE, E.; BHIMANI, M.; FRANKS-SKIBA, K.; COOKE, R. Reduced effect of pH on skinned rabbit psoas muscle mechanics at high temperatures: implications for fatigue. **The Journal of physiology**, v. 486, n. 3, p. 689-94, 1995.

PEYREBRUNE, M. C.; TOUBEKIS, A. G.; LAKOMY, H. K.; NEVILL, M. E. Estimating the energy contribution during single and repeated sprint swimming. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 24, n. 2, p. 369-76, 2014.

PLATANOU, T. Cardiovascular And Metabolic Requirements Of Water Polo. **Serbian Journal of Sports Sciences**, v. 3, n. 3, p. 85-97, 2009.

PLATANOU, T. On-water and dryland vertical jump in water polo players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 45, n. 1, p. 26-31, 2005.

PLATANOU, T.; GELADAS, N. The influence of game duration and playing position on intensity of exercise during match-play in elite water polo players. **Journal of Sports Science**, v. 24, n. 11, p. 1173-81, 2006.

QUESNELE, J. J.; LAFRAMBOISE, M. A.; WONG, J. J.; KIM, P.; WELLS, G. D. The effects of beta-alanine supplementation on performance: a systematic review of the literature. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 24, n. 1, p. 14-27, 2014.

ROYAL, K. A.; FARROW, D.; MUJKA, I.; HALSON, S. L.; PYNE, D.; ABERNETHY, B. The effects of fatigue on decision making and shooting skill performance in water polo players. **Journal of Sports Science**, v. 24, n. 8, p. 807-15, 2006.

SADIKALI, F.; DARWISH, R.; WATSON, W. C. Carnosinase activity of human gastrointestinal mucosa. **Gut**, v. 16, n. 8, p. 585-9, 1975.

SALE, C.; ARTIOLI, G. G.; GUALANO, B.; SAUNDERS, B.; HOBSON, R. M.; HARRIS, R. C. Carnosine: from exercise performance to health. **Amino Acids**, v. 44, n. 6, p. 1477-91, 2013.

SALE, C.; HILL, C. A.; PONTE, J.; HARRIS, R. C. 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, 2012.

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. 321-33, 2010.

SALE, C.; SAUNDERS, B.; HUDSON, S.; WISE, J. A.; HARRIS, R. C.; SUNDERLAND, C. D. Effect of beta-alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 43, n. 10, p. 1972-8, 2011.

SAUNDERS, B.; SALE, C.; HARRIS, R. C.; SUNDERLAND, C. Effect of beta-alanine supplementation on repeated sprint performance during the Loughborough Intermittent Shuttle Test. **Amino Acids**, v. 43, n. 1, p. 39-47, 2012a.

SAUNDERS, B.; SALE, C.; HARRIS, R. C.; SUNDERLAND, C. Effect of sodium bicarbonate and Beta-alanine on repeated sprints during intermittent exercise performed in hypoxia. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 24, n. 2, p. 196-205, 2014.

SAUNDERS, B.; SUNDERLAND, C.; HARRIS, R. C.; SALE, C. beta-alanine supplementation improves YoYo intermittent recovery test performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 39, 2012b.



SMITH-RYAN, A. E.; FUKUDA, D. H.; STOUT, J. R.; KENDALL, K. L. High-velocity intermittent running: effects of beta-alanine supplementation. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 10, p. 2798-805, 2012.

SMITH-RYAN, A. E.; WOESSNER, M. N.; MELVIN, M. N.; WINGFIELD, H. L.; HACKNEY, A. C. 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, 2013.

SMITH, A. E.; WALTER, A. A.; GRAEF, J. L.; KENDALL, K. L.; MOON, J. R.; LOCKWOOD, C. M.; FUKUDA, D. H.; BECK, T. W.; CRAMER, J. T.; STOUT, J. R. 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. 6, n. 5, 2009.

SMITH, E. C. The buffering of muscle in rigor; protein, phosphate and carnosine. **The Journal of Physiology**, v. 92, n. 3, p. 336-43, 1938.

SMITH, H. K. Applied physiology of water polo. **Sports Medicine**, v. 26, n. 5, p. 317-34, 1998.

SPENCER, M.; BISHOP, D.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. **Sports Medicine**, v. 35, n. 12, p. 1025-44, 2005.

SPRIET, L. L.; LINDINGER, M. I.; MCKELVIE, R. S.; HEIGENHAUSER, G. J.; JONES, N. L. Muscle glycogenolysis and H<sup>+</sup> concentration during maximal intermittent cycling. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 66, n. 1, p. 8-13, 1989.

STEGEN, S.; BLANCQUAERT, L.; EVERAERT, I.; BEX, T.; TAES, Y.; CALDERS, P.; ACHTEN, E.; DERAIVE, W. Meal and beta-alanine coingestion enhances muscle carnosine loading. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 8, p. 1478-85, 2013.

STELLINGWERFF, T.; ANWANDER, H.; EGGER, A.; BUEHLER, T.; KREIS, R.; DECOMBAZ, J.; BOESCH, C. Effect of two beta-alanine dosing protocols on muscle carnosine synthesis and washout. **Amino Acids**, v. 42, n. 6, p. 2461-72, 2012.

STELLINGWERFF, T.; DECOMBAZ, J.; HARRIS, R. C.; BOESCH, C. Optimizing human in vivo dosing and delivery of beta-alanine supplements for muscle carnosine synthesis. **Amino Acids**, v. 43, n. 1, p. 57-65, 2012.

STOUT, J. R.; CRAMER, J. T.; MIELKE, M.; O'KROY, J.; TOROK, D. J.; ZOELLER, R. F. 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. 928-31, 2006.

STOUT, J. R.; CRAMER, J. T.; ZOELLER, R. F.; TOROK, D.; COSTA, P.; HOFFMAN, J. R.; HARRIS, R. C.; O'KROY, J. Effects of beta-alanine supplementation on the onset of

neuromuscular fatigue and ventilatory threshold in women. **Amino Acids**, v. 32, n. 3, p. 381-6, 2007.

STOUT, J. R.; GRAVES, B. S.; SMITH, A. E.; HARTMAN, M. J.; CRAMER, J. T.; BECK, T. W.; HARRIS, R. C. 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. 5, p. 21, 2008.

SUZUKI, Y.; ITO, O.; MUKAI, N.; TAKAHASHI, H.; TAKAMATSU, K. High level of skeletal muscle carnosine contributes to the latter half of exercise performance during 30-s maximal cycle ergometer sprinting. **The Japanese Journal of Physiology**, v. 52, n. 2, p. 199-205, 2002.

SUZUKI, Y.; ITO, O.; TAKAHASHI, H.; TAKAMATSU, K. The Effect of Sprint Training on Skeletal Muscle Carnosine in Humans. **International Journal of Sport and Health Science**, v. 2, p. 105-110, 2004.

SWEENEY, K. M.; WRIGHT, G. A.; GLENN BRICE, A.; DOBERSTEIN, S. T. 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, 2010.

TAN, F.; POLGLAZE, T.; COX, G.; DAWSON, B.; MUJKA, I.; CLARK, S. Effects of induced alkalosis on simulated match performance in elite female water polo players. **International Journal Of Sport Nutrition And Exercise Metabolism**, v. 20, n. 3, p. 198-205, 2010.

TAN, F.; POLGLAZE, T.; DAWSON, B. Activity profiles and physical demands of elite women's water polo match play. **Journal of Sports Science**, v. 27, n. 10, p. 1095-104, 2009.

TAN, F. H. Y.; POLGLAZE, T.; DAWSON, B. Reliability of an In-Water Repeated-Sprint Test for Water Polo. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 5, n. 1, p. 117-120, 2010.

TEUFEL, M.; SAUDEK, V.; LEDIG, J. P.; BERNHARDT, A.; BOULARAND, S.; CARREAU, A.; CAIRNS, N. J.; CARTER, C.; COWLEY, D. J.; DUVERGER, D.; GANZHORN, A. J.; GUENET, C.; HEINTZELMANN, B.; LAUCHER, V.; SAUVAGE, C.; SMIRNOVA, T. Sequence identification and characterization of human carnosinase and a closely related non-specific dipeptidase. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 278, n. 8, p. 6521-31, 2003.

TOBIAS, G.; BENATTI, F. B.; DE SALLES PAINELLI, V.; ROSCHEL, H.; GUALANO, B.; SALE, C.; HARRIS, R. C.; LANCHI, A. H., JR.; ARTIOLI, G. G. Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. **Amino Acids**, v. 45, n. 2, p. 309-17, 2013.

TREXLER, E. T.; SMITH-RYAN, A. E.; STOUT, J. R.; HOFFMAN, J. R.; WILBORN, C. D.; SALE, C.; KREIDER, R. B.; JAGER, R.; EARNEST, C. P.; BANNOCK, L.; CAMPBELL, B.; KALMAN, D.; ZIEGENFUSS, T. N.; ANTONIO, J. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 12, p. 30, 2015.

TRIVEDI, B.; DANFORTH, W. H. COMMUNICATIONS : Effect of pH on the Kinetics of Frog Muscle Phosphofructokinase. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 241, p. 0–3, 1966.

TSEKOURAS, Y. E.; KAVOURAS, S. A.; CAMPAGNA, A.; KOTSIS, Y. P.; SYNTOSI, S. S.; PAPAZOGLU, K.; SIDOSSIS, L. S. The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. **European Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 1, p. 35-41, 2005.

ULJEVIC, O.; SPASIC, M.; SEKULIC, D. Sport-specific motor fitness tests in water polo: reliability, validity and playing position differences. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 12, n. 4, p. 646-54, 2013.

VAN THIENEN, R.; VAN PROEYEN, K.; VANDEN EYNDE, B.; PUYPE, J.; LEFERE, T.; HESPEL, P. Beta-alanine improves sprint performance in endurance cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 4, p. 898-903, 2009.

VANHATALO, A.; DOUST, J. H.; BURNLEY, M. Determination of critical power using a 3-min all-out cycling test. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 3, p. 548-555, 2007.

VIEIRA, L. H. P.; PAGNOCA, E. A.; MILIONI, F.; BARBIERI, R. A.; MENEZES, R. P.; ALVAREZ, L.; DÉNIZ, L. G.; SANTANA-CEDRÉS, D.; SANTIAGO, P. R. P. Tracking futsal players with a wide-angle lens camera: accuracy analysis of the radial distortion correction based on an improved Hough transform algorithm. **Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization**, p. 1-11, 2015.

ZOELLER, R. F.; STOUT, J. R.; O'KROY J, A.; TOROK, D. J.; MIELKE, M. Effects of 28 days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on aerobic power, ventilatory and lactate thresholds, and time to exhaustion. **Amino Acids**, v. 33, n. 3, p. 505-10, 2007.

WALTER, A. A.; SMITH, A. E.; KENDALL, K. L.; STOUT, J. R.; CRAMER, J. T. 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. 1199-207, 2010.

WESTERBLAD, H.; ALLEN, D. G.; LÄNNERGRÉN, J. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? **News in physiological sciences : an international journal of physiology produced jointly by the International Union of Physiological Sciences and the American Physiological Society**, v. 17, n. 1, p. 17–21, 2002.

## ANEXO I

"FACULDADE DE CIÊNCIAS  
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -  
"JÚLIO DE MESQUITA



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Efeito da suplementação  $\beta$ -alanina sobre a aptidão anaeróbia, habilidade de esforços repetidos, estresse oxidativo e marcadores inflamatórios em jogadores de polo aquático durante o treinamento periodizado de onze semanas

**Pesquisador:** Alessandro Moura Zagatto

**Área Temática:** Novos procedimentos terapêuticos invasivos;

**Versão:** 1

**CAAE:** 20891113.4.0000.5398

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 430.916

**Data da Relatoria:** 15/10/2013

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de uma pesquisa proposta por uma equipe com quatro pesquisadores. A proposta é verificar se a suplementação de beta-alanina aumenta o desempenho e reduz o estresse oxidativo de esportistas na modalidade polo aquático, em todas as fases do esporte. Tem relevância científica e social uma vez que pode fornecer relações entre suplementos específicos e treinamento, podendo interferir na condução de práticas esportivas. Os aspectos metodológicos estão suficientemente descritos e as referências bibliográficas são atuais e pertinentes.

**Objetivo da Pesquisa:**

A pesquisa tem como objetivo identificar o  $\zeta$ o potencial ergogênico de onze semanas de suplementação de  $\beta$ -alanina sobre a aptidão aeróbia, capacidade e potência anaeróbia, habilidade de esforços repetidos, estresse oxidativo e marcadores inflamatórios e de lesão tecidual e desempenho no polo aquático $\zeta$ . Para a obtenção de dados, 20 atletas serão divididos em dois grupos randômicos, um experimental para o qual será ministrado o suplemento, e outro controle para o qual será ministrado o placebo. Os resultados obtidos serão analisados de forma por testes Shapiro-Wilk para verificar os padrões de normalidade e posteriormente para análise de variância. O método, bem como a análise de dados, são pertinente aos objetivos propostos.

**Endereço:** Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01

**Bairro:**

**CEP:** 17.033-360

**UF:** SP

**Município:** BAURU

**Telefone:** (143)103-6087

**Fax:** (143)103-6087

**E-mail:** arimaia@fc.unesp.br

"FACULDADE DE CIÊNCIAS  
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -  
"JÚLIO DE MESQUITA



Continuação do Parecer: 430.916

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Os riscos são inerentes a qualquer exercício físico que exige esforço e a ingestão de altas doses do suplemento que será ministrado na pesquisa pode resultar em parestesia. A dose do suplemento será fragmentada, profissionais qualificados estarão à disposição durante os exercícios e os participantes serão informados mediante TCLE e poderá desistir a qualquer momento, sem que isso acarrete em prejuízos para ele. Cada participante poderá conhecer sua real capacidade cardiorrespiratória além de conhecer os efeitos da suplementação recebida sobre o seu desempenho.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Está bem escrita, sua proposição é pertinente a área de conhecimento, agregará conhecimento científico e tem relevância social. O cronograma previsto é de janeiro de 2014 a janeiro de 2016; é exequível. O projeto conta com apoio institucional, verba de custeio, totalizando R\$ 650,00.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os riscos são inerentes a qualquer exercício físico que exige esforço e a ingestão de altas doses do suplemento que será ministrado na pesquisa pode resultar em parestesia. A dose do suplemento será fragmentada, profissionais qualificados estarão à disposição durante os exercícios e os participantes serão informados mediante TCLE e poderá desistir a qualquer momento, sem que isso acarrete em prejuízos para ele. Cada participante poderá conhecer sua real capacidade cardiorrespiratória além de conhecer os efeitos da suplementação recebida sobre o seu desempenho.

**Recomendações:**

Não há.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Parecer de considerações éticas favorável à aprovação.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Sim

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Projeto considerado aprovado por estar em conformidade com os parâmetros legais, metodológicos e éticos analisados pelo colegiado.

**Endereço:** Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01  
**Bairro:** **CEP:** 17.033-360  
**UF:** SP **Município:** BAURU  
**Telefone:** (143)103--6087 **Fax:** (143)103--6087 **E-mail:** arimaia@fc.unesp.br

"FACULDADE DE CIÊNCIAS  
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -  
"JÚLIO DE MESQUITA



Continuação do Parecer: 430.916

**O presente projeto, seguiu nesta data para análise da CONEP e só tem o seu início autorizado após a aprovação pela mesma.**

BAURU, 21 de Outubro de 2013

---

**Assinador por:  
Ari Fernando Maia  
(Coordenador)**

**Endereço:** Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01  
**Bairro:** CEP: 17.033-360  
**UF:** SP **Município:** BAURU  
**Telefone:** (143)103--6087 **Fax:** (143)103--6087 **E-mail:** arimaia@fc.unesp.br

## ANEXO II

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você esta sendo convidado a participar em uma pesquisa. Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Este estudo está sendo conduzido por Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto.

O título da pesquisa é “Efeito da suplementação  $\beta$ -alanina sobre a aptidão anaeróbia, habilidade de esforços repetidos, estresse oxidativo e marcadores inflamatórios em jogadores de polo aquático”, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da UNESP de Bauru, sob protocolo nº 20891113.4.0000.5398/2014.

A finalidade deste estudo é investigar o efeito da suplementação do aminoácido beta-alanina durante o desempenho aeróbio e anaeróbio em jogadores de polo, assim como o efeito também em marcadores inflamatórios, de lesão tecidual e estresse oxidativo. Esses marcadores inflamatórios, de lesão tecidual e estresse oxidativo tem por propósito analisar o efeito benéfico na beta-alanina na prevenção de lesões e efeitos nocivos do treinamento desportivo, como a síndrome do supertreinamento, que pode resultar em lesões desportivas e perda de desempenho. Esse estudo terá a duração de 4 semanas e serão investigados todos os ciclos do treinamento periodizado durante a temporada.

No estudo, para uma caracterização dos participantes, só serão utilizados indivíduos do sexo masculino, com idade entre 16 e 35 anos, que possuem ao menos 2 anos de treinamento competitivo para a categoria no polo aquático.

Poderão participar deste estudo pessoas moderadamente ativos, que não apresentam hábito regulares de consumo de bebidas alcoólicas, tabagismo, doenças crônicas degenerativas ou patologias cardíacas e que não estejam fazendo uso de suplementos proteicos durante o período do estudo, principalmente creatina.

Você participante fará a administração de beta alanina ou placebo, que será o carboidrato maltodextrina, por um período de 4 semanas. A dosagem diária da suplementação será de 4,8g por dia, divididas em seis doses de 800mg, que deverá ser ingerida durante as refeições (café da manhã, almoço, lanche da tarde e jantar e outros) e com intervalo mínimo de duas horas. Após o período de adaptação à suplementação de 10 dias, a dosagem será aumentada para 6,4 g por dia, fragmentadas em quatro doses de 1600mg. Essa fragmentação da suplementação deve ser realizada para minimizar um possível efeito de parestesia, que é uma alteração momentânea na pele de formigamento, frio ou calor, que é associada à

superdosagem de beta-alanina. Assim, você DEVERÁ fazer a ingestão da suplementação conforme recomendado.

No início do projeto e ao final do experimento você será submetido a avaliações físicas para análise do desempenho aeróbio e anaeróbio na piscina, assim como análise de marcadores no sangue que indicam inflamação e lesão musculares e também estresse oxidativo. Muitos desses esforços serão exercícios máximos para a avaliação da capacidade anaeróbia. No entanto, apesar de serem esforços máximos, são semelhantes ao efetuados por vocês na rotina de treinamento do polo, sendo alguns até séries de treinamento específico. Nesses períodos (antes de depois) serão coletadas uma pequena amostra de sangue (aproximadamente 1 gota de sangue) do lóbulo da orelha para a análise do lactato sanguíneo, que será utilizada para a determinação da capacidade aeróbia e anaeróbia.

Para a análise da resposta do suplemento sobre a recuperação e tratamento/prevenção de lesões precisaremos analisar alguns marcadores de lesão e inflamação presentes no sangue e na saliva. Assim, nós iremos precisar realizar coletas de sangue venoso e saliva para essas análises. Serão coletados aproximadamente 5mL de sangue da veia antecubital (braço) por um enfermeiro treinado, em cada etapa descrita acima. A saliva será coletada com o atleta salivando espontaneamente por dois minutos dentro de um pequeno tubo.

Todos esses procedimentos serão aplicados por um profissional capacitado e experiente, e todos os equipamentos utilizados para a coleta do material biológico é esterilizado, enquanto que no caso da coleta do material sanguíneo, todos os materiais são descartáveis e inutilizados após o uso individual.

Sabemos que esses procedimentos são aplicados de rotineiramente em outras pesquisas e exercícios, sendo que o exercício a ser realizado é similar a qualquer atividade realizada na sua rotina de prática esportiva.

Os riscos dos testes são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios físicos extenuantes, riscos estes que podem ser esclarecidos pelo responsável da pesquisa.

Apesar de raro, há possibilidade de alterações orgânicas durante a realização de qualquer tipo de teste de esforço que podem ser respostas atípicas de pressão arterial, arritmias, desmaios, tonturas e em raríssimas situações ataque cardíaco. Portanto profissionais qualificados estarão à disposição para tais eventualidades.

Você poderá sentir uma ligeira dor no local da picada da agulha para a coleta de sangue ou mesmo sensação de ardência ou leve dor na realização dos exercícios. Como mencionado anteriormente, todos os cuidados são tomados em relação aos materiais utilizados e aos procedimentos do estudo.



Para a realização dos procedimentos, as datas e horários serão previamente agendados conforme a sua disponibilidade, para não prejudicar sua rotina de trabalho ou estudo.

Se você concordar em participar do estudo, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo. A menos que requerido por lei, somente o pesquisador, a equipe do estudo e os representantes do Comitê de Ética (caso necessário) terão acesso a suas informações para verificar as informações do estudo.

Para perguntas ou problemas referentes ao estudo ligue para 14 3103-6082 ramal 7991 (Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto). Para perguntas sobre seus direitos como participante no estudo chame o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da UNESP campus de Bauru.

Sua participação no estudo é voluntária. Você pode escolher não fazer parte do estudo, ou pode desistir a qualquer momento. Você não perderá qualquer benefício ao qual você tem direito. Você não será proibido de participar de novos estudos. Você poderá ser solicitado a sair do estudo se não cumprir os procedimentos previstos ou atender as exigências estipuladas. Você receberá uma via assinada deste termo de consentimento.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Nome e Idade do Voluntário no Estudo:

\_\_\_\_\_

Assinatura do Voluntário ou Representante Legal se menor de 18 anos:

\_\_\_\_\_ data \_\_\_\_\_

Assinatura do Voluntário menor de 18 anos:

\_\_\_\_\_ data \_\_\_\_\_

Telefone de Contato: \_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador:

\_\_\_\_\_ data \_\_\_\_\_

### ANEXO III

#### INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DO DIÁRIO ALIMENTAR

- Anote absolutamente tudo que ingerir durante 3 dias não consecutivos, (sem incluir água);
- Para que possamos realizar o cálculo de calorias e macronutrientes ingeridos na dieta da forma mais precisa o possível, anote o que você comeu com o maior número possível de detalhes (tamanho das porções, dos alimentos, fabricante). Abaixo você pode ver um exemplo de como preencher o diário;
- Caso necessite de mais linhas para anotar, favor inserir o necessário, não deixando de anotar nenhum alimento;
- Por favor, não se esquecer de anotar os suplementos que você utiliza, se for o caso;
- Em caso de dúvidas favor entrar em contato com Alessandro (azagatto@yahoo.com.br).

Refeição	Alimentos e forma de preparo	Quantidade
<b>Café da manhã</b>	<b>Pão de forma Pullman</b>	<b>2 fatias</b>
	<b>Mussarela</b>	<b>2 fatias finas de máquina</b>
	<b>Requeijão Poços de Caldas</b>	<b>2 colheres de sopa</b>
	<b>Peito de Peru Light</b>	<b>2 fatias grossas de máquina</b>
	<b>Leite desnatado Parmalat</b>	<b>1 copo de requeijão</b>
	<b>Achocolatado em pó Toddy</b>	<b>2 colheres de sopa</b>
	<b>Açúcar refinado</b>	<b>1 colher se sobremesa rasa</b>
<b>Lanche</b>	<b>Banana nanica</b>	<b>1 unidade (aprox. 10 cm)</b>
	<b>Barra de cereal Taeq de laranja</b>	<b>2 unidades</b>
<b>Almoço</b>	<b>Arroz integral 7 cereais Raris</b>	<b>2 escumadeiras cheias</b>





