

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

**CONCENTRAÇÃO DE TRIPTOFANO E VARIÁVEIS
CINEMÁTICAS A DIFERENTES PERCENTUAIS DA
VELOCIDADE CRÍTICA NO NADO CRAWL**

Marcos Franken

Porto Alegre
Agosto de 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

CONCENTRAÇÃO DE TRIPTOFANO E VARIÁVEIS CINEMÁTICAS A
DIFERENTES PERCENTUAIS DA VELOCIDADE CRÍTICA NO NADO CRAWL

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano
da Escola de Educação Física da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul sob orientação do Prof. Dr.
Flávio Antônio de Souza Castro

Marcos Franken

Porto Alegre
Agosto de 2011

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar a oportunidade de poder viver.

Aos meus pais Erno Armando Franken e Sigrid Gabe Franken e ao meu irmão Lucas Franken, pessoas de quem tenho orgulho e que sempre me deram um apoio inexplicável em todos os momentos.

À família da minha noiva, em especial aos pais dela, Rudimar e Jacqueline, a irmã Pauline e co-cunhado Fernando que sempre se preocuparam comigo.

Ao Engenheiro Victor Lourenço Moré, grande responsável por projetar e confeccionar o *pacemaker* utilizado neste estudo, sem sua ajuda nada disso teria passado de uma idéia;

A todos os funcionários da secretaria do Laboratório de Pesquisa do Exercício, do Centro Natatório e aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da UFRGS por todo o carinho e compreensão.

Aos queridos amigos de ESEF, LAPEX, GPEA, GPBiC, Departamento de Bioquímica da UFRGS, Ricardo, Rodrigo, Cristiano, Priscila, Geórgia, Fernando, Jocelito, Fábio, Moré, Flávio, Marco, Jeam, Aguiar, Alexandre, Baroni, Cleiton, Carol, Natalia, Matias, Júlio, Mateus, Aline, Lara e demais colegas que, de alguma forma, contribuíram com este trabalho pela amizade, colaboração, aprendizado e a convivência na elaboração de todo esse trabalho.

Ao amigo em especial Carlos Leandro Tiggeyman, por me fazer entrar no mundo dos estudos em esforço percebido. Ao Eduardo Lusa Cadore, por ter colaborado na realização das respostas hormonais, “novas portas se abrem”. Ao Bruno Costa Teixeira, por termos ainda conseguido a tempo realizarmos a dosagem dos ácidos graxos livres. À Priscila Nicolao Mazolla, por ter aberto as portas para entrar no mundo do comportamento serotoninérgico. Ao meus amigos de longa data, Ricardo Peterson Silveira e Felipe Moré, pela colaboração e apoio nos estudos e elaboração das coletas e análises de cinemetria. Ao Felipe Pivetta Carpes, por ter me oportunizado o início da minha trajetória científica.

Aos meus primeiros “orientandos de iniciação científica”, Tiago e Renato, por todos os ensinamentos que me oportunizaram e por toda a ajuda prestada. Ao Fábio da especialização que também está me ajudando.

Ao meu orientador desde a graduação, professor Flávio Antônio de Souza Castro... que sempre me deu coragem, confiança, muitas oportunidades e muitos ensinamentos, sempre buscando a excelência em todos os nossos trabalhos e que sempre me estendeu a mão quando precisei.

A todos aqueles que me ajudaram nas coletas...Priscila, Tiago, Renato, Cristiano, Rodrigo Zacca, Rodrigo “nutricionista”, Geórgia, Jocelito, Alex, André Lopes, Ricardo, Aline Colombo, Fábio, Matias Noll, Matias Frolich, Jeam, Lígia muito obrigado e desculpa qualquer coisa...os mais variados finais de semana de muito trabalho.

A todos aqueles que me ajudaram nas dosagens e “intermináveis” análises de vídeo...Professor Francisco Lhullier, Priscila Mazolla, Bruno Costa Teixeira, Mateus, Jocelito, Cristiano, Renato, Tiago e Ricardo.

Ao CNPq pela minha bolsa e pela ajuda para a compra de equipamentos e materiais.

Aos membros da banca examinadora: Profa. Dra. Camila Coelho Greco, Prof. Dr. Álvaro Reischak de Oliveira e Prof. Dr. Fernando Diefenthaler pela atenção dispensada a este estudo.

Aos treinadores Cristiano Klaser (Kiko) do Clube Grêmio Náutico União (GNU), Mário Leite do Clube Caixeiros Viajantes e Eduardo Fetter, Ana Paula e Fábio Minghelli do Clube Grêmio Náutico Gaúcho (GNG) e atletas por colaborarem e participarem deste estudo de forma assídua, acreditando na ciência como o melhor aliado do desempenho esportivo.

E, à minha rainha, Nicole Saft Cervieri, por todo o carinho, compreensão, amor e ajuda. Hoje eu posso dizer, que conquistei tudo o que eu sempre quis na minha vida, que é te ter ao meu lado e te fazer a mulher mais feliz desse mundo.... muito obrigado.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar o comportamento da concentração plasmática de triptofano ([TRP]) e de variáveis cinemáticas em séries de treinamento intervalado em diferentes percentuais da velocidade crítica (VC) no nado crawl. Foram voluntários 14 nadadores do sexo masculino de nível competitivo, com, pelo menos, quatro anos de experiência na modalidade e nadando 48 ± 11 km por semana. Os indivíduos executaram dois protocolos distintos, em diferentes dias, realizados em piscina de 25 m: 1) repetições de 200 e 400 m, em máxima intensidade (V200 e V400) em ordem aleatória e separadas por, no mínimo, 24 horas, para a determinação da VC; 2) duas séries de treinamento intervalado (repetições de 400 m) até a ocorrência da exaustão, em ordem aleatória, com intervalo mínimo de 24 horas entre elas: série com intensidade equivalente a 95% da VC (VC95) e série com intensidade equivalente a 100% da VC (VC100). Em ambas (VC95 e VC100) foi solicitado para os participantes que realizassem o maior número possível de repetições de 400 m, na velocidade pré-estabelecida, com intervalos de 40 s de repouso passivo. Um pacer luminoso, subaquático, foi utilizado para controle da velocidade de nado. Foram determinados: [TRP], concentração plasmática de prolactina ([PRL]) e concentração plasmática de ácidos graxos livres ([AGL]); concentração de lactato sanguíneo, frequência cardíaca (FC) e esforço percebido; duração das fases da braçada, modelo de coordenação, índice de coordenação (IdC), simetria ou assimetria de nado, frequência média de ciclos de braçadas (FB) e distância média percorrida por ciclo de braçada (DC). Os principais resultados foram: (1) [TRP] e [AGL] não apresentaram diferenças na VC95 e na VC100 ($p > 0,05$); (2) [PRL] apresentou incremento significativo tanto na VC95 como na VC100 ($p < 0,05$); (3) aumento significativo da [LA] e do EP na VC95 e na VC100 ($p < 0,05$); (4) incremento significativo em FB e redução na DC, tanto na VC95 como na VC100; (5) valores de IdC similares na VC95 e na VC100. Desta forma, podemos concluir que, nas séries VC95 e VC100, não ocorrem mudanças da [TRP] e da [AGL]. Já o EP, a [LA], a [PRL] e a FC apresentaram incremento em ambas as

séries, o que indica que ocorreu fadiga para o exercício realizado nas condições de instabilidade metabólica. IdC não se altera ao longo de uma série de treinamento intervalado tanto em intensidade similar, como abaixo da VC no nado *crawl*.

Palavras-chave: natação, triptofano, coordenação de nado, velocidade crítica.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the changes in plasma tryptophan concentration ([TRP]) and kinematic variables in a series of interval training in different percentages of the critical speed (CS) in front crawl. Volunteers were 14 competitive male swimmers with at least four years experience in this style and swimming 48 ± 11 km per week. The subjects performed two different protocols on different days in a 25 m pool: 1) repetitions of 200 and 400 m at maximum intensity (S200 and S400) in random order and separated by at least 24 hours of the CS, 2) two sets of interval training (repetitions of 400 m) until the exhaustion in random order, with minimum interval of 24 hours, including: series with intensity equivalent to 95% of CS (VC95) and series intensity equivalent to 100% of CS (CS100). In both (CS95 and CS100) the participants were required to perform the greatest possible number of repetitions of 400 m in the pre-set speed at intervals of 40 s of passive rest. An underwater light pacer was used. [TRP], plasma concentration of prolactin ([PRL]) and plasma free fatty acids ([FFA]), blood lactate concentration, heart rate (HR) and perceived exertion (PE), and duration of the phases of the stroke model coordination, coordination index (IdC), symmetry or asymmetry of swimming, the average frequency of stroke rate (SR) and average distance traveled per stroke length (SL) were determined. The main results were: (1) [TRP] and [FFA] showed no differences in CS95 and CS100 ($p > 0.05$); (2) [PRL] showed significant increase in both the CS95 and CS100 ($p < 0.05$); (3) significant increase in [LA] and PE in the CS95 and CS100 ($p < 0.05$); (4) significant increase in SR and reduction in SL in both the CS95 and CS100; (5) IdC values were similar in the CS95 and CS100. Thus, we conclude that in CS95 and CS100 series, there are no changes of [TRP] and [FFA]. Since PE, [LA], [PRL] and HR increased in both series, which indicated the occurrence of fatigue for the exercise performed in conditions of metabolic instability. IdC does not change over a series of intense interval training in both, similar and below, the CS in front crawl.

Keywords: swimming, tryptophan, index of coordination, critical speed.

Lista de abreviaturas, símbolos e unidades e definição operacional dos termos

α	Alfa, valor de referência para os testes estatísticos, nível assumido de significância, definido <i>a priori</i>
\bar{X}	Média.
%VC	Percentuais da velocidade crítica, expresso em %.
Σ dob	Somatório de dobras cutâneas, expresso em mm.
[LA]	Concentração sanguínea de lactato, expressa em $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$.
[PRL]	Concentração plasmática de prolactina, expresso em $\text{ng}\cdot\text{ml}^{-1}$.
[TRP]	Concentração plasmática de triptofano, expresso μM de triptofano.
[AGL]	Concentração plasmática de ácidos graxos livres, expresso em $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$.
$\text{ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$	Ciclos por minuto, unidade de medida de frequência de ciclos.
$\text{ciclos}\cdot\text{s}^{-1}$	Ciclos por segundo, unidade de medida de frequência de ciclos.
Cm	Centímetro, unidade de medida de comprimento linear.
DC	Distância média percorrida a cada ciclo de braçadas do nado <i>crawl</i> , expressa em m.
DCut	Dobra cutânea, medida de espessura de dobra cutânea, em mm.
Dp	Desvio-padrão.
ENV	Envergadura, maior distância linear entre as extremidades dos membros superiores, com manutenção dos ombros em abdução à 90° e cotovelos, punhos e dedos em extensão, expressa em cm.
Ep	Erro-padrão.
EP	Esforço percebido, expresso em índices da escala de 15 pontos.
EST	Estatuta, distância entre o vértex e o chão, com indivíduo em ortostase, expressa em cm.
Fase A	Tempo a ser decorrido entre a entrada da mão na água até o início do movimento da mão para trás, expresso em % da duração total de uma braçada.
Fase B	Tempo entre o início do movimento da mão para trás até esta estar no plano vertical, em relação ao meio, e na mesma linha

	do ombro do nadador, expresso em % da duração total de uma braçada.
Fase C	Tempo a ser decorrido entre o momento em que a mão ultrapassar o plano vertical, na mesma linha do ombro e o momento em que a mão romper a superfície da água, expresso em % da duração total de uma braçada.
Fase D	Tempo a ser decorrido entre a saída da mão da água e a entrada da mesma mão na água, à frente do corpo do nadador, expresso em % da duração total de uma braçada.
FB	Frequência média de ciclos de braçadas em nado livre; número de ciclos completos de braçadas do nado <i>crawl</i> , quando executado livremente, em um segundo, expressa em $\text{ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$.
FC	Frequência cardíaca, expressa em batimentos por minuto.
IdC	Índice de coordenação, expresso em % do tempo total do ciclo de braçada, entre o final da fase de empurrada de um braço e o início da fase de puxada do outro braço.
IdC1	Intervalo de tempo entre o final da fase propulsiva da braçada esquerda e o início da fase propulsiva da braçada direita, expresso em % da duração total do ciclo de braçada.
IdC2	Intervalo de tempo entre o final da fase propulsiva da braçada direita e o início da fase propulsiva da braçada esquerda, expresso em % da duração total do ciclo de braçada.
Kg	Quilograma, unidade de medida de massa.
M	Metro, unidade de medida de comprimento linear.
$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	Metros por segundo, unidade de medida de velocidade linear.
MAS	Massa corporal total, em kg.
Min	Minuto, unidade de medida de tempo.
ml	Mililitro, unidade de medida de volume.
Mm	Milímetros, unidade de medida linear.
$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$	Milimol por litro, unidade de medida de concentração de lactato sanguíneo.
N	Tamanho da amostra.
$\mu\text{M}\cdot\text{ml}^{-1}$	Micromolar por mililitro, unidade de medida da concentração plasmática de triptofano.
μM	Micromolar, unidade de medida de concentração plasmática de ácidos graxos livres.
$\text{ng}\cdot\text{ml}^{-1}$	Nanograma por mililitro, unidade de medida de concentração plasmática de prolactina.

P	Nível de significância calculado <i>a posteriori</i>
°C	Grau Célsius, unidade de medida de temperatura.
R	Coeficiente de correlação.
S	Segundo, unidade de medida de tempo.
T	Tempo, registrado em minutos e frações decimais de minuto.
T _c	Tempo médio, em s, para realização dos ciclos de braçadas.
VC	Velocidade crítica, expressa em m·s ⁻¹ .
VN	Velocidade média de nado, expressa em m·s ⁻¹ .

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	22
2.1 Geral	22
2.2 Específicos	22
3 REVISÃO DE LITERATURA	24
3.1 Cinemática do nado crawl	24
3.1.1 Frequência média de ciclos de braçadas, distância média percorrida a cada ciclo de braçada e velocidade média de nado em exercício de longa duração.....	25
3.1.2 Modelos de coordenação do nado crawl	28
3.2 Fadiga e Esforço Percebido	34
3.3 Respostas fisiológicas em exercício de longa duração	37
3.4 Análise crítica da literatura	43
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
4.1 Caracterização do estudo.....	45
4.2 População e amostra	45
4.2.1 População.....	45
4.2.2 Amostra	45
4.3 Variáveis do estudo.....	47
4.3.1 Variáveis independentes.....	47
4.3.2 Variáveis dependentes	47
4.3.3 Variáveis de controle	47
4.3.4 Variáveis intervenientes.....	48
4.4 Procedimentos de aquisição	48
4.4.1 Familiarização à Escala de 15 pontos de Borg.....	49
4.4.2 Medidas Antropométricas	49
Materiais para aquisição das medidas antropométricas.....	49
Protocolo para aquisição das medidas antropométricas.....	50
4.4.3 Determinação da velocidade crítica.....	50
4.4.4 Séries de treinamento intervalado em percentual abaixo e similar à velocidade crítica até a exaustão.....	51
4.4.5 Variáveis biomecânicas	52
Materiais para aquisição das variáveis biomecânicas.....	53
Determinação das variáveis biomecânicas	55
4.4.6 Variáveis fisiológicas.....	59
Materiais para aquisição das variáveis fisiológicas	59
Determinação das variáveis fisiológicas.....	60
4.5 Análise estatística	62
5 RESULTADOS	65
5.1 Características da amostra.....	65
5.2 Variáveis fisiológicas	69
5.2.1 Esforço percebido, Concentração de lactato sanguíneo e Frequência cardíaca.....	69
5.2.2 Concentração plasmática de triptofano.....	70

5.2.3	Concentração plasmática de prolactina	72
5.2.4	Concentração plasmática de ácidos graxos livres	74
5.3	Variáveis cinemáticas	76
5.3.1	Frequência média de ciclos de braçadas, Distância média percorrida por ciclo de braçada e Velocidade média de nado	76
5.3.2	Índice de coordenação de nado	81
5.3.3	Duração das fases da braçada	82
5.3.4	Simetria de nado	88
5.4	Relações entre esforço percebido e variáveis fisiológicas	90
6	DISCUSSÃO	92
6.1	Características da amostra	92
6.2	Variáveis fisiológicas	97
6.2.1	Esforço percebido, Concentração de lactato sanguíneo e Frequência cardíaca	97
6.2.2	Concentração plasmática de triptofano, de prolactina e de ácidos graxos livres	98
6.3	Variáveis cinemáticas	102
6.3.1	Frequência média de ciclos de braçadas, Distância média percorrida por ciclo de braçada e Velocidade média de nado	102
6.3.2	Índice de coordenação de nado	104
6.3.3	Duração das fases da braçada	105
6.3.4	Simetria de nado	107
6.4	Relações entre esforço percebido e variáveis fisiológicas	108
7	CONCLUSÕES	111
8	LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS	113
	REFERÊNCIAS	114
Anexo 1	.....	124
Anexo 2	.....	126
Anexo 3	.....	127
Anexo 4	.....	128
Anexo 5	.....	130
Anexo 6	.....	134

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	46
-----------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.....	66
Tabela 2.....	66
Tabela 3.....	69
Tabela 4.....	70
Tabela 5.....	77
Tabela 6.....	77
Tabela 7.....	78
Tabela 8.....	79
Tabela 9.....	80
Tabela 10.....	80
Tabela 11.....	81
Tabela 12.....	82
Tabela 13.....	83
Tabela 14.....	84
Tabela 15.....	85
Tabela 16.....	86
Tabela 17.....	87
Tabela 18.....	88
Tabela 19.....	89
Tabela 20.....	90
Tabela 21.....	91
Tabela 22.....	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.....	52
Figura 2.....	54
Figura 3.....	55
Figura 4.....	67
Figura 5.....	68
Figura 6.....	68
Figura 7.....	71
Figura 8.....	72
Figura 9.....	73
Figura 10.....	74
Figura 11.....	75
Figura 12.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.....	94
Quadro 2.....	95

1 INTRODUÇÃO

Na natação a avaliação e o controle das variáveis fisiológicas e biomecânicas de um atleta são fundamentais para implantação e acompanhamento de um processo de treinamento adequado às necessidades e objetivos traçados. Assim, é possível conhecer o estado atual e o desenvolvimento do atleta, avaliar os efeitos do treinamento, identificar o perfil das principais capacidades do nadador e prognosticar o desempenho esportivo (VILAS-BOAS; LAMARES, 1997).

Dentre os aspectos biomecânicos relacionados à natação, estão as forças de arrasto, a aplicação de força propulsiva e as características cinemáticas do nado (HAY; GUIMARÃES, 1983). Considerando que 90% do custo energético total são justificados pela necessidade de superação do arrasto (MILLET; CANDAU, 2002), são esperadas alterações nas variáveis biomecânicas relacionadas às necessidades de adequação da técnica de nado às demandas de intensidade (FRANKEN *et al.*, 2008) quando o nadador é submetido a essas diferentes intensidades.

Dentre as variáveis biomecânicas, destacam-se aquelas relacionadas à cinemática do nado: (1) frequência média de ciclos de braçadas (FB), definida como o número de ciclos de braçadas executado por unidade de tempo, (2) distância média percorrida a cada ciclo de braçada (DC), em metros, percorrida a cada ciclo (HAY; GUIMARÃES, 1983). A velocidade média de nado (VN) é o

produto entre a FB e a DC (SMITH; NORRIS; HOGG, 2002), assim, para se manter uma determinada VN, os nadadores adotam geralmente a combinação que julgam, de modo não consciente, ser mais eficiente entre a FB e a DC.

Ainda, a coordenação dos movimentos das braçadas no nado *crawl* pode ser descrita a partir de três modelos: (1) de oposição, (2) de captura e (3) de sobreposição (COSTILL; MAGLISCHO; RICHARDSON, 1992; MAGLISCHO, 2003). Chollet, Chalies e Chatard (2000) criaram um índice denominado Índice de Coordenação (IdC) para quantificar a coordenação e a ação dos braços direito e esquerdo no nado *crawl*. O IdC adotado por um nadador é calculado a partir de dados de posição e tempo obtidos de imagens capturadas por meio da técnica de cinemática subaquática do nado no plano sagital dos atletas (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000). Nesta técnica, identifica-se, visualmente, o momento em que se inicia cada uma das três fases subaquáticas da braçada: (1) apoio, (2) puxada e (3) empurrada, em cada um dos braços, além da saída e da entrada da mão na água. O tempo decorrido entre o final da fase de empurrada de um braço e o início da fase de puxada do outro braço, expresso em percentual da duração total da braçada, é considerado como IdC (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; MORÉ, 2008). O IdC é positivo quando há um momento de propulsão dupla no ciclo de braçadas (modelo de sobreposição), igual a zero quando a duração das fases propulsivas é igual à duração das fases não-propulsivas (modelo de oposição) e negativo quando existe um período sem geração de propulsão entre os dois braços (modelo de captura) (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; SEIFERT; CHOLLET; BARDY, 2004b; MORÉ, 2008).

A simetria entre o modelo de coordenação adotado por um nadador em cada um dos lados do corpo pode ser mensurada comparando-se IdC1 e IdC2. Autores (SEIFERT; CHOLLET; ALLARD, 2005; MORÉ, 2008) costumam denominar como IdC1 o intervalo de tempo entre o final da fase propulsiva da braçada esquerda e o início da fase propulsiva da braçada direita, e IdC2 o intervalo de tempo decorrido entre o final da fase propulsiva da braçada direita e o início da fase propulsiva da braçada esquerda, ambos expressos em valor percentual relativo à duração total da braçada.

A fim de que o nadador consiga, durante sua prova ou série de treinamento a manutenção da melhor técnica (relacionada à alta VN e à longa distância de braçada), as condições fisiológicas devem ser adequadas (YANAI, 2003; CASTRO, 2007). Esta adequação é buscada avaliando-se as condições fisiológicas e, ao longo do processo de treino, prescrevendo diferentes intensidades a fim de se obter as diferentes adaptações fisiológicas que permitem o melhor desempenho.

Dentre os métodos empregados para a avaliação da condição fisiológica e para o controle da intensidade de nado, a velocidade crítica (VC) pode ser definida como a mais alta intensidade sustentada por um longo período sem alcançar o máximo consumo de oxigênio (VO_{2max}), em carga constante, ou seja, situa-se como um marcador de transição entre as zonas de intensidade pesada e severa de exercício (POOLE *et al.*, 1988; DEKERLE *et al.*, 2010; ESPADA; ALVES, 2010; FRANKEN; ZACCA; CASTRO, 2011).

Além da VC, as escalas de esforço percebido (EP) têm apresentado relação direta simples com a intensidade do exercício (BORG, 1982). Estudos mais recentes indicam que o EP tem um papel importante no controle da tolerância ao exercício (SUZUKI *et al.*, 2007). Assim, o EP pode ser fonte de informação importante para indicar os limites de tolerância ao esforço, protegendo os sistemas orgânicos de danos fisiológicos importantes (NOAKES; PELTONOEN; RUSKO, 2001; SUZUKI *et al.*, 2007).

Em natação, Ribeiro, Lima e Gobatto (2010) encontraram, em intensidade correspondente à VC, um aumento do EP, da [LA], da frequência cardíaca (FC) e da FB e uma diminuição da DC. Contudo, Dekerle *et al.* (2010) encontraram estabilização da [LA] com aumento do EP. Em vista que o aumento do EP ocorre por sinais motores eferentes os quais são enviados dos músculos em atividade, incluindo estímulos de parâmetros espaço-temporais para o controle neuromuscular do gesto técnico e também do controle extracelular da taxa metabólica a ser sustentada no exercício (ULMER, 1996), o aumento do EP nos estudos de Ribeiro, Lima e Gobatto (2010) e Dekerle *et al.* (2010) pode ter sido suficiente por alterar a atividade neuromotora eferente. Assim, na realização de

exercício de longa duração em intensidade correspondente a VC, e similares, ao longo do tempo de nado, deverá ocorrer fadiga, cujos fatores desencadeantes ainda não são completamente entendidos.

A fadiga é um fenômeno multifatorial, que geralmente está associada à diminuição da capacidade de manter uma determinada intensidade de exercício (GANDEVIA, 2001), podendo ser periférica e/ou central. A primeira está relacionada a mecanismos neuronais e musculares (GARRET; KIRKENDALL, 2003), e a segunda, a mecanismos cerebrais e medulares, podendo ocorrer em nível supra-espinhal por meio da inibição aferente, desde os fusos neuromusculares, nas terminações nervosas, ocorrendo a diminuição da excitabilidade do motoneurônio e inibição de sinapses. Em situações de fadiga, ocorrem alterações na atividade de alguns neurotransmissores e nas concentrações plasmáticas de aminoácidos, tais como a diminuição dos níveis plasmáticos de BCAA e aumento da concentração plasmática de triptofano ([TRP]) (HOOMANN; STRÜDER, 1996).

O aumento na [TRP] possivelmente é causado pelo aumento da atividade do sistema simpatoadrenérgico, característico do estresse físico, estimulando a lipólise. A maior disponibilidade de ácidos graxos liberados à corrente sanguínea, aumenta a necessidade da proteína carreadora albumina de levá-los à musculatura em atividade, fazendo com que esta libere triptofano, o qual também transporta. O aumento da porção de [TRP] em forma livre geraria vantagem na barreira hematoencefálica em relação aos outros aminoácidos, resultando no seu maior influxo ao cérebro e, conseqüentemente, na maior produção de serotonina. Assim, a atividade da serotonina estaria prejudicada pela duração do exercício, dificultando a manutenção da ativação das áreas motoras cerebrais e a excitação muscular, se associando também, ao aumento do EP (ROSSI; TIRAPGUI, 2004; DA-SILVA; ALVES, 2005). Entre as alterações de outros marcadores que podem mediar a [TRP] em resposta ao estresse físico, há síntese e liberação de prolactina, o que geralmente está relacionado a um aumento da temperatura interna do corpo (STRÜDER; WEICKER, 2001). Hackney, Prema e McMurray (1995) encontraram aumento da concentração plasmática de prolactina [PRL] em

exercício de alta intensidade, realizado de forma intervalada. Porém, Baker *et al.* (2006) verificaram, após exercício de alta intensidade e curta duração (30 segundos), uma diminuição da [TRP] e da concentração de ácidos graxos livres [AGL] e que não ocorreram diferenças na [PRL]. Os resultados destes estudos mostram que a [PRL] tem incremento em função da maior duração do esforço no exercício de alta intensidade.

Em situação de fadiga em modalidades cíclicas, o indivíduo tende a adotar projeções imediatas de desempenho tendo como base estimativas de reserva metabólica, de taxa metabólica atual e de distância para a meta final a fim de manter ou adequar a intensidade do exercício à tarefa (ULMER, 1996; SUZUKI *et al.*, 2007). Com o intuito de retardar o início da fadiga, são estudados quais os principais fatores que causam incapacidade de manutenção do desempenho, mesmo quando as reservas energéticas ainda suportariam aumento de carga.

Considerando que a maioria das séries para o incremento da potência e da capacidade aeróbia, em natação, são realizadas abaixo ou muito próximas à VC, torna-se lógico investigar se existe alteração no comportamento do EP, da [TRP], da concentração plasmática de prolactina ([PRL]), bem como da [LA] e da técnica de nado em séries de treinamento intervalado nos percentuais de 95 e 100% da VC até a ocorrência de exaustão. Sendo assim, como na natação a técnica é um aspecto muito importante para o desempenho, o controle da mesma, aliado a indicadores fisiológicos durante o exercício em intensidades abaixo e similar à VC, pode auxiliar no controle das intensidades e da técnica de nado no treinamento desta modalidade.

Desse modo, essa dissertação foi desenvolvida a fim de se verificar as respostas da [TRP], da [PRL], da [LA], do EP e cinemáticas em séries de treinamento de longa duração em diferentes percentuais da VC até a ocorrência de exaustão no nado *crawl*. Buscou-se, então, a análise do comportamento das variáveis explicitadas na literatura, e suas respostas, como marcadores em resposta às demandas de intensidade ao longo de séries de treinamento intervalado realizadas sob duas intensidades relativas à VC: 95 e 100% da mesma.

2 OBJETIVOS

Formularam-se objetivo geral e específicos para esta dissertação.

2.1 Geral

Configura-se, como objetivo geral, investigar e comparar o comportamento da concentração plasmática de triptofano e de variáveis cinemáticas em séries de treinamento intervalado em diferentes percentuais da VC no nado *crawl*.

2.2 Específicos

Em séries de treinamento intervalado, a 95 e 100% da VC:

- 1) Comparar o esforço percebido, a concentração de lactato sanguíneo, a frequência cardíaca, a concentração plasmática de prolactina, a concentração plasmática de ácidos graxos livres e a concentração plasmática de triptofano nas repetições realizadas em cada série de treinamento intervalado;
- 2) Comparar a distância média percorrida por ciclo de braçada, a frequência média de ciclos de braçadas, a velocidade média de nado, o Índice de Coordenação, a simetria (IdC1 e IdC2) e a duração das

fases da braçada (A, B, C e D) nas repetições e em cada trecho das repetições realizadas;

- 3) Correlacionar valores de esforço percebido e concentração plasmática de triptofano, esforço percebido e concentração de lactato sanguíneo e esforço percebido e concentração plasmática de prolactina nas repetições realizadas em cada série de treinamento intervalado.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão está subdividida em quatro subitens:

- 3.1 Cinemática do nado crawl (frequência média de ciclos de braçadas, distância média percorrida a cada ciclo de braçada, velocidade média de nado e modelos de coordenação do nado crawl em exercício de longa duração);
- 3.2 Fadiga e Esforço Percebido;
- 3.3 Respostas fisiológicas e exercício de longa duração e
- 3.4 Análise crítica da literatura.

3.1 Cinemática do nado crawl

Na natação as variáveis biomecânicas que representam a técnica podem contribuir de modo mais completo para o rendimento quando analisadas em conjunto com as variáveis fisiológicas (PELARIGO *et al.*, 2007). Dentre os aspectos biomecânicos, estão as forças de arrasto, a aplicação de força propulsiva e as características cinemáticas do nado (HAY; GUIMARÃES, 1983). Considerando que 90% do custo energético total são justificados pela necessidade de superação do arrasto (MILLET; CANDAU, 2002), são esperadas alterações nas variáveis biomecânicas relacionadas às necessidades de adequação da técnica de nado às demandas de intensidade (FRANKEN *et al.*, 2008). Resposta de parâmetros como a DC, a FB, a VN, os modelos de coordenação de nado, a

duração das fases da braçada e a simetria de nado em respostas às demandas de intensidade têm sido estudados por diversos autores (DEKERLE *et al.*, 2002; SEIFERT; CHOLLET; ALLARD, 2005; PELARIGO *et al.*, 2007; ALBERTY *et al.*, 2008; BARDEN; KELL, 2009; RIBEIRO; LIMA; GOBATTO, 2010; PELARIGO; DENADAI; GRECO, 2011; BARDEN; KELL; KOBASAR, 2011; ALBERTY *et al.*, 2011).

3.1.1 Frequência média de ciclos de braçadas, distância média percorrida a cada ciclo de braçada e velocidade média de nado em exercício de longa duração

Segundo Hay e Guimarães (1983), a FB é definida como o número de ciclos de braçadas executados por unidade de tempo e depende do tempo que o nadador gasta nas fases de recuperação e de propulsão de cada braço (CASTRO *et al.*, 2005). A DC, em metros, é influenciada pelas forças aplicadas sobre e pelo nadador na água (HAY; GUIMARÃES, 1983) e é representativa da capacidade técnica de um nadador (TOUSSAINT; BEEK, 1992). Já a VN pode ser determinada pelo produto entre a FB e a DC (SMITH; NORRIS; HOGG, 2002), assim, para se manter uma determinada VN, os nadadores adotam geralmente a combinação que julgam, de modo inconsciente, ser mais eficiente entre a FB e a DC.

Quanto à combinação entre a FB e a DC, Hay e Guimarães (1983) afirmam que há uma relação negativa entre essas variáveis, assim, aumento na DC gera diminuição na FB e, aumento na FB gera diminuição na DC. Aumentos, tanto na DC, quanto na FB, poderiam resultar em importantes melhoras na VN e, conseqüentemente, no desempenho. Segundo Yanai (2003), o incremento da VN durante uma prova ou uma sessão de treino pode ser explicada por aumento da FB e diminuição, concomitante, da DC (mas o módulo da variação da FB sendo maior que o módulo da variação da DC). Incremento da FB é a estratégia utilizada e encontrada pelos nadadores quando da necessidade de aumento agudo da VN (WAKAYOSHI *et al.*, 1995; YANAI, 2003; MARINHO *et al.*, 2006) e representa a

adequação neuromuscular a uma nova situação de intensidade mais elevada de nado. Já, em resposta a treinamento, de acordo com Yanai (2003), efeito crônico, o aumento da VN deve acontecer por incremento da DC, devido a adaptações fisiológicas e técnicas.

A FB e a DC apresentaram correlação significativa com o consumo de oxigênio (VO_2) em velocidades sub-máximas e com o desempenho nos 100, 200 e 400 m na natação (CHATARD; LAVOIE; LACOUR, 1990; WAKAYOSHI *et al.*, 1995; HUOT-MARCHAND *et al.*, 2005). Caputo *et al.* (2000) verificaram que para aumento da VN em nadadores e triatletas competitivos nas provas de 50, 100, 200 e 400 m, ocorreu aumento na DC e diminuição na FB, respostas estas que foram devidas a uma menor quantidade de movimentos nas maiores distâncias visando a economia de energia, mas com um conseqüente aumento na aplicação de força propulsiva em cada braçada. Arellano *et al.* (1994) analisaram as características de nadadores na prova dos 200 m nado livre nas eliminatórias e finais desta prova nos Jogos Olímpicos de 1992 e encontraram correlação positiva e significativa entre a VN e a DC, tanto para homens ($r = 0,67$), quanto para mulheres ($r = 0,42$).

Na situação de esforços máximos de curta a média duração, Aujouannet *et al.* (2006) avaliaram diversos parâmetros cinemáticos do nado crawl ao longo de quatro repetições máximas de 50 m, com 10 s de intervalo e verificaram uma diminuição significativa da VN e da FB entre a primeira e a última repetição de 50 m, com manutenção da DC. Segundo os autores, quando a liberação de energia por processos anaeróbios atinge importante percentual da energia total, os efeitos da fadiga podem levar a adaptações nos parâmetros cinemáticos do nado, tais como: (1) diminuição da FB ao longo do esforço máximo, com (2) concomitante redução da VN.

Porém, em situação de exercício de longa duração (DEKERLE *et al.*, 2005b; PELARIGO; DENADAI; GRECO, 2011), com a intenção de aumento ou manutenção da VN, poderá haver alteração na relação entre a FB e a DC. De acordo com Vilas-Boas *et al.* (2001), esses parâmetros tendem a se alterar de acordo com a instalação do processo de fadiga durante a execução de alguma prova ou treinamento em natação.

Em exercícios de alta intensidade, Marinho *et al.* (2006) verificaram que há sobrecarga sobre o sistema neuromuscular, o que pode diminuir o desempenho de nado, resultando em incremento da FB, com concomitante redução da DC, a fim de manter a mesma VN, o que é corroborado por Ribeiro, Lima e Gobatto (2010) em intensidade similar a velocidade crítica (VC) e por Dekerle *et al.* (2005b), Schnitzler, Seifert e Chollet (2009) e Pelarigo, Denadai e Greco (2011), em intensidade acima da máxima fase estável de lactato (MSSL). Conforme Castro (2007), parece existir um limite biomecânico, muito relacionado à intensidade de nado caracterizada por limiar anaeróbio, além do qual, a DC torna-se comprometida.

Ribeiro, Lima e Gobatto (2010), ao avaliarem 12 nadadores competitivos ($16,5 \pm 1,2$ anos), encontraram aumento nas respostas da FB (de $29,6 \pm 3,2$ para $32,1 \pm 4,1$ ciclos.min⁻¹) com concomitante redução da DC (de $2,48 \pm 0,22$ para $2,31 \pm 0,24$ m) na tentativa de manter VN correspondente à VC ($1,28 \pm 0,05$ m.s⁻¹), o que correspondeu a 93% da velocidade média na performance de 400 m (V400), durante série de treinamento intervalado de cinco repetições de 400 m no estilo *crawl* com intervalo de repouso passivo de 90 segundos. Já Albery *et al.* (2008) avaliaram se o controle do comportamento da FB poderia provocar alterações na técnica de nado e no tempo até a ocorrência de exaustão. Foram avaliados dez nadadores ($20,3 \pm 1,7$ anos; oito homens e duas mulheres) de nível nacional, que realizaram três testes até a ocorrência de exaustão nos percentuais de 95, 100 e 110% da velocidade média na performance de 400 m (V400), com um tempo total até a exaustão nas situações de FB livre de (670 ± 117 ; 238 ± 43 ; 68 ± 14 s, respectivamente) e FB controlada de (333 ± 54 ; 177 ± 58 ; 47 ± 10 s, respectivamente) de nado para cada percentual da V400. Na primeira situação, os nadadores tiveram que manter a velocidade até a exaustão com uma FB que julgaram ser a mais eficiente e que foi adotada de forma livre. Na segunda situação, eles tiveram que manter a velocidade até a exaustão com uma FB controlada individualmente. Foi verificado que para todas as intensidades na condição de FB livre, os testes até a ocorrência da exaustão apresentaram maior duração quando comparados aos testes na condição de FB controlada, o que

pode ser explicado por um menor estresse fisiológico na condição de FB livre. Ainda, na condição de FB livre, os nadadores, junto com aumento da FB, reduziram a DC para manter a velocidade. Já, com a FB controlada, a DC apresentou estabilidade no seu comportamento para manter a velocidade.

Pelarigo, Denadai e Greco (2011), ao avaliarem 12 nadadores (21 ± 8 anos) de meio-fundo e fundo, de nível regional e nacional, nas intensidades de 100 e 102,5% da MSSL de forma contínua nas velocidades de ($1,22 \pm 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $1,25 \pm 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente) com duração de trinta minutos, observaram valores similares da DC e da FB nos 100% da MSSL, porém, aumento da FB (de $30,9 \pm 3,4$ para $32,2 \pm 3,5$ ciclos.min⁻¹) e redução da DC (de $2,47 \pm 0,2$ para $2,38 \pm 0,2$ m) nos 102,5% da MSSL. Os autores (PELARIGO; DENADAI; GRECO, 2011) afirmaram que a intensidade de MSSL é adequada para o desenvolvimento da técnica nas sessões de treinamento em natação. Dekerle *et al.* (2005b) avaliaram o comportamento de parâmetros cinemáticos de 12 nadadores competitivos ($19,7 \pm 1,8$ anos) em diferentes intensidades, os quais realizaram quatro sessões de teste de trinta minutos, em intensidades sub-máximas nos percentuais de 75, 80, 85 e 90% da máxima VN de um teste de 400 m, quando foi estimada a MSSL. Os autores observaram aumento nos valores da FB e redução na DC em intensidades acima da MSSL. Essa redução na DC pode ser atribuída à ocorrência de fadiga muscular, diminuindo, dessa forma, a aplicação de força propulsiva e, conseqüentemente, a VN (DEKERLE *et al.*, 2005b). Para a manutenção da VN em intensidades superiores a MSSL, nadadores costumam aumentar de forma compensatória a FB, uma vez que ocorre redução na DC (SCHINITZLER; SEIFERT; CHOLLET, 2009).

3.1.2 Modelos de coordenação do nado crawl

Chollet, Chalies e Chatard (2000), para avaliar a coordenação de nado, propuseram a divisão do movimento completo de cada um dos braços em quatro fases distintas, sendo duas propulsivas e duas não propulsivas: entrada e apoio da mão na água, puxada, empurrada (fases submersas ou aquáticas) e

recuperação (fase aérea), sendo que das três fases submersas, apenas as fases de puxada e empurrada geram propulsão. Ainda, a partir da relação temporal entre as fases de ambos os braços, a coordenação dos movimentos das braçadas no nado *crawl* pode ser descrita a partir de três modelos: (1) modelo de oposição: aquele em que um braço inicia a fase de puxada quando o outro braço finaliza a fase de empurrada; (2) modelo de captura: que apresenta um tempo sem propulsão, entre o final da fase de empurrada de um braço e o início da fase de puxada do outro braço e (3) modelo de sobreposição: descrito como aquele no qual o início da fase de puxada de um braço ocorre antes do final da fase de empurrada do outro braço (COSTILL; MAGLISCHO; RICHARDSON, 1992; MAGLISCHO, 2003; MORÉ, 2008).

Com a iniciativa de estabelecer um índice para quantificar a coordenação e a ação dos braços direito e esquerdo no nado *crawl*, Chollet, Chalies e Chatard (2000) propuseram o índice de coordenação (IdC). O IdC adotado por um nadador é calculado a partir de dados de posição e tempo obtidos de imagens capturadas por meio da técnica de cinemetria subaquática do nado no plano sagital dos atletas (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000). Nesta técnica, identifica-se, visualmente, o momento em que se inicia cada uma das três fases subaquáticas da braçada: (1) apoio, (2) puxada e (3) empurrada, em cada um dos braços. Assim, o IdC é o tempo decorrido entre o final da fase de empurrada de um braço e o início da fase de puxada do outro braço, expresso em percentual da duração total da braçada (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; MORÉ, 2008).

Para simplificar as análises, a braçada do nado *crawl* pode ser dividida em quatro fases: (A) entrada da mão na água e apoio, (B) puxada, (C) empurrada e (D) recuperação. As fases B e C são responsáveis pela propulsão do nadador, já as fases A e D são consideradas fases não-propulsivas da braçada (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; SCHNITZLER; SEIFERT; CHOLLET, 2009; ALBERTY *et al.*, 2009; PELARIGO; DENADAI; GRECO, 2011).

Em relação à simetria na coordenação, nadadores fundistas normalmente apresentam uma coordenação assimétrica o que pode estar relacionado ao padrão e a frequência respiratória. Habitualmente, os nadadores de longas

distâncias adotam uma frequência respiratória elevada, devido às demandas fisiológicas específicas deste tipo de prova (SILVEIRA, 2008).

Seifert, Chollet e Allard (2005) analisaram as relações entre a simetria na coordenação de nado, a lateralidade motora e a lateralidade respiratória ao longo da prova de 100 m nado *crawl* em nadadores de diferentes níveis de performance. Muitos nadadores apresentaram coordenação assimétrica, com descontinuidade propulsiva de um lado e sobreposição do outro. Essa assimetria foi mais relacionada à lateralidade respiratória e à lateralidade motora. Mais do que a própria lateralidade respiratória, as ações inspiratórias dos nadadores de nível inferior incrementaram a coordenação assimétrica no lado de inspiração.

A simetria entre o modelo de coordenação adotado por um nadador em cada um dos lados do corpo pode ser mensurada comparando-se IdC1 e IdC2. Autores (SEIFERT; CHOLLET; ALLARD, 2005; SEIFERT *et al.*, 2008; MORÉ, 2008) costumam denominar como IdC1 o intervalo de tempo entre o final da fase propulsiva da braçada esquerda e o início da fase propulsiva da braçada direita, e IdC2 o intervalo de tempo decorrido entre o final da fase propulsiva da braçada direita e o início da fase propulsiva da braçada esquerda, ambos expressos em valor percentual relativo à duração total da braçada (SEIFERT; CHOLLET; ALLARD, 2005; MORÉ, 2008).

A medida que se aumenta a VN, em provas de maior velocidade, o comportamento do IdC e da duração das fases da braçada relativas à duração total da braçada sofrem alterações, incrementando tanto o IdC, quanto a duração das fases propulsivas (B e C), aumentando assim a aplicação de força propulsiva, com uma diminuição significativa da duração da fase A (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; SEIFERT; BOULESTEIX; CHOLLET, 2004a; SEIFERT; CHOLLET; BARDY, 2004b; SEIFERT; CHOLLET; CHATARD, 2007). Ou seja, conforme se aumenta a VN, o comportamento do IdC sofre modificações, passando de um modelo de coordenação em captura, em menores VN, para um modelo de coordenação em sobreposição, em maiores VN (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; SEIFERT; CHOLLET, 2009). Já em provas longas, de menores velocidades, há um aumento significativo nas fases A e D para reduzir o arrasto

hidrodinâmico e conseqüentemente, aumentar a VN (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; SEIFERT; CHOLLET; BARDY, 2004b).

A maioria dos estudos que analisou as estruturas coordenativas de nado, realizaram as análises em simulações de intensidades de prova em distâncias curtas de 25 m com bloqueio inspiratório, para evitar efeitos de fadiga e possível influência sobre a coordenação de nado (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; SEIFERT; CHOLLET; CHATARD, 2007; SEIFERT *et al.*, 2008; SEIFERT; CHOLLET, 2009), em situação real de distâncias de prova (SEIFERT; CHOLLET; ALLARD, 2005; MORÉ, 2008; SCHNITZLER; SEIFERT; CHOLLET, 2009), porém em situações de séries de exercício de longa duração, foi possível encontrar apenas os estudos de Alberty *et al.* (2008) nos percentuais de 95, 100 e 110% da velocidade média da performance de 400 m (V400) com a FB controlada e livre até a exaustão, de Pelarigo, Denadai e Greco (2011) nas intensidades de 100 e 102,5% da MSSL de forma contínua em teste de trinta minutos, de Barden, Kell e Kobsar (2011) na análise da assimetria bilateral em diferentes intensidades e de Alberty *et al.* (2009) nos percentuais de 95, 100 e 110% da velocidade média na performance de 400 m até a ocorrência de exaustão.

Barden, Kell e Kobsar (2011) verificaram os efeitos das intensidades abaixo, similar e acima da VC na FB, DC, velocidade, duração das fases da braçada e na assimetria bilateral nos 200 m nado *crawl*. Neste estudo, foram avaliados oito nadadores [seis mulheres ($17,3 \pm 1,9$ anos) e dois homens ($20,0 \pm 2,8$ anos)] de nível nacional, que realizaram quatro repetições de 200 m, com intervalos de repouso passivo de 60 segundos, nos seguintes percentuais: 91%, 96%, 100% e 110% da VC, que foi determinada pelas distâncias de 200, 400 e 1000 m. Ocorreu aumento significativo nos valores da FB e uma diminuição significativa da DC conforme o aumento da intensidade, exceto entre a primeira e a segunda repetição, nas quais os valores de FB e DC foram similares. A velocidade apresentou aumento em todas as intensidades. As durações das fases da braçada apresentaram diminuição conforme o aumento da intensidade, exceto entre a primeira e a segunda repetição na fase de recuperação. Assimetria bilateral (diferenças nas durações das fases da braçada nos braços esquerdo e

direito) esteve presente e foi maior entre a primeira e a segunda repetição. Após, os valores de assimetria diminuíram conforme o aumento da velocidade. Conforme os resultados de Barden, Kell e Kobsar (2011), o grau de assimetria bilateral se comporta de forma inversamente proporcional a intensidade e a velocidade em ambas as fases da braçada.

Alberty *et al.* (2008) avaliaram se o controle do comportamento da FB e da velocidade até a ocorrência de exaustão poderia provocar alterações no IdC e na duração das fases da braçada. Foram avaliados dez nadadores (oito homens e duas mulheres) de nível nacional, que realizaram três testes até a ocorrência de exaustão nos percentuais de 95, 100 e 110% da velocidade média na performance de 400 m (V400) com o tempo na performance de 400 m de (homens: $280,23 \pm 13,73$ s, mulheres: $322,73 \pm 12,47$ s), em duas situações de nado (FB livre e FB controlada), para cada percentual da V400. Na condição de FB controlada, ocorreu estabilização do IdC e da duração das fases da braçada. Já na condição de FB livre, houve diminuição da duração das fases não-propulsivas da braçada a favor do aumento da duração das fases propulsivas da braçada. Os autores (Alberty *et al.*, 2008) afirmaram que o aumento da duração das fases propulsivas B e C da braçada em condição de FB livre pode ser explicado por uma adaptação da técnica da braçada em resposta à diminuição da DC, como um mecanismo compensatório da redução da força para superar a resistência ao avanço. Os nadadores adaptaram a coordenação da braçada para um tipo mais próximo do modelo de oposição.

Já Pelarigo, Denadai e Greco (2011) analisaram a duração das fases da braçada e o IdC durante o exercício realizado de forma contínua nos percentuais de 100 e 102,5% da MSSL ($88,6 \pm 1,1\%$; $91,3 \pm 1,1\%$ da V400, respectivamente). Participaram deste estudo 12 nadadores de meio-fundo e fundo, que realizaram duas a quatro tentativas de até 30 minutos para a determinação da MSSL contínua. Foi identificado aumento apenas da duração da fase B da braçada do décimo para o trigésimo minuto no percentual de 102,5% da MSSL. Em relação ao comportamento do IdC, não houve efeito do tempo de exercício. Em vista que a duração da fase B da braçada é relacionada com a aplicação de força propulsiva

por parte do nadador, seu comprometimento pode demonstrar uma braçada menos eficiente, visto que para manter a mesma velocidade o nadador deveria aumentar a proporção de pelo menos uma fase propulsiva.

No estudo de Alberty *et al.* (2009) 10 nadadores treinados nadaram três vezes até ocorrência da exaustão nas velocidades correspondentes aos percentuais de 95, 100 e 110% da velocidade média na performance de 400 m (V400). Foram mensuradas as variáveis de FB, DC, duração das fases da braçada e IdC. Foram encontrados para todos os percentuais da V400 um aumento da FB e uma concomitante diminuição da DC, bem como um aumento no IdC. Com relação à duração das fases propulsivas da braçada (B e C), ocorreu diferença significativa na duração da fase C da braçada apenas no percentual de 100% da V400 desde o início até ao final do teste (exaustão). A FB apresentou forte correlação negativa com a duração da fase A da braçada (correlações entre -0,80 e -0,97) em todos os percentuais da V400 analisados, e também com a duração da fase D da braçada (correlações entre -0,77 e -0,81), exceto no percentual de 95% da V400. Em vista que, para se manter a VN em situação de fadiga, o aumento da FB foi compensado pela diminuição da DC, os autores (ALBERTY *et al.*, 2009) afirmaram que não foi surpresa as semelhantes correlações que foram encontradas entre a DC com as durações das fases A e D da braçada (correlações entre 0,76 e 0,86) nos percentuais de 100 e 110% da V400. Alberty *et al.* (2009) concluíram que o desenvolvimento da fadiga induz à aumento da FB para compensar a redução da DC, para a manutenção da velocidade. Além disso, a FB e o IdC aumentaram de forma progressiva, o que pode ser explicado pelo aumento do tempo de aplicação de força propulsiva em determinada distância, com uma conseqüente redução da capacidade de aplicação de força para a manutenção da velocidade.

Em outro estudo, Alberty *et al.* (2011) investigaram 10 nadadores bem treinados que nadaram três vezes até ocorrência da exaustão nas velocidades correspondentes aos percentuais de 95, 100 e 110% da velocidade média na performance de 400 m (V400) no nado *crawl* em três condições de comportamento da FB: FB livre, FB controlada e FB reduzida. Foram mensuradas

as variáveis FB, DC, duração das fases da braçada e IdC. A duração dos testes foi menor na condição de FB reduzida. Os nadadores aumentaram a duração das fases não-propulsivas (A e D) da braçada na condição de FB reduzida quando comparada à condição de FB controlada. As fases propulsivas da braçada (B e C) não apresentaram diferenças em ambas as situações. A FB apresentou forte correlação negativa com a duração da fase A da braçada em todos os testes (correlações entre -0,89 e -0,96, $p < 0,01$) em todos os percentuais da V400 analisados. Os autores (ALBERTY *et al.*, 2011) afirmaram que a diminuição significativa da duração do exercício pode ter sido causada por uma solicitação muscular não usual. Mudanças na técnica durante os testes exigiram uma maior aplicação de força propulsiva e da eficiência dos nadadores, minimizando o arrasto, porém não diferiu no tempo das ações propulsivas da braçada.

3.2 Fadiga e Esforço Percebido

A fadiga é um fenômeno multifatorial que geralmente está associada à diminuição da capacidade de manter uma determinada intensidade de exercício (GANDEVIA, 2001). Esta impossibilidade de manter a mesma intensidade de exercício pode ser de origem periférica e/ou central.

A primeira está relacionada com mecanismos neuronais e musculares (GARRET; KIRKENDALL, 2003), implicando em questões metabólicas, independente da ação neuronal, ocorrendo diversas alterações: 1) na propagação do potencial de ação até o sistema tubular transverso (Túbulos-T), diminuindo a liberação de cálcio; 2) no acoplamento excitação-contração para a interação entre pontes cruzadas e sítios de ligação, pelo acúmulo de prótons e diminuição do pH, depleção de fosfocreatina e de glicogênio nos músculos em atividade (FITTS, 1994; KENT-BRAUN, 1999; TAYLOR; GANDEVIA, 2008).

A segunda, com mecanismos cerebrais e medulares, que ocorre em nível supra-espinhal por meio da inibição aferente desde os fusos neuromusculares, nas terminações nervosas, no qual ocorre a diminuição da excitabilidade do motoneurônio e inibição de sinapses. Nessa situação, ocorrem alterações na

atividade de alguns neurotransmissores, tais como: 1) redução da concentração de dopamina cerebral, que leva a diminuição da eficiência da coordenação neuromuscular e a perda da motivação, bem como aumento na razão da relação no metabolismo de serotonina/dopamina (BARNÉOUD *et al.*, 2000); 2) diminuição da concentração de acetilcolina, que é associada à produção de força muscular e dependente das concentrações de colina. A redução no consumo de colina pode diminuir a velocidade de transmissão dos impulsos no músculo esquelético (GARRET; KIRKENDALL, 2003); 3) aumento da concentração de amônia, que altera a permeabilidade da membrana a diversos neurotransmissores, prejudica a coordenação e o controle neuromuscular e possível relação com a leucina, valina e isoleucina (BANISTER; CAMERON, 1998) e; 4) diminuição dos níveis plasmáticos de leucina, valina e isoleucina e aumento da [TRP], que é precursor da serotonina, com uma redução progressiva do direcionamento voluntário para os neurônios motores durante o exercício, gerando mecanismo de hipoglicemia, que provoca desequilíbrios no sistema nervoso central (HOOMANN; STRÜDER, 1996).

De modo específico, aumento da [TRP] possivelmente é causado pelo aumento da atividade do sistema simpatoadrenérgico, característico do estresse físico, a fim de estimular a lipólise. A maior disponibilidade de ácidos graxos liberados à corrente sanguínea leva ao aumento da necessidade da proteína carreadora albumina de levá-los ao músculo em atividade, fazendo com que esta libere triptofano, o qual também transporta. O aumento da porção de triptofano em forma livre gera vantagem na barreira hematoencefálica em relação aos outros aminoácidos, resultando no seu maior influxo ao cérebro e, conseqüentemente, na maior produção de serotonina. Assim, a atividade da serotonina é aumentada pela duração do exercício, dificultando a manutenção da ativação das áreas motoras cerebrais e a excitação muscular, se associando também, ao aumento do EP até a ocorrência de fadiga (ROSSI; TIRAPEGUI, 2004; DA-SILVA; ALVES, 2005).

Em situação de fadiga e aumento do EP no exercício, o indivíduo tende a adotar projeções imediatas de desempenho, tendo como base estimativas da reserva metabólica, taxa metabólica do momento e a distância para a meta final,

com o intuito de manter a intensidade do exercício (ULMER, 1996; SUZUKI *et al.*, 2007). Com o intuito de retardar o início da fadiga, são estudados quais os principais fatores que causam essa incapacidade de manutenção do desempenho, mesmo quando as reservas energéticas ainda suportariam aumento de carga. A questão principal a ser investigada seria a origem dos estímulos aferentes de aumento do EP nessa condição de projeção da tolerância ao exercício. De acordo com Baldwin *et al.* (2003), o construto governador central poderia atuar nessa condição, como a principal fonte de retroalimentação e integração central num mecanismo de glicostato (RAUCH *et al.*, 2005). Esse mecanismo teria propriedade de monitorar os estoques de glicogênio muscular e modular o ritmo de exercício em tarefas com metas de distâncias fixas.

Esta propriedade levaria o indivíduo a ter condições de realizar uma resposta antecipatória aferente (*feed forward*), na qual a intensidade do exercício é controlada pelo cérebro (CREWE; TUCKER; NOAKES, 2008). Este modelo sustenta que o estresse não é puramente físico e que a fadiga é vista como uma sensação consciente de uma interpretação dos processos de regulação do subconsciente no cérebro (ST CLAIR GIBSON *et al.*, 2003; NOAKES; ST CLAIR GIBSON; LAMBERT, 2005). Essa percepção consciente do esforço é, portanto, a ligação entre os parâmetros fisiológicos afetados pelo exercício e as mudanças de comportamento que podem ser necessárias para manter a homeostase do organismo (CREWE; TUCKER; NOAKES, 2008), provinda de sinais sensoriais de diferentes sistemas biológicos, como o cardiovascular, o respiratório e o neuromuscular. Borg (2000) já afirmava que o EP referia-se ao trabalho muscular intenso que envolve uma tensão relativamente grande sobre os sistemas músculo-esquelético, cardiovascular e pulmonar. Ainda, Borg (2000) afirmou que o EP está relacionado à intensidade do exercício, ou seja, de “quão pesada e extenuante é uma tarefa física”. Assim como a fadiga, o comportamento do EP também é multifatorial, e segundo Borg (2000) é entendido como uma espécie de “*Gestalt*”¹, na qual diferentes configurações de sensações estão presentes, tais como as

¹ *Gestalt é uma integração de partes em oposição à soma do "todo". A palavra Gestalt tem o significado de uma entidade concreta, individual e característica, que existe como algo destacado e que tem uma forma ou configuração como um de seus atributos (BORG, 1982).*

tensões, as dores, a fadiga dos músculos periféricos e do sistema pulmonar, tipos de comportamento, fatores emocionais e psicológicos.

Assim, o EP não seria simplesmente um marcador de alterações fisiológicas, mas um componente primordial de um sistema regulatório que possui um *feedback* aferente, como por exemplo, a temperatura da pele e a intensidade do exercício. Assim, é proposto que durante o período inicial, imediatamente após o início da realização do exercício, o cérebro recebe *inputs* aferentes da intensidade do exercício. Ao integrar esses sinais aferentes, calcula a interpretação subconsciente da duração do exercício que pode ser mantida sem interromper a homeostase e gera uma sensação consciente de previsão do esforço (CREWE; TUCKER; NOAKES, 2008). Assim como a intensidade do exercício afeta os sinais aferentes, o EP parece ser capaz de prever o tempo restante até a ocorrência da exaustão durante exercícios de carga de trabalho constante, em que a intensidade não pode ser reduzida.

De forma alternativa, Marcora (2009) define que o EP é produzido a partir de estímulos corolários aos impulsos motores, em forma de resposta de cópia eferente do córtex motor para o sensorial e que esta resposta poderia ser modulada também pela atividade mental e por níveis de estados psicológicos favoráveis ou adversos às situações (MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009).

3.3 Respostas fisiológicas em exercício de longa duração

Em exercícios de longa duração e alta intensidade, o estresse físico provoca a produção de ácido láctico, que rapidamente é transformado em lactato e levado à corrente sanguínea para que seja utilizado por diversos tecidos como substrato energético. Apartir daí, a produção de lactato supera a remoção, provocando o acúmulo de íons H^+ e a depleção dos fosfagênios e consequentemente o acúmulo de lactato. Além disso, o aumento da atividade do sistema simpatoadrenérgico, estimula a lipólise. A maior disponibilidade de ácidos graxos liberados à corrente sanguínea aumenta a necessidade da proteína carreadora albumina de levá-los à musculatura em atividade, fazendo com que

esta libere triptofano, o qual também transporta. O aumento da porção da [TRP] em forma livre geraria vantagem na barreira hematoencefálica em relação aos outros aminoácidos, resultando no seu maior influxo ao cérebro e, conseqüentemente, na maior produção de serotonina. O aumento na [TRP], que é um aminoácido convertido da enzima triptofano hidroxilase, é um precursor da serotonina, e quando não é produzido pelo organismo, é obtido da degradação de proteínas cerebrais ou da circulação plasmática (FRAZER; HENSLER, 1999). Assim, a atividade da serotonina estaria prejudicada pela duração do exercício, dificultando a manutenção da ativação das áreas motoras cerebrais e a excitação muscular, se associando também, ao aumento do EP (ROSSI; TIRAPEGUI, 2004; DA-SILVA; ALVES, 2005). Em condições fisiológicas normais, 70-90% da [TRP] que circula no sangue estão ligados à albumina plasmática, enquanto que 10-30% estão na forma livre. Além disso, o exercício de longa duração leva à diminuição dos estoques de glicogênio muscular e hepático, o que desencadeia a utilização de outros substratos como fontes de energia, como os aminoácidos de cadeia ramificada, que são captados primeiramente pelo tecido muscular e apresentam aumento da sua oxidação ao longo da realização do exercício físico (FERNSTROM; FERNSTROM, 2006).

Na barreira hematoencefálica o triptofano em forma livre compete com outros cinco aminoácidos neutros: leucina, isoleucina, valina (aminoácidos de cadeia ramificada), tirosina e fenilalanina. O aumento da [TRP] na barreira hematoencefálica pode ser explicado por dois fatores: 1) os aminoácidos de cadeia ramificada seriam captados pelo músculo esquelético para serem oxidados para fins energéticos. Com a redução da competição na barreira hematoencefálica, aumentaria a captação de [TRP] e seu influxo cerebral; 2) mobilização de ácidos graxos livres do tecido adiposo para fins energéticos (STRÜDER; WEICKER, 2001).

Alguns estudos (DAVIS *et al.*, 1999; DAVIS; ALDERSON; WELSH, 2000) afirmam que o consumo de aminoácidos de cadeia ramificada por atletas na execução de exercícios de longa duração poderia diminuir o aumento da razão entre a [TRP] livre e aminoácidos de cadeia ramificada, o que retardaria a

ocorrência de fadiga central, melhorando o desempenho, conseqüentemente. Porém, dependendo da quantidade a ser consumida, pode-se provocar o aumento da concentração muscular e hepática de amônia (agente de fadiga) (DAVIS *et al.*, 1999). Porém, a suplementação com carboidratos pode ser uma estratégia mais efetiva, uma vez que atenua tanto o aumento da concentração plasmática de ácidos graxos livres, quanto a razão plasmática triptofano livre/aminoácidos de cadeia ramificada durante o exercício de longa duração e exaustivo (DAVIS; ALDERSON; WELSH, 2000). Além disso, a ingestão de carboidratos também reduz o aumento da concentração de amônia no plasma e no tecido muscular durante o exercício, além de soluções contendo carboidratos e aminoácidos de cadeia ramificada não acarretarem em incremento no desempenho.

O primeiro estudo encontrado verificando as respostas da concentração de serotonina em exercício de longa duração até a exaustão, porém em ratos, foi de Barchas e Freedman (1963), que encontraram um aumento da concentração de serotonina no cérebro de ratos após terem nadado até a ocorrência da exaustão. Outros estudos têm confirmado estes primeiros resultados e mostraram também que o aumento da tolerância ao exercício estaria associado a um aumento da concentração de serotonina (BLOMSTRAND *et al.*, 1989; CHAOULOFF, 1997), em algumas partes do cérebro em experimentos com animais. Portanto, há evidências que a síntese e liberação de serotonina no cérebro aumenta em resposta ao exercício, entretanto, se isto também é um dos mecanismos de fadiga, ainda é discutível. Blomstrand *et al.* (1989) avaliaram a concentração de serotonina no cérebro em dois grupos de ratos (sedentários e treinados), quando submetidos à corrida até alcançarem a fadiga. Em ambos os grupos, o exercício causou aumento na relação triptofano livre/outras aminoácidos neutros e na [TRP] e serotonina no cérebro dos animais. Os autores (BLOMSTRAND *et al.*, 1989), concluíram que o aumento na produção de serotonina deve estar relacionado tanto com fadiga periférica, quanto central.

Bailey, Davis e Ahlborn (1993) estudaram os efeitos da ocorrência de fadiga no cérebro de ratos durante o repouso, após corrida na esteira em intensidade moderada até a ocorrência de exaustão. Antes da realização do

exercício, os animais foram separados em três grupos, injetados com um agonista de serotonina, um antagonista de serotonina e uma solução salina, respectivamente. A concentração de serotonina no cérebro foi maior após 60 minutos da realização de exercício em relação aos valores de repouso nos três grupos, concluindo que o início da ocorrência de fadiga central tem como importante fator o aumento da produção de serotonina no cérebro.

No estudo de Baker *et al.* (2006) foram verificados marcadores sanguíneos e serotoninérgicos em humanos, quando foram medidas as concentrações de adrenalina, noradrenalina, [TRP], [PRL], ácidos graxos livres (AGL) e [LA] no sangue antes, após 30 s de exercício em alta intensidade em bicicleta ergométrica e 24 horas após o exercício de 18 indivíduos fisicamente ativos (23 ± 2 anos). As concentrações de adrenalina e noradrenalina apresentaram aumento significativo imediatamente após o exercício e retornaram aos níveis basais após 24 horas. Porém, a [TRP] e a [AGL] apresentaram redução nos valores (de 23,5 e 46% após o exercício $p < 0,05$, respectivamente) e depois retornaram aos valores basais após as 24 horas. Não ocorreram diferenças na [PRL]. A [LA] apresentou aumento imediatamente após e 24 horas após o exercício ($p < 0,05$). Baker *et al.* (2006) afirmaram que a diminuição da [TRP] pode estar relacionada à diminuição da [AGL] e que os valores inalterados da [PRL] refletiram uma atividade cerebral inalterada. Ainda, esses resultados indicam que os marcadores serotoninérgicos não são afetados em um exercício de alta intensidade e duração de 30 s, e que a fadiga central não é um fator limitante no exercício realizado nesta situação. O que pode não ser o caso quando o exercício de alta intensidade for realizado de forma intermitente com séries múltiplas.

Hackney, Prema e McMurray (1995) verificaram os efeitos do exercício de alta intensidade realizado de forma intermitente em algumas variáveis metabólicas. Por ter sido realizado com uma duração maior que o estudo de Bailey *et al.* (2006) em um teste único de 30 s, ocorreu uma maior demanda do metabolismo aeróbio, o que levou à maiores valores da [PRL].

Há estudos que verificaram as respostas fisiológicas em exercício de longa duração com humanos na natação e que encontraram aumentos na [LA], na

FC e no EP em séries prolongadas de exercício de forma intervalada em uma velocidade média similar à VC (SUZUKI *et al.*, 2007; RIBEIRO; LIMA; GOBATTO, 2010). Contudo, Dekerle *et al.* (2010) encontraram uma estabilização da [LA] simultaneamente a aumento do EP em velocidade média de nado similar à VC de forma intervalada.

Suzuki *et al.* (2007) verificaram os efeitos das pausas e das intensidades na resposta do EP, por meio da escala de 15 pontos de Borg, durante o treinamento intervalado na natação nos percentuais de 95 e 110% da VC, que foi determinada pelas distâncias de 100, 200 e 400 m. Foram avaliados oito indivíduos adolescentes (seis do sexo masculino e duas do sexo feminino, $15,6 \pm 0,5$ anos de idade), que realizaram quatro sessões de treinamento intervalado de repetições de 200 m com intervalos de 20 e de 40 s entre cada repetição até a exaustão. O valor médio da VC para o grupo de indivíduos foi $1,00 \pm 0,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. No percentual de 95% da VC não foi verificada diferença no comportamento do EP entre os regimes de pausas de 20 e 40 s. Porém, no percentual de 110% da VC houve diferenças no comportamento do EP e no número de repetições realizadas (40 s: $5,7 \pm 2,1$ repetições; 20 s: $4,0 \pm 1,0$ repetições) entre os regimes de pausas. Ainda, Suzuki *et al.* (2007) concluíram que o possível mecanismo explicativo para as respostas do EP em percentuais abaixo e acima da VC em diferentes regimes de pausas parece ser a utilização ou não da capacidade de trabalho anaeróbio.

Já Ribeiro, Lima e Gobatto (2010) analisaram as respostas fisiológicas em uma série de cinco repetições de 400 m, com repouso passivo de 90 s entre cada repetição, na velocidade média de nado similar à VC que foi determinada pelas distâncias de 200 e 400 m no nado *crawl*, ($1,28 \pm 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) em doze nadadores competitivos ($16,5 \pm 1,2$ anos). Foram encontrados aumentos na [LA] (de $5,7 \pm 0,8$ para $7,9 \pm 2,4$, $p < 0,05$), no EP (de $13,3 \pm 1,6$ para $16,3 \pm 2,6$, $p < 0,05$) e na FC (de 169 ± 11 para 181 ± 8 , $p < 0,05$). Cabe ressaltar, que neste estudo (RIBEIRO; LIMA; GOBATTO, 2010), três atletas não conseguiram completar a série (5x400 m) e entraram em exaustão (tempo de exaustão: $21,0 \pm 3,1$ minutos). Para os demais atletas (tempo total da duração da série de 5x400 m: $32,0 \pm 1,3$ minutos).

Pelarigo (2009) analisou as resposta da [LA] durante o exercício de forma contínua e intermitente realizado na MLSS e acima dessa intensidade. Foram analisados nove nadadores competitivos de meio-fundo e fundo ($18,5 \pm 2,1$ anos) do sexo masculino que realizaram dois testes máximos nas distâncias de 200 e 400 m para a determinação da VC, duas a quatro tentativas de até 30 minutos para a determinação da MLSS contínua e duas a quatro tentativas de 12 repetições de 150 s com 30 s de repouso passivo para a determinação da MLSS intermitente. A velocidade correspondente à MLSS intermitente ($1,26 \pm 0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) foi maior do que a MLSS contínua ($1,23 \pm 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). No entanto, a [La] ($3,53 \pm 1,34$; $3,22 \pm 0,99 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, respectivamente) foi similar. Assim, Pelarigo (2009) pode concluir que foi possível realizar o esforço de forma intermitente acima da MLSS determinada por meio de protocolo contínuo, com a [LA] similar.

Dekerle *et al.* (2010) avaliaram a VC, que foi determinada por meio da combinação das distâncias de 100, 200, 400 e 800 m, em nove nadadores competitivos do sexo masculino ($21,2 \pm 2,6$ anos), com valores médios dos tempos nas distâncias de 100, 200, 400 e 800 m de $61,2 \pm 2,3$; $136,1 \pm 5,7$; $294,5 \pm 13,4$; e $619,4 \pm 28,4$ s, respectivamente que realizaram três esforços de forma contínua, em velocidade constante até a ocorrência da exaustão nos percentuais de 95, 100 e 105% da VC, com obtenção dos valores da [LA], do VO_2 , do EP e da FC no décimo minuto de exercício e na ocorrência da exaustão e um esforço de forma intervalada, em série de dez repetições de 400 m no percentual de 100% da VC com um intervalo de 40 s de repouso passivo entre elas. No percentual de 95% da VC, a [La], o VO_2 e o EP não apresentaram diferenças ao longo da série e o tempo médio até ocorrência de exaustão [TE($48,9 \pm 14,1$ minutos)]. Na série realizada de forma contínua no percentual de 100% da VC, a [LA] e o EP apresentaram diferenças e o TE ($24,3 \pm 7,7$ minutos). Já, no percentual de 105% da VC, a [La], o VO_2 e o EP apresentaram aumento e o TE ($8,6 \pm 3,1$ minutos) diminuiu quando comparado as demais séries realizadas. Na série realizada de forma intervalada no percentual de 100% da VC, o EP apresentou aumento, porém a [La] manteve-se similar ao longo das dez repetições de 400 m e o TE ($24,3 \pm 7,7$ minutos).

3.4 Análise crítica da literatura

A fadiga é um fenômeno multifatorial, que geralmente está associada à diminuição da capacidade de manter uma determinada intensidade de exercício. Nessa situação, ocorrem alterações na atividade de alguns aminoácidos, tais como, a diminuição dos níveis plasmáticos de BCAA e aumento da concentração plasmática de triptofano ([TRP]). A fim de retardar o início da fadiga, são estudados quais os principais fatores que causam essa incapacidade de manutenção do desempenho, mesmo quando as reservas energéticas ainda suportariam aumento de carga. As variáveis biomecânicas que representam a técnica de nado podem contribuir igualmente para o rendimento quando analisadas juntamente com as variáveis fisiológicas. Considerando que 90% do custo energético total são justificados pela necessidade de superação do arrasto, são esperadas alterações nas variáveis biomecânicas relacionadas às necessidades de adequação da técnica de nado às demandas de intensidade.

Em relação aos fatores aqui revisados, cabe frisar e apresentar questões relativas às variáveis empregadas, à relativa falta de estudos que buscaram as inter-relações entre as variáveis e à escolha dos parâmetros que, a partir da revisão, parecem ser, em resposta ao treinamento, os mais relevantes para o estudo do comportamento da fadiga em natação.

De modo mais específico, os estudos que trataram da verificação das adaptações da técnica às demandas da intensidade, apresentaram aumento nas respostas da FB, do IdC, das durações das fases B e C da braçada com concomitante redução da DC na tentativa de manter a velocidade similar e/ou acima da velocidade crítica em séries de longa duração. Porém, em velocidade similar a máxima fase estável de lactato (intensidade abaixo da velocidade crítica) não apresentaram diferenças nos valores da FB e da DC, bem como no IdC e na duração das fases da braçada, assim, não ocorreram adaptações na técnica de nado nessa condição metabólica. Com relação à assimetria bilateral (diferenças nas durações das fases da braçada nos braços esquerdo e direito), sabe-se apenas que é maior nas menores velocidades, quando comparadas às maiores

velocidades. Há necessidade de se verificar o comportamento da assimetria bilateral ao longo de uma série de longa duração.

Torna-se clara, também, a importância que as variáveis fisiológicas, especificamente, o EP, a [TRP], a [PRL], a [LA] e a [AGL], apresentam em relação à fadiga na natação em séries de longa duração. Os estudos que trataram da verificação das variáveis fisiológicas na natação, apresentaram comportamento similar da [LA] e do EP na velocidade corresponde ao percentual de 95% da VC (abaixo da VC), porém aumentos das mesmas nas velocidades similares e/ou acima da VC.

Adaptações nas variáveis cinemáticas e nas respostas metabólicas que ocorreram em respostas às demandas da intensidade no nado *crawl*, muitas vezes não são bem esclarecidas. Na grande maioria dos estudos, os indivíduos ao realizarem esforços de longa duração com velocidade constante no nado *crawl* em intensidades abaixo, similar e/ou acima da VC, receberam anteriormente informações com relação à duração, intensidade e distância do exercício. Portanto, na investigação do comportamento dos efeitos da fadiga em séries de longa duração na natação em intensidades abaixo e similar à VC, a verificação das adaptações da técnica de nado, bem como das respostas metabólicas na tolerância do exercício até a ocorrência da exaustão, sem a informação da duração, da intensidade e da distância a ser percorrida podem ocorrer de maneiras diferentes.

Conforme a intensidade e a duração do exercício que for imposta ao indivíduo, diferentes respostas fisiológicas podem ocorrer. Alguns estudos encontraram aumento significativo nas variáveis de [LA] e de EP na intensidade correspondente à VC na natação, porém, outros encontraram aumento apenas no EP e valores similares da [LA]. Esses resultados controversos demonstram a lacuna na literatura e torna clara a necessidade da investigação de outros marcadores de fadiga, como os de fadiga central ([TRP], [PRL] e [AGL]) em conjunto com o EP, para poder melhor explicar as estratégias de tolerância do indivíduo em manter a intensidade do exercício de alta intensidade realizado de forma intermitente na natação.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização do estudo

Este estudo caracterizou-se por ser do tipo ex-post-facto, de corte transversal, onde são descritas, comparadas e correlacionadas variáveis quantitativas.

4.2 População e amostra

4.2.1 População

A população deste estudo foi de nadadores competitivos vinculados à Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos, com, no mínimo, 16 anos de idade e quatro de experiência competitiva, do sexo masculino.

4.2.2 Amostra

A amostra foi intencional e formada por 14 nadadores competitivos, meio-fundistas e fundistas, especialistas em provas de piscina nas distâncias de 400, 800 ou 1500 m nado livre e águas abertas, do sexo masculino, com quatro anos

de experiência competitiva e que treinavam, pelo menos, 12 horas semanais na respectiva modalidade.

Os participantes do estudo não possuíam histórico de afastamento dos treinos por motivos de lesão nos membros superiores e/ou cintura escapular nos seis meses antecedentes à data da coleta. Esta medida visou neutralizar possíveis influências de desequilíbrios musculares e/ou coordenativos, causados por lesões, na mecânica do nado. Os testes foram realizados no horário de treino dos participantes. Foi recomendado aos nadadores que reduzissem os níveis de exercício físico por um período mínimo de 24 horas antes de todas as avaliações que foram realizadas. Foram considerados indivíduos saudáveis, pois não eram fumantes e não faziam uso regular de qualquer medicamento, além de atletas de alto nível competitivo.

Os participantes deste estudo foram devidamente informados sobre todos os procedimentos realizados, podendo se retirar do estudo se assim o desejassem (Anexo 1 apresenta o Termo de Consentimento utilizado). Este projeto foi avaliado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos desta Universidade, tendo sido aprovado sob registro número 17367 (Anexo 2).

A amostra foi calculada a partir da Equação 1, que indica o tamanho amostral de acordo com o erro tolerado de medida para cada variável estudada.

Equação 1

$$n = \frac{Z^2 * dp^2}{e^2}$$

onde n é o tamanho da amostra, Z é o valor tabelado em relação ao nível de significância deste estudo (1,96 para $\alpha = 0,05$), dp é o desvio-padrão da variável em questão, obtido da literatura específica e e o erro de medida tolerado (aceito em 5%) e aplicado sobre a média da variável em questão obtida da literatura. Os estudos utilizados para a obtenção dos valores de média e desvio-padrão apresentam metodologias similares às propostas nesta dissertação para as

variáveis de IdC, duração das fases da braçada e simetria de nado (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; SEIFERT; CHOLLET; ALLARD, 2005; ALBERTY *et al.*, 2008), [La], FC, EP, FB e DC (PELARIGO, 2009; RIBEIRO; LIMA; GOBATTO, 2010).

4.3 Variáveis do estudo

Listam-se variáveis independentes, dependentes, de controle e intervenientes.

4.3.1 Variáveis independentes

As variáveis independentes deste estudo foram os percentuais da VC utilizados na prescrição da intensidade (95 e 100%).

4.3.2 Variáveis dependentes

As variáveis fisiológicas e biomecânicas dependentes deste estudo foram:

- 1) Fisiológicas: concentração de lactato sanguíneo([LA]), frequência cardíaca (FC), concentração plasmática de triptofano ([TRP]), concentração plasmática de prolactina ([PRL]) e esforço percebido (EP);
- 2) Biomecânicas: índice de coordenação (IdC), duração das fases da braçada (A, B, C e D), frequência média de braçadas (FB), distância média percorrida por ciclo de braçadas (DC), velocidade média de nado (VN) e simetria de nado (IdC1 e IdC2).

4.3.3 Variáveis de controle

Foram definidas como variáveis de controle, deste estudo, a temperatura da água da piscina onde foram realizados os testes (entre 29 e 30°C), a hora do dia de realização dos mesmos, todos no turno da tarde, entre 14 h e 18 h, o hábito alimentar dos atletas (devidamente registrado), a concentração plasmática de ácidos graxos livres ([AGL]) e a dominância lateral.

4.3.4 Variáveis intervenientes

Foram definidas como variáveis intervenientes, a VC individual, a técnica individual de execução do nado crawl, o nível de condicionamento dos participantes, relacionado aos treinamentos realizados à época das coletas de dados e o nível de motivação dos mesmos na realização dos esforços máximos e sub-máximos de longa duração até a ocorrência da exaustão.

A fim de restringir os efeitos de diferentes valores de VC (individuais), foram adotados os mesmos valores percentuais para prescrição da intensidade (95 e 100% da VC); a técnica que foi apresentada pelos atletas foi analisada utilizando-se os mesmos parâmetros, além disso, a idade e os anos de prática foram utilizados como critérios de inclusão da amostra a fim de controlar o nível técnico dos nadadores; em relação ao nível de condicionamento dos participantes, relacionado aos treinamentos realizados à época das coletas de dados, todos estavam na mesma época de treinamento e os dados relativos aos treinos (volume, frequência e intensidade) foram obtidos. Como todos eram nadadores competitivos, acostumados a treinos e competições de alto nível, o nível de motivação era alto e similar, principalmente devido às inéditas informações das técnicas individuais e das respostas metabólicas que foram obtidas e repassadas a cada nadador.

4.4 Procedimentos de aquisição

Nesta seção são descritos os materiais e procedimentos de coleta utilizados para todas as variáveis deste estudo.

4.4.1 Familiarização à Escala de 15 pontos de Borg

Anteriormente às coletas, os nadadores passaram por três a cinco sessões de familiarização com a escala de 15 pontos de Borg (BORG, 2000), durante seus treinamentos. A escala foi apresentada aos participantes ao longo das sessões de treino, em exercícios de diferentes intensidades, quando os nadadores atribuíram um valor numérico na escala correspondente ao seu EP no instante em que foi solicitado. Como a escala possui atributos verbais ao lado dos números, isso facilitou a escolha, pois a relação entre os atributos verbais e os valores numéricos aprimorou o hábito do indivíduo ao usar a escala. Cabe ressaltar que não foi alterada a rotina das sessões de treino nesta fase do estudo (Anexo 3, apresenta a escala de 15 pontos de Borg que foi apresentada para os indivíduos).

4.4.2 Medidas Antropométricas

Foram mensuradas estatura, massa corporal, envergadura e dobras cutâneas de todos os sujeitos da amostra para a caracterização da amostra antes da aplicação dos protocolos específicos para aquisição das variáveis do estudo.

Materiais para aquisição das medidas antropométricas

Foram utilizados, para a aquisição das medidas antropométricas, os seguintes materiais, com as variáveis já descritas:

- balança marca *Filizola*, modelo 31, com resolução de 0,1 kg, para mensurar a massa corporal;
- estadiômetro marca *Filizola*, modelo 31, com resolução de 0,01 m, para mensurar a estatura;
- fita métrica marca *Top-long*, com resolução de 0,01 m, para mensurar a envergadura;

- adipômetro científico marca *Sammy*, com resolução de 0,1 mm, para as dobras cutâneas;
- ficha para apontamento dos dados, com local para indicação do nome, código do avaliado, massa corporal, estatura, envergadura e somatório de dobras cutâneas de cada sujeito da amostra.

Protocolo para aquisição das medidas antropométricas

A aquisição de todas as medidas antropométricas foi realizada com os participantes trajando sunga de natação e descalços. Todos os procedimentos foram realizados no Centro Natatório da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Para medição da massa corporal foi solicitado a cada um dos sujeitos que permanecesse em pé, na posição ortostática sobre a balança, em posição estática até que o avaliador verificasse a indicação correspondente no instrumento de medida. Para mensuração da estatura os sujeitos permaneceram em posição ereta, com a cabeça voltada para frente e as costas voltadas para o estadiômetro até a verificação, por parte do avaliador, do valor que foi indicado. Para medição da envergadura os sujeitos foram posicionados em decúbito dorsal com os ombros abduzidos a 90°, neste caso foi considerada a envergadura a distância medida entre os extremos distais dos dedos médios das duas mãos do participante. Para a mensuração de dobras cutâneas, foram registradas três medidas das dobras cutâneas tricipital, abdominal, supra-ilíaca e subescapular (HEYWARD; STOLARCZYK, 2000). Após as medidas das dobras foram somadas. Todas as medidas antropométricas foram tomadas na primeira visita dos nadadores ao Centro Natatório.

4.4.3 Determinação da velocidade crítica

Para a determinação da velocidade crítica foram registrados os tempos para a realização de repetições de 200 (t200) e 400 m (t400) (DEKERLE *et al.*, 2002) na máxima intensidade em piscina de 25 m. As repetições foram realizadas

em ordem aleatória e separadas por, no mínimo, 24 horas, com saída de dentro da piscina e posteriormente ao aquecimento de 800 m, que foi realizado livremente pelos participantes. Os dados de distância e tempo foram plotados em um modelo de regressão linear, o que resultou numa reta cuja equação definiu o coeficiente angular, assumido como a VC individual (WAKAYOSHI *et al.*, 1992^a). Estudos anteriores verificaram a validade da determinação da VC com duas distâncias em nadadores (WAKAYOSHI *et al.*, 1993; DEKERLE *et al.*, 2002; RODRIGUEZ; MORENO; KESKINEN, 2003).

Para o cálculo dos percentuais de desempenho obtidos dos participantes no presente estudo relativos aos recordes mundiais dos 200 e 400 m nado livre em piscina de 25 m, foram obtidos os tempos das respectivas provas no site da Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos, no dia 18 de junho de 2011 e disponíveis em www.cbda.org.br/recordes/oficiais-masculinos-id-270. A partir dos tempos obtidos, foram calculadas as velocidades por meio do quociente entre distância e tempo. Em seguida, cada percentual de desempenho foi calculado por meio do quociente entre cada velocidade de cada participante do estudo multiplicada por 100 e cada velocidade do recorde mundial.

4.4.4 Séries de treinamento intervalado em percentual abaixo e similar à velocidade crítica até a exaustão

Após 48 horas de realização da segunda repetição em máxima intensidade para a determinação da VC, os participantes realizaram duas séries de treinamento intervalado até a ocorrência da exaustão em ordem aleatória, com intervalo mínimo de 48 horas entre elas: uma série com intensidade equivalente ao percentual de 95% da VC (VC95, abaixo da VC) e uma série com intensidade equivalente ao percentual de 100% da VC (VC100, similar a VC). Tanto na VC95 quanto na VC100, foi solicitado para os participantes que realizassem o número possível de repetições de 400 m na velocidade pré-estabelecida, com intervalos de 40 segundos de repouso passivo. Ao final de cada repetição de 400 m, os indivíduos reportaram o EP de forma geral por meio da escala de 15 pontos de

Borg e foi registrada a FC e a [LA]. Já a [TRP], a [PRL] e a [AGL] foram registradas em repouso e após a última repetição de 400 m.

As coletas de imagens do nado foram feitas nos 50 m que antecederem as parciais dos 200 e 400 m para cada repetição de 400 m. Todas as imagens foram capturadas no percurso de 15 m compreendidos entre os 5 e os 20 m da piscina, o que permitiu a identificação do IdC, do IdC1, do IdC2 e a mensuração da duração das fases A, B, C e D de cada braçada (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; SEIFERT; CHOLLET; BARDY, 2004b; PELARIGO, 2009).

A velocidade foi controlada por meio de um *pacemaker* visual sub-aquático (T.I.C.O., Technical Instrument for Cycle Observation, Porto Alegre, Brasil; construído especialmente para este estudo) com *flashes* luminosos, controlados por *software* específico, (resolução de $0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; variação possível entre $0,00$ e $5,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) e projetados de um tubo de plástico transparente de 24 m de comprimento que foi fixado por contrapesos ao fundo da piscina de 25 m contendo cabos e lâmpadas, estas colocadas a cada metro, que acendiam em determinado tempo, conforme a velocidade prescrita. Foi adotado como critério de ocorrência da exaustão, e conseqüente suspensão do teste, quando o nadador não conseguisse mais acompanhar os *flashes* luminosos, assim a série de treinamento intervalado era interrompida. Esse critério foi adotado para que não ocorresse variação na intensidade dos testes. A Figura 1 ilustra um desenho experimental explicativo do procedimento de aquisição de dados.

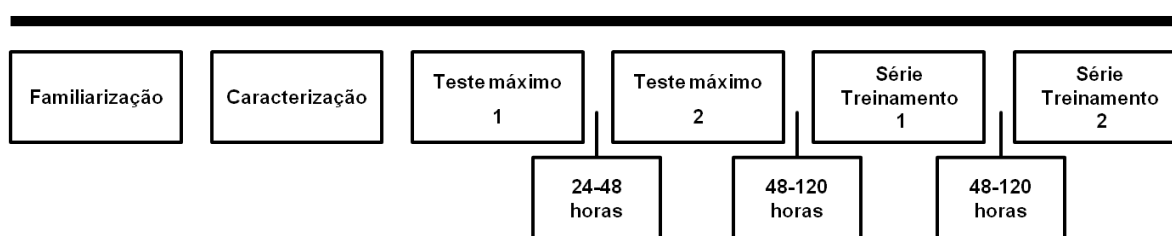


Figura 1 - Desenho experimental explicativo do procedimento de aquisição de dados.

4.4.5 Variáveis biomecânicas

Serão descritos, nesta seção, os materiais e protocolos específicos utilizados na coleta das imagens para análise e identificação das variáveis de IdC, IdC1, IdC2, mensuração da duração das fases A, B, C e D da braçada, e coleta dos tempos para identificação da FB, da DC e da VN.

Materiais para aquisição das variáveis biomecânicas

Os seguintes instrumentos foram utilizados durante a aplicação dos protocolos para verificação das variáveis biomecânicas selecionadas para cada um dos participantes do estudo:

- duas câmeras filmadoras marca SANYO, modelo VPC-WH1, que operaram a uma frequência de amostragem de 60 Hz. As câmeras foram utilizadas para captar as imagens externas e subaquáticas do movimento da braçada executado pelo atleta;
- um carrinho e trilho para as duas câmeras, onde foram fixados o suporte para as duas câmeras no deslocamento ao longo da borda lateral da piscina (Figura 2);



Figura 2 – Carrinho, trilhos e suporte para deslocamento das filmadoras ao longo da borda lateral da piscina, o que possibilitou a captura das imagens dos nadadores no estudo.

- módulo eletrônico para sincronização dos sinais de ambas as câmeras composto por um disparador manual, duas lâmpadas e uma saída elétrica;
- três cronômetros manuais marca *Technos, modelo 100 lap memory, Suíça*;
- *software* VirtualDub (versão 1.6.17) para capturar as imagens da câmera filmadora para o computador portátil e analisar quadro a quadro as imagens;
- questionário adaptado de lateralidade “Edinburgh Handedness Inventory” (OLFIELD, 1971), para a determinação da dominância lateral, onde foi determinada a dominância ou do braço direito, ou esquerdo, ou de ambos os braços (Anexo 4);

- um *pacemaker* visual sub-aquático (T.I.C.O., Technical Instrument for Cycle Observation, Porto Alegre, Brasil) que serviu para o controle das velocidades que foram prescritas para os nadadores (Figura 3);
- *software* específico (T.I.C.O., Technical Instrument for Cycle Observation, Porto Alegre, Brasil) para emitir os comandos de acionamento dos flashes luminosos conforme a velocidade prescrita (Figura 3).

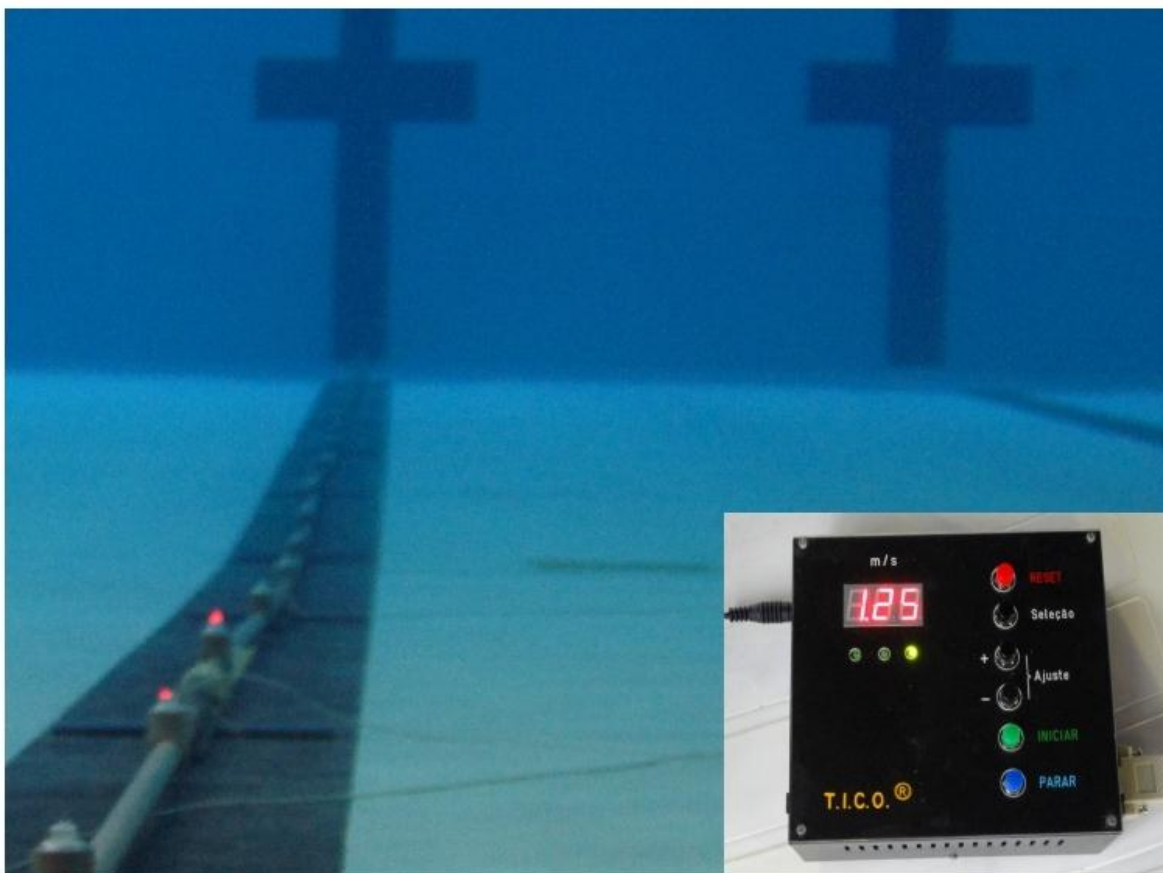


Figura 3 - Software (com velocidade estabelecida em $1,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) e tubo plástico do pacemaker ao fundo da piscina, o que possibilitou a emissão de flashes luminosos para a prescrição da velocidade dos nadadores no estudo.

Determinação das variáveis biomecânicas

A coleta dos dados para aquisição das variáveis biomecânicas deste estudo consistiu de cronometragem manual e filmagem externa e subaquática do nado

crawl. Para a filmagem externa e subaquática, foi utilizado o sistema de videogrametria em duas dimensões com a gravação do nado *crawl* que foi executado pelo nadador, no plano sagital. As imagens foram coletadas a uma frequência de 60 Hz. As imagens foram obtidas nos 50 m que antecederem as parciais dos 200 e 400 m para cada repetição de 400 m nas séries de treinamento intervalado nos diferentes percentuais da VC.

Para cronometragem manual, foi demarcada uma faixa entre os 10 e 20 m na piscina, medindo 10 m, a fim de minimizar efeitos da propulsão contra a borda sobre a VN (FRANKEN *et al.*, 2008). Com auxílio de cronômetros (*Technos, modelo 100 lap memory, Suíça*), com resolução de 0,01 segundo, foram registrados, nos 50 m que antecederam as parciais dos 200 e 400 m para cada repetição de 400 m nas séries de treinamento intervalado nos diferentes percentuais da VC, os tempos das parciais de 10 m (T10) e o tempo para a execução de três ciclos de braçada (T3c), por dois avaliadores experientes, sendo utilizados posteriormente para o cálculo da FB e da DC.

O tempo das repetições de 200 e 400 m que foram realizadas em máxima intensidade e das repetições de 400 m nos percentuais de 95 e 100% da VC foram obtidos por cronometragem manual, por três cronometristas experientes.

Por meio do quociente entre o número de ciclos de braçadas realizado na faixa dos 10 m da piscina e o tempo, foi determinada a FB, já a DC foi definida pelo quociente entre a VN obtida na faixa dos 10 m, e a FB.

Com a filmagem subaquática e externa, foram determinadas a duração das fases da braçada e o modelo de coordenação adotado pelo nadador, quantificada a simetria ou assimetria apresentada durante o nado em diferentes percentuais da VC. Durante a realização das séries de treinamento intervalado até a ocorrência da exaustão, o nadador foi acompanhado por duas filmadoras que foram colocadas, uma sobre a outra, na borda lateral da piscina de forma que as imagens de um lado do nadador fossem captadas. Uma câmera foi posicionada aproximadamente 30 cm abaixo da superfície da água (câmera subaquática), fixada em um suporte preso a um carrinho. A outra câmera foi posicionada aproximadamente 20 cm acima da superfície da água (câmera externa), fixada em

um suporte preso a um carrinho. O carrinho foi deslocado sobre o trilho, por um operador previamente treinado, a uma velocidade similar a do nadador alinhado ao ombro do mesmo. O curso de deslocamento do equipamento foi de 15 m, compreendidos entre os 5 m e os 20 m da piscina. Para a sincronização das imagens obtidas das duas câmeras foi fornecido um sinal luminoso que foi disparado simultaneamente para as duas câmeras. Esta medida visou determinar um quadro único para início das análises das duas imagens a serem geradas (MORÉ, 2008).

Para determinação do modelo de coordenação adotado por cada um dos atletas durante as séries de treinamento intervalado até a ocorrência da exaustão foi utilizado o IdC proposto por Chollet, Chalies e Chatard (2000). Cada movimento completo da braçada que foi filmado pelas câmeras de vídeo foi dividido em quatro fases distintas que tiveram suas durações definidas de acordo com o tempo decorrido entre dois pontos chave (quadros) determinados por avaliadores independentes (SEIFERT *et al.*, 2006). Para determinação dos pontos chave os avaliadores analisaram as imagens quadro a quadro e identificaram o instante em que ocorreu a ação correspondente à proposta por Chollet, Chalies e Chatard (2000) como sendo o momento no qual aconteceu o final de uma fase e o início da fase seguinte da braçada. A determinação do ponto válido seguiu os seguintes critérios (SEIFERT; CHOLLET; ALLARD, 2005; MORÉ, 2008):

- Quando o ponto chave determinado foi igual para, no mínimo, dois dos avaliadores, este foi considerado como correto.
- Se os pontos chave determinados tiveram uma diferença de até 0,0333 s (dois quadros) para mais e/ou para menos, para os três avaliadores, foi considerado o valor intermediário.
- No caso de divergências superiores a 0,0333 s (dois quadros) entre os pontos determinados pelos três avaliadores foi realizada uma reunião entre, no mínimo, dois deles quando, após nova análise dos vídeos, foi determinado o ponto chave válido.

O sincronismo entre as imagens que foram geradas pelas duas câmeras foi obtido no momento em que iniciou a contagem dos quadros a partir do

momento em que o sinal luminoso disparou simultaneamente nas duas filmadoras (NIKODELIS; KOLLIAS; HATZITAKI, 2005). As fases de cada braçada tiveram suas durações definidas como descrito a seguir:

- (A) Entrada e apoio da mão na água: tempo decorrido entre a entrada da mão na água até o início do movimento da mão para trás.
- (B) Puxada: tempo entre o início do movimento da mão para trás até que esta estivesse na mesma linha do ombro do nadador.
- (C) Empurrada: tempo decorrido entre o momento em que a mão ultrapassasse o plano vertical, na mesma linha do ombro e o momento em que a mão rompeu a superfície da água.
- (D) Recuperação: tempo decorrido entre a saída da mão da água e a entrada da mesma mão na água, à frente do corpo do nadador.

A duração de cada fase foi mensurada, para cada braçada, com uma resolução de 0,0167 s (60 Hz). A duração da fase propulsiva foi obtida pela soma das durações das fases de puxada e empurrada e a duração da fase não propulsiva foi considerada como a soma das durações das fases de recuperação e entrada e apoio. A duração da braçada completa foi dada pela soma das fases propulsiva e não propulsiva.

Além do modelo de coordenação adotado por cada indivíduo foi mensurado, também, a simetria do nado pelo intervalo de tempo entre o final da fase propulsiva de um braço e o início da fase propulsiva do outro braço por meio de comparações entre o IdC1 e o IdC2 o que possibilitou verificar possíveis assimetrias (MORÉ, 2008). O IdC1 foi o valor expresso em percentual relativo à duração total da braçada no intervalo de tempo entre o final da fase propulsiva da braçada esquerda e o início da fase propulsiva da braçada direita. O IdC2 foi o valor expresso em percentual relativo à duração total da braçada entre o final da fase propulsiva da braçada direita e o início da fase propulsiva da braçada esquerda (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000).

O valor do IdC foi 0% e o intervalo de tempo entre as fases da braçada foi nulo quando o início da fase propulsiva de uma braçada coincidiu com o final da fase propulsiva da braçada contra-lateral. O valor do IdC foi maior que 0% e

ocorreu um momento em que os dois braços geraram propulsão simultaneamente e o modelo foi de sobreposição quando o início da fase propulsiva de uma braçada foi anterior ao final da fase propulsiva da braçada contra-lateral. O IdC foi menor que 0% quando ocorreu algum instante em que não ocorreu ação propulsiva de nenhum dos braços e o modelo de coordenação foi o de captura (MORÉ, 2008). A identificação dos valores de IdC em números positivos ou negativos foi proposta conforme Chollet, Chabies e Chatard (2000) com o objetivo de diferenciar ações propulsivas dos braços ocorridas simultaneamente ou períodos sem ações propulsivas dos braços.

A dominância lateral foi determinada por meio do questionário adaptado de lateralidade “Edinburgh Handedness Inventory” (OLFIELD, 1971), pelo qual foi determinada a dominância ou do braço direito, ou esquerdo, ou de ambos os braços (Anexo 4). Conforme a análise da dominância lateral, seis participantes apresentaram dominância do braço direito e oito participantes foram classificados como co-dominância cruzada, mas com predomínio de algum lado em relação ao membro superior.

4.4.6 Variáveis fisiológicas

São descritos, nesta seção, os materiais e protocolos específicos que foram utilizados na coleta das amostras sanguíneas para a determinação das variáveis da [LA], da [TRP], da [PRL] e da [AGL] e, ao mesmo tempo, a FC e o EP foram coletados.

Materiais para aquisição das variáveis fisiológicas

Os seguintes instrumentos foram utilizados durante a aplicação dos protocolos para verificação das variáveis fisiológicas selecionadas para cada um dos participantes do estudo:

- lactímetro portátil marca Accusport (Roche); fitas para coleta de sangue (Roche); lancetas; álcool; papel-toalha; luvas cirúrgicas; seringas; tubos marca EDTA, com capacidade para 5 ml;
- frequêncímetro marca Polar modelo S810, (Polar Electro Oy, Finlândia) para monitorar a FC do atleta;
- centrífuga marca Centrifuge ALC modelo PK120R para microtubos marca *ependorf*, para a separação do plasma;
- método de coluna de fase-reversa (Restek 18C) e detector de fluorescência utilizando ortoftaldeído com mercaptoetanol (HPLC Shimadzu and fluorescence detector Shimadzu RF-535) para mensuração da [TRP];
- escala RPE de 15 pontos de Borg (BORG, 2000), para o relato do EP do atleta;
- kit analítico de imunoensaio de quimiluminescência (ADVIA Centaur, Siemens, EUA) para dosagem de [PRL];
- kit analítico colorimétrico (EnzyChrom™ Free Fatty Acid Assay, BioAssay Systems EFFA-100, EUA) para dosagem da [AGL];
- ficha de Registro Alimentar de 1 dia, para o registro de todas as bebidas e alimentos consumidos (Anexo 5).

Determinação das variáveis fisiológicas

A coleta dos dados para aquisição das variáveis fisiológicas deste estudo ocorreu imediatamente após cada repetição das séries de treinamento intervalado até a ocorrência da exaustão nos percentuais de 95 e 100% da VC. Porém, a coleta das amostras sanguíneas para a determinação da [TRP], da [PRL] e da [AGL] ocorreu em estado de repouso e após a última repetição (ocorrência da exaustão) de cada série realizada de treinamento intervalado.

A coleta de sangue da extremidade distal do dedo indicador da mão esquerda, para verificação da [LA], foi realizada no repouso e imediatamente após cada repetição. A FC foi monitorada imediatamente após cada repetição.

Os indivíduos reportaram o EP de forma geral imediatamente após cada repetição, durante as duas séries de treinamento intervalado até a ocorrência da exaustão.

Já os 5 ml de sangue coletado da região antecubital do braço direito, foi utilizado para verificação da [TRP], da [PRL] e da [AGL]. Primeiramente, o sangue foi colocado em microtubos *ependorfs* para centrifugação durante 10 minutos a velocidade de 1000 g e temperatura de 4°C para a separação do plasma. Após isso, o plasma foi utilizado para a realização da técnica de mensuração da [TRP] pelo método de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), de acordo com o método de Joseph e Marsden (1986). A análise foi realizada com a coluna de fase-reversa (Restek 18C) e detector de fluorescência utilizando ortoftaldeído com mercaptoetanol (HPLC Shimadzu e detector de fluorescência Shimadzu RF-535). O fluxo foi de 1,4 mL/min com a fase móvel em gradiente (metanol e tampão fosfato: tampão A, 20% metanol; tampão B, 80% metanol), e cada corrida teve duração de 50 minutos. O aminoácido foi quantificado pela área de seu pico cromatográfico em relação à obtida pelo padrão de triptofano (Sigma – St. Louis, MO, EUA) e corrigida pela área do padrão interno ácido homocisteico.

A técnica de determinação da [PRL], em ng/ml foi imunoensaio de quimiluminescência, de acordo com o método de Ashby (1987). A análise foi realizada com a utilização de quantidades constantes de dois anticorpos. O primeiro anticorpo, no reagente Lite, é um anticorpo policlonal anti-prolactina de cabra marcado com éster de acridina. O segundo anticorpo, na fase sólida, é um anticorpo monoclonal anti-prolactina de rato que está ligado por covalência a partículas paramagnéticas. Foram distribuídos 25 µl de amostra numa curvete, 100 µl de reagente Lite e incubação durante 300 s na temperatura de 37°C e 450 µl de fase sólida e incubação durante 150 s na temperatura de 37°C. Após separação, aspiração e lavagem dos curvetes com água reagente, foram distribuídos 300 µl de reagente ácido e de reagente de base para iniciar a reação quimioluminescente. A [PRL] foi quantificada pelas unidades relativas de luz (RLUs), que são dois desvios padrão superiores à média de RLUs de 20 determinações de réplicas do padrão zero de prolactina.

As [AGL], em μM , foram determinadas pelo método enzimático colorimétrico de absorvância, com filtro verde (490 - 530 nm), zerando o aparelho em absorvância com água deionizada. Os ácidos graxos livres foram convertidos enzimaticamente em acil-CoA e, posteriormente, em H_2O_2 . O resultado de H_2O_2 reagiu com um determinado corante para formar um produto de cor rosa. A densidade óptica foi 570 nm que é diretamente proporcional à [AGL] na amostra (VELOSO; VEECH, 1975).

Foi entregue aos indivíduos, no período de realização das repetições de 200 e 400 m, em máxima intensidade (anteriormente à realização das séries de treinamento intervalado até a ocorrência da exaustão), um Registro Alimentar de dois dias (Anexo 5) que foi preenchido e devolvido ao pesquisador. O procedimento de registro alimentar foi realizado da seguinte maneira: cada participante registrou todas as bebidas e alimentos consumidos durante todo o dia anterior à coleta e no dia da coleta até o horário da realização de cada série de treinamento intervalado até a ocorrência da exaustão. As refeições foram descritas com os horários, as quantidades em medidas caseiras e, quando possível, com a marca do produto alimentício. Após o preenchimento dos registros pelos indivíduos, todas as anotações foram conferidas com os mesmos, para que não ocorresse nenhuma dúvida quanto ao descrito. Os dados das avaliações foram calculados com o objetivo de caracterizar o hábito alimentar dos atletas (Anexo 6). Um nutricionista foi responsável por esta análise.

4.5 Análise estatística

Previamente os dados foram analisados por meio de técnicas de estatística descritiva e esses resultados são apresentados em médias e, de acordo com a análise posterior, desvios e os erros-padrão. Dentre os procedimentos prévios utilizados estão a aplicação dos testes de verificação de normalidade (Shapiro-Wilk) e de esfericidade (Mauchly) dos dados.

Para a comparação dos valores da [TRP], da [PRL] e da [AGL] entre os momentos na VC95 e na VC100, foi utilizado o teste *t* de Student para dados

pareados e, para a análise temporal de correlação das medidas, o teste de correlação intra-classe (ICC) entre os momentos de repouso e exaustão (para a VC100 e a VC95).

Para análise da [LA], da FC e do EP foi aplicada Anova para medidas repetidas com *post hoc* de Bonferroni entre os momentos: inicial (após a primeira repetição da série), intermediária (após a repetição intermediária da série) e final (após a última repetição da série) na VC95. Na VC100, as análises de comparações dos dados foram realizadas de duas maneiras: (1) obtidas imediatamente após as repetições; inicial (primeira repetição) e final (última repetição, na qual ocorreu a exaustão) na série VC100 para os 14 indivíduos e, (2) obtidas entre as repetições intermediária* [repetição da metade da série (*: significa análise realizada para os nove indivíduos em que a exaustão ocorreu na quarta ou na quinta repetição)], inicial* e final*.

Nas variáveis cinemáticas, foi aplicada Anova de modelo misto com dois fatores (repetições e trechos) com *post hoc* de Bonferroni entre os momentos e os trechos: inicial (após a primeira repetição da série), intermediária (após a repetição intermediária da série) e final (após a última repetição da série) na VC95. Porém, na VC100, as análises de comparações dos dados foram realizadas de duas maneiras: (1) obtidas imediatamente após as repetições; inicial (primeira repetição) e final (última repetição, na qual ocorreu a exaustão) na série VC100 para os 14 indivíduos e, (2) obtidas entre as repetições intermediária* [repetição da metade da série (*: significa análise realizada para os 9 indivíduos em que a exaustão ocorreu na quarta ou na quinta repetição)], inicial* e final*.

Para testar a correlação entre o EP e a [TRP], a [LA] e a [PRL], foi utilizado o teste de correlação linear produto-momento de Pearson, no caso dos dados com distribuição paramétrica e o teste de correlação de Spearman, para os dados com distribuição não-paramétrica na VC95 e na VC100. Quando os dados do EP foram muito repetidos nas séries, foi utilizado o teste tau de Kendall.

Para a comparação das variáveis do hábito alimentar dos atletas entre a VC95 e a VC100, foi realizado o teste *t* de Student para dados pareados, no caso

dos dados com distribuição paramétrica e o teste de Wilcoxon, para os dados com distribuição não-paramétrica.

Sempre que ANOVA de medidas repetidas foi aplicada, de modo conjunto calculou-se a estatística η^2 e o poder observado. Observou-se, para todos os cálculos, α de 0,05. Foi utilizado o pacote estatístico SPSS, v.12.0 para todas as análises.

5 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados das variáveis de forma isolada: características antropométricas dos participantes do estudo, desempenhos de 200 e 400 m, velocidade crítica (VC), número de repetições realizadas em cada série de treinamento intervalado (VC95 e VC100), esforço percebido (EP), concentração de lactato sanguíneo ([LA]), frequência cardíaca (FC), concentração plasmática de triptofano ([TRP]), concentração plasmática de prolactina ([PRL]), concentração plasmática de ácidos graxos livres ([AGL]), distância média percorrida por ciclo de braçada (DC), frequência média de ciclos de braçadas (FB), velocidade média de nado (VN), índice de coordenação de nado (IdC), simetria de nado (IdC1 e IdC2) e duração das fases da braçada (A, B, C e D) nas repetições realizadas e correlações entre EP e [TRP], EP e [LA] e EP e [PRL] nas séries VC95 e VC100.

5.1 Características da amostra

A Tabela 1 apresenta as características antropométricas (idade, massa corporal, estatura, envergadura e somatório de dobras cutâneas) dos nadadores.

Tabela 1 - Valores médios, desvios-padrão (DP) e mínimo-máximo das características antropométricas dos indivíduos; n = 14.

	Idade (anos)	Massa corporal (kg)	Estatura (cm)	Envergadura (cm)	Σ Dobras (mm)
Média	21,14	72,49	179,60	186,32	48,65
DP	7,30	10,61	6,70	8,10	11,73
Mínimo	16	60,00	169,5	175	32
Máximo	36	88,80	193,5	202	60,3

A Tabela 2 apresenta os valores médios \pm DP da velocidade da repetição de 200 m em máxima intensidade (V200), do percentual do recorde mundial dos 200 m nado livre (desempenho 200 m), da velocidade da repetição de 400 m em máxima intensidade (V400), do percentual do recorde mundial dos 400 m nado livre (desempenho 400 m), da velocidade crítica (VC) e dos percentuais da V400 correspondentes a 95% da VC (%V400VC95) e a 100% da VC (%V400VC100).

Tabela 2 - Valores médios e desvios-padrão (DP) das performances de 200 m (V200) e 400 m (V400), dos percentuais dos recordes mundiais dos 200 e 400 m, da velocidade crítica (VC) e do percentual da V400 correspondente à VC dos indivíduos; n = 14.

	V200 (m.s ⁻¹)	Desempenho 200 (%)	V400 (m.s ⁻¹)	Desempenho 400 (%)	VC (m.s ⁻¹)	%V400 VC95	%V400 VC100
Média	1,54	76,72	1,45	77,46	1,37	89,82	94,57
DP	0,07	3,62	0,08	4,68	0,10	1,51	1,57

Antes de apresentar a equação da reta individual de cada nadador, optou-se por apresentar uma média dos valores da VC. A Figura 4 apresenta o valor médio da inclinação da reta de regressão linear (valor médio da VC) dos 14 indivíduos que foi obtido da regressão linear entre os dados de distância e tempo das repetições de 200 e 400 m em máxima intensidade.

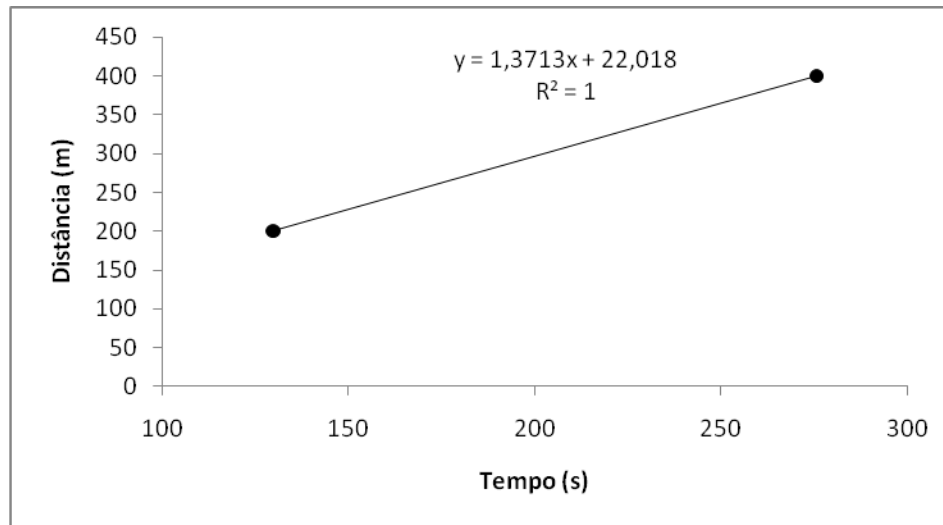


Figura 4 – Valor médio da inclinação da reta de regressão linear entre os dados de distância e tempo (valor da VC); n = 14.

Nas séries de treinamento intervalado VC95 e VC100, os indivíduos realizaram diferentes números de repetições até a ocorrência da exaustão em cada série. Com isso, foram utilizados diferentes testes estatísticos conforme a variável e a duração de cada série para posterior análise.

A Figura 5 apresenta o número de repetições que os indivíduos realizaram na VC95 separados em grupos. O tempo total até a ocorrência da exaustão (TTE) médio na VC95 foi de $46,14 \pm 23,42$ minutos.

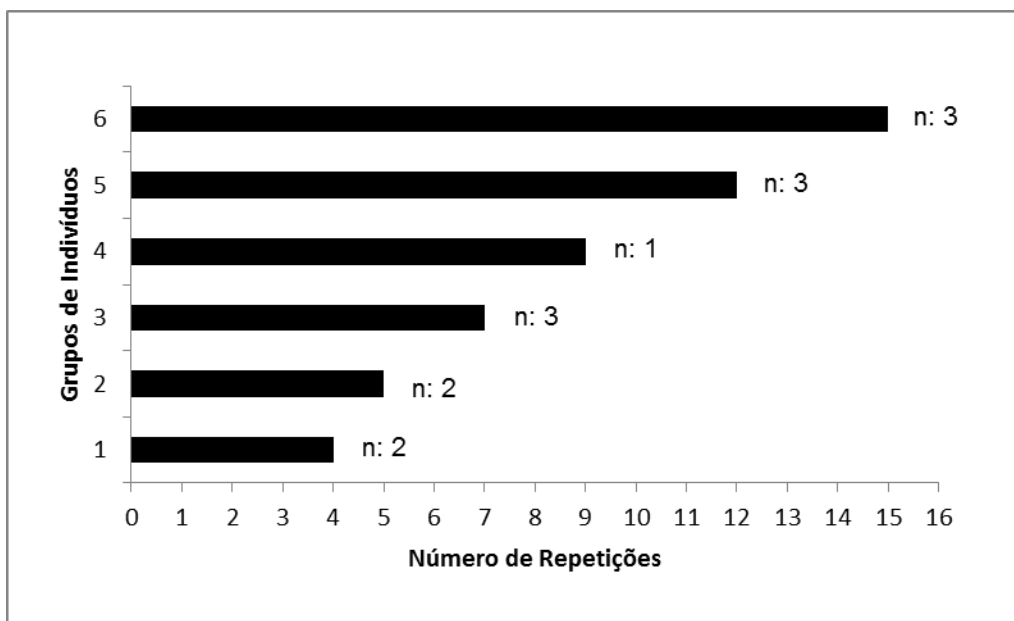


Figura 5 – Números de repetições realizadas com seus respectivos grupos e números de indivíduos para cada na VC95; n = 14.

A Figura 6 apresenta o número de repetições que os indivíduos realizaram na VC100 separados em grupos. O TTE médio na VC100 foi de $16,60 \pm 9,06$ minutos.

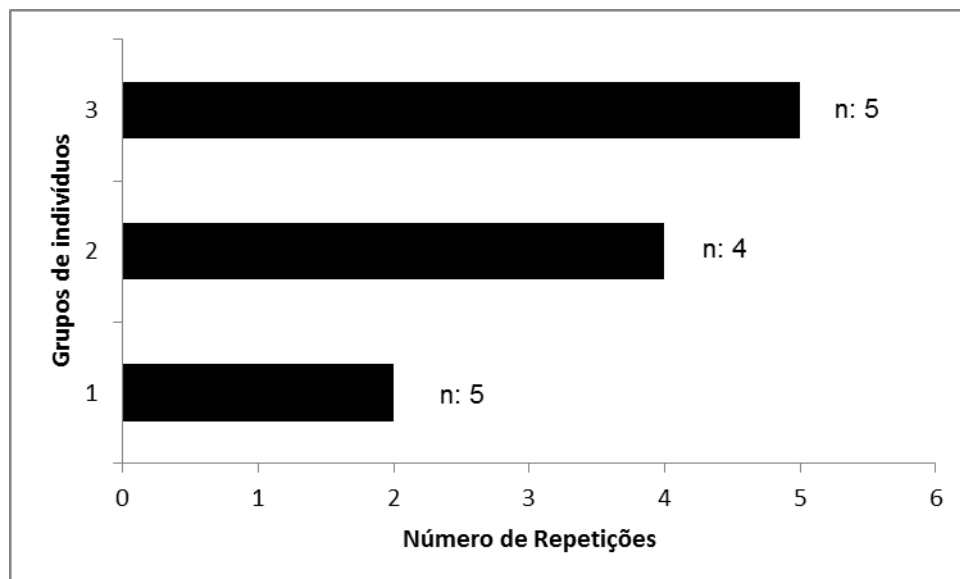


Figura 6 – Números de repetições realizadas com seus respectivos grupos e números de indivíduos para cada na VC100; n = 14.

5.2 Variáveis fisiológicas

5.2.1 Esforço percebido, Concentração de lactato sanguíneo e Frequência cardíaca

A Tabela 3 apresenta os valores das variáveis de esforço percebido (EP), da concentração de lactato sanguíneo ([LA]) e da frequência cardíaca (FC) obtidas imediatamente após as repetições inicial (primeira repetição), intermediária (repetição da metade da série) e final (última repetição, na qual ocorreu a exaustão) na série VC95. Para as variáveis de EP e FC identificaram-se diferenças significativas entre as repetições ($[F(2,26) = 60,079; p < 0,001; \eta^2 = 0,822; \text{poder observado} = 1,0]$; $[F(2,26) = 17,970; p < 0,001; \eta^2 = 0,715; \text{poder observado} = 1,0]$), respectivamente. Porém, não se identificou diferença para [LA] entre as repetições inicial e intermediária, exceto entre os demais momentos analisados, em que se identificaram diferenças significativas ($[F(2,26) = 4,057; p = 0,029; \eta^2 = 0,238; \text{poder observado} = 0,670]$).

Tabela 3 - Valores médios \pm desvios-padrão (DP) do esforço percebido (EP), da concentração de lactato sanguíneo ([LA]) e da frequência cardíaca (FC) nas repetições inicial, intermediária e final na série VC95 dos indivíduos; $n = 14$; ^b diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação a repetição intermediária. ^c diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação a repetição final.

	EP	[LA] (mmol.l ⁻¹)	FC (bpm)
Inicial	11,85 \pm 1,46 ^{b,c}	3,58 \pm 1,05 ^c	155,00 \pm 16,51 ^{b,c}
Intermediária	14,35 \pm 2,30 ^c	4,29 \pm 1,72 ^c	167,78 \pm 11,69 ^c
Final	18,21 \pm 1,80	5,30 \pm 2,28	175,71 \pm 9,54

A Tabela 4 apresenta os valores das variáveis EP, [LA] e FC na série VC100 que foram analisadas de duas maneiras: (1) obtidas imediatamente após as repetições; inicial (primeira repetição) e final (última repetição, na qual ocorreu

a exaustão) na série VC100 para os 14 indivíduos e, (2) obtidas entre as repetições intermediária* [repetição da metade da série (*: significa análise realizada para os 9 indivíduos em que a exaustão ocorreu na quarta ou na quinta repetição)], inicial* e final* na série VC100. Na primeira análise, o EP, a [LA] e a FC identificou-se aumento significativo entre as repetições inicial e final na série VC100 ([F(1,13) = 90,698; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,875$; poder observado = 1,0]; [F(1,13) = 11,410; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,467$; poder observado = 0,877]; [F(1,13) = 10,365; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,444$; poder observado = 0,845]), respectivamente. Para a segunda análise, nas variáveis de EP e da [LA] se identificaram diferenças significativas entre as repetições intermediária*, inicial* e final* ([F(1,8) = 28,986; $p = 0,001$; $\eta^2 = 0,784$; poder observado = 0,997]; [F(1,8) = 7,135; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,471$; poder observado = 0,649]). Para a FC, houve diferença significativa entre às repetições intermediária* e inicial* ([F(1,8) = 6,812; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,460$; poder observado = 0,630], porém, valor similar entre as repetições intermediária* e final* ([F(1,8) = 0,037; $p = 0,852$; $\eta^2 = 0,005$; poder observado = 0,053]).

Tabela 4 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) do esforço percebido (EP), da concentração de lactato sanguíneo ([LA]) e da frequência cardíaca (FC) nas repetições inicial e final (n = 14) e inicial*, intermediária* e final* (n = 9) na série VC100 dos indivíduos; ^a diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação a repetição inicial. ¹diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação a repetição inicial*. ²diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação a repetição final*.

	EP	[LA] (mmol.l ⁻¹)	FC (bpm)
Inicial	14,14 \pm 1,74	5,30 \pm 1,75	171,78 \pm 10,59
Final	18,42 \pm 1,60 ^a	6,81 \pm 1,44 ^a	179,57 \pm 9,84 ^a
Inicial*	13,77 \pm 1,92	5,03 \pm 0,82	171,55 \pm 12,49
Intermediária*	16,22 \pm 2,22 ^{1,2}	6,34 \pm 1,62 ^{1,2}	178,33 \pm 15,03 ¹
Final*	18,77 \pm 1,64	7,02 \pm 1,40	179,11 \pm 11,29

5.2.2 Concentração plasmática de triptofano

As Figuras 7 e 8 apresentam os valores da concentração plasmática de triptofano ([TRP]) que foram obtidas em estado de repouso e após a última repetição (exaustão), nas séries VC95 e VC100, respectivamente.

A Figura 7 apresenta os valores da [TRP] que foram obtidas no estado de repouso e após a última repetição (exaustão) na série VC95. Para os valores da [TRP] não se observou diferença [$t(13) = -0,181$; $p = 0,755$] e verificou-se correlação significativa de nível excelente entre os valores ($ICC = 0,754$] $0,423$; $0,888$]; $F(13) = 6,550$; $p < 0,001$) obtidos no estado de repouso e após a ocorrência da exaustão.

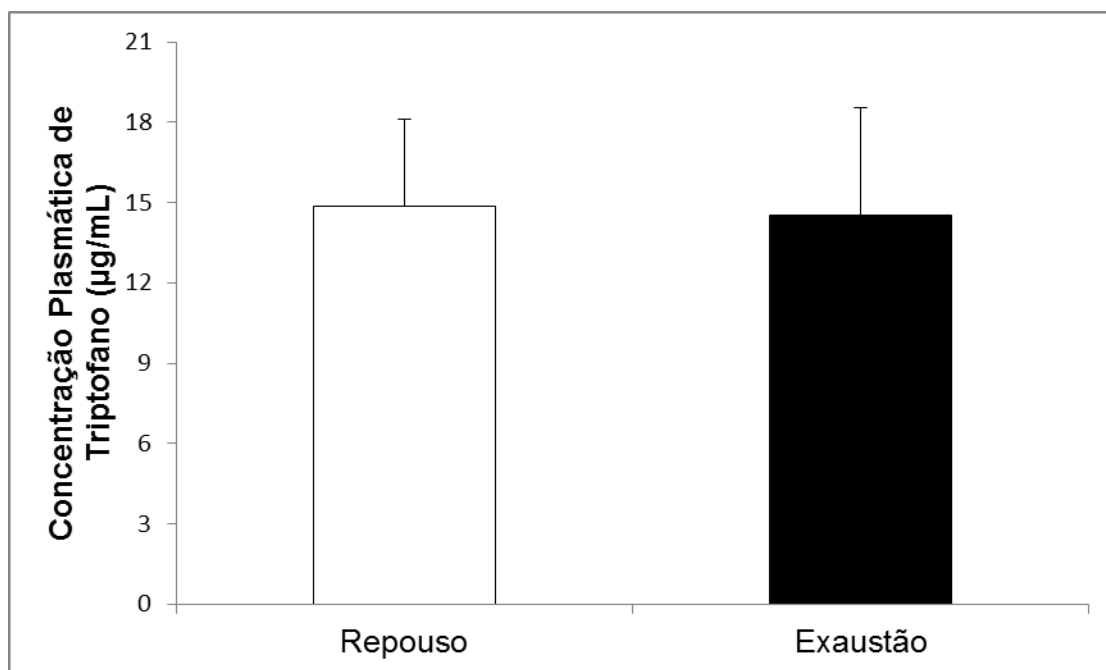


Figura 7 – Concentração plasmática de triptofano em estado de repouso e após a última repetição (exaustão) na série VC95; n: 14.

A Figura 8 apresenta os valores da concentração plasmática de triptofano ([TRP]) que foram obtidas em estado de repouso e após a última repetição (ocorrência da exaustão) na série VC100. Para os valores da [TRP] não se identificou diferença [$t(13) = 0,939$; $p = 0,365$] e não foi encontrada associação ($ICC = 0,318$]- $0,234$; $0,715$]; $F(13) = 1,932$; $p = 0,124$) entre o estado de repouso e após a ocorrência da exaustão.

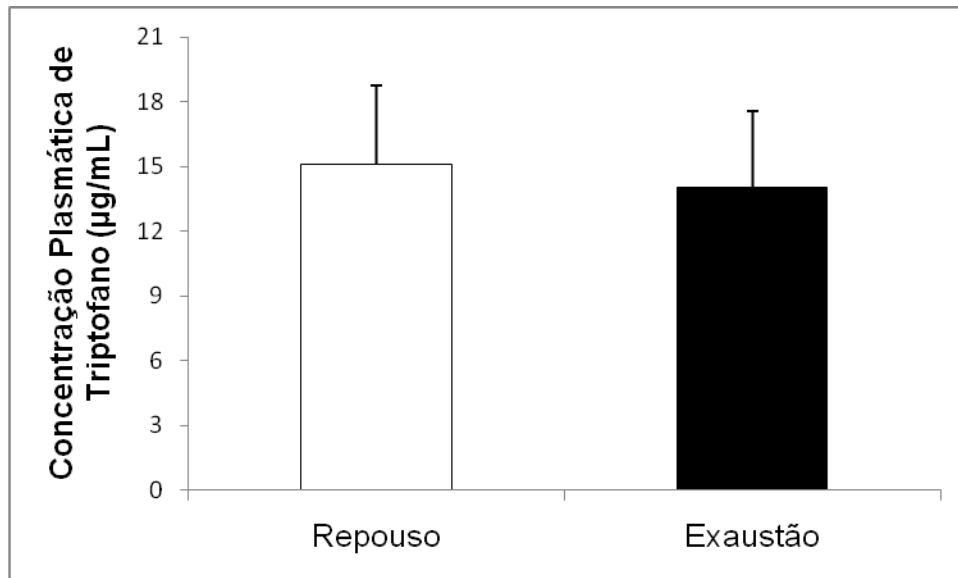


Figura 8 – Concentração plasmática de triptofano em estado de repouso e após última repetição (exaustão) na série VC100, n: 14.

5.2.3 Concentração plasmática de prolactina

As Figuras 9 e 10 apresentam os valores da concentração plasmática de prolactina ([PRL]) que foram obtidas em estado de repouso e após a última repetição (exaustão), nas séries VC95 e VC100, respectivamente.

A Figura 9 apresenta os valores da [PRL] que foram obtidas do estado de repouso e após a última repetição (exaustão) na série VC95. Para os valores da [PRL] se identificou diferença [$t(13) = -2,174$; $p = 0,001$], mas não foi encontrada associação ($ICC = 0,156$] $0,223$; $0,527$]; $F(13) = 0,612$; $p = 0,474$) entre o estado de repouso e após a última repetição (ocorrência da exaustão).

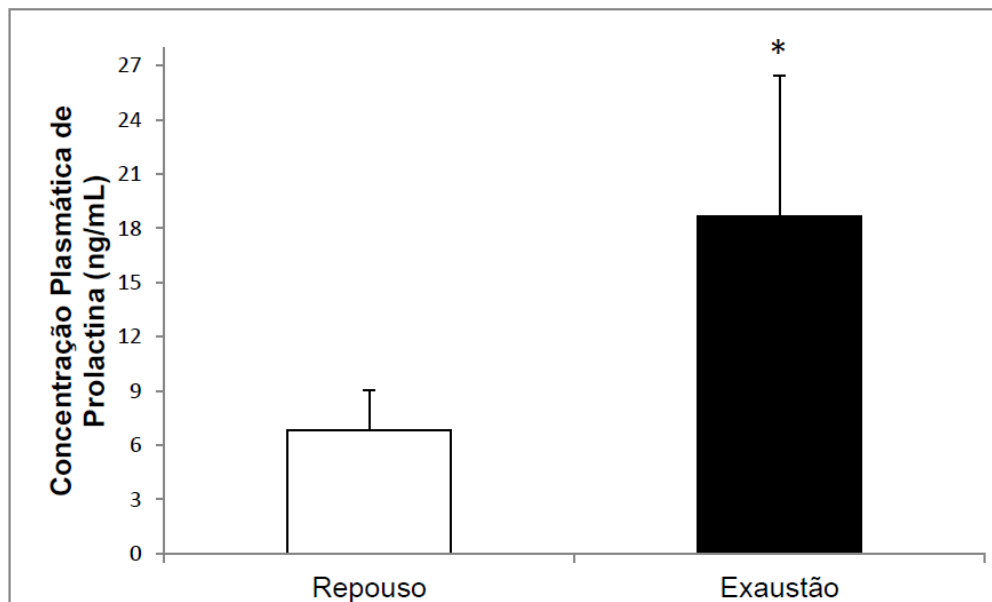


Figura 9 – Concentração plasmática de prolactina em estado de repouso e após última repetição (exaustão) na série VC95. *diferença significativa entre os momentos; n: 14.

A Figura 10 apresenta os valores da [PRL] que foram obtidas em estado de repouso e após a última repetição (ocorrência da exaustão) na série VC100. Para os valores da [PRL] foi encontrada diferença significativa [$t(13) = -8,943$; $p < 0,001$] e não foi encontrada associação (ICC= 0,290 [-0,263; 0,700]; $F(13) = 1,818$; $p = 0,147$),05] entre o estado de repouso e após a ocorrência da exaustão na série VC100.

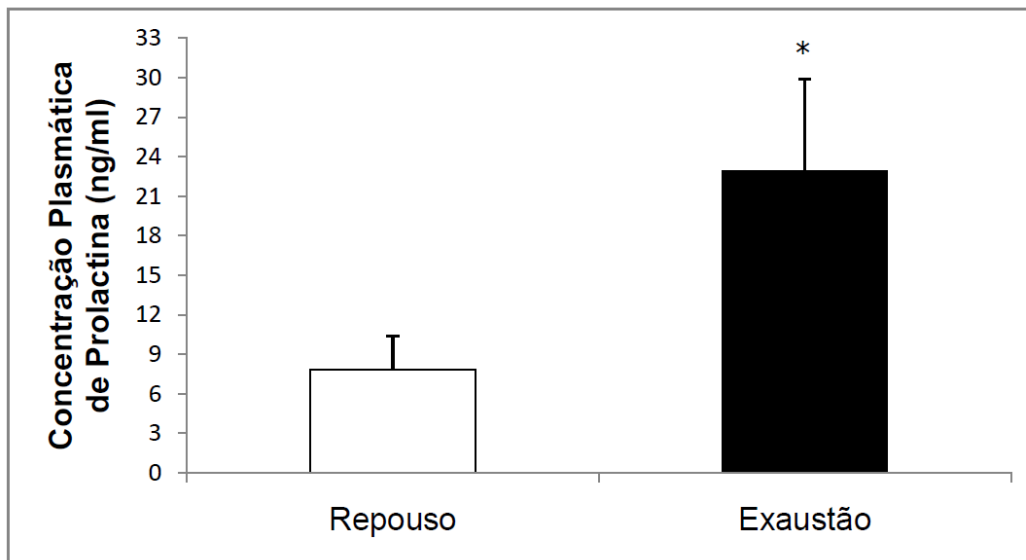


Figura 10 – Concentração plasmática de prolactina em estado de repouso e após a última repetição (exaustão) na série VC100. * diferença significativa entre os momentos; n: 14.

5.2.4 Concentração plasmática de ácidos graxos livres

As Figuras 11 e 12 apresentam os valores da concentração plasmática de ácidos graxos livres ([AGL]) que foram obtidas em estado de repouso e após a última repetição (exaustão), nas séries VC95 e VC100, respectivamente.

A Figura 11 apresenta os valores da [AGL] que foram obtidas do estado de repouso e após a última repetição (exaustão) na série VC95. Para os valores da [AGL] não se identificou diferença [$t(13) = 0,554$; $p = 0,655$] e não foi encontrada associação (ICC= -0,007]-0,525; 0,518[; $F(13) = 0,952$; $p = 0,555$) entre o estado de repouso e após a última repetição (ocorrência da exaustão).

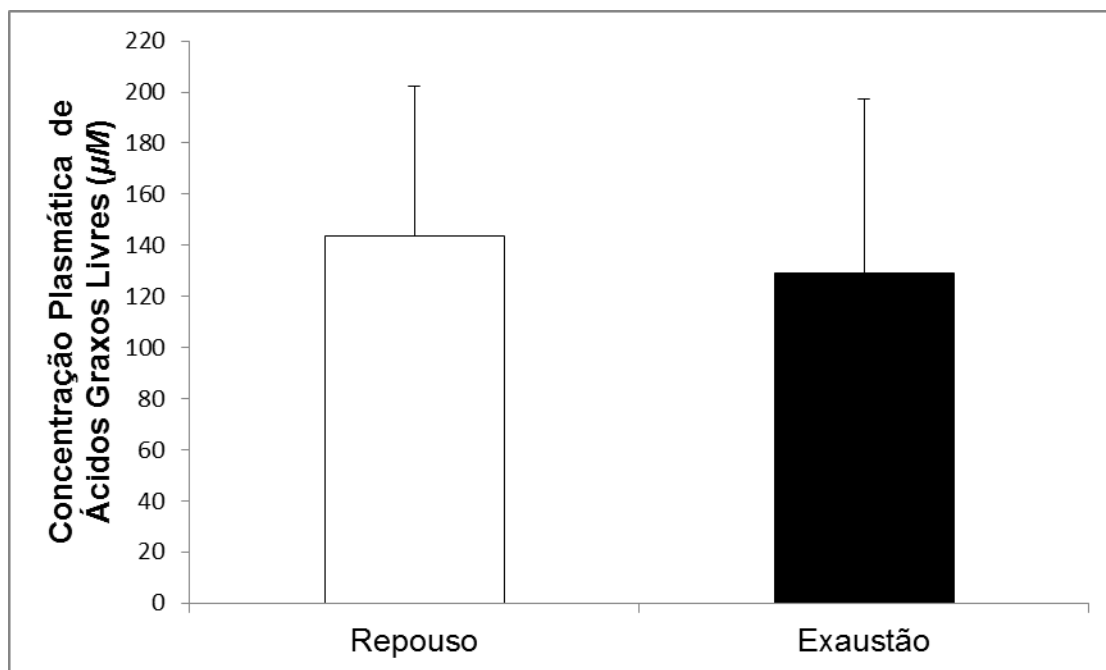


Figura 11 – Concentração plasmática de ácidos graxos livres em estado de repouso e após a última repetição (exaustão) na série VC95, n: 14.

A Figura 12 apresenta os valores da [AGL] que foram obtidas em estado de repouso e após a última repetição (ocorrência da exaustão) na série VC100. Para os valores da [AGL] não foi encontrada diferença significativa [$t(13) = -0,193$; $p = 0,850$] e não foi encontrada associação (ICC= 0,320]-0,232; 0,716[; $F(13) = 1,941$; $p = 0,123$] entre o estado de repouso e após a ocorrência da exaustão na série VC100.

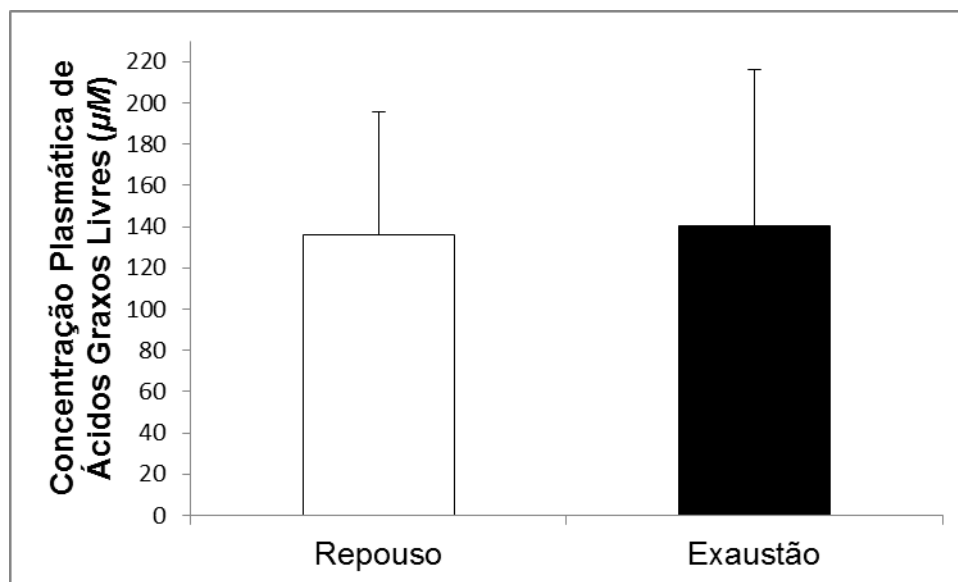


Figura 12 – Concentração plasmática de ácidos graxos livres em estado de repouso e após a última repetição (exaustão) na série VC100; n: 14.

5.3 Variáveis cinemáticas

5.3.1 Frequência média de ciclos de braçadas, Distância média percorrida por ciclo de braçada e Velocidade média de nado

A Tabela 5 apresenta os valores da variável da frequência média de ciclos de braçadas (FB) que foram obtidas nos trechos de 25 m que antecederam as parciais dos 175, 200, 375 e 400 m (T1, T2, T3 e T4, respectivamente) das repetições inicial (primeira repetição), intermediária (repetição da metade da série) e final (repetição anterior a que ocorreu a exaustão) na série VC95. Na comparação entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição (inicial, intermediária e final) não foi encontrada diferença nos valores da FB ([F(3,39) = 1,897; $p = 0,146$; $\eta^2 = 0,127$; poder observado = 0,453]). Na comparação entre as repetições inicial, intermediária e final foi encontrada diferença significativa nos valores da FB ([F(2,26) = 32,837; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,716$; poder observado = 1,0]).

Tabela 5 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da frequência média de ciclos de braçadas (FB) nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial, intermediária e final na série VC95 dos indivíduos. ^b diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação a repetição intermediária. ^c diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação a repetição final; $n = 14$.

	FB (ciclos.min ⁻¹)			
	T1	T2	T3	T4
Inicial ^{b,c}	30,0 \pm 3,5	29,9 \pm 3,6	31,4 \pm 3,7	31,4 \pm 3,8
Intermediária ^c	31,3 \pm 3,0	31,6 \pm 3,1	31,8 \pm 3,4	32,2 \pm 3,4
Final	32,5 \pm 3,1	32,4 \pm 3,2	33,2 \pm 3,5	33,6 \pm 3,8

A Tabela 6 apresenta os valores da variável da distância média percorrida por ciclo de braçada (DC) que foram obtidas nos trechos de 25 m que antecederam as parciais dos 175, 200, 375 e 400 m (T1, T2, T3 e T4, respectivamente) das repetições inicial (primeira repetição), intermediária (repetição da metade da série) e final (repetição anterior a que ocorreu a exaustão) na série VC95. Na comparação entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição (inicial, intermediária e final) não foi encontrada diferença nos valores da DC ([F(3,39) = 1,593; $p = 0,207$; $\eta^2 = 0,109$; poder observado = 0,386]). Na comparação entre as repetições inicial, intermediária e final foi encontrada diferença significativa nos valores da DC ([F(2,26) = 33,655; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,721$; poder observado = 1,0]).

Tabela 6 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da distância média percorrida por ciclo de braçada (DC) nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial, intermediária e final na série VC95 dos indivíduos. ^b diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação a repetição intermediária. ^c diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação a repetição final; $n = 14$.

	DC (m)			
	T1	T2	T3	T4
Inicial ^{b,c}	2,38 \pm 0,19	2,36 \pm 0,19	2,24 \pm 0,17	2,26 \pm 0,18
Intermediária ^c	2,26 \pm 0,14	2,23 \pm 0,18	2,20 \pm 0,16	2,22 \pm 0,16
Final	2,16 \pm 0,16	2,16 \pm 0,17	2,11 \pm 0,19	2,11 \pm 0,20

A Tabela 7 apresenta os valores da variável da velocidade média de nado (VN) que foram obtidas nos trechos de 25 m que antecederam as parciais dos 175, 200, 375 e 400 m (T1, T2, T3 e T4, respectivamente) das repetições inicial (primeira repetição), intermediária (repetição da metade da série) e final (repetição anterior a que ocorreu a exaustão) na série VC95. Na comparação entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição (inicial, intermediária e final) e as repetições não foram encontradas diferenças nos valores da VN $F(11,143) = 1,495$; $p = 0,139$; $\eta^2 = 0,103$; poder observado = 0,755).

Tabela 7 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da velocidade média de nado (VN) nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial, intermediária e final na série VC95 dos indivíduos; n = 14.

	VN (m.s ⁻¹)			
	T1	T2	T3	T4
Inicial	1,18 \pm 0,09	1,17 \pm 0,08	1,16 \pm 0,09	1,17 \pm 0,09
Intermediária	1,18 \pm 0,08	1,16 \pm 0,09	1,16 \pm 0,09	1,19 \pm 0,09
Final	1,17 \pm 0,09	1,18 \pm 0,11	1,19 \pm 0,09	1,19 \pm 0,09

As Tabelas 8, 9 e 10 apresentam os valores das variáveis de FB, DC e VN, respectivamente, na série VC100 que foram analisadas de duas diferentes maneiras para cada variável: 1) que foram obtidas nos trechos de 25 m que antecederam as parciais dos 175, 200, 375 e 400 m (T1, T2, T3 e T4, respectivamente) das repetições inicial (primeira repetição) e final (repetição anterior a que ocorreu a exaustão) na série VC100 para os 14 indivíduos e, 2) obtidas nos trechos (T1, T2, T3 e T4) entre as repetições intermediária* [repetição da metade da série (*: para os 9 indivíduos em que a exaustão ocorreu na quarta ou na quinta repetição)], inicial* e final* na série VC100.

A Tabela 8 apresenta os valores da FB na série VC100. Na primeira análise, foi encontrada diferença significativa ($[F(2,16) = 8,720$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,522$; poder observado = 0,934]) na FB entre as repetições inicial e final. Na comparação entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição (inicial e final) não foi encontrada diferença nos valores da FB ($[F(3,24) = 2,275$; $p = 0,106$; $\eta^2 =$

0,221; poder observado = 0,504]). Para a segunda análise, na FB não se identificou diferença ($[F(2,16) = 5,716; p = 0,177; \eta^2 = 0,582; \text{poder observado} = 0,977]$) entre as repetições intermediária*, inicial* e final* e nem entre os trechos (T1, T2, T3 e T4).

Tabela 8 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da frequência média de ciclos de braçadas (FB) nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial e final (n = 14) e inicial*, intermediária* e final* (n = 9) na série VC100 dos indivíduos; ^b diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação a repetição final.

	FB (ciclos.min ⁻¹)			
	T1	T2	T3	T4
Inicial ^b	33,0 \pm 4,0	33,2 \pm 4,3	33,7 \pm 4,2	34,3 \pm 4,3
Final	34,6 \pm 3,9	34,5 \pm 3,8	35,1 \pm 3,9	35,5 \pm 4,0
Inicial*	31,8 \pm 2,4	31,8 \pm 3,0	32,2 \pm 3,0	32,9 \pm 3,1
Intermediária*	32,7 \pm 3,2	32,5 \pm 3,2	33,6 \pm 3,5	33,8 \pm 3,5
Final*	33,8 \pm 3,2	33,7 \pm 3,0	34,5 \pm 3,3	34,9 \pm 3,3

A Tabela 9 apresenta os valores da DC na série VC100. Na primeira análise, nos valores da DC identificou-se diferença significativa ($[F(2,16) = 4,514; p = 0,028; \eta^2 = 0,361; \text{poder observado} = 0,685]$) entre as repetições inicial e final. Na comparação entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição (inicial e final) não foi encontrada diferença nos valores da DC ($[F(3,24) = 1,403; p = 0,266; \eta^2 = 0,149; \text{poder observado} = 0,324]$). Para a segunda análise, nos valores da DC não se identificou diferença ($[F(2,16) = 4,916; p = 0,272; \eta^2 = 0,442; \text{poder observado} = 0,544]$) entre as repetições intermediária*, inicial* e final* e nem ($[F(3,24) = 2,708; p = 0,577; \eta^2 = 0,231; \text{poder observado} = 0,723]$) entre os trechos (T1, T2, T3 e T4).

Tabela 9 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da distância média percorrida por ciclo de braçada (DC) nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial e final ($n = 14$) e inicial*, intermediária* e final* ($n = 9$) na série VC100 dos indivíduos. ^b diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação a repetição final.

	DC (m)			
	T1	T2	T3	T4
Inicial ^b	2,24 \pm 0,15	2,24 \pm 0,16	2,22 \pm 0,15	2,20 \pm 0,15
Final	2,09 \pm 0,15	2,12 \pm 0,14	2,08 \pm 0,16	2,08 \pm 0,19
Inicial*	2,25 \pm 0,12	2,26 \pm 0,15	2,23 \pm 0,15	2,23 \pm 0,13
Intermediária*	2,21 \pm 0,13	2,24 \pm 0,13	2,14 \pm 0,15	2,13 \pm 0,18
Final*	2,10 \pm 0,17	2,13 \pm 0,21	2,06 \pm 0,16	2,09 \pm 0,21

A Tabela 10 apresenta os valores da VN na série VC100. Na primeira análise, nos valores da VN não foi encontrada diferença ($[F(2,16) = 1,692; p = 0,215; \eta^2 = 0,175; \text{poder observado} = 0,303]$) entre as repetições inicial e final. Na comparação entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição (inicial e final) também não foi encontrada diferença nos valores da VN ($[F(3,24) = 1,809; p = 0,173; \eta^2 = 0,184; \text{poder observado} = 0,410]$). Para a segunda análise, na VN não foi encontrada diferença ($[F(2,16) = 1,702; p = 0,175; \eta^2 = 0,273; \text{poder observado} = 0,403]$) entre às repetições intermediária*, inicial* e final* e nem ($[F(3,24) = 1,509; p = 0,117; \eta^2 = 0,151; \text{poder observado} = 0,423]$) entre os trechos.

Tabela 10 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da velocidade média de nado (VN) nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial e final ($n = 14$) e inicial*, intermediária* e final* ($n = 9$) na série VC100 dos indivíduos.

	VN (m.s ⁻¹)			
	T1	T2	T3	T4
Inicial	1,22 \pm 0,10	1,23 \pm 0,10	1,23 \pm 0,11	1,25 \pm 0,11
Final	1,20 \pm 0,09	1,22 \pm 0,11	1,21 \pm 0,10	1,23 \pm 0,11
Inicial*	1,19 \pm 0,08	1,19 \pm 0,08	1,19 \pm 0,07	1,22 \pm 0,08
Intermediária*	1,20 \pm 0,08	1,20 \pm 0,07	1,19 \pm 0,09	1,19 \pm 0,08
Final*	1,18 \pm 0,06	1,19 \pm 0,09	1,18 \pm 0,07	1,20 \pm 0,06

5.3.2 Índice de coordenação de nado

A Tabela 11 apresenta os valores da variável do índice de coordenação de nado (IdC) que foram obtidas nos trechos de 25 m que antecederam as parciais dos 175, 200, 375 e 400 m (T1, T2, T3 e T4, respectivamente) das repetições inicial (primeira repetição), intermediária (repetição da metade da série) e final (repetição anterior a que ocorreu a exaustão) na série VC95. Na comparação entre as repetições (inicial, intermediária e final) e entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição não foram encontradas diferenças nos valores do IdC ([F(2,26) = 0,050; $p = 0,952$; $\eta^2 = 0,004$; poder observado = 0,057]; [F(3,39) = 0,537; $p = 0,660$; $\eta^2 = 0,040$; poder observado = 0,150]), respectivamente. Em todas as repetições o modelo de coordenação adotado foi o de captura.

Tabela 11 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) do índice de coordenação de nado (IdC) nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial, intermediária e final na série VC95 dos indivíduos. $n = 14$.

	IdC (%)			
	T1	T2	T3	T4
Inicial	-1,91 \pm 6,50	-2,28 \pm 6,32	-2,39 \pm 6,39	-2,68 \pm 5,44
Intermediária	-2,63 \pm 6,30	-1,92 \pm 6,23	-2,62 \pm 5,85	-1,93 \pm 5,83
Final	-1,56 \pm 6,10	-1,75 \pm 6,77	-2,20 \pm 6,76	-1,35 \pm 6,57

A Tabela 12 apresenta os valores do IdC na série VC100. Na primeira análise, nos valores do IdC não foi encontrado diferença ([F(1,13) = 1,966; $p = 0,184$; $\eta^2 = 0,131$; poder observado = 0,255] entre as repetições inicial e final. Na comparação entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição (inicial e final) também não se identificou diferença nos valores do IdC ([F(3,39) = 0,641; $p = 0,593$; $\eta^2 = 0,047$; poder observado = 0,172]). Para a segunda análise, no IdC não foi encontrado diferença ([F(2,16) = 3,131; $p = 0,071$; $\eta^2 = 0,281$; poder observado = 0,519]) entre as repetições intermediária*, inicial* e final* e nem ([F(3,24) = 0,775; $p = 0,520$; $\eta^2 = 0,088$; poder observado = 0,191]) entre os trechos (T1, T2,

T3 e T4). Em todas as repetições os modelos de coordenação adotados alternaram-se entre captura e oposição.

Tabela 12 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) do índice de coordenação de nado (IdC) nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial e final ($n = 14$) e inicial*, intermediária* e final* ($n = 9$) na série VC100 dos indivíduos.

	IdC (%)			
	T1	T2	T3	T4
Inicial	0,50 \pm 5,95	-0,09 \pm 6,75	0,35 \pm 6,17	0,31 \pm 7,11
Final	0,36 \pm 6,35	0,65 \pm 7,28	1,42 \pm 6,77	1,40 \pm 7,09
Inicial*	1,14 \pm 5,46	-0,77 \pm 5,87	-0,40 \pm 5,08	-0,24 \pm 4,89
Intermediária*	0,82 \pm 4,74	-0,76 \pm 5,00	-0,24 \pm 5,65	-0,14 \pm 5,78
Final*	0,42 \pm 5,39	0,42 \pm 4,79	1,82 \pm 4,31	1,70 \pm 5,37

5.3.3 Duração das fases da braçada

A Tabela 13 apresenta os valores das variáveis de duração das fases A e B que foram obtidas nos trechos de 25 m que antecederam as parciais dos 175, 200, 375 e 400 m (T1, T2, T3 e T4, respectivamente) das repetições inicial (primeira repetição), intermediária (repetição da metade da série) e final (repetição anterior a que ocorreu a exaustão) na série VC95. Na comparação entre as repetições (inicial, intermediária e final) e entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição não se identificaram diferenças nos valores da duração da fase A da braçada ([F(2,26) = 1,335; $p = 0,281$; $\eta^2 = 0,093$; poder observado = 0,262]; ([F(3,39) = 2,283; $p = 0,094$; $\eta^2 = 0,149$; poder observado = 0,533]). Na fase B, não foi encontrada diferença entre os trechos ([F(3,39) = 1,085; $p = 0,367$; $\eta^2 = 0,077$; poder observado = 0,270]), porém, se identificou diferença apenas entre às repetições inicial e a final ([F(2,26) = 6,156; $p = 0,006$; $\eta^2 = 0,321$; poder observado = 0,851]).

Tabela 13 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da duração das fases A e B nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial, intermediária e final na série VC95 dos indivíduos; ^c diferença significativa da fase B ($p < 0,05$) em comparação a repetição final. $n = 14$.

	Fase A (%)				Fase B (%)			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Inicial ^c	28,11 \pm	29,23 \pm	29,75 \pm	29,34 \pm	26,85	25,87 \pm	25,42	25,45 \pm
	6,73	6,54	6,89	6,98	\pm 5,23	4,52	\pm 4,98	4,71
Intermediária	29,55 \pm	29,20 \pm	29,94 \pm	29,04 \pm	25,63	25,58 \pm	24,99	25,35 \pm
	7,17	7,19	7,23	7,12	\pm 4,98	5,05	\pm 4,96	4,72
Final	29,27 \pm	28,70 \pm	29,42 \pm	28,63 \pm	25,22	25,87 \pm	24,50	25,56 \pm
	7,24	7,04	7,42	7,46	\pm 5,45	4,79	\pm 5,16	5,14

A Tabela 14 apresenta os valores das fases A e B na série VC100. Na primeira análise, na duração da fase A não foi encontrada diferença entre as repetições inicial e final e nem entre os trechos ($[F(2,16) = 2,950; p = 0,081; \eta^2 = 0,269; \text{poder observado} = 0,494]; [F(3,24) = 3,777; p = 0,770; \eta^2 = 0,045; \text{poder observado} = 0,113]$), respectivamente. Na fase B se identificou diferença apenas entre as repetições inicial e final ($[F(2,16) = 3,230; p = 0,044; \eta^2 = 0,288; \text{poder observado} = 0,532]$). Na comparação entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição (inicial e final) não foi encontrada diferença nos valores da fase B ($[F(3,24) = 1,812; p = 0,172; \eta^2 = 0,185; \text{poder observado} = 0,410]$). Para a segunda análise, na fase A e na fase B não se identificou diferença ($[F(2,16) = 1,770; p = 0,244; \eta^2 = 0,166; \text{poder observado} = 0,644]; [F(3,24) = 3,570; p = 0,344; \eta^2 = 0,148; \text{poder observado} = 0,653]$), respectivamente, entre as repetições intermediária*, inicial* e final* e nem ($[F(2,16) = 2,270; p = 0,544; \eta^2 = 0,122; \text{poder observado} = 0,777]; [F(3,24) = 2,570; p = 0,144; \eta^2 = 0,266; \text{poder observado} = 0,696]$) entre os trechos.

Tabela 14 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da duração das fases A e B nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial e final (n = 14) e inicial*, intermediária* e final* (n = 9) na série VC100 dos indivíduos; ^b diferença significativa da fase B ($p < 0,05$) em comparação a repetição final.

	Fase A (%)				Fase B (%)			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Inicial ^b	28,13 \pm 5,65	28,31 \pm 5,31	28,47 \pm 6,02	28,31 \pm 6,75	25,71 \pm 3,88	25,83 \pm 3,36	25,52 \pm 3,99	24,93 \pm 4,18
Final	28,23 \pm 6,69	27,97 \pm 6,51	27,69 \pm 6,34	28,03 \pm 7,50	26,87 \pm 3,94	27,13 \pm 3,47	26,60 \pm 4,12	26,72 \pm 4,43
Inicial*	27,66 \pm 3,62	28,43 \pm 3,80	28,50 \pm 3,79	28,83 \pm 4,48	26,34 \pm 3,74	25,73 \pm 3,79	24,98 \pm 3,85	24,48 \pm 3,90
Intermediária*	27,86 \pm 3,97	29,00 \pm 4,33	28,97 \pm 5,07	28,50 \pm 4,01	24,84 \pm 4,79	24,90 \pm 3,66	23,90 \pm 4,26	24,11 \pm 3,72
Final*	27,16 \pm 3,91	28,22 \pm 3,57	27,76 \pm 3,50	27,93 \pm 4,46	25,23 \pm 4,80	24,80 \pm 3,46	25,18 \pm 4,29	25,91 \pm 4,43

A Tabela 15 apresenta os valores das variáveis de duração das fases C e D que foram obtidas nos trechos de 25 m que antecederam as parciais dos 175, 200, 375 e 400 m (T1, T2, T3 e T4, respectivamente) das repetições inicial (primeira repetição), intermediária (repetição da metade da série) e final (repetição anterior a que ocorreu a exaustão) na série VC95. Na comparação entre as repetições (inicial, intermediária e final) e entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição não foram encontradas diferenças nos valores da duração da fase C ([F(2,26) = 3,268; $p = 0,054$; $\eta^2 = 0,201$; poder observado = 0,570]; e ([F(3,39) = 2,456; $p = 0,077$; $\eta^2 = 0,159$; poder observado = 0,567]), respectivamente, e na duração da fase D da braçada ([F(2,26) = 1,180; $p = 0,323$; $\eta^2 = 0,083$; poder observado = 0,236]; e ([F(3,39) = 0,571; $p = 0,637$; $\eta^2 = 0,042$; poder observado = 0,157]), respectivamente. As durações das fases C e D da braçada não se alteraram na série VC95.

Tabela 15 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da duração das fases C e D nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial, intermediária e final na série VC95 dos indivíduos. n = 14.

	Fase C (%)				Fase D (%)			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Inicial	22,64 \pm	23,02 \pm	23,35 \pm	23,03 \pm	22,40	21,88 \pm	21,48 \pm	22,18 \pm
	2,34	3,11	2,35	2,50	\pm 2,69	3,38	2,46	2,64
Intermediária	23,20 \pm	23,40 \pm	23,85 \pm	23,47 \pm	21,62	21,82 \pm	21,22 \pm	22,14 \pm
	2,36	2,97	2,66	2,93	\pm 2,68	3,00	2,99	3,13
Final	23,37 \pm	23,07 \pm	23,78 \pm	23,89 \pm	22,14	22,36 \pm	22,30 \pm	21,92 \pm
	2,68	3,18	2,90	3,20	\pm 2,93	3,48	3,72	4,44

A Tabela 16 apresenta os valores das fases C e D da braçada na série VC100. Na primeira análise, não foram encontradas diferenças entre as repetições inicial e final e nem entre os trechos nas durações das fases C ([F(2,16) = 0,331; p = 0,723; η^2 = 0,040; poder observado = 0,094]; [F(3,24) = 1,165; p = 0,344; η^2 = 0,127; poder observado = 0,273]), respectivamente, e D ([F(1,13) = 0,185; p = 0,674; η^2 = 0,014; poder observado = 0,068]; [F(3,39) = 0,991; p = 0,407; η^2 = 0,071; poder observado = 0,249]), respectivamente. Para a segunda análise, nas fases C e D também não se identificaram diferenças ([F(2,16) = 0,233; p = 0,174; η^2 = 0,244; poder observado = 0,468]; [F(3,24) = 1,599; p = 0,640; η^2 = 0,141; poder observado = 0,559]), respectivamente, entre às repetições intermediária*, inicial* e final* e nem ([F(1,13) = 0,277; p = 0,277; η^2 = 0,111; poder observado = 0,777]; [F(3,39) = 0,570; p = 0,123; η^2 = 0,151; poder observado = 0,459]), respectivamente, entre os trechos (T1, T2, T3 e T4). As durações das fases C e D da braçada não se alteraram na série VC100.

Tabela 16 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da duração das fases C e D nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial e final (n = 14) e inicial*, intermediária* e final* (n = 9) na série VC100 dos indivíduos.

	Fase C (%)				Fase D (%)			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Inicial	24,43 \pm 3,09	23,67 \pm 3,30	24,29 \pm 2,92	24,15 \pm 2,87	21,73 \pm 2,57	22,19 \pm 2,57	21,72 \pm 2,81	22,61 \pm 3,09
Final	24,19 \pm 2,55	24,15 \pm 3,05	24,67 \pm 3,55	24,00 \pm 2,69	20,71 \pm 2,92	20,75 \pm 3,59	21,04 \pm 3,27	21,25 \pm 3,68
Inicial*	24,33 \pm 2,97	23,27 \pm 3,26	24,00 \pm 2,68	24,27 \pm 2,76	21,67 \pm 2,74	22,57 \pm 2,79	22,52 \pm 2,85	22,42 \pm 2,90
Intermediária*	23,32 \pm 2,65	22,48 \pm 1,66	23,15 \pm 2,28	22,22 \pm 1,58	23,98 \pm 3,79	23,62 \pm 3,66	23,98 \pm 3,26	25,17 \pm 3,72
Final*	23,17 \pm 1,97	23,41 \pm 1,93	23,63 \pm 2,45	23,02 \pm 2,47	24,44 \pm 3,80	23,57 \pm 3,46	23,43 \pm 3,29	23,14 \pm 3,43

A Tabela 17 apresenta os valores das variáveis das fases propulsivas (FP) e não-propulsivas (FNP) que foram obtidas nos trechos de 25 m que antecederam as parciais dos 175, 200, 375 e 400 m (T1, T2, T3 e T4, respectivamente) das repetições inicial (primeira repetição), intermediária (repetição da metade da série) e final (repetição anterior a que ocorreu a exaustão) na série VC95. Na comparação entre as repetições (inicial, intermediária e final) e entre os trechos (T1, T2, T3 e T4) de cada repetição não foram encontradas diferenças nos valores das FP ([F(2,26) = 3,662; p = 0,0577; η^2 = 0,220; poder observado = 0,622]; [F(3,39) = 0,640; p = 0,594; η^2 = 0,047; poder observado = 0,172]) e das FNP ([F(2,26) = 4,332; p = 0,117; η^2 = 0,250; poder observado = 0,700]; [F(3,39) = 0,442; p = 0,724; η^2 = 0,033; poder observado = 0,130]).

Tabela 17 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da duração das fases propulsivas e fases não-propulsivas (%) nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial, intermediária e final na série VC95 dos indivíduos. $n = 14$.

	Fases propulsivas (%)				Fases não-propulsivas (%)			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Inicial	49,49 \pm	48,89 \pm	48,77 \pm	48,48 \pm	50,51	51,11 \pm	51,23 \pm	51,52 \pm
	6,05	6,12	5,88	5,55	\pm 6,45	6,43	6,21	5,99
Intermediária	48,83 \pm	48,98 \pm	48,84 \pm	48,82 \pm	51,17	51,02 \pm	51,16 \pm	51,18 \pm
	6,20	6,46	5,94	5,61	\pm 6,36	6,57	6,06	5,76
Final	48,59 \pm	48,94 \pm	48,28 \pm	49,45 \pm	51,41	51,06 \pm	51,72 \pm	50,55 \pm
	6,49	6,49	6,87	6,28	\pm 6,66	6,66	6,74	6,45

A Tabela 18 apresenta os valores das variáveis das fases propulsivas (FP) e não-propulsivas (FNP) na série VC100. Na primeira análise, nas FP e nas FNP não se identificaram diferenças entre as repetições inicial e final ($[F(1,13) = 0,313; p = 0,585; \eta^2 = 0,024; \text{poder observado} = 0,081]$; $[F(1,13) = 0,028; p = 0,870; \eta^2 = 0,002; \text{poder observado} = 0,053]$), respectivamente, e nem entre os trechos ($[F(3,39) = 3,058; p = 0,055; \eta^2 = 0,190; \text{poder observado} = 0,672]$; $[F(3,39) = 2,200; p = 0,103; \eta^2 = 0,145; \text{poder observado} = 0,516]$). Para a segunda análise, nas FP e nas FNP também não foram encontradas diferenças entre às repetições intermediária*, inicial* e final* ($[F(1,13) = 2,177; p = 0,147; \eta^2 = 0,288; \text{poder observado} = 0,871]$; $[F(3,39) = 0,288; p = 0,381; \eta^2 = 0,114; \text{poder observado} = 0,616]$), respectivamente, e nem entre os trechos ($[F(3,39) = 0,058; p = 0,255; \eta^2 = 0,299; \text{poder observado} = 0,632]$; $[F(3,39) = 1,220; p = 0,107; \eta^2 = 0,265; \text{poder observado} = 0,516]$), respectivamente, na série VC100.

Tabela 18 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) da duração das fases propulsivas e não-propulsivas (%) nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial e final (n = 14) e inicial*, intermediária* e final* (n = 9) na série VC100 dos indivíduos.

	Fases propulsivas (%)				Fases não-propulsivas (%)			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Inicial	50,14 \pm 5,27	49,50 \pm 5,45	49,81 \pm 5,58	49,08 \pm 5,75	49,86 \pm 5,55	50,50 \pm 5,69	50,19 \pm 5,63	50,92 \pm 5,84
Final	51,06 \pm 5,43	51,28 \pm 6,14	51,27 \pm 6,41	50,72 \pm 6,54	48,94 \pm 5,59	48,72 \pm 6,28	48,73 \pm 6,46	49,28 \pm 6,55
Inicial*	50,67 \pm 5,97	49,00 \pm 6,26	48,98 \pm 5,68	48,75 \pm 6,76	49,33 \pm 5,74	51,00 \pm 5,79	51,02 \pm 6,85	51,25 \pm 5,90
Intermediária*	48,16 \pm 5,65	47,38 \pm 5,66	47,05 \pm 6,28	46,33 \pm 5,58	51,84 \pm 6,79	52,62 \pm 5,66	52,95 \pm 5,26	53,67 \pm 6,72
Final*	48,40 \pm 5,97	48,21 \pm 4,93	48,81 \pm 6,45	48,93 \pm 5,47	51,60 \pm 5,80	51,79 \pm 6,46	51,19 \pm 6,29	51,07 \pm 6,43

5.3.4 Simetria de nado

Para identificação da simetria de nado, foram comparados os valores de IdC1 e IdC2. A Tabela 19 apresenta os valores do IdC1 e do IdC2 que foram obtidos nos trechos de 25 m que antecederam as parciais dos 175, 200, 375 e 400 m (T1, T2, T3 e T4, respectivamente) das repetições inicial (primeira repetição), intermediária (repetição da metade da série) e final (repetição anterior a que ocorreu a exaustão) na série VC95. Não foram encontradas diferenças na comparação entre as repetições nos valores do IdC1 e no IdC2 ([F(2,26) = 0,200; $p = 0,820$; $\eta^2 = 0,015$; poder observado = 0,078]; [F(2,26) = 1,077; $p = 0,355$; $\eta^2 = 0,076$; poder observado = 0,282]), respectivamente, e entre os trechos ([F(3,39) = 0,212; $p = 0,888$; $\eta^2 = 0,016$; poder observado = 0,086]; [F(3,39) = 1,134; $p = 0,347$; $\eta^2 = 0,080$; poder observado = 0,282]), respectivamente. Na comparação entre o IdC1 e o IdC2, se identificou uma coordenação assimétrica, pois foram encontradas diferenças significativas ([F(2,26) = 1,144; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,168$; poder observado = 0,771]; [F(3,39) = 1,714; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,090$; poder observado = 0,578]) entre os dois fatores (repetições e trechos), respectivamente, na série VC95.

Tabela 19 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) do IdC1 e IdC2 nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial, intermediária e final na série VC95 dos indivíduos; ^b diferença significativa entre o IdC1 e o IdC2 ($p < 0,05$) em comparação a repetição intermediária; ^c diferença significativa entre o IdC1 e o IdC2 ($p < 0,05$) em comparação a repetição final. $n = 14$.

	IdC1 (%)				IdC2 (%)			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Inicial ^{b,c}	5,99 \pm	5,12 \pm	6,60 \pm	6,07 \pm	-7,90	-7,40 \pm	-8,99 \pm	-8,75 \pm
	6,73	6,90	6,24	6,33	\pm 7,00	5,99	7,75	5,41
Intermediária ^c	7,18 \pm	4,97 \pm	6,34 \pm	6,05 \pm	-9,81	-6,89 \pm	-8,96 \pm	-7,98 \pm
	6,74	8,49	6,34	6,93	\pm 7,26	6,11	6,70	5,06
Final	6,10 \pm	5,01 \pm	6,17 \pm	6,57 \pm	-7,66	-6,76 \pm	-8,37 \pm	-7,92 \pm
	6,58	8,03	6,44	7,30	\pm 7,40	6,05	5,48	3,11

A Tabela 20 apresenta os valores das variáveis de IdC1 e IdC2 na série VC100. Na primeira análise, nos valores de IdC1 e IdC2 não foram encontradas diferenças entre as repetições inicial e final ($[F(2,26) = 0,177; p = 0,520; \eta^2 = 0,111; \text{poder observado} = 0,578]$; $[F(2,26) = 1,477; p = 0,555; \eta^2 = 0,276; \text{poder observado} = 0,482]$) e nem entre os trechos ($[F(3,39) = 0,112; p = 0,588; \eta^2 = 0,022; \text{poder observado} = 0,486]$; $[F(3,39) = 1,134; p = 0,247; \eta^2 = 0,080; \text{poder observado} = 0,482]$). Para a segunda análise, no IdC1 e no IdC2 também não foram encontradas diferenças ($[F(2,26) = 0,277; p = 0,320; \eta^2 = 0,011; \text{poder observado} = 0,778]$; $[F(2,26) = 1,177; p = 0,155; \eta^2 = 0,176; \text{poder observado} = 0,282]$) entre às repetições intermediária*, inicial* e final* e nem entre os trechos ($[F(3,39) = 0,212; p = 0,688; \eta^2 = 0,022; \text{poder observado} = 0,386]$; $[F(3,39) = 0,134; p = 0,147; \eta^2 = 0,280; \text{poder observado} = 0,582]$) na série VC100. Na comparação entre o IdC1 e o IdC2, se identificou uma coordenação assimétrica, pois foram encontradas diferenças significativas ($[F(2,26) = 1,177; p < 0,05; \eta^2 = 0,128; \text{poder observado} = 0,777]$; $[F(3,39) = 1,514; p < 0,05; \eta^2 = 0,150; \text{poder observado} = 0,677]$) entre os dois fatores (repetições e trechos), na série VC100.

Tabela 20 - Valores médios e \pm desvios-padrão (DP) do IdC1 e do IdC2 (%) nos trechos (T1, T2, T3 e T4) das repetições inicial e final (n = 14) e inicial*, intermediária* e final* (n = 9) na série VC100 dos indivíduos. ^b diferença significativa entre o IdC1 e o IdC2 ($p < 0,05$) em comparação a repetição final. ^{1,2} diferença significativa entre o IdC1 e o IdC2 ($p < 0,05$) em comparação a repetição inicial* e final*.

	IdC1 (%)				IdC2 (%)			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Inicial ^b	5,11 \pm	7,58 \pm	7,26 \pm	3,59 \pm	-4,61 \pm	-7,67 \pm	-6,91 \pm	-3,28 \pm
	6,72	5,07	5,41	10,87	5,55	5,69	5,63	5,84
Final	7,33 \pm	5,68 \pm	3,82 \pm	4,01 \pm	-6,97 \pm	-5,03 \pm	-2,40 \pm	-2,61 \pm
	5,18	7,24	4,44	7,33	5,59	6,28	6,46	6,55
Inicial* ^a	6,17 \pm	6,00 \pm	6,98 \pm	6,75 \pm	-5,03 \pm	-6,77 \pm	-7,38 \pm	-6,99 \pm
	6,97	6,40	5,82	5,76	5,77	6,39	5,82	5,86
Intermediária* ^{1,2}	6,16 \pm	7,38 \pm	7,05 \pm	6,33 \pm	-5,34 \pm	-8,14 \pm	-7,29 \pm	-6,47 \pm
	4,65	5,90	6,78	5,88	5,79	6,66	5,06	4,92
Final*	7,40 \pm	7,21 \pm	7,81 \pm	7,93 \pm	-6,98 \pm	-6,79 \pm	-5,99 \pm	-6,23 \pm
	6,97	6,93	6,95	5,97	5,56	6,16	6,06	5,44

5.4 Relações entre esforço percebido e variáveis fisiológicas

Para verificar a associação entre o EP e a [TRP], a [PRL] e a [LA], o teste tau de Kendall foi aplicado devido à similaridade das respostas do EP no grupo de participantes do estudo para as séries VC95 e VC100.

A Tabela 21 apresenta a matriz de correlação entre os valores do EP e a [TRP], a [PRL] e a [LA] nas repetições [inicial, (intermediária*; 10 indivíduos que realizaram número de repetições acima de cinco repetições na série VC95) e final] na série VC95. Não foram encontradas correlações entre o EP e a [TRP], a [PRL] e a [LA] nas repetições (inicial, intermediária* e final) na série VC95.

Tabela 21 - Valores da matriz de correlação do teste tau de Kendall (tau) entre o esforço percebido (EP) e as concentrações plasmáticas de triptofano ([TRP]), de prolactina ([PRL]) e sanguíneas de lactato ([LA]) nas repetições inicial e final na série VC95 dos indivíduos. n = 14.

EP	[TRP]	[PRL]	[LA]
Inicial	$\tau = 0,110$ $p = 0,607$	$\tau = 0,222$ $p = 0,303$	$\tau = -0,049$ $p = 0,819$
Final	$\tau = -0,231$ $p = 0,280$	$\tau = -0,085$ $p = 0,691$	$\tau = -0,012$ $p = 0,955$

A Tabela 22 apresenta a matriz de correlação entre os valores do EP e a [TRP], a [PRL] e a [LA] nas repetições (inicial e final) na série VC100. Foi encontrada correlação significativa ($\tau = 0,544$; $p < 0,05$) apenas entre o EP e a [LA] na repetição final da série VC100.

Tabela 22 - Valores da matriz de correlação do teste tau de Kendall (tau) entre o esforço percebido (EP) e as concentrações plasmáticas de triptofano ([TRP]), de prolactina ([PRL]) e sanguíneas de lactato ([LA]) nas repetições inicial e final na série VC100 dos indivíduos.
* nível de significância com $p < 0,05$. N = 14.

EP	[TRP]	[PRL]	[LA]
Inicial	$\tau = -0,148$ $p = 0,489$	$\tau = -0,321$ $p = 0,134$	$\tau = 0,049$ $p = 0,818$
Final	$\tau = -0,336$ $p = 0,119$	$\tau = -0,137$ $p = 0,525$	$\tau = 0,544$ $p = 0,013^*$

6 DISCUSSÃO

Este estudo apresentou como objetivo geral investigar o comportamento da concentração plasmática de triptofano ([TRP]) e de variáveis cinemáticas em séries de treinamento intervalado em diferentes percentuais da VC no nado *crawl*. Para tal foi necessário quantificar essas variáveis e o comportamento daquelas que variam ao longo do tempo de execução das séries de treinamento intervalado em diferentes percentuais da VC no nado *crawl*.

Entre os principais achados deste estudo, está o de que a [TRP] foi similar ao longo das séries de treinamento intervalado (VC95 e VC100). Porém as variáveis cinemáticas apresentaram algumas alterações, tais como, incremento da FB e diminuição da DC ao longo das séries VC95 e VC100. No entanto, em relação à duração das fases da braçada, a realização das séries VC95 e VC100 até a ocorrência da exaustão provocou alterações apenas na duração da fase B da braçada. Não obstante, para compreender esses achados, é necessário analisar o comportamento de outras variáveis relacionadas, que podem melhor esclarecer as respostas dos valores da [TRP] bem como das variáveis cinemáticas nas séries VC95 e VC100 no nado *crawl*.

6.1 Características da amostra

Os dados que caracterizaram os participantes do estudo estão de acordo com a maioria dos resultados encontrados em estudos que buscaram avaliar populações semelhantes a da presente dissertação.

As características antropométricas dos participantes deste estudo (Tabela 1) foram similares àqueles descritos na literatura para nadadores competitivos. Dekerle *et al.* (2010) ao verificarem as respostas fisiológicas em séries de treinamento intervalado em diferentes percentuais da VC no nado *crawl*, avaliaram nove nadadores franceses (idade média de $21,2 \pm 2,6$ anos) que apresentaram os seguintes valores médios de massa corporal, estatura e envergadura: $74,2 \pm 7,0$ kg; $184,0 \pm 6,0$ cm e $191,0 \pm 6,0$ cm, respectivamente, valores semelhantes aos verificados no presente estudo. Porém, nos valores relacionados aos desempenhos dos 200 e dos 400 m dos participantes do estudo de Dekerle *et al.* (2010), estes apresentaram desempenho nos 200 e 400 m de $136,1 \pm 5,7$ s e $294,5 \pm 13,4$ s, respectivamente em piscina de 25 m e percentual do do recorde mundial dos 400 m nado livre de $73,1 \pm 3,4\%$, valores estes inferiores aos do presente estudo, deste modo, a amostra do presente estudo parece apresentar melhores indicadores de desempenho em comparação ao estudo de Dekerle *et al.* (2010), cujos objetivos eram similares.

Quando comparadas as idades e características dos participantes desta pesquisa, com o estudo de similar metodologia, porém em piscina de 50 m (RIBEIRO; LIMA; GOBATTO, 2010) pode-se notar que os participantes do presente projeto apresentam valores superiores ao referido estudo em relação à idade, estatura e massa corporal ($16,5 \pm 1,2$ anos; $176,0 \pm 7,0$ cm; $68,4 \pm 5,4$ kg, respectivamente). No estudo de Ribeiro, Lima e Gobatto (2010) a média das velocidades nos 200 e 400 m foram de $1,45 \pm 0,06$ e $1,35 \pm 0,06$ m.s⁻¹, respectivamente, inferiores aos do presente (Tabela 2), porém, cabe ressaltar que a presente pesquisa foi realizada em piscina de 25 m, na qual são obtidas maiores velocidades de prova do que em piscina de 50 m e, dentre os participantes do presente estudo, havia atletas de nível sulamericano em competições de águas abertas. Ainda, os participantes do estudo de Ribeiro, Lima e Gobatto (2010) apresentaram um percentual do recorde mundial dos 400 m nado livre, em piscina

de 50 m, de $84,7 \pm 2,9\%$, enquanto os participantes do presente estudo apresentavam pior média de percentual do recorde mundial, 7% abaixo. Este percentual encontrado abaixo do recorde mundial nos 400 m nado livre é discutível, pois deve ter sido calculado para nadadores de categorias em formação (juvenil ou júnior).

Valores de VC obtidos, normalmente, com no mínimo duas repetições em máxima intensidade, entre as distâncias de 100, 200, 400 e 800 m no nado *crawl* têm sido utilizados como um parâmetro de controle da intensidade no exercício aeróbio (WAKAYOSHI *et al.*, 1992). O presente estudo utilizou duas repetições, que foram realizadas nas distâncias de 200 e 400 m, em máxima intensidade, com intervalo mínimo de 24 horas, enquanto que Dekerle *et al.* (2010) utilizaram quatro repetições, distâncias de 100, 200, 400 e 800 m para a determinação da VC. A comparação entre os valores de velocidade crítica encontrados neste estudo e em outros estudos pode ser verificada no Quadro 1.

Quadro 1. Comparação entre os valores de velocidade crítica do presente estudo e da literatura. * dados em $m \cdot s^{-1}$.

Estudo	N	VC ($m \cdot s^{-1}$)
Presente	14	$1,37 \pm 0,10$
Ribeiro, Lima e Gobatto (2010)	12	$1,27 \pm 0,07$
Dekerle <i>et al.</i> (2010)	9	$1,25 \pm 0,06$
Pelarigo, Denadai e Greco (2011)	12	$1,30 \pm 0,08$
Suzuki <i>et al.</i> (2007)	8	$1,00 \pm 0,17$
Dekerle <i>et al.</i> (2005a)	8	$1,31 \pm 0,15$

Pelarigo, Denadai e Greco (2011) ao verificarem a duração das fases da braçada em percentuais de 100 e de 102,5% da máxima fase estável de lactato (MLSS) no nado *crawl*, avaliaram 12 nadadores fundistas (idade média de $21,0 \pm 8,0$ anos) A média das velocidades nos 200 e 400 m foram de $1,45 \pm 0,05$ e $1,37 \pm 0,05 m \cdot s^{-1}$, respectivamente, inferiores aos do presente estudo (Tabela 2). Ainda, os participantes do referido estudo apresentaram um percentual do recorde mundial dos 400 m nado livre, em piscina de 25 m, de $74,1 \pm 2,5\%$, enquanto os

participantes do presente estudo apresentaram um percentual do recorde mundial maior.

Valores de percentual da velocidade dos 400 m correspondente à VC (%V400) no nado *crawl* têm sido utilizados como um indicador complementar de controle da intensidade no exercício aeróbio. A comparação entre os valores do percentual da velocidade dos 400 m correspondente à VC encontrados neste estudo e em outros estudos pode ser verificada no Quadro 2.

Quadro 2. Comparação entre os valores de percentual da velocidade dos 400 m correspondente à VC (%V400) do presente estudo e da literatura. * dados em %.

Estudo	N	%V400 (%)
Presente	14	94,5 ± 1,5
Ribeiro, Lima e Gobatto (2010)	12	93,7 ± 1,6
Dekerle <i>et al.</i> (2010)	9	92,0 ± 1,0
Pelarigo, Denadai e Greco (2011)	12	93,7 ± 2,7
Dekerle <i>et al.</i> (2005a)	8	92,7 ± 2,6

Diversos estudos que se preocuparam em analisar parâmetros fisiológicos e cinemáticos do nado *crawl* buscaram caracterizar o nível técnico de suas amostras por meio do desempenho dos avaliados. A apresentação dos dados do desempenho de nadadores é normalmente realizada apresentando-se o tempo do sujeito em valores relativos ao tempo do recorde mundial para a distância determinada. Autores tem verificado, em nadadores de elite, para 400 m nado *crawl*, valores médios de desempenho de 84,7 ± 2,9% (RIBEIRO; LIMA; GOBATTO, 2010), 73,1 ± 3,4% (DEKERLE *et al.*, 2010) e 74,1 ± 2,5 % (PELARIGO; DENADAI; GRECO, 2011) do recorde mundial vigente na data de realização do estudo.

No presente estudo as distâncias percorridas pelos sujeitos durante os testes máximos foram de 200 e 400 m, no estilo *crawl*. Os nadadores apresentaram, em média, desempenho relativo ao recorde mundial dos 200 e dos 400 m nado livre de 76,72 ± 3,62 e de 77,46 ± 4,68%, respectivamente. Os estudos com metodologias semelhantes as do presente trabalho utilizaram, em

sua maioria, para caracterização da amostra, percentuais um pouco inferiores. Este fato pode explicar os maiores valores médios superiores de VC apresentados pelos participantes da presente pesquisa, em comparação a outros (SUZUKI *et al.*, 2007; RIBEIRO; LIMA; GOBATTO, 2010; DEKERLE *et al.*, 2010; PELARIGO; DENADAI; GRECO, 2011).

Nas séries de treinamento intervalado VC95 e VC100, os indivíduos realizaram entre quatro e 15 repetições na VC95 (Figura 5) e, entre duas e cinco repetições na VC100 (Figura 6) até a ocorrência da exaustão e atingiram o tempo total até a exaustão (TTE) médio de $52,18 \pm 26,27$ minutos na série VC95 e um TTE médio de $18,36 \pm 10,02$ minutos na VC100.

Estudos (RIBEIRO; LIMA; GOBATTO, 2010; DEKERLE *et al.*, 2010) verificaram, em séries de treinamento intervalado realizadas em diferentes percentuais da VC no nado *crawl*, valores de TTE médio de $21,0 \pm 3,1$ minutos para três indivíduos que não conseguiram realizar a série de cinco repetições de 400 m no percentual de 100% da VC e um TTE médio de $32,0 \pm 1,3$ minutos para nove indivíduos restantes que alcançaram as cinco repetições de 400 m (RIBEIRO; LIMA; GOBATTO, 2010) e valores de TTE médio ($48,9 \pm 14,1$; $24,3 \pm 7,7$; $8,6 \pm 3,1$ minutos) nas séries de treinamento contínuo a 95, 100 e 105% da VC, respectivamente, e de $53,9 \pm 2,7$ minutos na série de treinamento intervalado a 100% da VC (DEKERLE *et al.*, 2010).

Na presente pesquisa, as séries de treinamento intervalado foram realizadas da maneira em que o indivíduo executasse o maior número possível de repetições de 400 m, com intervalos de recuperação de 40 s nos percentuais de 95 e 100% da VC até a ocorrência da exaustão no estilo *crawl* (quando não mais conseguiam manter a velocidade de nado identificada pelo nadador no *pacer*). Os nadadores apresentaram valores de TTE nas séries VC95 e VC100 inferiores aos estudos com metodologias semelhantes as do presente trabalho. Este fato indica que os participantes do presente estudo apresentaram menor tolerância ao esforço em ambas as intensidades e pode ser explicado pelos maiores valores de percentuais da velocidade dos 400 m correspondente à VC apresentados pelos participantes do presente estudo.

6.2 Variáveis fisiológicas

6.2.1 Esforço percebido, Concentração de lactato sanguíneo e Frequência cardíaca

No presente estudo, o esforço percebido (EP) e a frequência cardíaca (FC) apresentaram um comportamento de incremento entre as repetições inicial, intermediária e a final na série VC95. Já a concentração de lactato sanguíneo ([LA]) também apresentou incremento nos seus valores, exceto entre as repetições inicial e intermediária (Tabela 3). Os valores de EP estão de acordo com o estudo de Suzuki *et al.* (2007) que reportaram incremento do EP ao longo da série de treinamento contínuo no nado *crawl* no percentual de 95% da VC, em oito nadadores adolescentes que realizaram repetições de 200 m até a ocorrência da exaustão e o valor médio da VC para o grupo de indivíduos foi $1,00 \pm 0,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Porém, não estão de acordo com o estudo prévio similar de Dekerle *et al.* (2010), que encontrou comportamentos similares da [LA] e do EP entre o décimo minuto até a ocorrência da exaustão na série realizada no percentual de 95% da VC de forma contínua. O comportamento de incremento nos valores destas variáveis pode ser explicado pelo fato que os nadadores realizaram a série VC95 em condição de instabilidade metabólica e apresentaram maiores valores do percentual da V400 correspondente à VC ($94,57 \pm 1,57\%$) que os nadadores avaliados por Dekerle *et al.* (2010).

Estudos anteriores encontraram valores percentuais de V400 correspondente a velocidade correspondente à máxima fase estável de lactato (MLSS) no nado *crawl* de 88,4% (DEKERLE *et al.*, 2005a), de 88,9% (DEKERLE *et al.*, 2005b) e de 88,69% (PELARIGO, 2009), valores inferiores ao valor percentual da V400 correspondente a 95% da VC médio encontrado no presente estudo ($89,92 \pm 1,51\%$). Assim, o maior valor encontrado do percentual da V400 correspondente a série VC95 quando comparados aos percentuais da V400 correspondentes a MLSS encontrados na literatura, pode explicar a instabilidade do comportamento das variáveis do EP, [LA] e da FC ao longo da série VC95.

Ao se analisar o comportamento do EP, da [LA] e da FC, é possível sugerir que a série VC95 é influenciada pelo valor do percentual da V400 correspondente à VC. Assim, os dados obtidos indicam que, ao se realizar um exercício de forma intervalada no percentual de 95% da VC, ocorre instabilidade metabólica, com maior participação do metabolismo anaeróbio.

Na série VC100, EP, [LA] e FC apresentaram comportamento de incremento nas duas maneiras de análises entre as repetições inicial e a final, e entre as repetições intermediária*, inicial* e a final* (Tabela 4). Os valores encontrados para as variáveis do EP, da FC e da [LA] na série VC100 estão de acordo com o estudo de Ribeiro, Lima e Gobatto (2010), que encontrou incremento nos valores das respostas da [LA], da FC e do EP ao longo da série de cinco repetições de 400 m, com intervalos de repouso passivo de 90 s, no percentual de 100% da VC ($1,27 \pm 0,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) de nove nadadores competitivos. Por outro lado, o comportamento dessas variáveis não foi similar ao reportado por Deckerle *et al.* (2010), que encontraram incremento apenas do EP e estabilização da [LA] em uma série de treinamento intervalada de 10 repetições de 400 m, com intervalos de repouso passivo de 40 s no percentual de 100% da VC. Na série de treinamento intervalada de 10 repetições de 400 m no nado *crawl* no percentual de 100% da VC, apenas sete indivíduos conseguiram completar a série proposta, ou seja, a análise estatística foi realizada com $n = 7$ (DEKERLE *et al.* 2010)

Ao se analisar o comportamento dos valores do EP, da [LA] e da FC nas séries de treinamento intervaladas VC95 e VC100 encontrados no presente estudo, é possível afirmar que ambas as séries foram realizadas na condição de instabilidade metabólica.

6.2.2 Concentração plasmática de triptofano, de prolactina e de ácidos graxos livres

Os valores da concentração plasmática de triptofano ([TRP]) apresentaram comportamento similar entre os estados de repouso e após a última repetição

(exaustão) na série VC95 (Figura 7) e entre o estado de repouso e após a última repetição (ocorrência da exaustão) na série VC100 (Figura 8). Porém, os valores da concentração plasmática de prolactina ([PRL]) apresentaram incremento significativo entre o estado de repouso e após a última repetição na série VC95 (Figura 9) e entre o estado de repouso e após a última repetição (ocorrência da exaustão) na série VC100 (Figura 10). Já os valores da concentração de ácidos graxos livres ([AGL]) apresentaram comportamento similar entre os estados de repouso e, após a exaustão na série VC95 (Figura 11) e entre o estado de repouso e após a última repetição (ocorrência da exaustão) na série VC100 (Figura 12).

Não foram encontrados estudos que investigaram as respostas da [TRP], da [PRL] e da [AGL] em exercícios de longa duração na natação, portanto, a discussão dos resultados dos marcadores serotoninérgicos e metabólicos do presente estudo nas séries VC95 e VC100 está baseada em estudos que foram realizados com humanos, porém, em exercícios de outras modalidades, o que pode limitar a análise

Estudos anteriores que investigaram as respostas da [TRP], da [PRL], da [AGL] e de outros marcadores sanguíneos em exercícios de alta intensidade apresentaram, após a realização de exercício em bicicleta ergométrica em máxima intensidade com duração de 30 s, valores similares da [PRL], diminuição da [TRP] e da [AGL], porém incrementos na [LA] e nas concentrações de adrenalina e de noradrenalina (BAKER *et al.*, 2006) e, após exercício de forma intervalada com duração de 60 minutos, incrementos nos valores da [PRL] (HACKNEY; PREMO; McMURRAY, 1995).

Os valores similares da [TRP] nas séries VC95 e VC100 podem estar relacionados aos valores similares da [AGL] e o comportamento de incremento dos valores da [PRL] podem ser explicados pela duração dos exercícios que levaram maior demanda de contribuição de energia aeróbia e foram suficientes para alterar os valores da [PRL]. De acordo com Blomstrand (2006) e Baker *et al.* (2006), a manutenção das respostas da [TRP] em ambos os exercícios realizados nas séries VC95 e VC100 no presente estudo podem ser explicadas pelo

aminoácido triptofano na sua forma livre não ter levado vantagem na barreira hematoencefálica em relação aos outros aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs), o que não aumentou o seu influxo no cérebro. Assim, a concentração plasmática de BCAA poderia ter aumentado, o que não levou a alterações do transporte de triptofano para o cérebro e, conseqüentemente, a similares respostas da [TRP]. Isso pode explicar porque foram identificadas alterações na [PRL], refletindo uma atividade cerebral inalterada em resposta ao comportamento dos aminoácidos seritoninérgicos em exercícios de alta intensidade.

Em exercícios de longa duração, a serotonina estimula a liberação de prolactina pela glândula hipófise e a [PRL] é considerada como um marcador de atividade seritoninérgica central (MEEUSEN *et al.*, 2001; PITSILADIS *et al.*, 2002). Ainda, no exercício de longa duração realizado com hipertermia, está associada a ocorrência de hiperprolactinemia, o que indica que os neurônios seritoninérgicos são ativados sob tais condições (MEEUSEN *et al.*, 2001.; PITSILADIS *et al.*, 2002). No entanto, a liberação de prolactina pela hipófise é influenciada por outros fatores, por exemplo, a dopamina, e a modulação da o nível de prolactina no plasma durante o exercício parece ser regulada pela interação entre os neurotransmissores (MEEUSEN *et al.*, 2001).

Os valores similares da [AGL] ao longo da realização das séries VC95 e VC100 encontrados no presente estudo, podem ser explicados pelas intensidades, na quais ocorreram uma maior demanda do fornecimento de energia anaeróbia e o substrato energético utilizado, a glicose, e podem estar relacionados aos valores similares da [TRP], uma vez que o aumento da demanda de ácidos graxos livres deslocaria o triptofano dos sítios de ligação da albumina, aumentando os níveis de [TRP] e, conseqüentemente, o aumento da disponibilidade de [AGL] (MAUGHAN; GLEESON; GREENHAFF, 2000). Cabe ressaltar, também a grande variabilidade das respostas da [AGL] entre os indivíduos participantes do presente estudo, o que pode ser explicada pelo estado nutricional apresentado pelos atletas.

Com relação às características dos registros alimentares, ocorreram diferenças significativas apenas nas variáveis de valor calórico e de proteínas entre as séries VC95 e VC100. De acordo com Nybo (2003), a fadiga central pode

ocorrer de forma mais tardia em exercícios de longa duração, quando ocorre aumento na ingestão de carboidratos, uma vez que reduz a ingestão de glicose, pelo aumento induzido de [AGL] e [TRP] em forma livre (DAVIS *et al.*, 1992), e reduz a captação de triptofano cerebral (BLOMSTRAND, 2001). No presente estudo, foram apresentados valores similares da quantidade registrada de carboidratos entre as séries que foram realizadas, o que evitou possíveis alterações do momento da ocorrência de fadiga, bem como do tempo até a exaustão. Quanto à suplementação de triptofano, nenhum indivíduo do presente estudo relatou que realizava o consumo de suplementos que continham altas concentrações de triptofano. Tem sido apresentado que a suplementação de triptofano não produz nenhum efeito sobre o desempenho (STENSRUD *et al.*, 2003) e sobre a tolerância ao esforço (SEGURA; VENTURA, 1988).

Uma limitação dos estudos com seres humanos, por questões éticas, é a incerteza com relação a captação de triptofano cerebral, o que torna impossível de avaliar se alterações nos níveis da [TRP] tem o efeito esperado no equilíbrio do triptofano no cérebro (NYBO; SECHER, 2004). São necessários mais estudos que verifiquem e consigam investigar respostas definitivas sobre a relação entre o equilíbrio do triptofano cerebral e a instalação do processo de fadiga.

Cabe apontar como limitação do presente estudo, a ausência da determinação do hematócrito, para o cálculo do volume plasmático. O incremento significativo da [PRL] encontrado nas séries VC95 e VC100, pode ter sido ocasionado por uma possível ocorrência de hemoconcentração.

No presente estudo, com as alterações dos valores da [PRL] e as similares respostas da [TRP] e da [AGL], associadas ao incremento do EP e da [LA] em ambas as séries VC95 e VC100 realizadas, pode-se afirmar que a fadiga central foi um fator limitante em ambos os exercícios que foram realizados no nado *crawl*. Ainda, como as atividades da [TRP] e da [AGL] são alteradas pela duração e a intensidade do exercício, a forma dos exercícios realizados no presente estudo nas séries VC95 e VC100 no nado *crawl* não foram suficientes para provocar alterações significativas na [TRP] e na [AGL].

6.3 Variáveis cinemáticas

6.3.1 Frequência média de ciclos de braçadas, Distância média percorrida por ciclo de braçada e Velocidade média de nado

Frequência média de ciclos de braçadas (FB) e distância média percorrida por ciclo de braçada (DC) são representativas da capacidade técnica de um nadador (TOUSSAINT, 1990) e tendem a se alterar de acordo com a instalação do processo de fadiga durante a execução de alguma série de treinamento em natação (VILAS-BOAS *et al.*, 2001). A FB é definida como um valor que expressa o número de ciclos efetuados pelo nadador a cada unidade de tempo e depende do tempo que o nadador gasta na fase propulsiva e na fase de recuperação de cada braço. Quanto à DC, esta é influenciada pelas forças aplicadas sobre e pelo nadador na água e definida como a distância, em metros, que o corpo do nadador se desloca para frente durante cada ciclo de braços (CASTRO, 2007).

No presente estudo, pode-se verificar que a FB apresentou um comportamento de incremento apenas entre as repetições inicial, intermediária e a final (Tabela 5) e, em relação à DC, redução significativa apenas entre as repetições inicial, intermediária e final (Tabela 6) na série VC95. Já a variável da velocidade média de nado (VN) apresentou comportamento similar nos seus valores, tanto entre as repetições inicial e intermediária, como entre os trechos de cada repetição analisados na série VC95 (Tabela 7). Na série VC100, pode-se verificar que a FB apresentou um comportamento de incremento significativo apenas entre as repetições inicial e final (Tabela 8) e, em relação à DC, redução significativa apenas entre as repetições inicial e final (Tabela 9). A VN apresentou comportamento similar tanto entre as repetições, quanto entre os trechos de cada repetição (Tabela 10).

Comportamentos similares em séries de treinamento intervalado até a ocorrência da exaustão de alta intensidade no nado *crawl* foram observados, anteriormente, em nove nadadores de meio-fundo e fundo que apresentaram incremento significativo entre o décimo e o trigésimo minuto da FB nos percentuais de 100 e 102,5% da MLSS de forma contínua ($30,66 \pm 3,61$ para

31,73 ± 3,58 ciclos.min⁻¹ e 30,98 ± 3,44 para 32,26 ± 3,56 ciclos.min⁻¹, respectivamente) e nos 100 e 102,5% da MLSS de forma intervalada (30,36 ± 2,36 para 31,25 ± 2,51 ciclos.min⁻¹ e 32,66 ± 3,42 para 33,85 ± 2,84 ciclos.min⁻¹, respectivamente) e redução significativa entre o décimo e o trigésimo minuto da DC nos percentuais de 100 e 102,5% da MLSS de forma contínua (2,43 ± 0,24 para 2,35 ± 0,23 m e 2,47 ± 0,22 para 2,38 ± 0,24 m, respectivamente) e nos 100 e 102,5% da MLSS de forma intervalada (2,51 ± 0,20 para 2,44 ± 0,20 m e 2,40 ± 0,24 para 2,30 ± 0,17 m, respectivamente) no estudo de Pelarigo (2009) e em 12 nadadores competitivos que apresentaram incremento nas respostas da FB (de 29,6 ± 3,2 para 32,1 ± 4,1 ciclos.min⁻¹) com concomitante redução da DC (de 2,48 ± 0,22 para 2,31 ± 0,24 m) em série de treinamento intervalado de cinco repetições de 400 m no percentual de 100% da VC no estudo de Ribeiro, Lima e Gobatto (2010).

Em relação à FB, DC e VN, o principal achado deste estudo foi que para o nadador manter a velocidade constante nas séries de treinamento intervalado VC95 e VC100, há comprometimento da técnica de nado, explicado pela redução significativa da DC e, conseqüentemente, incremento na FB. Esses resultados demonstram que nadadores adotam diferentes combinações entre FB e DC ao entrarem em processo de fadiga ao longo da realização de séries de esforços de treinamento intervalado, em velocidade constante, e de acordo com Pelarigo (2009), este fator deve despertar atenção dos profissionais no momento da avaliação e da prescrição do treinamento em natação. Nadadores com maiores níveis de técnica apresentam maiores valores de DC para a mesma velocidade do que nadadores com menores níveis de técnica (PELARIGO *et al.*, 2007) e, considerando que a velocidade é obtida pelo produto entre DC e FB, atingem menores valores de FB. Assim, para aplicabilidade prática ao treinamento específico da técnica em natação, os profissionais deveriam aplicar, em suas sessões de treinamento, a prescrição de séries de treinamento intervalado que visassem o controle da FB para que o nadador buscasse incrementar os valores da DC.

6.3.2 Índice de coordenação de nado

No presente estudo pode-se verificar que os valores do índice de coordenação de nado (IdC) não apresentaram diferenças entre as repetições inicial, intermediária e a final, bem como entre os trechos de cada repetição na série VC95 (Tabela 11). Em todas as repetições da série VC95, o modelo de coordenação adotado foi o de captura, que normalmente é utilizado pelos nadadores em menores velocidades de nado (SEIFERT; CHOLLET, 2009). Na série VC100, pode-se verificar que os valores do IdC também não apresentaram diferenças entre as repetições inicial e final, e entre as repetições intermediária*, inicial* e final*, bem como entre os trechos de cada repetição (Tabela 12). Em todas as repetições na série VC100, os modelos de coordenação adotados alternaram entre captura e oposição, pela maior velocidade que foi apresentada nesta série (SEIFERT; CHOLLET, 2009).

Comportamentos similares em séries de treinamento intervalado no nado *crawl*, foram observados anteriormente, em nove nadadores de meio-fundo e fundo que não apresentaram diferenças nos valores do IdC ao longo das séries de treinamento entre o décimo e o trigésimo minuto nos percentuais de 100 e 102,5% da MLSS de forma intervalada ($-5,15 \pm 4,96\%$ para $-4,90 \pm 4,53\%$ e $-1,93 \pm 6,44\%$ para $-1,84 \pm 5,54\%$, respectivamente) e entre o décimo e o trigésimo minuto nos percentuais de 100 e 102,5% da MLSS de forma contínua ($-4,68 \pm 6,61\%$ para $-3,84 \pm 6,29\%$ e $-3,85 \pm 6,24\%$ para $-3,15 \pm 6,19\%$, respectivamente), com predomínio do modelo de captura, no estudo de Pelarigo (2009) e em 10 nadadores que não apresentaram diferenças nos valores do IdC ao longo de três testes até a ocorrência da exaustão nos percentuais de 95, 100 e 110% da V400 ($-3,8 \pm 2,9\%$ para $-3,6 \pm 3,4\%$, $-3,7 \pm 3,8\%$ para $-2,9 \pm 3,3\%$ e $-2,8 \pm 4,5\%$ para $-2,5 \pm 4,5\%$, respectivamente) com a FB controlada, porém incremento significativo nos valores do IdC nos percentuais de 95, 100 e 110% da V400 com variação de ($4,6 \pm 1,9\%$, $2,8 \pm 2,3\%$ e $2,0 \pm 1,6\%$, respectivamente) na condição de FB livre, com predomínio da coordenação da braçada para um tipo mais próximo do modelo de oposição no estudo de Alberty *et al.* (2008).

Com relação ao IdC, o principal achado deste estudo foi que, para se manter a velocidade constante nas séries de treinamento intervalado VC95 e VC100, não houve alterações no comportamento do IdC. A não alteração dos valores do IdC sugere que, apesar dos exercícios terem sido realizados em alta intensidade, estas intensidades não foram capazes de alterar a organização das ações dos braços direito e esquerdo no nado *crawl*. Estudos encontrados (ALBERTY *et al.*, 2008; PELARIGO, 2009) apontam que nadadores adotam um modelo de coordenação em captura em séries contínuas e intervaladas nas intensidades similares a MLSS e 2,5% acima da MLSS e um modelo de coordenação de oposição em séries de percentuais de 95, 100 e 110% da V400 até a ocorrência da exaustão, que vão ao encontro aos encontrados do presente estudo.

6.3.3 Duração das fases da braçada

Nas séries VC95 e VC100, pode-se verificar que os valores das durações das fases da braçada apresentaram diferença significativa apenas entre as repetições inicial e final na duração da fase B (Tabela 13 e 14). A duração das fases A, C e D da braçada não se alteraram nas séries VC95 e VC100.

Na série VC95 foi identificada redução significativa na duração da fase B, porém, incremento significativo nos valores da fase B na série VC100 no nado *crawl*. Incrementos na duração das fases B e C (fases propulsivas) foram observados em situações de aumento de velocidade (SEIFERT; BOULESTEIX; CHOLLET, 2004a; SEIFERT; CHOLLET; BARDY, 2004b; SEIFERT; CHOLLET; CHATARD, 2007). No entanto, os estudos que verificaram incremento das fases propulsivas foram realizados em esforços de curta duração de máxima intensidade. Poucos estudos investigaram as durações das fases da braçada em esforços de longa duração em velocidades constantes.

Estudos similares ao presente estudo apresentaram, em nove nadadores de meio-fundo e fundo, incremento significativo apenas da duração da fase B da braçada no percentual de 102,5% da MLSS entre o décimo e o trigésimo minuto

das séries na forma contínua ($21,78 \pm 3,43\%$ para $22,95 \pm 3,92\%$) e intervalada ($23,01 \pm 3,51\%$ para $24,29 \pm 3,29\%$) (PELARIGO, 2009) e em 10 nadadores redução significativa da fase não-propulsiva A com variação de $-10,4 \pm 11,0\%$; $-6,6 \pm 6,9\%$; $-4,2 \pm 5,5\%$ e do somatório das fases não-propulsivas de $-8,5 \pm 5,3\%$; $-5,4 \pm 4,1\%$; $-4,2 \pm 2,9\%$ nos percentuais de 95, 100 e 110% da V400, respectivamente, e incremento significativo da fase propulsiva B com variação de $13,1 \pm 8,4\%$; $10,6 \pm 7,4\%$ nos percentuais de 95 e 100% da V400, respectivamente, até a ocorrência da exaustão na condição de FB livre e não apresentaram diferenças nas durações das fases propulsivas e não-propulsivas na condição de FB controlada (ALBERTY *et al.*, 2008).

Em vista que a duração da fase B da braçada é relacionada com a aplicação de força propulsiva por parte do nadador, seu comprometimento pode demonstrar uma braçada menos eficiente, visto que para manter a mesma velocidade em séries de treinamento intervalado no nado *crawl*, o nadador deveria aumentar a proporção de, pelo menos, uma fase propulsiva (PELARIGO, 2009). No estudo de Alberty *et al.* (2008) os nadadores com características similares aos nadadores da presente pesquisa foram submetidos a séries de esforços no nado *crawl* até a ocorrência da exaustão de maiores velocidades (percentuais de 95 e 100% da V400) que as utilizadas no presente estudo (percentuais de 95 e 100% da VC), o que pode explicar o incremento da duração da fase B da braçada para manter estas velocidades, pelo aumento da aplicação de força propulsiva.

A redução significativa da duração da fase B da braçada na série VC95 apresentada no presente estudo pode ser explicada por uma adaptação da técnica, por ocorrência de fadiga, dos nadadores nesta intensidade, na tentativa de aumentar a tolerância ao esforço, associada a menores valores de IdC nesta velocidade. Alberty *et al.* (2008) afirmaram que o incremento da duração da fase propulsiva B da braçada em condição de FB livre nos percentuais de 95 e 100% da V400, pode ser explicado por uma adaptação da técnica da braçada em resposta à diminuição da DC, como um mecanismo compensatório da redução da força para superar a resistência ao avanço. Os nadadores adaptaram a coordenação da braçada para um tipo mais próximo ao modelo de oposição.

Cabe ressaltar que no presente estudo as demais fases de duração da braçada não apresentaram diferenças nas situações analisadas. Com base nos resultados apresentados, pode-se afirmar que ocorrem alterações na duração da fase B da braçada nos percentuais de 95 e 100% da VC e que, em situação de fadiga central, a adaptação da técnica de redução da duração da fase B durante a realização da série de treinamento intervalado no percentual de 95% da VC no nado *crawl* pode ter acontecido por estímulos neuromotores aferentes que os participantes adotaram como estratégia de aumentar a tolerância ao esforço.

6.3.4 Simetria de nado

Nas séries VC95 e VC100, os valores de IdC1 apresentaram diferenças significativas quando comparados aos valores de IdC2 em todos os momentos analisados, identificando-se uma coordenação assimétrica. Porém, na análise separada do IdC1 e do IdC2 ao longo da realização das séries VC95 e VC100, não foram apresentadas diferenças em todos os momentos (Tabelas 19 e 20). Em relação aos achados do presente estudo, não foram controlados os movimentos de respiração e o lado de preferência para respiração nos sujeitos avaliados neste estudo. Porém, os resultados do questionário de dominância lateral indicaram que seis participantes apresentaram dominância do braço direito e oito participantes foram classificados como co-dominância cruzada, mas com predomínio de algum lado em relação ao membro superior.

Coordenações assimétricas foram observadas em situações de esforços de máxima intensidade (SEIFERT; CHOLLET; ALLARD, 2005; MORÉ, 2008). No entanto, os estudos que verificaram assimetrias foram realizados em esforços de curta duração de máxima intensidade. Seifert, Chollet e Allard (2005) analisaram as relações entre a simetria na coordenação de nado, a lateralidade motora e a lateralidade respiratória ao longo da prova de 100 m nado *crawl* em nadadores de diferentes níveis de desempenho. Muitos nadadores apresentaram coordenação assimétrica, com descontinuidade propulsiva de um lado e sobreposição do outro. Essa assimetria foi mais relacionada à lateralidade respiratória e à lateralidade

motora. Mais do que a própria lateralidade respiratória, as ações inspiratórias dos nadadores de nível inferior incrementaram a coordenação assimétrica no lado de inspiração. Poucos estudos investigaram a simetria de nado em esforços de longa duração e velocidades constantes.

Barden, Kell e Kobsar (2011) verificaram em oito nadadores, seis mulheres e dois homens, o efeito de cada repetição de 200 m realizada no percentual de 91, 96, 100 e 110% da VC. Foram apresentadas assimetrias bilaterais (diferenças na duração das fases da braçada nos braços esquerdo e direito) e foram maiores entre a primeira e a segunda repetição (91 e 96% da VC). Após, os valores de assimetria diminuíram conforme o aumento da velocidade. Conforme os resultados de Barden, Kell e Kobsar (2011), o grau de assimetria bilateral se comporta de forma inversamente proporcional a intensidade e a velocidade em ambas as fases da braçada.

A coordenação assimétrica apresentada pelos nadadores do presente estudo ao longo das séries VC95 e VC100 até a ocorrência da exaustão pode ser explicada por ambos os esforços terem sido realizados em alta intensidade e longa duração, onde foram adotadas altas frequências respiratórias.

6.4 Relações entre esforço percebido e variáveis fisiológicas

A correlação significativa e positiva entre o EP (Tabela 22) e a [LA] na repetição final da série VC100 ($r = 0,544$) encontrada no presente estudo, demonstra que ambas as variáveis apresentaram incremento nos seus valores nesta situação, porém, de uma forma não-linear. O mecanismo que explica o comportamento do EP em intensidades severas (próximas à VC) está relacionado à velocidade da utilização da capacidade de trabalho anaeróbio (CTA). A CTA representa a capacidade de transferência energética por meio dos estoques de fosfagênios e da glicólise anaeróbia (MONOD; SCHERRER, 1965). Assim, o aumento do EP seria uma resposta ao aumento da atividade neuromotora eferente concomitante à sinalização da resposta dos distúrbios periféricos associados à depleção de fosfagênios e da acidose metabólica (CAFARELLI, 1982; SUZUKI *et*

al., 2007). Nakamura *et al.* (2005) observaram, em percentuais superiores à VC, que o EP aumentava em função do tempo a uma taxa proporcional à intensidade na corrida aquática.

Lima *et al.* (2006) encontraram correlações individuais entre o EP e o aumento da velocidade que variaram entre 0,95 e 0,99 em um teste incremental de cinco repetições de 200 m no nado *crawl* baseados no EP. Como o comportamento do EP pode ser alterado por outros fatores psicológicos e não fisiológicos, como expectativas com relação à duração e/ou distância a serem percorridas (ALBERTUS *et al.*, 2005), a realização do teste incremental baseado no EP proposto por Lima *et al.* (2006), pode ter induzido os nadadores ao incremento da velocidade de forma linear ao aumento do EP do nadador. A realização de testes de maneira aleatória das intensidades e velocidades ocultas, como no presente estudo, para se verificar o real comportamento do EP a fim de se evitar uma possível influência de fatores situacionais, é considerado necessário e adequado.

O resultado de correlação encontrado no presente estudo corroborou com o achado de Franken, Diefenthaler e Castro (2010) que verificaram, em 10 nadadores competitivos, correlação significativa positiva ($\rho = 0,785$) entre o EP e os percentuais de 90, 95, 100, 103 e 105% da VC de cada repetição de 200 m no nado *crawl*. Porém, Ueda e Kurokawa (1995) e Lima *et al.* (2006), em testes incrementais, encontraram relações lineares entre a VN e o EP, a [LA], a FC e o VO_2 . Ainda, relacionando o EP com outros indicadores, Marriot e Lamb (1996) encontraram uma relação linear entre o EP e a potência média (W), tanto em um teste de produção de trabalho de ordem irregular, quanto em teste incremental ($r = 0,87$ e $r = 0,96$, respectivamente, $p < 0,01$).

O menor valor de correlação ($r = 0,544$) encontrado no presente estudo entre o EP e a [LA] pode ser explicado pelo papel do EP no controle da tolerância às demandas da intensidade do exercício: parece que nem sempre o EP pode aumentar em função do incremento da [LA] (acidose metabólica) em uma série de treinamento intervalada de longa duração no nado *crawl*. Em vista que o comportamento do EP é explicado pelo mecanismo da CTA em intensidades

severas e que o aumento do EP ocorre por sinais motores eferentes os quais são enviados para os músculos em atividade, incluindo estímulos de parâmetros espaço-temporais para o controle neuromuscular do gesto técnico e também do controle extracelular da taxa metabólica a ser sustentada no exercício (ULMER, 1996).

Ou seja, a integração entre as informações provenientes dos diversos mecanismos fisiológicos e a experiência na modalidade esportiva, em relação à duração e a intensidade da mesma, refletem-se no EP. Esses ajustes fisiológicos e estratégias de tolerância ao esforço produzem sinais sensoriais aferentes, que são capazes de alterar o EP. De acordo com Marcora, Staiano e Manning (2009), o incremento da resposta do EP pode ter sido modulado também pela atividade mental e por níveis de estados psicológicos favoráveis ou adversos às situações dos indivíduos.

Nas demais análises, em que foram testados os níveis de correlação entre o EP e a [TRP] e a [PRL] entre os participantes deste estudo, não foram encontradas correlações significativas. Estes resultados indicam que as respostas metabólicas da [TRP] e da [PRL] podem variar entre indivíduos conforme o estado de alimentação, psicológico e período de treinamento, o que pode justificar a ausência de níveis de correlações significativas entre o EP para com estas variáveis. Os baixos valores de índice de correlação intra-classe encontrados entre os valores de [TRP] indicam a maior variabilidade deste parâmetro. Ou seja, seu comportamento foi diferenciado entre os indivíduos.

7 CONCLUSÕES

Os achados deste estudo indicam que: 1) nas séries de treinamento intervalado nos percentuais de 95 e 100% da VC, ocorre manutenção da [TRP] e da [AGL], o que pode ser explicado pelas intensidades com alta participação de energia anaeróbia e pela duração do exercício; 2) o EP, a [LA], a [PRL] e a FC apresentaram incremento nos seus valores em ambas as séries, o que indica que ocorreu fadiga central para o exercício realizado nas condições de instabilidade metabólica; 3) as variáveis cinemáticas apresentaram incremento da FB e um comprometimento da técnica de nado, com conseqüente redução da DC na tentativa de manutenção da velocidade em ambas as intensidades; 4) o IdC não se altera ao longo de uma série de treinamento intervalado tanto em intensidade similar, como abaixo da VC no nado *crawl*; 5) a duração da fase B da braçada pode apresentar redução nos valores no percentual de 95% da VC, o que pode ser explicada por uma adaptação da técnica de nado e ocorrência de fadiga nos nadadores, na tentativa de minimizar a duração da aplicação de força propulsiva e, conseqüentemente, aumentar a tolerância à exaustão, e um incremento nos valores da duração da fase B no percentual de 100% da VC, que pode ser explicada pela tentativa dos nadadores, de incrementar a aplicação de força propulsiva, em resposta a tarefa de manter uma maior velocidade nesta intensidade associado à maiores valores de IdC.

Os nadadores do presente estudo, especialistas em provas de piscina nas distâncias de 400, 800 ou 1500 m nado livre e águas abertas, apresentaram valores superiores de VC e de percentual da velocidade dos 400 m

correspondente à VC (%V400) ao dos nadadores participantes dos demais estudos da literatura relacionados.

O modelo de coordenação de captura do nado adotado pelos nadadores do presente estudo na série de treinamento intervalado no percentual de 95% da VC, indica que sucessivos períodos sem a geração de propulsão foram adotados pelo grupo de nadadores. Porém, na série de treinamento intervalado a 100% da VC, os nadadores alternaram entre os modelos de captura e oposição, o que indica incremento da aplicação da força propulsiva.

Assimetrias verificadas entre os modelos de coordenação adotados por cada um dos braços demonstram que os nadadores adotam ações propulsivas de maneira descontínua em maior ou menor grau para cada um dos braços ao realizarem séries de treinamento intervalado nos percentuais de 95 e 100% da VC.

8 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS

Dentre as limitações possíveis de serem identificadas na realização deste estudo, destacam-se: a utilização do equipamento portátil de medida da concentração de lactato sangüíneo e a ausência da dosagem do hematócrito para a verificação de possível hemoconcentração.

Em relação à lactacidemia, o equipamento utilizado pode superestimar as baixas concentrações sangüíneas de lactato. Diferenças entre os níveis de hemoconcentração têm sido apontadas pela literatura em diversos aspectos relacionados ao exercício físico. Uma comparação das respostas de hematócrito poderia revelar as possíveis causas do incremento da prolactina.

Futuras investigações a cerca de modulações na prescrição de cargas ocultas de velocidade para os nadadores em situações de prova e séries de treinamento com verificação de marcadores de fadiga (seritoninérgicos, hormonais metabólicos, perceptuais e ventilatórios) e adaptações da técnica seriam adequados para um melhor esclarecimento a respeito da ocorrência da fadiga e estratégias de aumento da tolerância ao esforço no desempenho de nadadores.

REFERÊNCIAS

ALBERTUS, Y.; TUCKER, R.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E. V.; HAMPSON, D. B.; NOAKES, T. D. Effect of distance feedback on pacing strategy and perceived exertion during cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, p. 461-468, 2005.

ALBERTY, M.; POTDEVIN, F.; DEKERLE, J.; PELAYO, P.; GORCE, P.; SIDNEY, M. Swimming technique changes during time to exhaustion at freely chosen and controlled stroke rate. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, p. 1191-200, 2008.

ALBERTY, M.; SIDNEY, M.; PELAYO, P.; TOUSSAINT, H. M. Stroking characteristics during time to exhaustion tests. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 637-644, 2009.

ALBERTY, M. R.; POTDEVIN, F. P.; DEKERLE, J.; PELAYO, P. P.; SIDNEY, M. C. Effect of stroke rate reduction on swimming technique during paced exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 2, p. 392-397, 2011.

ARELLANO, R.; BROWN, P.; CAPPAERT, J.; NELSON, R. C. Analysis of 50-, 100-, and 200-m Freestyle Swimmers at the 1992 Olympic Games. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 10, p. 189-199, 1994.

ASHBY, C. D. Prolactin, p. 258-65. Em: KAPLAN, L. A.; PESCE, A. J. **Methods in clinical chemistry**. St. Louis: CV Mosby, 1987.

AUJOUANNET, Y. A.; BONIFAZI, M.; HINTY, F.; VILLERME, N.; ROUARD, A. H. Effects of a high-intensity swim test on kinematics parameters in high-level athletes. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 31, p. 150-158, 2006.

BAKER, J. S.; MORGAN, R.; HULLIN, D.; CASTELL, L. M.; BAILEY, D. M.; DAVIES, B. Changes in blood markers of serotonergic activity following high

intensity cycle ergometer exercise. **Research in Sports Medicine**, v. 14, p. 191-203, 2006.

BAILEY, S. P.; DAVIS, J. M.; AHLBORN, E. N. Serotonergic agonists and antagonists affect endurance performance in rat. **International Journal of Sports Medicine**, v. 6, p. 330-333, 1993.

BALDWIN, J.; SNOW, R. J.; GIBALA, M. J.; GARNHAM, A.; HOWARTH, K.; FEBBRAIO, M. A. Glycogen availability does not affect the TCA cycle or TAN pools during prolonged, fatiguing exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 94, p. 2181-7, 2003.

BANISTER, E. W.; CAMERON, B. J. C. Exercise-induced hyperammonemia: peripheral and central effects. **International Journal of Sports Medicine**, v. 11 (2), p. 129-142, 1998.

BARCHAS, J. D.; FREEDMAN, D. X. Brain amines: Response to physiological stress. **Biochemical Pharmacology**, v. 12, n. 10, p. 1232-1235, 1963.

BARDEN, J. M.; KELL, R. T. Relationships between stroke parameters and critical swimming speed in a sprint interval training set. **Journal of Sport Sciences**, v. 27, n. 3, p. 227-235, 2009.

BARDEN, J. M.; KELL, R. T.; KOBASAR, D. The effect of critical speed and exercise intensity on stroke phase duration and bilateral asymmetry in 200-m front crawl swimming. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. 5, p. 517-526, 2011.

BARNÉOUD, P.; DESCOMBRIS, E.; AUBIN, N.; ABROUS, D. N. Evaluation of simple and complex sensorimotor behaviors in rats with a partial lesion of the dopaminergic nigrostriatal system. **European Journal of Neuroscience**, v. 12, p. 322-336, 2000.

BLOMSTRAND, E.; PERRETT, D.; PARRY-BILLINGS, M.; NEWSHOLME, E. A. Effect of sustained exercise on plasma amino acid concentrations and on 5-hydroxytryptamine metabolism in six different brain regions in the rat. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 136, n. 3, p. 473-481, 1989.

BLOMSTRAND, E. Amino acids and central fatigue. **Amino Acids**, v. 20, p. 25-34, 2001.

BLOMSTRAND, E. A Role for Branched-Chain Amino Acids in Reducing Central Fatigue. **Journal of Nutrition**, v. 136, p. 544-547, 2006.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v. 14, p. 377-81, 1982.

BORG, G. A. V. **Escalas de Borg para a dor e esforço percebido**. São Paulo: Manole, 2000.

CAFARELLI, E. Peripheral contributions to the perception of effort. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, p. 382-9, 1982.

CAPUTO, F.; LUCAS, R. D. de; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo *crawl* e correlações com o desempenho. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 8, n. 3, p. 7-13, 2000.

CASTRO, F. S.; GUIMARÃES, A. C. S.; MORÉ, F.; LAMMERHIRT, H., MARQUES, A. Cinemática do Nado *Crawl* sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 19, n. 3, p. 223-232, 2005.

CASTRO, F. A. S. **Determinantes do desempenho para a prova de 200 m nado livre**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências do Movimento Humano) - Escola de Educação Física, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

CHAOULOFF, F. Effects of acute physical exercise on central serotonergic systems. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 29, n. 1, p. 58-62, 1997.

CHATARD, J. C.; LAVOIE, J. M.; LACOUR, J. R. Analysis of determinants of swimming economy in front *crawl*. **European Journal of Applied Physiology**, v. 61, p. 88-92, 1990.

CHOLLET, D.; CHALIES, S.; CHATARD, J. C. A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. **International Journal of Sports Medicine**, v. 21, p. 54-59, 2000.

COSTILL, D. L.; MAGLISCHO, E. D.; RICHARDSON, A. B. **Handbook of sports medicine and science swimming**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1992.

CREWE, H.; TUCKER, R.; NOAKES, T. D. The rate of increase in rating of perceived exertion predicts the duration of exercise to fatigue at a fixed power output in different environmental conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 103, p. 569-577, 2008.

DA-SILVA, P. A.; ALVES, F. Efeitos da ingestão dos aminoácidos de cadeia ramificada na fadiga central. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 5, n. 1, p. 102-113, 2005.

DAVIS, J. M.; BAILEY, S. P.; WOODS, J.; GALIANO, F.; HAMILTON, M.; BARTOLI, W. Effects of carbohydrate feedings on plasma free-tryptophan and

branched-chain amino acids during prolonged cycling. **European Journal of Applied Physiology**, v. 65, p. 513–519, 1992.

DAVIS, J. M.; WELSH, R. S.; DeVOLVE, K. L.; ALDERSON, N. A. Effects of branched-chain amino acids and carbohydrate on fatigue during intermittent, high-intensity running. **International Journal of Sports Medicine**, v. 20, p. 309-14, 1999.

DAVIS, J. M.; ALDERSON, N. L.; WELSH, R. S. Serotonin and central nervous system fatigue: nutritional considerations. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 2, p. 573–578, 2000.

DEKERLE, J.; SIDNEY, M.; HESPEL, J. M.; PELAYO, P. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. **International Journal of Sports Medicine**, v. 23, p. 93-8, 2002.

DEKERLE, J.; PELAYO, P.; CLIPET, B.; DEPRETZ, S.; LEFEVRE, T.; SIDNEY, M. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 26, p. 524-530, 2005a.

DEKERLE, J.; NESI, X.; LEFEVRE, T.; DEPRETZ, S.; SIDNEY, M.; MARCHAND, F. H.; PELAYO, P. Stoking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, p. 53-58, 2005b.

DEKERLE, J.; BRICKLEY, G.; ALBERTY, M.; PELAYO, P. Characterising the slope of the distance–time relationship in swimming. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, p. 365-370, 2010.

ESPADA, M. A.; ALVES, F. B. Critical velocity and the velocity at maximal lactate steady state in swimming. In: **BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING**, 9., 2010, Oslo, **Program and abstract book**. Oslo: [s.n.], 2010. p. 194-196.

FERNSTROM, D. J.; FERNSTROM, H. M. Exercise, serum free tryptophan, and central fatigue. **Journal of Nutrition**, v. 136, p. 553–559, 2006.

FITTS, R. H. Mecanismos de fadiga muscular. In: **Prova de esforço e prescrição de exercício**. **American College of Sports Medicine**, São Paulo: Revinter, 1994, 73-79.

FOSSATI, P. **Clinical Chemical**. 28/10: 2077, 1982.

FRANKEN, M.; CARPES, F. P.; DIEFENTHAELER, F.; CASTRO, F. A. S. Relação entre cinemática e antropometria de nadadores recreacionais e universitários. **Revista Motriz**, v. 14, n. 3, p. 329-336, 2008.

FRANKEN, M.; DIEFENTHAELER, F.; CASTRO, F. A. S. Perceived exertion at different percents of the critical velocity in front crawl. In: BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING, 9., 2010, Oslo, **Program and abstract book**. Oslo: [s.n.], 2010. p. 257-259.

FRANKEN, M.; ZACCA, R.; CASTRO, F. A. S. Velocidade crítica em natação: fundamentos e aplicação. **Revista Motriz**, v. 17, n. 1, p. 209-222, 2011.

FRAZER, A.; HENSLER, J. G. Chapter 13 – Serotonin, 263-292. Em: SIEGEL, G. J.; AGRANOFF, B. W.; ALBERS, R. W.; FISHER, S. K.; UNLER, M. D. **Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects**. 6ª Ed. Filadélfia, EUA: Lippincott-Raven Publishers. 1999.

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

GARRET, W. E.; KIRKENDALL, D. T. **A Ciência do Exercício e dos esportes**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2003.

HACKNEY, A. C.; PREMO, M. C.; McMURRAY, R. G. Influence of aerobic versus anaerobic exercise on the relationship between reproductive hormones in men. **Journal of Sports Science**, 4: 305–311, 1995.

HAY, J. G.; GUIMARÃES, A. C. S. A Quantitative Look at Swimming Biomechanics. **Swimming Technique**, v. 20, n. 2, p. 11-17, 1983.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. **Avaliação da Composição Corporal Aplicada**. São Paulo: Manole, 2000.

HOOMANN, W.; STRUDER, H. K. Exercise, physical activity, nutrition, and the brain. **Nutrition Review**, v. 54, p. 37-43, 1996.

HUOT-MARCHAND, F.; NESI, X.; SIDNEY, M.; ALBERTY, M.; PELAYO, P. Variations of stroking parameters associated with 200 m competitive performance improvement in top-standard front crawl swimmers. **Sports Biomechanics**, v. 4, n. 1, p. 89-100, 2005.

JOSEPH, M. H.; MARSDEN, C. A. **Aminoacids and small peptides**. In: Lim CK, editor. HPLC of small peptides. Oxford: IRL Press; 1986. p. 13–27.

KENT-BRAUN, J. A. Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. **European Journal of Applied Physiological Occupation Physiology**, v. 80, n.1, p. 57-63, 1999.

LIMA, M. C. S.; BALIKIAN Jr, P.; GOBATTO, C. A.; GARCIA Jr, J. R.; RIBEIRO, L. F. P. Proposta de teste incremental baseado na percepção subjetiva de esforço

para determinação de limiares metabólicos e parâmetros mecânicos do nado livre. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, p. 1-5, 2006.

MAGLISCHO, E. W. **Swimming Fastest**. Champaign: Human Kinetics, 2003.

MARCORA, S. M. Perception of effort during exercise independent of afferent feedback from skeletal muscles heart and lungs. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 106, p. 2060-2062, 2009.

MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 106, n. 3, p. 857-864, 2009.

MARINHO, D. A. ; VILAS-BOAS, J. P. ; KESKINEN, K. L. ; RODRIGUEZ, F. A. ; SOARES, S. M. ; CARMO, C. M. ; VILAR, S. O. ; FERNANDES, R. J. The behaviour of kinematic parameters during a time to exhaustion test at VO₂MAX in elite swimmers. **Journal of Movement Studies**, v. 51, p. 001-010, 2006.

MARRIOTT, H. E.; LAMB, K. L. The use of ratings of perceived exertion for regulating exercise levels in rowing ergometry. **European Journal of Applied Physiology**, v. 72, p. 267-71, 1996.

MAUGHAN, R.; GLEESON, M.; GREENHAFF, P. L. **Bioquímica do exercício e do treinamento**. São Paulo: Manole, 2000, p. 132-136.

MEEUSEN, R.; PIACENTINI, M.; VAN DEN EYNDE, S.; MAGNUS, L.; DE MEIRLEIR, K. Exercise performance is not influenced by a 5-HT reuptake inhibitor. **International Journal of Sports Medicine**, v. 22, p. 329–336, 2001.

MILLET, G. P.; CANDAU, R. Facteurs mécaniques du coût énergétique dans trois locomotions humaines. **Science & Sports**, v. 17, p. 166-176, 2002.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of synergic muscle groups. **Ergonomics**, London, v. 8, p. 329-338, 1965.

MORÉ, F. C.; MOTA, C. B. **Determinação da coordenação de nado por meio da análise cinética e cinemática no estilo crawl**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) - Escola de Educação Física, UFRGS, Porto Alegre, 2008.

NAKAMURA, F. Y.; GANCEDO, M. R.; SILVA, L. A.; LIMA, J. R. P.; KOKUBUN, E. Utilização do esforço percebido na determinação da velocidade crítica em corrida aquática. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, p. 1-5, 2005.

NIKODELIS, T.; KOLLIAS, I.; HATZITAKI, V. Bilateral inter-arm coordination in freestyle swimming: Effect of skill level and swimming speed. **Journal of Sports Science**, v. 23, n. 7, p. 737-45, 2005.

NOAKES, T. D.; PELTONOEN, J. E.; RUSKO, H. K. Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. **Journal Experimental Biology**, v. 204, p. 3225-3234, 2001.

NOAKES, T. D.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E. V. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. **British Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 2, p. 120-124, 2005.

NYBO, L.; MOLLER, K.; PEDERSEN, B.; NIELSEN, B.; SECHER, N. H. Association between fatigue and failure to preserve cerebral energy turnover during prolonged exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 179, n. 1, p. 67–74, 2003a.

NYBO, L.; SECHER, N. H. Cerebral perturbations provoked by prolonged exercise. **Progress in Neurobiology**, v. 72, p. 223–261, 2004.

OLFIELD, R. C. The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. **Neuropsychologia**, v. 9, p. 97–113, 1971.

PELARIGO, J. G.; FIGUEIRA, T. R.; PERANDINI, L. A. B.; DENADAI, B. S.; GRECO, C. C. Índices técnicos correspondentes à velocidade crítica e à máxima velocidade de 30 minutos em nadadores com diferentes níveis de performance aeróbia. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v. 13, p. 148-152, 2007.

PELARIGO, J. G.; GRECO, C. C. 2009. **Coordenação da ação dos braços no nado crawl analisada em diferentes intensidades nos exercícios contínuo e intermitente**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Motricidade Humana) – Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, 2009.

PELARIGO, J. G.; DENADAI, B. S.; GRECO, C. C. Stroke phases responses around maximal lactate steady state in front crawl. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 14, p. 168.e1-168.e5, 2011.

POOLE, D. C.; WARD, S. A.; GARDNER, G. W.; WHIPP, B. J. A metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, London, v. 31, p. 1265-1279, 1988.

PITSILADIS, Y.; STRACHAN, A.; DAVIDSON, I.; MAUGHAN, R. Hyperprolactinaemia during prolonged exercise in the heat: evidence for a centrally mediated component of fatigue in trained cyclists. **Experimental Physiology**, v. 87, p. 215–226, 2002.

RAUCH, H. G. L.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E. V.; NOAKES, T. D. A signalling role for muscle glycogen in the regulation of pace during prolonged exercise. **British Journal of Sports Medicine**, v. 39, p. 34-38, 2005.

RIBEIRO, L. F. P. R.; LIMA, M. C. S.; GOBATTO, C. A. Changes in physiological and stroking parameters during interval swims at the slope of the d-t relationship. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v. 13(1), p. 141-145, 2010.

RODRIGUEZ, F. A.; MORENO, D.; KESKINEN, K. L. Validity of a two-distance simplified testing method for determining critical swimming velocity. In: Chatard J. C. editor. **Biomechanics and medicine in swimming IX**: Saint-Etienne: University of Saint Etienne; 2003, p. 385-90.

ROSSI, L.; TIRAPEGUI, J. Implicações do sistema serotoninérgico no exercício físico. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 48, n. 2, p. 227 – 233, 2004.

SCHNITZLER, C.; SEIFERT, L.; CHOLLET, D. Variability of coordination parameters at 400-m front crawl swimming pace. **Journal of Sport Sciences and Medicine**, v. 8, p. 203-210, 2009.

SEGURA, R.; VENTURA, J. Effect of l-tryptophan supplementation on exercise performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 9, p. 301–305, 1988.

SEIFERT, L. L.; BOULESTEIX, D.; CHOLLET, D. Effect of gender on the adaptation of arm coordination in front crawl. **International Journal of Sports Medicine**, v. 25, n. 3, p. 217-23, 2004a.

SEIFERT, L.; CHOLLET, D.; BARDY, B. G. Effect of swimming velocity on arm coordination in the front crawl: a dynamic analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 22, p. 651-660, 2004b.

SEIFERT, L.; CHOLLET, D.; ALLARD, P. The spatial-temporal and coordinative structures in elite men 100-m front crawl swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 4, p. 286-93, 2005.

SEIFERT, L.; AUJOUANNET, Y.; CARTER, M.; ROUARD, A.; CHOLLET, D. Comparison of subjective and objective methods os determination of stroke phases to analyse arm coordination in front-crawl. In: VILAS-BOAS, J. P.; ALVES, F.; MARQUES, A. **Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Porto. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto. v. 6, n. 2, p. 92-4, 2006.

SEIFERT, L. D.; CHOLLET, J. C.; CHATARD, J. C. Kinematic changes during a 100-m front crawl: effects of performance level and gender. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 10, p. 1784-93, 2007.

SEIFERT, L.; BOULESTEIX, L.; CHOLLET, D.; VILAS-BOAS, J. P. Differences in spatial-temporal parameters and arm-leg coordination in butterfly stroke as a function of race pace, skill and gender. **Human Movement Science**, v. 27, n. 1, p. 96-111, 2008.

SEIFERT, L.; CHEHENSSE, A.; TOURNY-CHOLLET, C.; LEMAITRE, F.; CHOLLET, D. Effect of breathing pattern on arm coordination symmetry in front crawl. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 5, p. 1670-6, 2008.

SEIFERT, L.; CHOLLET, D. Modelling spatial-temporal and coordinative parameters in swimming. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 1, p. 495-499, 2009.

SILVEIRA, R. P.; CASTRO, F. A. S. **Índice de coordenação e duração das fases da braçada de nadadores fundistas e velocistas em 50 metros nado crawl**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física) - Escola de Educação Física, UFRGS, Porto Alegre, 2008.

SMITH, D.; NORRIS, S.; HOGG, J. Performance Evaluation of Swimmers. Scientific Tools. **Sports Medicine**, v. 32, n. 9, p. 539-554, 2002.

ST CLAIR GIBSON, A.; BADEN, D. A.; LAMBERT, M. I.; LAMBERT, E. V.; HARLEY, Y. X. R.; HAMPSON, D.; RUSSELL, V. A.; NOAKES, T. D. The conscious perception of sensation of fatigue. **Sports Medicine**, v. 33, p. 167-176, 2003.

STENSRUD, T.; INGJER, F.; HOLM, H.; STROMME, S. I-Tryptophan supplementation does not improve running performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 13, p. 481-485, 2003.

STRÜDER, H. K.; WEICKER, H. Physiology and pathophysiology of the serotonergic system and its implications on mental and physical performance. Part I. **International Journal of Sports Medicine**, v. 22, p. 467-81, 2001.

SUZUKI, F. G.; OKUNO, N. M.; LIMA-SILVA, A. E.; PERANDINI, L. A. B.; KOKUBUN, E.; NAKAMURA, F. Y. Esforço percebido durante o treinamento intervalado na natação em intensidades abaixo e acima da velocidade crítica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 7, n. 3, p. 299-307, 2007.

TAYLOR, J. L.; GANDEVIA, S. C. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, p. 542-550, 2008.

TOUSSAINT, H. M. Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 22, n. 3, p. 409-415, 1990.

TOUSSAINT, H. M.; BEEK, P. J. Biomechanics of competitive front *crawl* swimming. **Sports Medicine**, v. 13, n. 1, p. 8-24, 1992.

UEDA, T.; KUROKAWA, T. Relationships between perceived exertion and physiological variables during swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 16, p. 385-9, 1995.

ULMER, H. V. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. **Experientia**, v. 52, p. 416-420, 1996.

VELOSO, D.; VEECH, R. L. Enzymatic determination of long-chain fatty acyl-CoA. **Methods Enzymology**, v. 35, p. 273-278, 1975.

VILAS-BOAS, J. P.; LAMARES, J. P. Velocidade crítica: critério para avaliação do nadador e para definição de objectivos. **Anais do 20º Congresso Técnico Científico da Associação Portuguesa dos Técnicos de Natação**. Setúbal, Portugal. 1997, 1-11.

VILAS-BOAS, J. P.; SOUTO, S.; PINTO, J.; FERREIRA, M. I.; DUARTE, M.; SILVA, J. V. S.; FERNANDES, R.; SOUSA, F. Estudo cinemático 3D da afectação da técnica de nado pela fadiga específica da prova de 200 m livres. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica**. Gramado, 2001, p. 31-41.

WAKAYOSHI, K.; IKUTA, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal of Applied Physiology**, v. 64, p.153-7, 1992a.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; IKUTO, Y.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Adaptations to Six Months of Aerobic Swim Training, Changes in Velocity, Stroke Rate, Stroke Length and Blood Lactate. **International Journal of Sports Medicine**, v. 14, p. 268-372, 1993.

WAKAYOSHI, K.; D'ACQUISTO, L. J.; CAPPAERT, J. M.; TROUP, J. P. Relationship Between Oxygen Uptake, Stroke Rate and Swimming Velocity in Competitive Swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 16, p. 19-23, 1995.

YANAI, T. Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in nonpropulsive directions. **Journal of Biomechanics**, New York, v. 36, n. 1, p. 53-62, 2003.

Anexo 1

Termo de consentimento livre e esclarecido

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO DE PESQUISA DO EXERCÍCIO**

Título do Projeto: CONCENTRAÇÃO DE TRIPTOFANO E VARIÁVEIS CINEMÁTICAS A DIFERENTES PERCENTUAIS DA VELOCIDADE CRÍTICA NO NADO CRAWL

Objetivos: Configura-se, como objetivo geral deste projeto, verificar a concentração de triptofano e a cinemática em série de treinamento intervalado até a exaustão no nado crawl, em diferentes percentuais da velocidade crítica.

Pesquisadores: Marcos Franken e Flávio Antônio de Souza Castro

Termo de Consentimento do Participante e Sumário Informativo

Prezado colaborador

Esse termo é parte de um processo de consentimento informado. Ele deve lhe dar uma idéia do que se trata esse projeto. Se você quiser mais detalhes sobre algo mencionado, ou informação não incluída aqui, sinta-se livre para solicitar. Por favor, leia atentamente, a fim de que você entenda plenamente o objetivo e o seu envolvimento nesse estudo. O pesquisador tem o direito de encerrar o seu envolvimento, caso isso se faça necessário. De igual forma, você pode retirar o seu consentimento em participar no mesmo a qualquer momento.

A seguir, seguem-se as informações a respeito do estudo:

Em série de treinamento intervalado até a exaustão ocorre fadiga. Com o intuito de retardar o início da fadiga, ainda não se pode determinar quais os principais fatores que causam a incapacidade de manutenção do desempenho, mesmo quando as reservas energéticas ainda suportariam aumento de carga.

Você está sendo convidado para participar de um projeto de mestrado, cujo objetivo é verificar a concentração de triptofano e a cinemática em série de treinamento intervalado até a exaustão em diferentes percentuais da velocidade crítica no nado crawl.

Serão anotados os seus dados pessoais, com as seguintes informações: nome, telefone, idade e dados antropométricos (massa, envergadura, estatura e dobras cutâneas).

Serão realizados dois protocolos de testes. Um para determinar a sua velocidade crítica e outro para avaliar seu esforço percebido, sua concentração de lactato sanguíneo, de triptofano e de prolactina, sua frequência cardíaca, sua distância percorrida a cada ciclo de braçada, sua frequência média de ciclos de braçadas, sua coordenação e simetria de nado e a sua duração das fases da braçada. No primeiro teste, você será convidado a nadar *crawl*, na máxima intensidade,

nas distâncias de 200 e 400 m, com intervalo de repouso de no mínimo 24 horas entre cada repetição, após um aquecimento de 10 min nadando livre. O segundo teste conta com duas séries de treinamento intervalado até a exaustão, em repetições de 400 m, com intervalo de repouso entre cada repetição de 40 s, nos percentuais de 95 e 100% da velocidade crítica. O segundo teste contará com coleta de uma gota de sangue do dedo indicador antes e imediatamente após, cada repetição e 5 mL de sangue da veia superficial do braço direito antes e imediatamente após a quinta, a décima e a última repetição realizada na série de treinamento intervalado em cada intensidade.

Riscos e benefícios: Participando deste projeto, você estará nos ajudando a melhor compreender sua adequação da técnica as respostas da demanda da intensidade em série de treinamento intervalado em natação e, assim, possibilitará o auxílio a você e a outros atletas de alto nível. Este estudo não acarreta riscos, no entanto você poderá sentir dor muscular após os testes, assim como após qualquer treino mais intenso ou competição.

Acompanhamento e ressarcimento: Todos os testes serão realizados por profissionais qualificados. O serviço de emergência e profissionais treinados estarão disponíveis para lidar com situações incomuns. Qualquer despesa eventual necessária para sua participação neste projeto será ressarcida e, no caso da ocorrência de qualquer dano pessoal, a indenização está garantida.

Confidencialidade: Será garantida a privacidade dos seus dados pessoais. Os resultados dos testes serão divulgados por meio de artigos científicos, porém, em nenhum momento serão divulgados o seu nome, imagem e dados pessoais.



A sua assinatura indica que você entendeu a informação relativa à sua participação e que você concorda em participar. Esse consentimento não lhe faz renunciar aos seus direitos legais, e nem libera os investigadores de suas responsabilidades pessoais ou profissionais. A sua participação continuada deve ser tão bem informada quanto o seu consentimento inicial, assim você deve se sentir à vontade para solicitar esclarecimentos ou novas informações. Em caso de dúvida, favor entrar em contato com Marcos Franken (fone 9102-8285), Flávio Castro (fone 8122-3436) ou diretamente com o Comitê de Ética em pesquisa da UFRGS (fone 3308-3629) Este termo foi elaborado em duas vias. Uma delas ficará em seu poder e a outra com o pesquisador.

Nome e assinatura pesquisador

Nome e assinatura do colaborador

Data ___/___/___

Anexo 2

	U F R G S UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	PRÓ-REITORIA DE PESQUISA Comitê De Ética Em Pesquisa Da Ufrgs	
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

CARTA DE APROVAÇÃO

Comitê De Ética Em Pesquisa Da Ufrgs analisou o projeto:

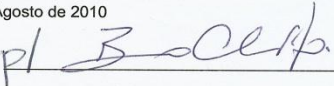
Número: 17367
Título: CONCENTRAÇÃO DE TRIPTOFANO E VARIÁVEIS CINEMÁTICAS A DIFERENTES PERCENTUAIS DA VELOCIDADE CRÍTICA NO NADO CRAWL

Pesquisadores:
Equipe UFRGS:

FLAVIO ANTONIO DE SOUZA CASTRO - coordenador desde 01/05/2009
RICARDO PETERSON SILVEIRA - pesquisador desde 01/05/2009
Marcos Franken - pesquisador desde 01/05/2009

Comitê De Ética Em Pesquisa Da Ufrgs aprovou o mesmo, em reunião realizada em 19/08/2010 - Sala de Reuniões do Gabinete do Reitor (Ex Salão Vermelho) - Prédio Reitoria, 6º andar, por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde.

Porto Alegre, Quinta-Feira, 19 de Agosto de 2010



JOSE ARTUR BOGO CHIES
Coordenador da comissão de ética

1

Anexo 3**Escala RPE de 15 pontos de Borg (BORG, 2000)**

- 6 Sem nenhum esforço**
- 7**
- Extremamente leve**
- 8**
- 9 Muito leve**
- 10**
- 11 Leve**
- 12**
- 13 Um pouco intenso**
- 14**
- 15 Intenso (pesado)**
- 16**
- 17 Muito intenso**
- 18**
- 19 Extremamente intenso**
- 20 Máximo esforço**

Anexo 4

Inventário de preferência lateral

Por favor, indique suas preferências na utilização das mãos nas seguintes atividades, selecionando a coluna apropriada. Sempre quando a preferência for tão forte que você nunca iria tentar utilizar o outro lado, a menos que seja obrigado a utilizar, marque 2 quadros. Se em qualquer caso, você é realmente indiferente, coloque uma marca em ambas as colunas.

Algumas das atividades listadas abaixo requerem o uso das duas mãos. Nestes casos, a parte da tarefa, ou objeto, de preferência da mão que se deseja é indicado entre parênteses.

Por favor, tente responder a todas as perguntas. Deixe um espaço em branco, se você não possui nenhuma experiência com o objeto ou a tarefa.

Contagem dos pontos:

Some o número de quadros de cada coluna. Adicione o total de pontos da coluna esquerda e o total da coluna direita e coloque essa soma no "total cumulativo". Subtraia o número total de pontos da coluna esquerda esquerda pelo total da direita e entra na "Diferença". Divida a "Diferença" pelo total cumulativo e multiplique por 100 e obtém o resultado.

Interpretação do resultado:

Esquerdo = valor abaixo de - 40.

Ambidestro = valor entre - 40 e + 40.

Direito = valor acima de + 40.

	Esquerdo	Direito
1. Escrever	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2. Desenhar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3. Arremessar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4. Utilizar a tesoura	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5. Escovar os dentes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6. Segurar a faca (sem o garfo)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7. Levantar a bola	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8. Varrer (espaço superior)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9. Ascender o fósforo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10. Abrir o box	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<u>Total (soma das duas colunas)</u>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Diferença	Total cumulativo	Resultado
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Anexo 5



REGISTRO ALIMENTAR

O objetivo deste registro é conhecer os seus hábitos alimentares. Para que eles estejam o mais próximo possível da sua realidade, é importante que você anote TUDO o que comer e beber neste dia, durante as refeições e entre elas. Anote as quantidades (raso, cheio), as medidas caseiras (copo de requeijão, xícara, colher de sopa/chá, concha média, prato raso/fundo). Detalhe o tipo de alimento consumido, se o pão é integral ou branco, se o suco é artificial ou natural, se adoçou com açúcar ou adoçante, se o leite é desnatado ou integral, se comeu alguma fruta ou salada, especificar qual (por exemplo maçã, banana, rúcula, tomate, etc). Sempre que possível, procure anotar as marcas dos fabricantes (por exemplo, requeijão *nestlé*, pão de sanduíche *nutrella*, etc.), indicar quando o alimento for *light* ou *diet*. Seja o mais preciso e honesto possível, é melhor superestimar a quantidade de alimento consumido do que subestimar, ou não fazer nenhuma estimativa.

Preencher o registro alimentar em dois dias da semana e um dia do final de semana.

Exemplo de preenchimento:

Hora	Lugar	Medida Caseira	Alimento	Marca
7:00	Casa	1 copo de requeijão	Leite Integral	Santa Clara
		1 colher de sopa cheia	Achocolatado	Nescau
		2 fatias	Pão de Sanduíche	Seven Boys
		1 colher de sopa rasa 1 fatia média	Margarina Queijo lanche	Becel
10:00	Fora	1 unidade	Barra Cereal Banana	Nutry
13:00	Fora	1 bife grande	Carne de gado magra	
		8 colheres de sopa	Arroz	
		1 concha média	Feijão	
		2 colheres sopa cheias	Vagem Cozida	
		3 folhas médias 1 colher sopa rasa	Alface Azeite de Oliva	

		2 pegadores	Batata Frita	
16:00	Fora	1 unidade média 1 pote 200 ml	Maçã Iogurte de Morango	Elegê
18:00	Casa	6 unidades 1 lata	Bolacha Cream Craker Coca Cola Light	Nestlé
20:30	Casa	1 prato raso cheio 6 colheres de sopa 1 bife médio ½ unidade 2 rodela grandes 1 copo requeijão 2 unidades	Macarrão Cozido Molho de Tomate Peito de Frango Cenoura crua ralada Tomate Suco de Uva Bombom Sonho de Valsa	Pomarola Tang Lacta

Contato:

Nutricionista Geórgia Becker
Telefone: (51) 9952 1616

NOME:

	DATA: / /
_____H	
_____H	
_____H	
_____h	

____H	
____H	
____H	

NOME:

	DATA: / /
____H	
____H	

_____H	
_____h	
_____H	
_____H	
_____H	

Anexo 6**Características dos Registros Alimentares**

Característica	Registro Alimentar Série VC95	Registro Alimentar Série VC100	p
Valor energético total (kcal)	3701,76 ± 1270,61	3070,06 ± 1215,63	0,017*
Valor energético total (kcal/Kg)	52,02 ± 20,90	43,48 ± 19,86	0,017*
Carboidratos (%)	48,37 ± 7,13	50,74 ± 9,33	0,211
Carboidratos (g)	436,67 ± 132,34	382,37 ± 157,25	0,241
Proteínas (%)	19,19 ± 4,95	20,72 ± 5,20	0,231
Proteínas (g)	175,44 ± 71,33	155,47 ± 69,96	0,013*
Proteínas (g/kg)	2,45 ± 1,12	2,19 ± 1,13	0,013*
PAVB (g)	121,05 ± 80,61	122,61 ± 79,37	0,721
Lipídios (%)	32,42 ± 5,78	29,52 ± 7,53	0,059
Lipídios (g)	128,77 ± 68,06	101,36 ± 61,57	0,090
Período de jejum (min)	154,64 ± 53,90	159,28 ± 58,22	0,733

* diferença significativa entre os registros alimentares das séries VC95 e VC100 (p < 0,05).