

# Análise integrada das alterações fisiológicas e biomecânicas em nadadores competitivos: um estudo longitudinal de 60 semanas

## Autores

Rodrigo Zacca<sup>1,2,3</sup>; David B. Pyne<sup>4</sup>; Flávio A. De Souza Castro<sup>5</sup>; Ricardo J. Fernandes<sup>1,2</sup>

[rodrigozacca@yahoo.com.br](mailto:rodrigozacca@yahoo.com.br)

## Resumo

Neste estudo longitudinal, flutuações do perfil fisiológico e biomecânico de jovens nadadores foram mensuradas durante um período que compreende o término de uma época desportiva, as férias escolares e toda a época desportiva seguinte, em uma tentativa de compreender, de maneira integrada, a dinâmica de “perdas e ganhos” destes dois domínios, e suas relações com o desempenho de jovens nadadores. A realização de um protocolo (T400) com calorimetria indireta e em situação ecológica de nado, em cinco momentos de avaliação durante 60 semanas, proporcionou identificar as mudanças no perfil fisiológico e biomecânico de jovens nadadores. Verificamos, com estes nadadores e nestas circunstâncias, que um macrociclo foi suficiente para que ambos os géneros alcançassem desempenhos similares aos obtidos ao final da época anterior.

*Palavras-chave:* Fisiologia; Cinética do consumo de Oxigênio; Biomecânica; Natação; Longitudinal; Férias

---

<sup>1</sup> Centro de Investigação, Formação, Inovação e Intervenção em Desporto (CIF12D), Universidade do Porto, Porto, Portugal

<sup>2</sup> Laboratório de Biomecânica do Porto, Universidade do Porto, Porto, Portugal

<sup>3</sup> CAPES Foundation, Ministry of Education of Brazil, Brasília, Brazil

<sup>4</sup> Research Institute for Sport and Exercise, University of Canberra, Canberra, Austrália

<sup>5</sup> Grupo de Pesquisa em Esportes Aquáticos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

## Introdução

Nadadores jovens normalmente gozam de férias durante de quatro a seis semanas no intervalo entre duas épocas desportiva, que pode variar de acordo com o calendário de cada federação nacional de natação (Garrido et al., 2010). Os efeitos da duração da interrupção do treinamento e seu impacto no desempenho não são bem relatados para nadadores jovens. Não está claro com são as flutuações das características fisiológicas e biomecânicas durante as férias, o tempo necessário para recuperar cada uma destas perdas, e nem como é a dinâmica de retorno aos valores iniciais das variáveis.

A literatura sobre as principais mudanças em âmbito fisiológico e biomecânico em nadadores jovens durante uma época desportiva é escassa (Santhiago et al. 2009; Santhiago et al. 2011; Morgado et al. 2018), e uma análise das relações entre estes domínios e as flutuações no desempenho foram raramente exploradas (Ayabakan et al. 2006; Csajagi et al. 2015; Kavouras et al. 1996). Flutuações na massa corporal, estatura, envergadura e índice de massa corporal podem influenciar os aspetos relacionados à técnica, que influenciam os aspectos fisiológicos e conseqüentemente o desempenho dos nadadores (Sammoud et al. 2018; Lätt et al. 2010). O desempenho durante uma prova de natação depende da conversão potência metabólica em potência mecânica por meio de uma determinada eficiência energética (Figueiredo et al. 2013). A potência metabólica ( $\dot{E}$ , dispêndio energético por unidade de tempo) o custo energético (C, o dispêndio energético para cumprir uma determinada distância ao nadar em uma determinada velocidade) tem sido estimados em natação por meio de calorimetria indireta e reportados como métodos robustos para serem implementados em testes de rotina em nadadores (Sousa et al. 2013).

O consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ), parâmetro fisiológico tradicional durante testes de do sistema cardiorrespiratório, e a concentração de lactato sanguíneo ( $[La^-]$ ) durante um determinado esforço de nado podem variar ao longo de uma época desportiva em resposta à administração da carga de trabalho proposta pelo treinador. Embora a análise da cinética do  $\dot{V}O_2$  forneça um panorama detalhado dos determinantes fisiológicos para o desempenho em natação (Reis et al. 2012), nenhum estudo quantificou a cinética do  $\dot{V}O_2$  durante a transição de uma época desportiva para outra em nadadores jovens, na tentativa de compreender melhor a dinâmica de recuperação da piora do desempenho oriunda do período de férias escolares durante a época

seguinte. É possível que as flutuações em aspetos fisiológicos e biomecânicos não corram em paralelo durante o processo de “recuperação o tempo perdido” das férias visando, a seguir, um degrau acima no desempenho dos jovens nadadores. Assim, o objetivo deste estudo longitudinal foi identificar as mudanças no perfil fisiológico e biomecânico de jovens nadadores durante um período que compreende o término de uma época desportiva, as férias e toda a época desportiva seguinte, tentando compreender, de maneira integrada, a dinâmica de “perdas e ganhos” destes dois domínios, e suas relações com o desempenho de nado no desenvolvimento do jovem nadador.

## **Métodos**

Os nadadores de uma mesma equipa e de um mesmo treinador foram avaliados enquanto eram submetidos regularmente à um programa de periodização tradicional clássicas de três picos proposto pelo próprio treinador. As avaliações foram realizadas ao final da época anterior (Pré-Férias), após o período de 4 semanas de férias (Pós-Férias) e após cada um dos três macrociclos da época seguinte. Todos momentos de avaliação foram realizados após a principal competição de cada um dos macrociclos. O estágio de maturação sexual foi verificado antes do primeiro momento de avaliação. As avaliações foram realizadas em uma piscina indoor de 25-m, com temperatura média da água, ar ambiente e humidade relativa controladas. Após um aquecimento de ~800-m em nado crawl em intensidade moderada, cada nadador realizou um teste máximo de 400-m em nado crawl (T400) para verificação do desempenho (s) e obtenção das variáveis fisiológicas e biomecânicas (Smith et al. 2002; Zacca et al. 2017).

## **Participantes**

Dez nadadores juvenis de nível nacional de uma mesma equipa competitiva, entre estágio púbere tardio e pós-púbere (6 género masculino: 15 anos 3 meses  $\pm$  1 ano 0 mês; 4 género feminino: 14 anos 2 meses  $\pm$  9 meses) foram voluntários para fazer parte deste estudo. Todos tinham pelo menos 5 anos de experiência competitiva e treinando entre 6-7 sessões semanais em piscina e 2-3h semanais em seco, na mesma equipa e sob orientação do mesmo treinador.

## Design de Estudo

Esse estudo prospetivo de grupo único seguiu um delineamento longitudinal. Os pais dos nadadores foram informados sobre os benefícios e riscos de participar do estudo atual antes de assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido, que foi aprovado pelo comitê de ética da universidade local e realizado de acordo com a Declaração de Helsinque.

## Procedimentos

Metodologias padronizadas foram usadas para quantificar a carga de trabalho aplicada aos jovens nadadores durante todos período de avaliação (Mujika et al. 1996). A carga de trabalho em unidades arbitrárias de treinamento (U.T.) e o volume foram monitorados durante 60-semanas (últimas 12 semanas da antes das férias (4 semanas) + 48 semanas da época desportiva). A Figura. 1 sumariza a carga de trabalho e o volume durante as 60-semanas.

As medidas de massa corporal, estatura, envergadura e índice de massa corporal foram obtidas por um antropometrista Nível I creditado pela *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*. A idade (anos e meses) foi calculada a partir da data de nascimento do nadador e a data do primeiro momento de avaliação. O estágio maturacional foi verificado por meio de autoavaliação (Tanner and Whitehouse 1976). Dados cardiorrespiratórios foram obtidos respiração a respiração por meio de um analisador de gases portátil (K4b<sup>2</sup>, Cosmed, Rome, Italy) conectados a um snorkel com válvula respiratória, calibrados de acordo com as normas do fabricante (AquaTrainer®, Cosmed, Rome, Italy; Ribeiro et al., 2016; de Jesus et al. 2014). Amostras de sangue para medição da concentração de lactato foram coletadas do lóbulo da orelha antes e imediatamente após o T400 ao 1<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup> e 7<sup>o</sup> minuto o período de recuperação ( $[La^-]_{pico}$ ; Lactate Pro analyzer, Arkray, Inc, Kyoto, Japan). A modelagem dos dados foi realizada conforme Zacca et al. (2018). O dispêndio energético total foi estimado como a soma das contribuições aeróbias (Aer), anaeróbia láctica (AnL) e alática (AnAL) (Sousa et al. 2014; Zamparo et al. 2011). O custo energético (C) foi obtido pela razão entre dispêndio energético total e distância, e a potência metabólica ( $\dot{E}$ , em kW) foi estimada pela razão entre o dispêndio energético total e o desempenho (s) do T400 (Zamparo et al. 2011). Câmeras de superfície e sub-aquáticas (50 Hz, Sony® Handycam HDR-CX130, Japan) foram sincronizadas com

Adobe Premiere Pro CC (v2015, Adobe Systems, San Jose, California, USA) por meio de flash de luz ativado antes de cada teste. A  $v$  de cada intervalo de 100-m foi mensurada do tempo necessário para completar os 10 m intermediários em cada um dos trechos ( $v = d/t_{10}$ , onde  $d = 10$  m e  $t_{10}$  = tempo de 10 m) e a  $v$  do T400 foi calculada como a média dos quatro intervalos de 100-m. Frequência de braçadas (FB) foi computada do tempo necessário para completar três ciclos consecutivos com os membros superiores. O comprimento de braçadas (CB) foi calculado da razão entre  $v$  and a FB correspondente, e o índice de nado (IN), uma medida de eficiência de nado, calculada pelo produto entre  $v$  e CB (Costill et al. 1985).

### **Análise Estatística**

Estatística descritiva foi obtida, onde dados são apresentados com média e desvio padrão, e a normalidade (Shapiro–Wilk) dos dados foi verificada. Nós aplicamos a ANOVA de medidas repetidas, verificando o efeito principal do gênero (fator de efeito entre-sujeitos), e aplicando teste post hoc (Bonferroni) para analisar as diferenças entre o primeiro e cada um dos demais momentos de avaliação. Ainda, aplicamos o coeficiente de correlação intraclassa para a verificar a homogeneidade entre os momentos de avaliação. Valores menores que 0.5, entre 0.5 e 0.75, entre 0.75 e 0.9 e maiores que 0.90 são indicativos de confiabilidade “fraca”, “moderada”, “boa” e “excelente”, respetivamente (Koo & Li 2016). O alfa foi fixado em 5% e os dados foram analisados com SPSS, versão 24 (SPSS Inc, Chicago, Ill, USA).

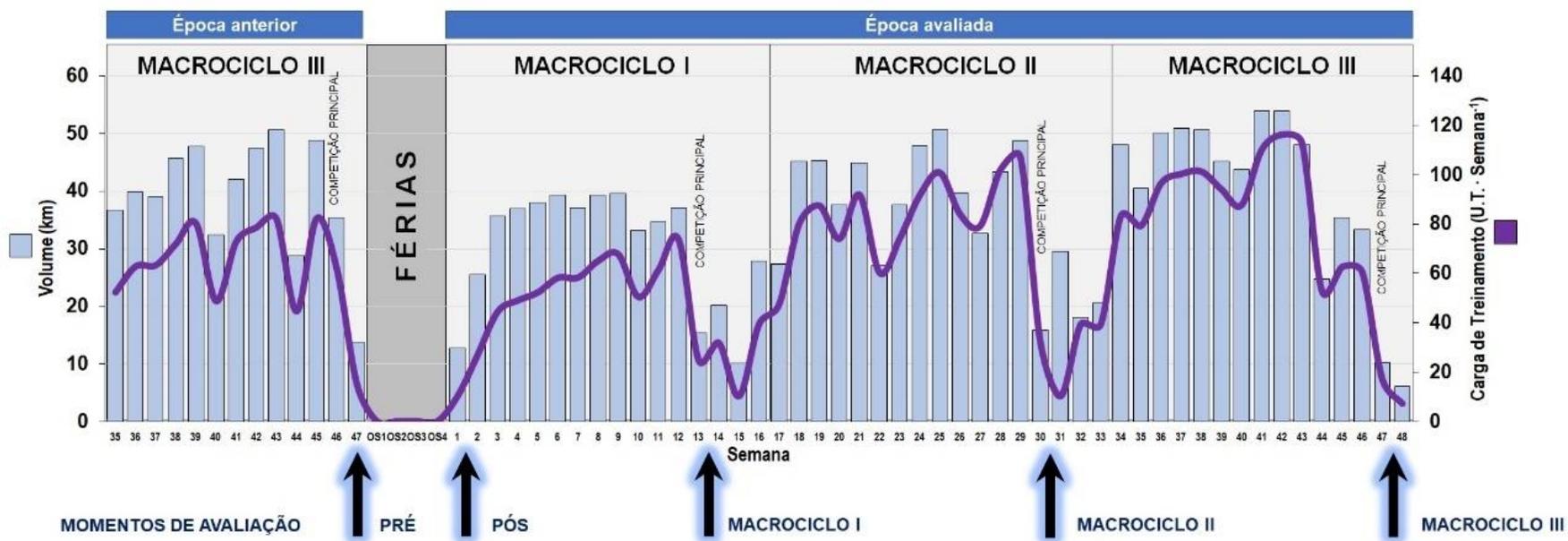


Figura. 1 Carga de trabalho (U.T.) e volume (km) semanal realizado pelos nadadores deste estudo.

**Tabela 1:** Interação do género, efeito do momento de avaliação e mudanças nas variáveis fisiológicas durante os cinco momentos de avaliação.

	Interação		Momentos de Avaliação									
	Género	Efeito do Momento	Pré Férias	Pós Férias	Macroциclo I		Macroциclo II		Macroциclo III			
	P (Eta <sup>2</sup> )	P (Eta <sup>2</sup> )	Média±DP	Média±DP	Média±DP	Média±DP	Média±DP	Média±DP	Média±DP			
<b>Desempenho (s) ♂</b>	0.033(0.73)	< 0.001(1.0)	334.0±25.1	335.9±19.3	350.5±21.5	356.1±19.9*	315.5±18.9	322.3±19.8	307.3±14.1 <sup>#</sup>	318.0±18.2*	307.6±10.3 <sup>#</sup>	321.9±24.2
<b>Desempenho (s) ♀</b>			338.7±7.1		364.5±16.1		332.5±18.7		334.0±9.4 <sup>#</sup>		343.2±23.8 <sup>#</sup>	
<b>v (m·s<sup>-1</sup>) ♂</b>	0.007(0.88)	< 0.001(1.0)	1.19±0.07	1.20±0.59	1.09±0.05	1.08±0.05*	1.19±0.06	1.18±0.07	1.25±0.04 <sup>#</sup>	1.21±0.06	1.22±0.10	1.18±0.10
<b>v (m·s<sup>-1</sup>) ♀</b>			1.20±0.03		1.06±0.07		1.16±0.09		1.15±0.03 <sup>#</sup>		1.11±0.06	
<b>FB (ciclos·min<sup>-1</sup>) ♂</b>	0.012(0.32)	< 0.001(1.0)	32.2±3.5	33.8±3.4	29.0±2.5 <sup>#</sup>	30.2±2.5	33.6±2.7	34.1±2.5	34.29±1.9	34.2±1.6	33.8±2.7	33.8±2.3
<b>FB (ciclos·min<sup>-1</sup>) ♀</b>			36.3±1.3		32.0±0.7 <sup>#</sup>		34.9±2.3		34.1±1.3		33.7±2.0	
<b>CB (m) ♂</b>	0.509(0.09)	0.555(0.08)	2.24±0.21	2.14±0.21	2.27±0.16 <sup>#</sup>	2.16±0.19*	2.14±0.12	2.08±0.16	2.20±0.12 <sup>#</sup>	2.13±0.12	2.18±0.16 <sup>#</sup>	2.10±0.16
<b>CB (m) ♀</b>			2.00±0.12		1.99±0.09 <sup>#</sup>		1.99±0.19		2.03±0.01 <sup>#</sup>		1.97±0.04 <sup>#</sup>	
<b>IN (m<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>) ♂</b>	0.402(0.115)	0.019(0.30)	2.68±0.30	2.57±0.29	2.48±0.19 <sup>#</sup>	2.34±1.27*	2.56±0.20	2.46±0.29	2.75±0.19 <sup>#</sup>	2.59±0.25	2.69±0.35 <sup>#</sup>	2.49±0.37
<b>IN (m<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>) ♀</b>			2.41±0.21		2.13±0.24 <sup>#</sup>		2.33±0.38		2.34±0.06 <sup>#</sup>		2.20±0.13 <sup>#</sup>	
<b>Estatura (cm) ♂</b>	0.037(0.43)	<0.001(0.76)	169±2 <sup>#</sup>	166±6	170±3	167±6	171±2 <sup>#</sup>	167±6*	172±3 <sup>#</sup>	168±7*	173±3 <sup>#</sup>	169±7*
<b>Estatura (cm) ♀</b>			161±7 <sup>#</sup>		162±7		162±7 <sup>#</sup>		163±7 <sup>#</sup>		163±8 <sup>#</sup>	
<b>Massa Corporal (kg) ♂</b>	0.760(0.01)	0.494(0.07)	66.3±11.2	61.8±11.5	67.4±10.7	62.7±11.8	66.6±7.0	62.5±9.3	67.3±6.0	63.0±8.9	67.8±5.2	63.5±8.7
<b>Massa Corporal (kg) ♀</b>			54.9±9.4		55.5±10.6		56.5±9.7		56.7±9.5		57.2±9.7	
<b>Envergadura (cm) ♂</b>	0.175(0.19)	<0.001(0.78)	174±6	171±9	176±6	172±9*	177±6	173±9*	177±6	174±9*	178±6	174±9*
<b>Envergadura (cm) ♀</b>			166±11		167±12		168±11		168±11		168±11	
<b>IMC (kg·m<sup>-2</sup>) ♂</b>	0.541(0.06)	0.893(0.00)	23.1±3.4	22.2±3.0	23.2±3.5	22.3±3.2	22.7±2.1	22.0±2.1	22.6±1.7	22.0±1.8	22.6±1.4	22.0±1.6
<b>IMC (kg·m<sup>-2</sup>) ♀</b>			20.9±1.9		20.8±2.3		21.1±1.9		21.1±1.7		21.2±1.7	

♂: género masculino; ♀: género feminino; v: velocidade de nado; FB: frequência de braçada; CB: comprimento de braçada; IN: índice de nado; IMC: Índice de massa corporal

\* Diferenças significativas quando comparado com o momento "Pré-Férias" ( $p \leq 0.05$ );

# Diferenças significativas entre ♂ e ♀ ( $p \leq 0.05$ ).

**Tabela 2:** Interação do género, efeito do momento de avaliação e mudanças nas variáveis biomecânicas durante os cinco momentos de avaliação.

	Interação		Efeito do					Momentos de Avaliação				
	Género	Momento	Pré Férias		Pós Férias		Macro ciclo I		Macro ciclo II		Macro ciclo III	
			Média±DP	Média±DP	Média±DP	Média±DP	Média±DP	Média±DP	Média±DP	Média±DP	Média±DP	
P (Eta <sup>2</sup> )	P (Eta <sup>2</sup> )											
<b>MRT (s) ♂</b>			36.5±8.8	36.6±10.5	40.4±12.6	43.7±23.2	28.1±4.6	28.7±7.2	36.9±9.3	38.9±9.4	32.8±13.1	33.4±12.0
<b>MRT (s) ♀</b>	0.819(0.02)	0.108(0.24)	36.7±14.3		48.5±36.0		29.5±10.9		41.8±10.1		34.4±12.1	
<b>A<sub>p</sub> (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) ♂</b>			39.1±7.0	38.4±5.4	36.2±6.5	34.6±5.4 <sup>†</sup>	41.2±3.3	38.5±6.9	49.6±3.8 <sup>#</sup>	42.4±10.2	49.4±4.6 <sup>#</sup>	45.0±8.6
<b>A<sub>p</sub> (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) ♀</b>	0.006(0.35)	0.002(0.41)	37.3±2.1		32.4±2.5		34.5±9.5		31.7±5.7 <sup>#</sup>		38.4±9.6 <sup>#</sup>	
<b>VO<sub>2</sub> (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) ♂</b>			46.8±8.3	45.7±6.6	47.1±7.2 <sup>#</sup>	43.3±7.5	52.0±5.6	49.2±6.9	56.5±6.5 <sup>#</sup>	51.6±8.7	58.5±5.7 <sup>#</sup>	53.5±8.7
<b>VO<sub>2</sub> (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) ♀</b>	0.025(0.28)	< 0.001(1.0)	44.0±3.0		37.5±2.6 <sup>#</sup>		44.9±7.0		44.3±6.3 <sup>#</sup>		46.1±7.22 <sup>#</sup>	
<b>A<sub>sc</sub> (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) ♂</b>			0.8±4.1	0.8±3.4	2.4±0.9	1.8±1.4	2.6±1.9	2.1±1.7	0.0±3.1	0.3±2.6	2.4±1.9	2.7±1.2
<b>A<sub>sc</sub> (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) ♀</b>	0.511(0.07)	0.162(0.20)	0.9±2.7		0.9±1.8		1.4±1.4		0.8±2.1		3.0±1.3	
<b>[La<sup>-</sup>]<sub>pico</sub> (mmol·L<sup>-1</sup>) ♂</b>			5.1±0.5	4.9±0.5	6.9±2.9	6.2±2.6	5.8±1.3	5.3±1.5	6.9±2.1	6.8±1.6	7.0±1.6	6.2±1.9
<b>[La<sup>-</sup>]<sub>pico</sub> (mmol·L<sup>-1</sup>) ♀</b>	0.701(0.06)	0.091(0.21)	4.6±0.4		5.2±1.9		4.6±1.6		6.6±0.9		5.0±1.9	
<b>HR (bpm) ♂</b>			181±5	186±8	180±5	182±5	183±8	183±7	180±9	184±9	183±4	185±5
<b>HR (bpm) ♀</b>	0.451(0.11)	0.496(0.11)	191±9		184±5		185±8		189±7		188±4	
<b>Aer (%) ♂</b>			88.3±3.1	88.3±2.3	87.4±2.2	87.1±2.3	88.2±1.4	88.2±1.5	88.0±2.5	87.3±2.1	88.6±1.1	88.5±108
<b>Aer (%) ♀</b>	0.723(0.06)	0.125(0.19)	88.4±0.8		86.7±2.7		88.1±1.9		86.4±1.0		88.5±2.8	
<b>AnL (%) ♂</b>			3.8±1.4	3.6±1.1	5.2±2.3	4.9±2.3	4.5±1.1	4.1±1.3	5.2±2.0	5.3±1.6 <sup>*</sup>	4.8±0.93	4.4±1.4
<b>AnL (%) ♀</b>	0.846(0.04)	0.083(0.22)	3.4±0.3		4.4±2.6		3.7±1.6		5.5±0.7		3.8±1.9	
<b>AnAL (%) ♂</b>			7.8±1.6	7.9±1.3	7.2±1.1 <sup>#</sup>	7.8±1.1	7.2±0.9	7.5±1.0	6.7±0.7	7.2±1.1	6.5±0.6 <sup>#</sup>	6.9±0.9
<b>AnAL (%) ♀</b>	0.249(0.15)	0.020(0.29)	8.0±0.6		8.7±0.2 <sup>#</sup>		8.0±1.1		8.0±1.2		7.6±0.9 <sup>#</sup>	
<b>Ė (kW) ♂</b>			1.07±0.13 <sup>#</sup>	0.97±0.17	1.11±0.07 <sup>#</sup>	0.95±0.21	1.25±0.10 <sup>#</sup>	1.10±0.22	1.35±0.07 <sup>#</sup>	1.16±0.25	1.42±0.10 <sup>#</sup>	1.21±0.28
<b>Ė (kW) ♀</b>	0.016(0.31)	<0.001(0.63)	0.83±0.11 <sup>#</sup>		0.72±0.10 <sup>#</sup>		0.87±0.07 <sup>#</sup>		0.88±0.04 <sup>#</sup>		0.90±0.09 <sup>#</sup>	
<b>C (kJ·m<sup>-1</sup>) ♂</b>			0.90±0.16	0.82±0.16	0.97±0.08 <sup>#</sup>	0.84±0.18	0.98±0.05 <sup>#</sup>	0.88±0.14	1.04±0.03 <sup>#</sup>	0.91±0.16	1.08±0.04 <sup>#</sup>	0.96±0.17
<b>C (kJ·m<sup>-1</sup>) ♀</b>	0.334(0.13)	0.004(0.37)	0.71±0.10		0.65±0.11 <sup>#</sup>		0.72±0.07 <sup>#</sup>		0.73±0.03 <sup>#</sup>		0.77±0.08	

♂: género masculino; ♀: género feminino; MRT: tempo de resposta médio; A<sub>p</sub>: amplitude da componente rápida; A<sub>sc</sub>: amplitude da componente lenta; [La<sup>-</sup>]<sub>pico</sub>: pico de concentração de lactato;

Aer: aeróbio; AnL: anaeróbio láctico; AnAL: anaeróbio aláctico; Ė: potência metabólica; C: custo energético; IMC: índice de massa corporal.

\* Diferenças significativas quando comparado com o momento "Pré-Férias" (p ≤ 0.05);

# Diferenças significativas entre ♂ e ♀ (p ≤ 0.05).

**Tabela 3. Coeficiente de correlação intraclasse de variáveis biomecânicas e fisiológicas entre os cinco momentos de avaliação.**

Variáveis	Coeficiente de Correlação Intraclasse		95%IC (Limite inferior e superior)		P
<b>Biomecânicas</b>					
Desempenho	0.910	Excelente	0.776	0.974	< 0.001
Velocidade	0.887	Bom	0.718	0.968	< 0.001
Frequência de Braçada	0.864	Bom	0.660	0.961	< 0.001
Comprimento de Braçada	0.930	Excelente	0.827	0.980	< 0.001
Índice de Nado	0.924	Excelente	0.811	0.979	< 0.001
Estatura	0.997	Excelente	0.993	0.999	< 0.001
Massa Corporal	0.986	Excelente	0.965	0.996	< 0.001
Envergadura	0.999	Excelente	0.997	1.000	< 0.001
IMC	0.966	Excelente	0.916	0.990	< 0.001
<b>Fisiológicas</b>					
MRT	0.751	Bom	0.378	0.929	0.001
A <sub>p</sub>	0.816	Bom	0.541	0.948	< 0.001
VO <sub>2</sub>	0.939	Excelente	0.848	0.983	< 0.001
A <sub>sc</sub>	0.642	Moderado	0.107	0.898	0.014
[La <sup>-</sup> ] <sub>pico</sub>	0.640	Moderado	0.103	0.898	0.014
FC	0.866	Bom	0.666	0.962	< 0.001
Contribuição Aer	0.827	Bom	0.569	0.951	< 0.001
Contribuição AnL	0.696	Moderado	0.241	0.914	0.005
Contribuição AnAL	0.901	Excelente	0.752	0.972	< 0.001
É	0.957	Excelente	0.893	0.988	< 0.001
C	0.952	Excelente	0.880	0.986	< 0.001

Valores menores que 0.5, entre 0.5 e 0.75, entre 0.75 e 0.9 e maiores que 0.90 são indicativos de confiabilidade fraca, moderada, boa e excelente, respetivamente (Koo e Li 2016).

MRT: tempo de resposta médio; A<sub>p</sub>: amplitude da componente rápida; A<sub>sc</sub>: amplitude da componente lenta;

[La<sup>-</sup>]<sub>pico</sub>: pico de concentração de lactato;

Aer: aeróbio; AnL: anaeróbio láctico; AnAL: anaeróbio aláctico;

É: potência metabólica; C: custo energético;

IMC: índice de massa corporal.

## Resultados

Interação do género foi observada apenas para desempenho (grande),  $v$  (grande), FB (moderado) e estatura (moderado) nas variáveis biomecânicas, e para  $A_p$  (moderado),  $\dot{V}O_2$  (moderado) e  $\dot{E}$  (moderado) nas variáveis fisiológicas (Tabela 1 e 2). Os valores coeficiente de correlação intraclassa sugeriram “boa”-“excelente” homogeneidade entre os momentos de avaliação para a grande maioria das variáveis estudadas (Tabela 3).

O afastamento após quatro semanas de interrupção do treinamento em piscina prejudicou o desempenho,  $v$ , CB e IN do T400 no início da temporada de treinamento (Tabela 1). Também foi possível observar na Tabela 1 que a recuperação desta queda nos aspetos biomecânicos verificada no Pós férias foi atingida após o macrociclo I. Paralelo à estas mudanças, o aumento da envergadura foi significativo imediatamente após o período das férias. Embora as nadadoras tenham recuperado o desempenho perdido no Pós férias logo após o macrociclo I, o rendimento delas não foi progressivo como esperado ao longo da época desportiva, o que se refletiu diretamente nos valores de interações significativos encontrados para “momento de avaliação \* género” em algumas variáveis biomecânicas e fisiológicas (Tabela 1 e 2), i.e. as mudanças entre os momentos não correram em paralelo quando comparado nadadores e nadadoras. Além disso, os nadadores apresentaram um aumento significativo para valores de estatura ( $\eta^2 = 0.83$ ;  $p < 0.001$ ) e envergadura ( $\eta^2 = 0.84$ ;  $p < 0.001$ ) quando comparado com a primeira avaliação, o que não ocorreu com as nadadoras ( $p > 0.05$ ).

Em relação as variáveis fisiológicas (Tabela 2), uma significativa queda na  $A_p$  da cinética do  $\dot{V}O_2$  foi observada após as férias, mas que também foi recuperada pelos nadadores ao final do macrociclo I. As contribuições energéticas de Aer, AnL e AnAL se mantiveram relativamente estáveis ao longo dos momentos de avaliação, sendo observado apenas um pequeno aumento na contribuição anaeróbia láctica (AnL) após o macrociclo II em relação à primeira avaliação. Embora as flutuações de potência metabólica ( $\dot{E}$ ) e custo energético (C) ao longo de cada avaliação da época não apresentaram valores significativos, é possível observar que os valores médios aumentaram de maneira progressiva. Ainda, ao contrário da potência metabólica, não foi observada interação significativa entre “momento de avaliação \* género” para o C, i.e. as flutuações do C para nadadores e nadadoras entre os momentos correram em

paralelo. Mesmo assim, é possível verificar que as melhoras dos valores médios do desempenho entre cada momento de avaliação parecem estarem atribuídas as maiores alterações na  $\dot{E}$  do que em C, mesmo estas não tendo apresentado valores significativos (Tabela 2).

## Discussão

Os nadadores deste estudo apresentaram uma piora no desempenho após as 4 semanas de férias, apesar poucas flutuações significativas observadas em variáveis biomecânicas e fisiológicas. Apesar das diferenças verificadas para alguns valores médios entre nadadores e nadadoras, os resultados deste estudo sugerem que grande maioria das flutuações nas variáveis fisiológicas e biomecânicas correm em paralelo. Contudo, é preciso ressaltar que a periodização do treino é um processo dinâmico, e a respostas aos estímulos são suscetíveis a inúmeros fatores. Os resultados deste estudo também sugerem que as perdas sofridas em função das férias são recuperadas ao final do primeiro macrociclo de treinamento da época seguinte. Contudo, melhores desempenho nesta época precisam ser alcançados nos dois macrociclos restantes, o que nos faz refletir sobre como minimizar a perda de desempenho verificada no período de férias do jovem nadador.

O presente estudo é raro, pois variáveis e parâmetros da avaliação da cinética do  $\dot{V}O_2$  em nadadores foram analisados em cunho longitudinal e de forma integrada com variáveis biomecânicas. A queda na  $A_p$  da cinética do  $\dot{V}O_2$  após o período de férias foi recuperada pelos nadadores ao final do macrociclo I, E as contribuições energéticas de Aer, AnL e AnAL se mantiveram relativamente estáveis. O pequeno aumento na contribuição anaeróbia láctica (AnL) após o macrociclo II em relação à primeira avaliação provavelmente esteja relacionado ao aumento progressivos das cargas de treinamento (U.T.) (Figura 1). Estes resultados são consistentes com um programa típico de periodização, onde adaptações fisiológicas e biomecânicas progressivas são necessárias em todos os macrociclos para futuras cargas de trabalho (Turner 2011; Vorontsov 2011).

As flutuações de  $\dot{E}$  e C ao longo de cada avaliação da época não apresentaram valores significativos (talvez pela queda no desempenho por parte das nadadoras), mas os valores médios aumentaram de maneira progressiva. A  $\dot{E}$  apresentou

interação significativa entre “momento de avaliação \* género”, o que não foi observado para o C, i.e. as flutuações do C para nadadores e nadadoras entre os momentos correram em paralelo. Mesmo assim, a melhora dos valores médios do desempenho entre cada momento de avaliação parecem estarem atribuídas as maiores alterações na  $\dot{V}O_2$  do que em C, mesmo estas não tendo apresentado valores significativos (Tabela 2). Como fatores intervenientes, a variabilidade intra e inter-indivíduos e o grau de confiabilidade dos protocolos de testes em nadadores jovens merecem ser levados em consideração (Capelli 1999; Reis et al. 2012). Ainda, a periodização do programa de treinos é um processo dinâmico em que sempre que necessário, mudanças visando a busca pelo melhor desempenho devem ser realizadas (McKay et al. 2016; Vanrenterghem et al. 2017). Ainda que pequenas mudanças no desempenho também estejam associadas a mudanças em algumas variáveis fisiológicas, estas não são expressivas o suficiente para mostrar uma influência consistente das variáveis fisiológicas na melhora do desempenho da natação. Assim, sabendo que o desenvolvimento progressivo da técnica do nadador está intimamente ligado às melhorias fisiológicas, uma base metabólica potente e resistente deve ser sempre o um dos pilares na preparação dos nadadores. Apesar dos nadadores testados estarem em estágio puberdade tardio ou pós púberes, foram sensíveis ao estímulo proposto durante as 60 semanas (últimas 12 semanas da antes das férias (4 semanas) + 48 semanas da época desportiva). Isto reforça a importância de estar ciente a respeito da idade e da maturidade dos nadadores, ou seja, ainda pode haver uma boa “janela de treinabilidade” a ser explorada (McKay et al. 2016).

Concluindo, a realização de um protocolo (T400) com calorimetria indireta e em situação ecológica de nado, em cinco momentos de avaliação durante 60 semanas, proporcionou identificar as mudanças no perfil fisiológico e biomecânico de jovens nadadores. Ficou evidente a importância de se avaliar periodicamente dinâmica destes dois domínios, bem como suas relações com o desempenho do jovem nadador. Verificamos, com estes nadadores e nestas circunstâncias, que um macrociclo foi suficiente para que ambos os géneros alcançassem desempenhos similares aos obtidos ao final da época anterior. Neste sentido sugere-se fortemente que técnicos e pesquisadores busquem alternativas para anteciparem a recuperação desta perda oriunda das férias (redução do período de 4 semanas, programa de atividades para os nadadores realizarem durante o período de férias, etc).

## REFERÊNCIAS

1. Ayabakan C, Akalin F, Mengutay S, Cotuk B, Odabas I, Ozuak A (2006) Athlete's heart in prepubertal male swimmers *Cardiology in the young* 16:61-66
2. Capelli C. Physiological determinants of best performances in human locomotion. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1999;80(4):298-307.
3. Costill DL, Kovaleski J, Porter D, Kirwan J, Fielding R, King D (1985) Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events *International journal of sports medicine* 6:266-270 Csajagi E, Szauder I, Major Z, Pavlik G (2015) Left Ventricular Morphology in Different Periods of the Training Season in Elite Young Swimmers *Pediatric exercise science* 27:185-191
4. de Jesus K, Guidetti L, de Jesus K, Vilas-Boas JP, Baldari C, Fernandes RJ (2014) Which are the best VO<sub>2</sub> sampling intervals to characterize low to severe swimming intensities? *International journal of sports medicine* 35:1030-1036
5. Figueiredo P, Pendergast DR, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ (2013) Interplay of biomechanical, energetic, coordinative, and muscular factors in a 200 m front crawl swim *BioMed research international* 2013:897232
6. Kavouras S, Troup J (1996) Growth and developmental changes in selected characteristics of elite age group swimmers. In: Troup JP, Hollander AP, Strasse D, Trappe SW, Cappaert JM, Trappe TA (Eds.), *BMS VII. Proceedings of the Biomechanics and Medicine in Swimming VII* (pp. 234-240), London E & FN Spon.
7. Lätt E et al. (2010) Physiological, Biomechanical and Anthropometrical Predictors of Sprint Swimming Performance in Adolescent Swimmers *Journal of Sports Science & Medicine* 9:398-404
8. McKay D, Broderick C, Steinbeck K (2016) The Adolescent Athlete: A Developmental Approach to Injury Risk *Pediatric exercise science* 28:488-500
9. Morais JE, Marques MC, Marinho DA, Silva AJ, Barbosa TM (2014) Longitudinal modeling in sports: young swimmers' performance and biomechanics profile *Human movement science* 37:111-122
10. Morgado JP, Monteiro CP, Matias CN, Reis JF, Teles J, Laires MJ, Alves F (2018) Long-term swimming training modifies acute immune cell response to a high-intensity session *European journal of applied physiology* 118:573-583
11. Mujika I, Busso T, Lacoste L, Barale F, Geysant A, Chatard JC (1996) Modeled responses to training and taper in competitive swimmers *Medicine and science in sports and exercise* 28:251-258
12. Reis JF, Alves FB, Bruno PM, Vleck V, Millet GP (2012) Oxygen uptake kinetics and middle distance swimming performance *Journal of science and medicine in sport* 15:58-63
13. Ribeiro J et al. (2016) AquaTrainer(R) Snorkel does not Increase Hydrodynamic Drag but Influences Turning Time *International journal of sports medicine* 37:324-328
14. Sammoud S, Nevill AM, Negra Y, Bouguezzi R, Chaabene H, Hachana Y (2018) 100-m Breaststroke Swimming Performance in Youth Swimmers: The Predictive Value of Anthropometrics *Pediatric exercise science*:1-9

15. Santhiago V, da Silva AS, Papoti M, Gobatto CA (2009) Responses of hematological parameters and aerobic performance of elite men and women swimmers during a 14-week training program *Journal of strength and conditioning research* 23:1097-1105
16. Santhiago V, Da Silva AS, Papoti M, Gobatto CA (2011) Effects of 14-week swimming training program on the psychological, hormonal, and physiological parameters of elite women athletes *Journal of strength and conditioning research* 25:825-832
17. Smith DJ, Norris SR, Hogg JM (2002) Performance evaluation of swimmers: scientific tools *Sports medicine* 32:539-554
18. Sousa A, Figueiredo P, Zamparo P, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ (2013) Anaerobic alactic energy assessment in middle distance swimming *European journal of applied physiology* 113:2153-2158
19. Sousa AC, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ (2014) VO<sub>2</sub> kinetics and metabolic contributions whilst swimming at 95, 100, and 105% of the velocity at VO<sub>2</sub>max *BioMed research international* 2014:675363
20. Tanner JM, Whitehouse RH (1976) Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty *Archives of disease in childhood* 51:170-179
21. Turner A (2011) The Science and Practice of Periodization: A Brief Review *Strength & Conditioning Journal* 33:34-46
22. Vanrenterghem J, Nedergaard NJ, Robinson MA, Drust B (2017) Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways *Sports medicine (Auckland, NZ)* 47:2135-2142
23. Vorontsov A (2011) Strength and power training in swimming. In: Seifert L, Chollet C, & Mujika I (Eds.), *World book of swimming: From science to performance* (pp. 313–343). New York, NY: Nova Science Publishers Inc.
24. Zacca R, Azevedo R, Silveira RP, Vilas-Boas JP, Pyne DB, Castro FAS, Fernandes RJ (2017) Comparison of incremental intermittent and time trial testing in age-group swimmers *Journal of strength and conditioning research*
25. Zamparo P, Capelli C, Pendergast D (2011) Energetics of swimming: a historical perspective *European journal of applied physiology* 111:367-378
26. Garrido, N., Marinho, D. A., Reis, V. M., van den Tillaar, R., Costa, A. M., Silva, A. J., & Marques, M. C. (2010). Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers? *J Sports Sci Med*, 9(2), pp. 300-310.
27. Koo, Terry K., and Mae Y. Li. "A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research." *Journal of chiropractic medicine* 15.2 (2016): 155-163.
28. Zacca, R., Azevedo, R., Chainok, P., Vilas-Boas, J. P., Castro, F. A. D. S., Pyne, D. B., & Fernandes, R. J. (2018). Monitoring Age-Group Swimmers Over a Training Macrocycle: Energetics, Technique, and Anthropometrics. *Journal of strength and conditioning research*.