

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ASSOCIADO EM
EDUCAÇÃO FÍSICA – UEM/UEL

PAULO VICTOR MEZZAROBA

**EFEITO DA IDADE CRONOLÓGICA E
BIOLÓGICA SOBRE VARIÁVEIS
PREDITORAS DE DESEMPENHO EM
CRIANÇAS E ADOLESCENTES
NADADORES**

Maringá
2011

PAULO VICTOR MEZZAROBA

**EFEITO DA IDADE CRONOLÓGICA E
BIOLÓGICA SOBRE VARIÁVEIS
PREDITORAS DE DESEMPENHO EM
CRIANÇAS E ADOLESCENTES
NADADORES**

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação
Associado em Educação Física –
UEM/UEL, para obtenção do título de
Mestre em Educação Física.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado

Maringá
2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

M617e

Mezzaroba, Paulo Victor
Efeito da idade cronológica e biológica sobre
variáveis preditoras de desempenho em crianças e
adolescentes nadadores / Paulo Victor Mezzaroba. --
Maringá, 2011.
xvii, 125 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Fabiana Andrade Machado.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências da Saúde, Departamento
de Educação Física, Programa de Pós-Graduação
Associado em Educação Física - UEM/UEL, 2011.

1. Maturação. 2. Natação. 3. Parâmetro aeróbio.
4. Parâmetro anaeróbio. 5. Índices técnicos. 6.
Treinamento - Avaliação de desempenho. 7.
Treinamento - Desempenho esportivo. I. Machado,
Fabiana Andrade, orient. II. Universidade Estadual
de Maringá. Centro de Ciências da Saúde.
Departamento de Educação Física. Programa de Pós-
Graduação Associado em Educação Física - UEM/UEL.
III. Título.

CDD 21.ed. 797.21

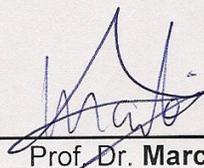
SOI-000216

PAULO VICTOR MEZZAROBA

**EFEITO DA IDADE CRONOLÓGICA E BIOLÓGICA
SOBRE VARIÁVEIS PREDITORAS DE
DESEMPENHO EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES
NADADORES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL, na área de concentração em Biodinâmica do Movimento Humano, para obtenção do título de Mestre.

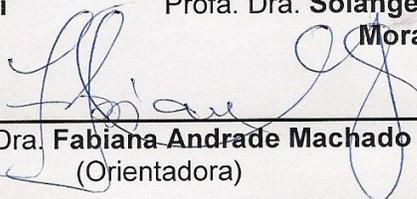
APROVADA em 09 de setembro de 2011.



Prof. Dr. Marcelo Papoti



Profa. Dra. Solange Marta Franzói de Moraes



Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado
(Orientadora)

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família pelo apoio incondicional

Agradecimentos

Agradeço a Deus por fazer do meu caminho nem sempre o mais curto, mas sempre o mais correto e iluminado.

Aos meus pais, Gilmar e Mari, e meu irmão, Michel, pela confiança e dedicação nos meus estudos, e por sempre serem meu porto seguro.

À Marina, minha namorada, pelo carinho, paciência, e sempre incentivar a busca de meus sonhos.

À minha orientadora, Fabiana Andrade Machado, pela oportunidade, aprendizado e valiosa contribuição no meu crescimento profissional e pessoal, sem sombra de dúvidas, minha “mãe acadêmica”.

Aos professores que prontamente auxiliaram na realização do estudo, e que têm papel especial na concretização do mesmo, entre eles, Marcelo Papoti, Wonder Higino e Solange Franzói.

Aos amigos e colegas de Maringá e Presidente Prudente, que auxiliaram nas coletas e na execução do estudo, em especial à minha amiga e companheira da pós-graduação, Cecília Peserico, que esteve presente integralmente durante os dois anos de mestrado.

Por fim, aos grandes merecedores de um “muito obrigado”, os nadadores e técnicos, que abraçaram o projeto e possibilitaram a execução deste estudo em crianças e adolescentes.

MEZZAROBA, Paulo Victor. **Efeito da idade cronológica e biológica sobre variáveis preditoras de desempenho em crianças e adolescentes nadadores**. 2011. 125f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Ciências da Saúde. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

RESUMO

As respostas fisiológicas e adaptativas de crianças e adolescentes às sobrecargas físicas são diferentes daquelas observadas em adultos ou até mesmo entre jovens de diferentes idades cronológicas ou níveis maturacionais. Conhecer e identificar as peculiaridades dessa população em índices que possam auxiliar na prescrição e controle de treinamento é de fundamental importância para melhor adequação da sobrecarga de treinamento e controle dos seus efeitos. O objetivo do presente estudo foi verificar a influência da idade cronológica e biológica nos índices preditores de desempenho de crianças e adolescentes nadadores. Participaram do estudo 46 nadadores com idade cronológica entre 10 e 16 anos, divididos de acordo com a idade biológica (GB) e cronológica (GC) em quatro subgrupos (GB1 e GB2; GC1 e GC2). Foram aferidas medidas antropométricas e parte da amostra (n=17) foi submetida à avaliação de absorptometria de raio-X de dupla energia (DEXA). Foram realizadas *performances* máximas de 100m, 200m e 400m para determinação do parâmetro aeróbio: velocidade crítica (VC) e anaeróbio: capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn) com diferentes combinações de distâncias, os sujeitos também realizaram o protocolo progressivo para determinação da velocidade referente à ocorrência do lactato mínimo (VLac_{min}). Em todas as *performances* (diferentes distância e velocidades) foram determinados os índices técnicos: frequência de ciclo de braçada (FBr), distância percorrida por ciclo de braçada (DBr) e índice de braçada (IBr). Os resultados foram comparados entre os subgrupos biológicos e cronológicos, verificando-se relação entre os parâmetros aeróbios, anaeróbio, mecânico, antropométrico e de composição corporal com a *performance*. Foi verificada a relação entre VLac_{min} e as VC formadas por diferentes combinações de distâncias e comparados os índices técnicos determinados por diferentes distâncias e velocidades. Variáveis antropométricas, de composição corporal, parâmetros aeróbios e índices técnicos demonstraram ser bons preditores da *performance* em crianças e adolescentes. Para os meninos a melhora da *performance* na natação parece estar relacionada ao aumento de massa muscular (GB1 e GB2). Apesar das combinações de VC apresentarem boas relações com a *performance* e com a VLac_{min}, é sugerido a inclusão da *performance* de 400m no modelo. Os índices técnicos, em especial a DBr em GB1 e GC1 e o IBr responderam de maneira diferente na alteração da distância e velocidade de *performance*, evidenciando os ajustes mecânicos específicos de crianças e adolescentes. Sendo assim, os resultados do presente estudo evidenciam que a divisão de grupos pela idade biológica torna mais possível a identificação de aspectos específicos de crianças e adolescentes, influenciados pelo processo maturacional, também se verifica a possibilidade da utilização da VC determinada por duas distâncias (100 e 400m) como parâmetro simples e eficaz na determinação da capacidade aeróbia, além do controle dos índices

técnicos durante o crescimento e desenvolvimento para obtenção da ótima combinação entre FBr e DBr em diferentes distâncias de *performance*.

Palavras-chave: Maturação. Natação. Parâmetro aeróbio. Parâmetro anaeróbio. Índices técnicos.

MEZZAROBA, Paulo Victor. **Effect of chronological and biological age on predictors of performance in children and adolescents swimmers**. 2011. 125f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Ciências da Saúde. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

ABSTRACT

Physiological and adaptive responses of children and adolescents to physical overloads are different from that observed in adults or even among young people of different chronological age or maturity level. Identify and know the peculiarities of this population in parameters that can help the control and training prescription are extremely important. In swimming, indices that can identify aerobic and anaerobic capacity, mechanical swimming factors such as technical indexes, anthropometry and body composition, are factors influenced by the growth and development process and mainly they are performance influencers, so, the aim of this study was to verify the influence of chronological and biological age on performance predictors of children and adolescent swimmers. The study included 46 swimmers with chronological age between 10 and 16 years old, divided according to biological age (GB) and chronological age (GC) in four subgroups (GC1 and GC2, GB1 and GB2), the subjects had the anthropometric measurements taken, partial sample (n=17) were assessed by the X-ray dual energy absorptiometry (DEXA), were performed maximal performances of 100m, 200m and 400m for the determination of aerobic parameters: critical velocity (CV) and anaerobic: capacity of anaerobic work (CTAn) with different distance combination, the subjects also performed the lactate minimum (Lac_{min}) progressive protocol for the velocity of Lac_{min} ($VLac_{min}$) determination, in all performances (different distances and velocity) were determined the technical indexes: stroke cycle frequency (FBr), distance per stroke cycle (DBr) and stroke index (IBr). The results were compared between biological and chronological subgroups, were determined the relationship between the aerobic, anaerobic, mechanical, anthropometric and body composition parameters to the performance, the relation between the different distance combination CV and $VLac_{min}$, and were also compared the technical indexes determined by different distances and velocities. Anthropometric variables, body composition, aerobic parameters and technical indexes have proven to be good performance predictors of children and adolescents, the better performance seems to be linked to the increase of muscle mass (GB1 and GB2). Despite all combination of CV present good relations with the performance and with $VLac_{min}$, it is suggested the inclusion of the 400m performance in the model. The technical indexes, especially in the DBr (GB1 and GC1), and IBr responded differently in changing distance and velocity of performance. Thus, the results of this study indicate that the division of a group by biological age can identify specific aspects in children and adolescents, that is affected by the maturational process, also enhance the possibility of using CV determined by two distances (100 and 400m) as a simple and affective parameter to determine the aerobic capacity.

Furthermore the control of technical indexes during growth and development its necessary to obtain the optimal combination of DBr and FBr in different performances.

Keywords: Maturation. Swimming. Aerobic parameter. Anaerobic parameter. Technical indexes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Método padrão ouro para determinação da máxima fase estável de lactato segundo Beneke et al. (2003), adaptado por Faude et al. (2009).....	15
Figura 2 -	Típica curva de comportamento do lactato sanguíneo em teste incremental com determinação do liminar aeróbio e anaeróbio (adaptado por Faude et al., 2009).....	16
Figura 3 -	Exemplo da determinação da $V_{Lac_{min}}$ de um participante do estudo, ajustada por linha de tendência polinomial, para determinação do ponto de menor concentração de lactato nas velocidades efetuadas em distâncias de 200m, com valor de $V_{Lac_{min}}$ de 1,6 m/s.....	31
Figura 4 -	Exemplo do modelo proposto por Wakayoshi et al. (1992) para determinação da VC, e determinação da CTAn pelo coeficiente linear da reta de regressão linear (adaptado de MACHADO et al., 2009).....	32
Figura 7.1 -	Exemplo do modelo proposto por Wakayoshi et al. (1992) para determinação da VC, e determinação da CTAn pelo coeficiente linear da reta de regressão linear entre distância e tempo, exemplo de um sujeito do presente estudo de VC de 1,38 m/s e CTAn de 19,93m.....	62
Figura 7.2 -	Análise de Bland-Altman: concordância entre $V_{Lac_{min}}$ e VC1 para a amostra integral. Média da diferença (viés) de 0,01 m/s e intervalo de confiança de 95% entre 0,15 e -0,12 m/s.....	67
Figura 7.3 -	Análise de Bland Altman: concordância entre $V_{Lac_{min}}$ e VC2 para a amostra integral. Média da diferença (viés) de 0 m/s e intervalo de confiança de 95% entre 0,15 e -0,15 m/s.....	67
Figura 7.4 -	Análise de Bland Altman: concordância entre $V_{Lac_{min}}$ e VC3 para a amostra integral. Média da diferença (viés) de 0,02 m/s e intervalo de confiança de 95% entre 0,14 e -0,11 m/s.....	68
Figura 7.5 -	Análise de Bland Altman: concordância entre $V_{Lac_{min}}$ e VC4 para a amostra integral. Média da diferença (viés) de 0,06 m/s e intervalo de confiança de 95% entre 0,18 e -0,07 m/s.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis antropométricas: massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), circunferência de cintura (CC), abdome (CA) e quadril (CQ), relação cintura quadril (RCQ), dobra cutânea tricipital (TR) e subescapular (SE), e topografia de gordura(TG).....	41
Tabela 6.2-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis referentes à composição corporal: gordura relativa (%G), gordura andróide relativa (%GA), gordura ginóide relativa (%GG), tecido gordo total (TGordo), tecido magro total (TMagro), conteúdo mineral ósseo (CMO), densidade mineral óssea (DMO), massa isenta de gordura (MIG) e massa isenta de gordura e osso (MIGO).....	42
Tabela 6.3-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis referentes às <i>performances</i> : velocidade média (Vm) de 100m (V100), de 200m (V200) e 400m (V400).....	43
Tabela 6.4-	Correlações (r) das <i>performances</i> de 100, 200 e 400m com as variáveis de composição corporal e antropometria: massa corporal, estatura, gordura relativa (%G), gordura ginóide relativa (%GG), tecido magro total (TMagro), conteúdo mineral ósseo (CMO), densidade mineral óssea (DMO), massa isenta de gordura (MIG) e massa isenta de gordura e osso (MIGO).....	44
Tabela 6.5-	Valores de correlação (r) das <i>performances</i> de 100, 200 e 400m com as variáveis de composição corporal: tecido magro total (TMagro), massa isenta de gordura (MIG) e massa isenta de gordura e ossos para GB1.....	44
Tabela 6.6-	Correlação (r) das <i>performances</i> de 100, 200 e 400m com as variáveis de composição corporal e antropometria: massa corporal, estatura, tecido magro total (TMagro), conteúdo mineral ósseo (CMO), densidade mineral óssea (DMO), massa isenta de gordura (MIG) e massa isenta de gordura e osso (MIGO) para o grupo GB2.....	45
Tabela 6.7-	Valores de correlação (r) das <i>performances</i> de 100, 200 e 400m com as variáveis de composição corporal: Tecido magro total (Tmagro) e massa isenta de gordura e osso (MIGO) para GC2.....	45

Tabela 7.1-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis antropométricas: massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), circunferência de cintura (CC), abdome (CA) e quadril (CQ), relação cintura quadril (RCQ), dobra cutânea tricipital (TR) e subescapular (SE), topografia de gordura (TG), percentual de gordura (%G) e lactato pico ([Lac]pico).....	64
Tabela 7.2-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis de velocidade referente à ocorrência do lactato mínimo (VLac _{mín}) e velocidade crítica (VC) determinada por quatro diferentes combinações de distâncias: VC1= 100, 200 e 400m; VC2= 200 e 400m; VC3= 100 e 400m; VC4= 100 e 200m.....	65
Tabela 7.3-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis referentes à capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn) determinada por quatro diferentes combinações de distâncias: CTAn1= 100, 200 e 400m; CTAn2= 200 e 400m; CTAn3= 100 e 400m; CTAn4= 100 e 200m..	66
Tabela 7.4-	Correlações (r) entre velocidade de lactato mínimo (VLac _{mín}) e velocidade crítica determinada por diferentes combinações de distâncias nos subgrupos de GB e GC.....	66
Tabela 7.5-	Correlações (r) entre os parâmetros aeróbios: Velocidade crítica (VC) e velocidade de lactato mínimo (VLac _{mín}), e <i>performances</i> de 100, 200 e 400m.....	69
Tabela 7.6-	Correlações (r) entre os parâmetros anaeróbios: Capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn) e concentração de lactato pico ([Lac]pico), e <i>performances</i> de 100, 200 e 400m.....	69
Tabela 8.1-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis antropométricas: massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), circunferência de cintura (CC), abdome (CA) e quadril (CQ), relação cintura quadril (RCQ), dobra cutânea tricipital (TR) e subescapular (SE), topografia de gordura (TG), percentual de gordura (%G), comprimento de membro superior (CMS) e altura trocântérica (AT).	91
Tabela 8.2-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis de velocidade média (Vm) em metros por segundo (m/s) nas cinco <i>performances</i> de 200m do teste progressivo.....	92
Tabela 8.3-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis de ciclo de braçadas totais (CB) de cada uma das cinco <i>performances</i> de 200m do teste progressivo.....	93

Tabela 8.4-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis de frequência de ciclo de braçadas (FBr) de cada uma das cinco <i>performances</i> de 200m do teste progressivo.....	94
Tabela 8.5-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis de distância percorrida por ciclo de braçada (DBr) nas <i>performances</i> do teste progressivo.....	95
Tabela 8.6-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) de índice de ciclo de braçada (IBr) nas cinco <i>performances</i> de 200m do teste progressivo.....	96
Tabela 8.7-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) do ciclo de braçadas (CB) e velocidade média (Vm) em metros por segundo (m/s) nas distâncias de 100, 200 e 400m.....	97
Tabela 8.8-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) da frequência de ciclo de braçadas (FBr), distância percorrida por ciclo de braçada (DBr) e índice de braçada (IBr) nas distâncias de 100, 200 e 400m.....	98
Tabela 8.9-	Valores médios \pm desvio padrão (DP) da frequência de braçada crítica (FBrcrít) determinada por quatro combinações de distâncias (FBrcrít1, FBrcrít2, FBrcrít3, FBrcrít4).....	99
Tabela 8.10-	Correlação (r) da <i>performance</i> de 100m e das variáveis antropométricas com as variáveis de índices técnicos da <i>performance</i> máxima de 100m.....	100
Tabela 8.11-	Correlação (r) da <i>performance</i> de 200m e das variáveis antropométricas com as variáveis de índices técnicos da <i>performance</i> máxima de 200m.....	100
Tabela 8.12-	Correlação (r) da <i>performance</i> de 400m e das variáveis antropométricas com as variáveis de índices técnicos da <i>performance</i> máxima de 400m.....	100
Tabela 8.13-	Correlação (r) da frequência de ciclos de braçada nas distâncias de 100m (FBr100m), 200m (FBr200m) e 400m (FBr400m) e a frequência crítica de ciclos de braçada determinada por quatro combinações de distâncias (FBrcrít1, FBrcrít2, FBrcrít3, FBrcrít4)..	102

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AT	Altura trocantérica
CA	Circunferência de abdome
CB	Ciclo de braçadas
CC	Circunferência de cintura
CQ	Circunferência de quadril
CMO	Conteúdo mineral ósseo
CMS	Comprimento de membro superior
CTAn	Capacidade de trabalho anaeróbio
D	Distância total
Dbr	Distância percorrida por ciclo de braçada
DMO	Densidade mineral óssea
Dmáx	Método do máximo desvio
Dmod	Dmáx modificado
DXA	Absorimetria de raio-X de dupla energia
Fbr	Freqüência de ciclo de braçada
GB	Grupo idade biológica
GBM	Grupo idade biológica masculino
GC	Grupo idade centesimal
GCF	Grupo idade centesimal feminino
GCM	Grupo idade centesimal masculino
IAT	<i>Individual Anaerobic Threshold</i>
Ibr	Índice de braçada
IMC	Índice de massa corporal
LAn	Limiar anaeróbio
Lac_{mín}	Lactato mínimo
VLac_{mín}	Velocidade de lactato mínimo
MFEL	Máxima fase estável de lactato
MIG	Massa isenta de gordura
MIGO	Massa isenta de gordura e ossos

PC	Potência crítica
PFK	Fosofruutoquinase
SDH	Succinato desidrogenase
RCQ	Relação cintura quadril
SE	Dobra cutânea subescapular
T	Tempo total
TGordo	Tecido gordo total
TMagro	Tecido magro total
TR	Dobra cutânea tricipital
TG	Topografia de gordura
VC	Velocidade crítica
Vm	Velocidade média
VO₂	Consumo de oxigênio
VO_{2máx}	Consumo máximo de oxigênio
%G	Gordura relativa
%GA	Gordura andróide relativa
%GG	Gordura ginóide relativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	04
2 JUSTIFICATIVA.....	07
3 OBJETIVOS	08
3.1 Objetivo geral	08
3.2 Objetivos específicos	08
4 REVISÃO DA LITERATURA	09
4.1 Aspectos maturacionais	09
4.1.1 <i>Maturação e respostas fisiológicas</i>	12
4.2 Limiar anaeróbio	13
4.2.1 <i>Determinação do limiar anaeróbio, metodologias individualizadas:</i> <i>Lactato Mínimo</i>	17
4.2.2 <i>Determinação limiar anaeróbio, metodologias indiretas: Velocidade crítica</i>	20
4.3 Índices Técnicos	22
5 MÉTODOS	27
5.1 Sujeitos	27
5.2 Delineamento experimental	28
5.3 Determinação da idade biológica	28
5.4 Antropometria	29
5.5 Composição corporal	30
5.6 Determinação da velocidade de lactato mínimo (VLac _{mín})	30
5.7 Determinação da Velocidade Crítica (VC) e Capacidade de Trabalho Anaeróbio (CTAn)	31
5.8 Determinação dos índices técnicos: distância percorrida por ciclo de braçada (Dbr), frequência de ciclo braçada (Fbr) e índice de braçada (IBr)...	32
5.9 Análise estatística	33

6 ARTIGO I.....	34
7 ARTIGO II	54
8 ARTIGO III	82
9 CONCLUSÃO	111
REFERÊNCIAS	113
ANEXOS	124

1 INTRODUÇÃO

O treinamento desportivo, com intuito de aprimoramento da *performance*, ganha cada vez mais espaço no cenário mundial, com exigências de respostas efetivas e rápidas dos atletas que se submetem aos programas de treinamento, rigorosidade do seu controle e prescrição e entendimento das respostas fisiológicas do organismo ao esforço físico.

Em relação às variáveis e adaptações fisiológicas decorrentes da exposição ao treinamento sistematizado, não são muitos os estudos que utilizam a população de crianças e adolescentes como clientela devido aos empecilhos éticos ou à própria falta de referências específicas para tanto, fazendo com que na prática, possivelmente sejam tratados como “mini adultos” (NADEAU et al., 1985).

De fato, sabe-se que as respostas de crianças e adolescentes à sobrecarga física e aos aspectos fisiológicos são diferentes daquela observada em sujeitos mais velhos (VASCONCELOS et al., 2007; WILLIAMS; ARMSTRONG, 1991; TANAKA; SHINDO, 1985).

Desta forma, deve-se ponderar a grande influência dos processos de maturação, crescimento e desenvolvimento na população de crianças e adolescentes durante avaliação da evolução do desempenho motor e prescrição de treinamento (BÖHME, 2000). Isto porque em um grupo de crianças e adolescentes de mesma idade cronológica pode-se encontrar sujeitos de diferentes níveis maturacionais (pré-púberes, púberes e pós-púberes), ou seja, a variabilidade entre idade cronológica e maturação biológica pode ser grande (MIRWALD et al., 2002).

Sendo assim, nem sempre é simples a diferenciação dos efeitos decorrentes dos processos de crescimento e maturação, dos fatores ambientais como a resposta ao treinamento sistematizado, visto que os efeitos dos processos naturais e inerentes a este período da vida podem mascarar, ou ser maiores, que os efeitos da exposição ao ambiente (BAXTER-JONES et al., 2005).

A identificação e compreensão das mudanças internas decorrentes, única e exclusivamente, do processo maturacional e a determinação da idade biológica individual, permitem e facilitam quantificar a magnitude e impacto dos efeitos desse processo nas várias fisiológicas (ARMSTRONG et al., 1999; NEVIL et al., 1998).

Tendo em vista esses conceitos, crianças e adolescentes necessitam de parâmetros viáveis para suas peculiaridades, destinadas ao controle das variáveis de treinamento, podendo evitar assim, um super treinamento ou uma estagnação de desempenho desse jovem atleta no decorrer de sua vida esportiva.

Como uma das alternativas para tanto, há a determinação do limiar anaeróbio (LAn), considerado um método atraente para a prescrição das cargas de treinamento, controle dos efeitos do mesmo e predição da capacidade aeróbia (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003, WELTMAN, 1995).

Dentre os métodos mais simples e eficazes que levam em consideração as características individuais dos sujeitos, pensando especialmente na diferença da resposta do lactato sanguíneo encontrada em crianças e adultos, o teste para determinação do lactato mínimo (Lac_{min}) como método individualizado, é uma maneira eficaz e rápida de determinação do LAn. Este método apresenta boa correlação com a máxima fase estável de lactato (MFEL) e na natação corresponde à velocidade de *performance* de longa distância (2000m) (RIBEIRO et al., 2003; TEGTBUR et al., 1993; ERICKSON; SALTIN, 1974).

Todavia, alguns fatores referentes à determinação do LAn ainda devem ser ponderados, especialmente pelos aspectos éticos referentes às crianças e adolescentes, pois são métodos invasivos, com alto custo referente aos materiais de coleta e necessidade de equipamentos de análise específicos, além da necessidade de pessoal especializado para avaliação. Diante desses empecilhos, é fundamental a determinação e utilização de metodologias coerentes e indiretas para determinação do LAn.

Na natação a velocidade crítica (VC) é um método bastante utilizado pra este fim (WAKAYOSHI et al., 1992); baseia-se em um modelo matemático que leva em consideração *performances* em diferentes distâncias e seus respectivos tempos de

execução, apresentando a vantagem da facilidade de aplicação e análise de um grande número de atletas durante as próprias sessões de treino.

Além desses aspectos relacionados ao desempenho dos jovens atletas, devem-se levar em consideração algumas particularidades da natação, que por ser realizada no meio líquido é altamente dependente das habilidades técnicas individuais (CAPUTO et al., 2000).

Os índices técnicos como o comprimento e frequência de braçada podem representar melhoras advindas do treinamento aeróbio, melhora dos aspectos técnicos e indicar a eficiência propulsiva individual (WAKAYOSHI et al., 1995; TOUSSAINT; BEEK, 1992), bem como a influência dos processos de crescimento e desenvolvimento e o padrão de movimento em diferentes velocidades e distâncias (POUJADE et al., 2002; PELAYO et al., 1996).

Atualmente, a participação de crianças e adolescentes em programas de treinamento sistematizado de alta intensidade está maior que nunca, causando grande interesse em relação às respostas específicas desta população ao esforço físico.

2 JUSTIFICATIVA

A justificativa da realização deste trabalho se baseia nos seguintes pontos:

Crianças e adolescentes perfazem grupos esportivos competitivos de diversas modalidades, sendo inseridas em programas sistematizados de treinamento cada mais cedo com idades cronológicas muito precoces e em franco processo de crescimento, desenvolvimento e maturação. Desta forma, temos a prática esportiva de alto nível de crianças e adolescentes como uma realidade veemente em todas as sociedades;

O fato de se tratar de uma clientela específica, com características igualmente específicas, tem-se a necessidade de utilização de critérios que respeitem estas especificidades. No entanto, os profissionais diretamente envolvidos com estas questões sabem que na maciça maioria das vezes a clientela pediátrica, que compõe grupos competitivos esportivos, é submetida a programas e protocolos de treinamentos destinados a adultos apenas brandamente adaptados às suas características e necessidades individuais;

Na área da Educação Física, poucos profissionais se dedicam à pesquisa e investigação dos aspectos fisiológicos de crianças e adolescentes com a finalidade de verificar suas reais respostas ao esforço físico. Desta forma, se fazem urgentes e necessárias mais investigações específicas destinadas ao conhecimento dessas diferenças pertinentes à clientela pediátrica;

Com a obtenção de informações específicas podemos direcionar os treinamentos de forma a atender as necessidades desta faixa etária em relação às suas necessidades e características, que ao mesmo tempo cumpra o objetivo de elevar os níveis de desempenho, sem interferir, de forma prejudicial, nos processos de crescimento, desenvolvimento e maturação de crianças e adolescentes. Assim, se faz premente o aumento de informações científicas e evidenciadas diretamente nesta clientela que possa aumentar as fontes de conhecimento acerca de suas características e necessidades, evitando possíveis danos ou subestimação da capacidade física que podem ser causados por falta de parâmetros específicos.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Verificar a influência da idade cronológica e biológica em índices preditores de desempenho de crianças e adolescentes nadadores.

3.2 Objetivos Específicos

Comparar e correlacionar as variáveis de capacidade aeróbia e anaeróbia, índices técnicos, antropometria e composição corporal entre os grupos caracterizados pela idade cronológica (GC1 e GC2) e biológica (GB1 e GB2);

Verificar a eficácia da velocidade crítica (VC), capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn), velocidade de nada no lactato mínimo ($VLac_{\min}$) e variáveis de composição corporal como preditores de desempenho;

Comparar e correlacionar os índices técnicos em diferentes distâncias de *performance* (100, 200 e 400m) e diferentes velocidades de *performance* de 200m.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Aspectos Maturacionais

No contexto competitivo os indivíduos que praticam natação iniciam muito cedo os programas sistematizados de treinamento e as rotinas de avaliações de desempenho, assim como a participação em competições, sendo que muitas vezes permanecem no esporte durante toda a infância e adolescência (DENADAI et al., 1997).

Neste processo, a divisão de categorias competitivas e de grupos de treinamento se faz por meio da análise da idade cronológica, uma avaliação que não consegue justificar o estágio maturacional em que crianças e adolescentes se encontram, podendo então criar problemas na identificação de talentos esportivos já que certamente não seria possível identificar sujeitos com diferentes níveis de maturação (MALINA; BOUCHARD, 2002; BEUNEN; MALINA, 1996).

A maturação é o processo evolutivo que engloba um conjunto de mudanças biológicas que ocorrem de forma seqüencial e ordenada e levam o indivíduo a atingir o estado adulto. Este processo pode variar no seu ritmo e grau, independente de raça, gênero e ambiente. Desta forma, algumas crianças podem apresentar velocidade de maturação mais acelerada que outras (precoce) ou mais lenta (tardia); porém, com a mesma ordem sequencial para cada gênero (GUEDES; GUEDES, 1997; MATSUDO; MATSUDO, 1994).

Os fatores relacionados aos processos biológicos dificultam ainda mais o entendimento de quais respostas são exclusivamente advindas de fatores ambientais, como o treinamento sistematizado, e quais são resultantes do processo de crescimento e maturação, já que, por exemplo, maturadores precoces podem apresentar uma melhor predisposição ao treinamento e à melhora do rendimento do que sujeitos de mesma idade cronológica e maturação normal ou tardia (BAXTER-JONES et al., 2005).

De fato, sabe-se que durante a puberdade as crianças e adolescentes sofrem grandes modificações biológicas em relação ao crescimento, composição corporal e à

maturidade fisiológica, promovendo mudanças no aspecto físico e no desempenho motor do jovem (MALINA; BOUCHARD, 2002; GUEDES; GUEDES, 1997; KATZMARZYK et al., 1997; BEUNEN; MALINA, 1996).

O avanço da puberdade implica no desenvolvimento das características sexuais secundárias; o início do desenvolvimento dessas características se dá aproximadamente nas meninas: aos 10,5 anos e nos meninos: entre os 11,5 ou 12 anos; a puberdade é considerada precoce se estas mudanças são notáveis antes dos oito anos de idade nas meninas e nove anos de idade nos meninos e é considerada tardia quando não ocorre antes dos 13 anos de idade nas meninas e 14 anos de idade nos meninos (DUCHARME; FOREST, 1993).

Nas meninas esse processo é marcado pelo desenvolvimento mamário e pelo crescimento dos pelos pubianos e axilares, além do desenvolvimento genital que culmina na menarca, em uma idade média de 12,5 a 13 anos; nos meninos, há o aumento peniano e dos pelos pubianos, além do aumento de pelos na face, corpo e axilas e mudança no timbre da voz (TANNER, 1978). A velocidade de crescimento também é diferente entre os gêneros ocorrendo mais precocemente nas meninas do que nos meninos.

Em ambos os gêneros, porém com mais intensidade nos meninos, há um aumento substancial da massa magra durante a puberdade mesmo que haja um aumento constante dos oito aos 18 anos de idade, a sua maior taxa de crescimento está entre os 12 e 15 anos de idade (SIERVOGEL et al., 2003). A massa muscular representa aproximadamente 42% da composição corporal em meninos de cinco anos de idade, aumentando para aproximadamente 54% na idade de 17 anos; em meninas o aumento nesta mesma faixa etária é de 40% para 45% da massa corporal total. Esse maior ganho de massa muscular beneficia os meninos, promovendo maior capacidade funcional e metabólica durante o desempenho em exercício físico (CLARKSON; GOING, 1996).

Nas meninas a maior mudança na composição corporal ocorre na massa gorda, em geral ela compõe 14% da massa corporal total aos seis anos de idade aumentando para aproximadamente 25% aos 17 anos de idade. Nos meninos de mesma faixa etária

o percentual de gordura corporal passa de 11% para 15% (MALINA; BOUCHARD, 1991).

Além de técnicas alternativas como alometria e análise de regressão utilizada para ajustar o diferente tamanho corporal em crianças e adolescentes (ARMSTRONG; WELSMAN, 1997), verifica-se que o conhecimento das modificações ocorridas no período maturacional e a determinação da idade biológica de cada sujeito são fatores imprescindíveis para desenvolver um programa de treinamento que respeite as características fisiológicas e a capacidade de desempenho individual desse grupo específico.

Os métodos comumente utilizados para determinação da idade biológica, segundo Baxter-Jones et al. (2005), envolvem avaliação da idade óssea com a utilização de raio-X, o cálculo do pico de crescimento, a idade da menarca e as características sexuais secundárias.

O método de avaliação da maturação sexual, segundo os critérios padronizados por Tanner (1962) é um dos mais difundidos por se mostrar eficaz, de baixo custo financeiro e de fácil realização. Nesta técnica o indivíduo é observado e comparado com modelos fotográficos que mostram o desenvolvimento das características sexuais secundárias, pilosidade pubiana para ambos os gêneros, desenvolvimento mamário para as meninas e desenvolvimento genital para os meninos. A classificação é feita em uma escala numérica de um a cinco, em ordem crescente de acordo com o nível de maturação dos indivíduos.

Malina et al. (2004) apontam as características a serem observadas em cada estágio quanto à pilosidade pubiana. Estágios: I) ausência de pilosidade pubiana, os pelos existentes não diferem dos encontrados na região abdominal; II) existem já alguns pelos pubianos eretos ou ligeiramente encaracolados e com uma tonalidade mais escura, são dispersos, situando-se na base do pênis e/ou do escroto/ ao longo dos grandes lábios; III) pelos mais escuros, mais grossos e encaracolados, ao redor da base do pênis/ para além dos grandes lábios; IV) pelos idênticos ao adulto, mas com menor área coberta, não ultrapassa as dobras inguinais; V) pelos com forma e distribuição típica do adulto.

Entretanto, uma limitação desta técnica pode ser atribuída à dificuldade de ser realizada devido à necessidade da presença de um médico especializado e um local adequado, além de poder causar constrangimento ao adolescente por se colocar seminú diante do avaliador, que também poderá se constranger. Frente a esta limitação, técnicas baseadas na auto-avaliação foram desenvolvidas com base em modelos fotográficos ou desenhos a fim de tornar possível a adoção de um método mais simples e menos constrangedor, sendo demonstrado que crianças e adolescentes podem avaliar seu próprio desenvolvimento sexual de maneira correta e reprodutível (WILLIAMS et al., 2003; WACHARASINDHU et al., 2002; MATSUDO; MATSUDO, 1994) sendo esta técnica também validada para a população de crianças e adolescentes brasileiros (MATSUDO; MATSUDO, 1994; DUARTE, 1993).

Diante disso, sabendo que a classificação por meio da observação do desenvolvimento da pilosidade e da genitália nem sempre é coincidente e que a auto-avaliação pode ser sub ou superestimada pela dificuldade da observação das características, opta-se pela observação do desenvolvimento da pilosidade pubiana para avaliar o desenvolvimento sexual devido à maior facilidade de identificação de seu padrão de aparência, menor possibilidade de erro e maior concordância com avaliações feitas por profissionais da área (ECKERT, 1993; SCHLOSSBERGER et al., 1992; MATSUDO; MATSUDO, 1991).

4.1.1 Maturação e respostas fisiológicas

Com relação ao exercício físico, sabe-se que adultos e crianças respondem diferentemente aos esforços a que são submetidos, principalmente no que se refere à capacidade adaptativa para suportar sobrecargas. No entanto, a maioria da população mais jovem é submetida a programas e protocolos de treinamento destinados a adultos e apenas brandamente modificados de acordo com suas necessidades e características específicas.

Como exemplo, o comportamento do lactato sanguíneo e muscular, após esforço máximo e submáximo, é menor para crianças e adolescentes em relação àquele observado em indivíduos adultos, sendo menor também para crianças mais novas em relação às mais velhas (TANAKA; SHINDO, 1985). Isso se deve à falta de mecanismos

necessários para gerar suficiente energia anaerobiamente e permanecer em exercício além dos limites do metabolismo aeróbio (ROWLAND, 1989; KRAHENBUHL et al., 1985).

Alguns estudos realizados com crianças de ambos os gêneros (idade média de 12 anos) verificaram que a maioria, ao final de um exercício progressivo, não alcançou o valor referente a 4mM de lactato (ARMSTRONG; WELSMAN, 1994; HECK et al., 1985). Outros estudos verificaram que a máxima fase estável de lactato em crianças (idade média de 13 anos) ocorreu por volta de 2,1 a 2,3mM sustentando o critério adotado para o uso da concentração fixa de 2,5mM de lactato para esta faixa etária quando o objetivo for a determinação do LAn utilizando-se de concentrações fixas (WILLIAMS; ARMSTRONG, 1991).

Os fatores determinantes para isso são encontrados no estudo realizado por Erickson e Saltin (1974) com crianças e adolescentes que verificaram menor utilização de glicogênio e menores concentrações de lactato muscular. Sugere-se então que a glicogenólise e a habilidade de produzir lactato é limitada quando comparada com indivíduos adultos. A reduzida quantidade de fosfofrutoquinase (PFK) como também a elevada concentração de enzimas oxidativas como a succinato desidrogenase (SDH) em crianças e adolescentes, sugere que estes conseguem obter energia através das vias oxidativas mais eficientemente, levando a uma maior taxa de utilização do Ciclo de Krebs e uma maior habilidade em oxidar piruvato. Estoques maiores de lipídios intramusculares também podem contribuir para uma menor utilização de glicogênio durante o exercício físico.

Além disso, o maior fluxo sangüíneo auxilia no menor acúmulo de lactato por aumentar a sua taxa de remoção, uma menor atividade simpato-adrenal, diferenças maturacionais na distribuição de fibras musculares e imaturidade de hormônios anabólicos como baixo nível de testosterona também prejudicam a aptidão anaeróbia de crianças e adolescentes (BERG; KEUL, 1988; LEHMANN et al., 1981).

4.2 Limiar Anaeróbio (LAn)

Por um longo período, desde a metade do século XX, o conceito de consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) foi a melhor variável de determinação da potência

aeróbia, sendo estabelecida desde então como ferramenta útil para distinção de sujeitos treinados e destreinados (HECK et al., 1985; HILL; LUPTON, 1923).

Entretanto, a sensibilidade desta variável foi questionada pela dificuldade em discriminar sujeitos com desempenho homogêneo (COYLE et al., 1988; CONLEY; KRAHENBUH, 1980), dificuldade em avaliar o efeito de treinamento de *endurance* (ASTRAND; RODAHL, 1970) além do teste em si que necessariamente precisa de alto esforço de todo o organismo por ser determinado apenas em testes de intensidade máxima.

Uma melhor medida foi descrita por Mader et al. (1976) conhecida como o limiar da maior predominância do metabolismo aeróbio durante exercício; esta medida de capacidade aeróbia foi caracterizada como o ponto em que a intensidade de exercício pode ser predominantemente abastecida por energia advinda da oxidação. A avaliação desse limiar por meio da análise de trocas gasosas tornou-se popular a partir daí, inicialmente pelo descobrimento do ponto de ótima eficiência ventilatória (HOLMANN, 2001; 1963) e em seguida, pela relação entre a ventilação e o oxigênio consumido, ficando conhecida como limiar anaeróbio - LAn (WASSERMAN; MCILLROY, 1964).

Análises enzimáticas, por meio da coleta de sangue e análise da concentração de lactato sanguíneo, foram desenvolvidas a partir de então, o que levou cada vez mais à maior utilização do lactato sanguíneo para avaliação da capacidade aeróbia e determinação da intensidade adequada de esforço (HOLMANN, 2001; MADER et al., 1976; WELLS et al., 1957).

Quanto às metodologias de obtenção desta variável, o princípio do LAn é o mesmo da variável correspondente à Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL), ou seja a mais alta concentração de lactato sanguíneo que pode ser mantida em estado estável durante exercício submáximo prolongado, ou seja, a máxima intensidade de trabalho que pode ser desempenhada sem contribuição significativa do sistema anaeróbio de produção de energia (BENEKE 1995; HECK et al. 1985).

A intensidade correspondente à MFEL é considerada padrão ouro para avaliação da capacidade aeróbia, prescrição de treinamento e predição de desempenho (BENEKE, 2003; SNYDER et al., 1994).

Sendo assim, as metodologias de determinação do LAn devem aproximar-se máximo possível da MFEL para que seja representada a real transição de predominância metabólica; entretanto, vários conceitos de determinação do LAn não conseguem prover, necessariamente, valores idênticos ou próximos da MFEL (FIGUEIRA; DENADAI, 2004; RIBEIRO et al., 2003; SMITH; JONES, 2001).

A necessidade de metodologias alternativas para a determinação do LAn se fazem fundamentais devido a baixa praticidade de execução do teste de determinação da MFEL, dependendo muito tempo e material devido ao seu protocolo específico (Figura 1).

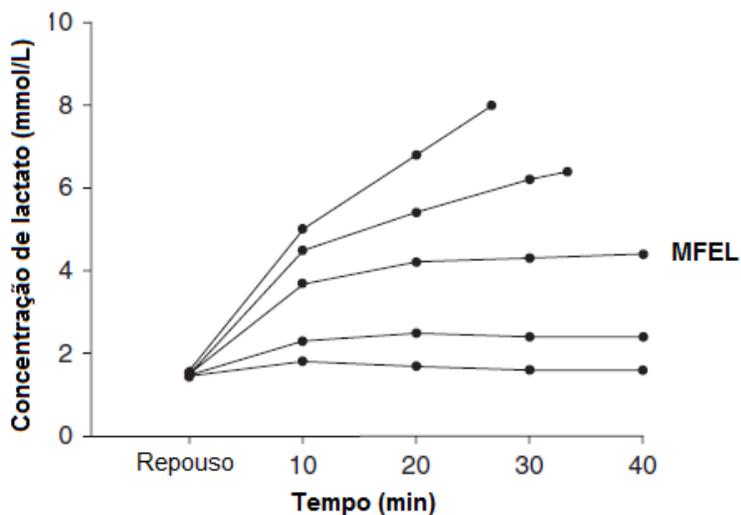


Figura 1. Método padrão ouro para determinação da máxima fase estável de lactato segundo Beneke et al. (2003), adaptado de Faude et al. (2009).

De acordo com Beneke et al. (2003) o teste padrão ouro para determinação da MFEL segue um protocolo de verificação da resposta de lactato em séries (normalmente cinco, realizadas em dias distintos) de velocidade constante de 30 minutos de duração e é definida como a máxima intensidade em que o aumento do lactato sanguíneo não é maior que 1,0mM entre o 10^o e o 30^o minuto de exercício físico.

A possibilidade de realização de até cinco séries máximas em dias distintos é pequena diante do escasso tempo disponível na periodização dos esportes modernos; sendo assim, é essencial a determinação de testes mais práticos que possam predizer de maneira fidedigna e com correlações mais altas possíveis a MFEL.

Os diversos métodos existentes para determinação do LAn podem ser divididos em métodos subjetivos, como a detecção visual do LAn (DAVIS et al., 1976) e os objetivos, baseados em valores de concentração fixa de lactato (HECK et al., 1985) ou modelos matemáticos individualizados (TEGTBUR et al., 1993; CHENG et al., 1992).

Usualmente, esses métodos utilizam testes incrementais de exercício que possibilitem a observação da cinética do lactato durante diferentes intensidades aplicadas; normalmente é verificado um aumento exponencial do lactato sanguíneo durante os estágios com incrementos de intensidade.

A curva típica resultante da relação entre intensidade e valor de concentração de lactato é mostrada na Figura 2; podendo ser interpretada em termos de melhora da capacidade aeróbia, sendo aceito que um deslocamento da curva para a direita representa uma melhora desta variável e para a esquerda uma piora da capacidade aeróbia (BOSQUET et al., 2002; MUJICA; PADILLA, 2001).

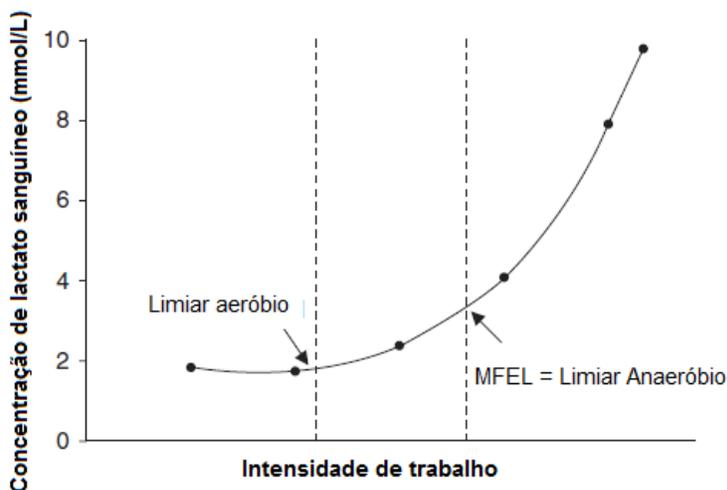


Figura 2. Típica curva de comportamento do lactato sanguíneo em teste incremental com determinação do limiar aeróbio e anaeróbio (adaptado de Faude et al., 2009).

Como exemplificado, a intensidade de exercício físico acima da MFEL é caracterizada como domínio pesado, representado esforços que não podem ser suportados por longa duração devido à maior predominância do metabolismo anaeróbio como fonte energética.

Além disso, sendo o LAn uma representação da mais alta taxa metabólica

mantida em esforços de longa duração, a avaliação do LAn em testes incrementais e laboratoriais, é considerado um eficaz preditor do desempenho aeróbio; sendo assim, uma forma de validação da variável é a comparação com o desempenho em prova de resistência (VLECK et al., 2006).

É possível verificar maiores correlações entre LAn e *performance* em competições de *endurance*, nas distâncias entre 0,8 e 3,2 km ($r = 0,82$), 5 a 16,1 km ($r=0,88$) e 19,3 a 42,2 km ($r = 0,91$); além de elevadas correlações encontradas com distâncias de maratona ($r = 0,98$) (ROECKER et al., 1998; FÖHRENBACH et al., 1987).

Sendo assim, o entendimento do conceito de LAn e de como analisar a resposta do lactato sanguíneo em relação ao exercício físico incremental têm fornecido importantes subsídios para a compreensão dos fenômenos relacionados ao rendimento esportivo (MADER, 1991), principalmente no aspecto de coerência de prescrição da intensidade de treinamento, controle dos seus efeitos e predição do desempenho aeróbio em populações de pessoas ativas, sedentárias ou atletas (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

4.2.1 Determinação do limiar anaeróbio, metodologias individualizadas: Lactato Mínimo

Originalmente a determinação do LAn por meio da concentração fixa de 4mM de lactato foi estabelecida por ser a mais alta concentração de lactato sanguíneo sustentada em exercícios físicos de longa duração (HECK et al., 1985). Porém, percebeu-se que uma concentração fixa de lactato sanguíneo não levaria em conta diferenças individuais consideráveis, como por exemplo, diferenças na quantidade de estoques de glicogênio muscular que podem alterar a quantidade absoluta de lactato sanguíneo produzido (MAASSEN; BUSSE, 1989; MAZZEO; MARSHAL, 1989; GOLNICK et al., 1986).

Essas diferenças foram reportadas em diversos estudos, mostrando variações individuais que podem ir de 2 a 10 mM na concentração de lactato no LAn (VAN SCHUYLENBERGH et al., 2004; MACINTOSH et al., 2002; LAJOIE et al., 2000; BENEKE et al., 2000); em que freqüentemente a utilização da concentração fixa de 4mM subestima o valor de LAn em indivíduos anaerobiamente treinados e superestima

em indivíduos aerobiamente treinados, alterando a real capacidade aeróbia individual (STEGMANN; KINDERMANN, 1982; STEGMANN et al., 1981).

Sendo assim, várias metodologias individualizadas de determinação do LAn foram desenvolvidas levando em consideração as características da curva de lactato durante teste incremental, analisadas por modelos matemáticos como o *Individual Anaerobic Threshold* (IAT) (STEGMANN et al., 1981), o método do máximo desvio ($D_{\text{máx}}$) (CHENG et al., 1992), o $D_{\text{máx}}$ modificado (D_{mod}) (BISHOP et al., 1998) e o ponto de quebra da curva de lactato (SMITH; JONES, 2001)

Além desses métodos a velocidade referente à ocorrência do lactato mínimo ($V_{\text{Lac}_{\text{min}}}$), método proposto por Tegtbur et al. (1993) para determinação do LAn individualizado, representa teoricamente a MFEL do sujeito. É considerado $V_{\text{Lac}_{\text{min}}}$ o ponto onde o lactato sanguíneo atinge o valor mínimo durante um teste incremental específico para esta metodologia, o qual deve ser iniciado com uma quantidade considerável de acidose acumulada.

Tal método surgiu a partir do estudo de David e Gass (1979), o qual encontrou em um teste de esforço incremental iniciado durante acidose de lactato, que a concentração de lactato tende a cair até certo ponto e depois volta a aumentar. A partir dessa premissa Tegtbur et al. (1993) formularam a hipótese de que a MFEL poderia ser predita usando-se este protocolo através da determinação de uma intensidade de lactato mínimo, o que é objetivamente encontrada através do ajuste da curva de lactato do teste incremental que resulta em uma forma de “U”.

As vantagens de utilização deste método incluem o fato de poder-se determinar o LAn em um único teste (em três etapas consecutivas, 1- fase de elevação de lactato, 2- fase de Recuperação e 3- fase incremental) além de conseguir controlar, com o uso de modelo matemático, a variabilidade e subjetividade inerentes a outros métodos, além disso, é demonstrado que mesmo a alteração do estoque de glicogênio muscular podendo afetar a concentração de lactato sanguíneo, esta não afeta a $V_{\text{Lac}_{\text{min}}}$ (TEGTBUR et al., 1993).

Tendo em vista os aspectos positivos do método, MacIntosh et al. (2002) conduziram um estudo que confirmou a confiabilidade e validade do teste do lactato mínimo na predição de MFEL. Entretanto, os autores afirmam claramente que mais

estudos são necessários para a determinação de um protocolo fixo, visto que a manipulação de variáveis do teste incremental como distância e intensidade por estágio, e a indução a acidose pré teste, podem produzir diferentes resultados (CARTER et al., 1999; JONES; DOUST, 1998).

Denadai e Higino (2004) pesquisaram a influência do tempo de recuperação após indução a acidose e do tipo de treinamento do sujeito (*endurance* e *sprint*) sobre o protocolo para a determinação do $\text{Lac}_{\text{mín}}$. O principal achado do estudo foi que a $\text{VLac}_{\text{mín}}$ parece não sofrer influência de um tempo de recuperação maior que oito minutos originalmente proposto por Tegtbur et al.(1993), podendo ser ajustado de acordo com o tempo necessário para a obtenção do pico de lactato durante a recuperação e independe do tipo de treinamento realizado pelos sujeitos.

O estudo de Ribeiro et al. (2003) realizado com nadadores no intuito de verificar a acurácia das distâncias de 200m e 300m para o teste incremental, verificou que a $\text{VLac}_{\text{mín}}$ em ambas as distâncias não foram significativamente diferentes, sugerindo que esse fator não altera a variável, além de não ser diferente à MFEL determinada pela distância de 2000m nadada.

A forma de indução da hiperlactacidemia pré teste incremental foi estudado por Santhiago et al. (2008) em teste em campo e em esteira com corredores; os resultados indicam maiores valores de lactato no início do teste incremental para o teste em pista, resultando também em diferentes valores de $\text{VLac}_{\text{mín}}$, o que leva a crer que o teste de $\text{Lac}_{\text{mín}}$ é dependente do tipo de indução realizado.

Por outro lado, Smith et al. (2002) investigando este mesmo fator com corredores e quatro protocolos diferentes de indução da hiperlactacidemia (I = *sprint* máximo de 30s; II = *sprint* máximo de 40s; III = protocolo de rampa até exaustão voluntária com no máximo 12 minutos totais e IV = dois *sprints* de 20s separados por 60s de intervalo ativo), chegaram a conclusão que o padrão de declínio do lactato sanguíneo durante teste incremental parece ser dependente da concentração e não do protocolo

Na natação Altimari et al. (2007) encontraram forte correlação entre a velocidade de LAn com concentração fixa de 3,5mM, $\text{VLac}_{\text{mín}}$, velocidade crítica (VC) e *performance* de 400m em crianças e adolescentes de ambos os gêneros altamente treinados mostrando que a $\text{VLac}_{\text{mín}}$ corresponde aos outros protocolos utilizados na

modalidade para determinação do LAn, sugerindo que podem ser utilizados por treinadores e técnicos na avaliação da capacidade aeróbia de nadadores jovens.

4.2.2 Determinação do limiar anaeróbio - metodologias indiretas: Velocidade crítica

Na década de 60 surgiu o conceito de potência crítica (PC), sugerido por Monod e Scherrer (1965), sendo considerado o limite superior de esforço sustentável sem a ocorrência de fadiga, baseando-se na relação hiperbólica entre a potência realizada e seu respectivo tempo de exaustão. No início da década de 90 a metodologia da PC foi aplicada na natação sendo proposto o termo velocidade crítica (VC) para indicar a velocidade de nado que teoricamente poderia ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão; o método apresentou fortes correlações com a MFEL para nado atado ($r = 0,94$) e teste em piscina ($r = 0,89$) (WAKAYOSHI et al., 1992a; 1992b; 1993).

A determinação da VC é baseada na relação hiperbólica entre intensidades de esforços pré-determinadas e seus respectivos tempos de exaustão; para a natação esta variável pode ser determinada por meio do coeficiente angular da reta obtida de uma regressão linear entre distâncias fixas nadadas e seus respectivos tempos de execução (DENADAI, 2000; WAKAYOSHI et al., 1992).

Posteriores estudos confirmaram a alta correlação da VC com o momento de início do acúmulo de lactato sanguíneo (BRICKLEY et al., 2004; DENADAI et al., 2000), com a velocidade média (V_m) de 400m (BRICKLEY et al., 2004), com a V_m do teste de 30min (DEKERLE et al., 2002) e com a MFEL (DEKERLE et al., 2005).

Entretanto, a maioria dos autores concorda que a VC não corresponde a uma intensidade que pode ser sustentada por horas, sendo atualmente definida como o limite máximo do domínio da alta intensidade, a mais alta intensidade que não permite atingir o $VO_{2máx}$ durante uma carga constante de exercício físico (HILL; FERGUNSON, 1999).

Abaixo da VC progressivos aumentos de lactato sanguíneo, frequência cardíaca e componente lento de VO_2 são observados, mas valores máximos não são atingidos, acima da VC, com o aumento progressivo da intensidade, o $VO_{2máx}$ seria solicitado; na

natação essa velocidade está fortemente correlacionada às *performances* de longa duração, como a distância de 2000m.

Em crianças e adolescentes, apesar da resposta do LAn ser diferente daquela observada em adultos, a VC se mostra um bom parâmetro para determinação da capacidade aeróbia especialmente para esta população, principalmente pelo aspecto motivacional de *performances* mais rápidas e curtas que favorecem o máximo desempenho (VASCONCELOS et al., 2007; GRECO; DENADAI, 2005; TOUBEKIS et al., 2005). Este fator fortalece a utilização da VC em programas de treinamento aeróbio para grupos diversos, visto que oferece uma variável de potencial auxílio para prescrição de treinamento, controle individual de séries contínuas, longas e curtas de treinamento intervalado.

Além disso, a VC parece responder de maneira favorável ao treinamento aeróbio podendo ser utilizada em seu controle e prescrição. Bartholomeu Neto et al. (2009) verificaram que 23 semanas de treinamento composto por um macrociclo dividido em quatro mesociclos (*endurance* geral, *endurance* específica, período de competição e polimento) foram suficientes para obtenção de melhoras significativas da velocidade de nado e VC determinada pelas distâncias de 100, 200 e 400m em nadadores adolescentes de ambos os gêneros.

Todavia, sendo o protocolo de VC dependente das distâncias de nado executadas, e sabendo-se que diferentes distâncias podem resultar em diferentes valores de VC (PAPOTI et al., 2005), a determinação de um protocolo eficaz para a função proposta pelo método é fundamental.

Toubekis et al. (2001) propuseram, para nadadores jovens, que a VC pode ser determinada com menos de quatro distâncias, reduzindo a quantidade de tempo necessária para realização do protocolo.

Porém, ainda assim, é necessária a determinação das distâncias mais apropriadas para tanto. Estudos como o de Greco et al. (2003) concluíram que o uso de distâncias entre 50 e 400 metros para determinação da VC é o mais adequado como índice preditor do desempenho aeróbio, em especial para crianças e adolescentes cujo aspecto motivacional para nadar provas mais longas pode comprometer os valores obtidos.

Entretanto, inclusive nesta faixa de distâncias estabelecidas, há diferenças em combinações de distâncias menores (50, 100 e 200m) em relação às distâncias maiores (100, 200 e 400m; 200, 400 e 800m), sendo que a primeira subestima a segunda (MACHADO et al., 2009).

Sendo a VC um índice que prediz o desempenho aeróbio, a escolha de distâncias que não atinjam um tempo limite de aproximadamente três minutos, pode propiciar a influência da inércia aeróbia, já que o VO_2 aumenta de forma monoexponencial até atingir o estado estável próximo a esse tempo limite (TOUBEKIS et al., 2006; JENKINS; QUIGLEY, 1990).

Desta forma, como a VC é determinada por distâncias fixas e não até o tempo de exaustão, deve ser estabelecida a presença de uma distância que atinja este tempo limite, evitando assim uma superestimação dos valores de VC (GRECO et al., 2003).

Como visto, o desempenho em diversas distâncias permite a determinação da VC, lembrando que o valor da inclinação proposto na fórmula é dependente do tempo de exaustão usado para determinar a relação tempo/distância com influência do gasto energético do nadador (DEKERLE et al., 2006; DIPRAMPERO, 1999). Sendo assim, é recomendável incluir no modelo distâncias que permitam que o $VO_{2máx}$ seja atingido (entre dois e 15 minutos). As distâncias competitivas compreendidas entre 200 e 1500m podem ser utilizadas para a natação (MARTIN; WHYTE, 2000; WRIGHT; SMITH, 1994).

Logo, verifica-se que esse parâmetro é extremamente viável e se torna fundamental para a prescrição e controle das cargas de treino em uma equipe, especialmente de crianças e adolescentes, visto que poucos estudos tratam do assunto; a VC é eficaz pela rapidez e facilidade de aplicação, ponto importante já que a referida população muitas vezes não está acostumada a fazer testes de longa duração.

4.3 Índices Técnicos

A natação, por ser realizada no meio líquido, é uma modalidade desportiva altamente dependente da habilidade técnica do atleta (CAPUTO et al., 2000). Desta maneira, aspectos biomecânicos que representam a técnica e a habilidade de nado e interferem nas forças resistivas e/ou propulsivas, podem contribuir igualmente para o

desempenho quando comparados com fatores relacionados à capacidade de produção e liberação de energia para o deslocamento (CRAIG JUNIOR et al., 1985).

Entre os aspectos biomecânicos estão os níveis de aplicação de força propulsiva e o arrasto passivo e ativo (KOLMOGOROV; DUPLISCHEVA, 1992; SCHLEIHAUF et al., 1988; HOLLANDER et al., 1986). Estudos têm mostrado que esses aspectos biomecânicos interferem em variáveis fisiológicas como o gasto energético, sendo fatores fundamentais para o deslocamento no meio líquido (WAKAYOSHI et al., 1995; CHATARD et al., 1990), além da antropometria (PELAYO et al., 1996; GRIMSTON; HAY, 1986) e coordenação dos braços na fase aérea e submersa do movimento de braçada (MILLET et al., 2002; PELAYO et al., 1996).

A densidade da água é aproximadamente 800 vezes maior que a do ar, o que causa um aumento drástico na resistência e no gasto energético requerido para o deslocamento, tornando a habilidade técnica de nado um item de altíssima importância para o desempenho.

Além disso, ao contrário da terra que é imóvel, na água parte da energia propulsiva é deslocada para a água que sofre aceleração, ou seja, parte da energia é utilizada para deslocar a água para trás ao invés de deslocar o nadador para frente (DIPRAMPERO et al., 1974). Conseqüentemente, a eficiência bruta na natação parece variar entre três e 10% dependendo da velocidade e do estilo de nado executado (TOUSSAINT et al., 1990), enquanto que em outros esportes terrestres a variação é de 20 a 40% (DIPRAMPERO, 1986).

Esses fatores fazem da natação uma atividade com elevado custo energético para deslocamento e velocidades máximas reduzidas (DIPRAMPERO, 1986), o que pode variar de acordo com características individuais como: antropometria, idade, composição corporal, gênero e especialidade de nado (KJENDLIE et al., 2004; POUJADE et al., 2002).

Diante disso, é fundamental a utilização de variáveis biomecânicas que representem o nível de habilidade de nado e a técnica de nadadores, permitindo o acompanhamento dos efeitos de um programa de treinamento e o aprimoramento técnico dos nadadores; em especial por se tratar da mensuração de índices de fácil

avaliação, possíveis de serem realizados em um grande número de atletas e sem necessidade de pessoal especializado e equipamentos caros.

A distância percorrida por braçada (Dbr), a frequência de braçada (Fbr), a velocidade média de nado (Vm) e o índice de braçada (lbr) são as variáveis de avaliação da *performance* de nado mais objetivas utilizadas por treinadores e atletas. A Dbr é a distância horizontal média percorrida durante a execução de um ciclo completo de braçada (MAGLISCHO, 1999); no estilo crawl esse ciclo de braçada é definido como sendo o momento de entrada de uma mão na água até a próxima entrada da mesma mão na água. Toussaint e Beek (1992) assumem que a Dbr é um índice que fornece indicação da eficiência propulsiva e pode ser utilizado para avaliar progressos individuais da técnica de nado

A Fbr é o número médio de ciclos de braçadas executados em determinado tempo (CHOLLET et al., 1999), podendo ser expresso em ciclos por segundo (ciclos/s).

A combinação das variáveis FBr e DBr influencia na variação de velocidade do nadador, podendo acarretar velocidades baixas ou máximas como resultado de uma combinação ideal (CRAIG; PENDERGAST, 1979). Tem sido mostrado na literatura que esses índices são de grande utilidade para detectar alterações decorrentes do treinamento aeróbio (WAKAYOSHI et al., 1995; WAKAYOSHI et al., 1993), indicar a eficiência propulsiva (TOUSSAINT; BEEK, 1992) e a melhora da habilidade técnica (WAKAYOSHI et al., 1995; TOUSSAINT, 1990).

Um desses indicadores é o lbr, determinado pelo produto entre a Vm e a Dbr. Este índice tem grande utilidade para medir a habilidade técnica do nadador e apresenta a vantagem de neutralizar o efeito da velocidade (COSTILL et al., 1985). Assume-se que quanto mais elevado o lbr, mais adequada mecanicamente será a técnica utilizada (CASTRO et al., 2003; CAPUTO et al., 2000) e o nadador que apresentar para uma mesma velocidade de deslocamento uma maior Dbr e, conseqüentemente, menor Fbr, será mais eficiente (COSTILL et al., 1985).

Nadadores experientes fazem o uso de diferentes combinações desses parâmetros para obter o máximo desempenho, ou seja, para manter determinada velocidade os nadadores adotam uma combinação de Fbr e Dbr que julgam ser mais

eficiente para determinada distância; saber controlar esses aspectos pode ser um dos fatores que determinam maiores níveis de rendimento (DEKERLE et al., 2002).

Dekerle et al. (2005) estudaram a correspondência da Dbr com a MFEL e verificaram que em velocidades acima dessa intensidade havia queda significativa da Dbr, sugerindo então que há uma relação estreita entre fatores fisiológicos de fadiga metabólica e a piora na habilidade de nado. Essa redução pode ser explicada pela menor capacidade de desenvolver a força necessária para vencer a resistência ao movimento em intensidades acima do LAn (CRAIG JUNIOR et al., 1985).

Alberty et al. (2005), estudando as modificações na braçada do nado crawl sob condições de exaustão, concluíram que tais modificações têm estreita relação com a resistência muscular do atleta, sendo este um dos fatores que mais influenciam os parâmetros de braçada, limitando a manutenção da alta velocidade de nado durante a prova.

Levando em consideração as modificações decorrentes dos processos maturacionais, Castro et al. (2003) investigaram as características da braçada em nadadores com idades entre 12 a 28 anos. Os autores observaram que houve melhora na Vm e, conseqüentemente, aprimoramento da *performance* conforme o avanço das categorias com um aumento também na Fbr e Dbr, explicados pela diferença de maturação entre os atletas avaliados nas diferentes faixas etárias.

Diante disso, os fatores antropométricos, como estatura e comprimento de membros, podem interferir nos índices biomecânicos, conferindo vantagens aos nadadores mais altos que podem realizar braçadas mais longas em qualquer distância de prova (PELAYO et al., 1996; WEISS et al., 1988).

Alguns estudos têm observado mudanças nas características antropométricas dos nadadores e a melhora na *performance* ao longo das últimas décadas. De 1964 até 1992, dados demonstraram que nadadores olímpicos aumentaram sua estatura sem aumento correspondente na massa corporal (CHENGALUR; BROWN, 1992; ARELLANO et al., 1992; KENNEDY et al., 1990). Embora algumas variáveis antropométricas não possam determinar o melhor desempenho, o tamanho dos braços, mãos, pernas e pés influenciam a Fbr e Dbr que um nadador combina para alcançar determinada velocidade (GRIMSTON; HAY, 1986). Craig et al. (1985) analisaram

nadadores olímpicos em 1984 e observaram que as mudanças na Dbr e Fbr estavam associadas aos melhores tempos que em 1976.

Visto que crianças e adolescentes estão em constante modificação, seja anatômica ou fisiológica, é de suma importância a determinação dos efeitos de treino, para um maior controle dessas variáveis ao longo das sessões de treinamento, visando a melhora do rendimento em longo prazo.

5 MÉTODOS

5.1 Sujeitos

Participaram do estudo 46 crianças e adolescentes do gênero masculino, com idade cronológica entre 10 e 16 anos, inseridos em programa de treinamento sistematizado de natação por pelo menos um ano, com volume médio de 25 km distribuídos em cinco sessões semanais, participantes regulares de competições de nível estadual e nacional nas categorias Mirim a Juvenil.

Os sujeitos foram divididos de acordo com a idade cronológica (GC) e biológica (GB). A idade cronológica foi determinada de forma centesimal (ARAÚJO, 1985) tendo como referência a data de nascimento e a data de coleta de dados; o grupo denominado GC1 compreendeu sujeitos com idades entre 10,5 a 13,4 anos e o grupo GC2 foi composto por sujeitos com idades entre 13,5 e 16,4 anos (MACHADO et al., 2007).

A idade biológica foi determinada por meio da auto-avaliação dos estágios maturacionais de Tanner (1962), sendo GB1 o grupo composto por sujeitos classificados nos estágios maturacionais de um a três e GB2 por sujeitos com classificação quatro e cinco. Os grupos foram formados por 40 sujeitos cada, não havendo necessariamente correspondência entre GC e GB.

A participação das crianças e adolescentes no trabalho foi voluntária, isenta de qualquer recompensa ou ônus. Tanto as crianças e adolescentes quanto seus responsáveis tomaram conhecimento prévio de todos os procedimentos experimentais realizados e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO I) tendo sido convidados a acompanharem as avaliações tanto em laboratório como em campo. Os protocolos do estudo foram previamente aprovados pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Maringá (Parecer nº 121/2010 – ANEXO II).

5.2 Delineamento experimental

Todos os sujeitos realizaram uma visita ao laboratório e compareceram três vezes ao local de avaliação em campo (piscina olímpica, aquecida e descoberta) com horários previamente agendados. A amostra parcial também teve a composição corporal avaliada em dia distinto no Centro de Pesquisas e Laboratório de Avaliação para Prática de Atividades Motoras (CELAPAM) da Unesp - Presidente Prudente/SP. A visita ao laboratório foi destinada a aferir as medidas antropométricas, bem como a realização do exame de auto-avaliação para classificação maturacional. Nos outros encontros foram realizados os testes em piscina para determinação da VC e $VLa_{c_{\min}}$. As distâncias de 100, 400m e os seis tiros de 200m do protocolo de $VLa_{c_{\min}}$ foram realizadas em três dias distintos, definidos de maneira randômica, com intervalo mínimo de 24 horas. Para a realização dos testes de esforço máximo em piscina, os atletas foram orientados a comparecer bem hidratados e alimentados em um período mínimo de duas horas após a última refeição, também foi solicitado que evitassem exercícios físicos intensos nas 24 horas anteriores aos testes.

5.3 Determinação da idade biológica

Os participantes foram submetidos a um exame de auto-avaliação maturacional destinada à determinação da idade biológica. Esta avaliação seguiu o protocolo padronizado por Tanner (1962) em que o sujeito é comparado a modelos fotográficos (ANEXO III) que relacionam e gradua a maturação sexual de acordo com o desenvolvimento das características sexuais secundárias. Os critérios de comparação classificam o sujeito em estágios numéricos de um a cinco em ordem crescente de acordo com o nível de pilosidade pubiana. Os sujeitos realizaram a auto-avaliação da maturação sexual, conforme protocolo de Matsudo e Matsudo (1994), em recinto reservado, limpo, previamente preparado e após explicação completa sobre os procedimentos, individualmente realizaram a comparação com as pranchas de modelo fotográfico em frente ao espelho, anotando o estágio condizente com suas características e entregando ao avaliador em envelope lacrado.

5.4 Antropometria

Foram aferidas medidas referentes à massa corporal (kg) e estatura (m) para cálculo do índice de massa corporal - IMC (kg/m^2); circunferências de cintura (cm) e quadril (cm) para cálculo de Relação Cintura Quadril (RCQ), medida de altura trocantérica (cm), medida de comprimento de membro superior (cm), número de calçado e medidas das dobras cutâneas nas regiões tricipital (TR) e subescapular (SE) (PETROSKI, 2007). As medidas de dobras cutâneas foram aferidas três vezes e a média desses valores adotada como valor final. A topografia de gordura (TG) foi determinada por meio da fórmula de Lohman (1986), para verificar centralização de gordura.

$$\text{TG} = \text{SE}/\text{TR} \quad (1)$$

O cálculo para determinar o percentual de gordura (%G) seguiu a equação proposta por Slaughter et al. (1988), que utiliza a somatória de duas dobras cutâneas (TR+SE) considerando ainda gênero, raça e idade maturacional.

Rapazes caucasianos $\text{TR}+\text{SE} \leq 35\text{mm}$

$$\text{Pré-púbere} - \% \text{ G} = 1,21 (\text{TR}+\text{SB}) - 0,008 (\text{TR}+\text{SB})^2 - 1,7 \quad (2)$$

$$\text{Púbere} - \% \text{ G} = 1,21 (\text{TR}+\text{SB}) - 0,008 (\text{TR}+\text{SB})^2 - 3,4 \quad (3)$$

$$\text{Pós-púbere} - \% \text{ G} = 1,21 (\text{TR}+\text{SB}) - 0,008 (\text{TR}+\text{SB})^2 - 5,5 \quad (4)$$

Rapazes negros $\text{TR}+\text{SE} \leq 35\text{mm}$

$$\text{Pré-púbere} - \% \text{ G} = 1,21 (\text{TR}+\text{SB}) - 0,008 (\text{TR}+\text{SB})^2 - 3,2 \quad (5)$$

$$\text{Púbere} - \% \text{ G} = 1,21 (\text{TR}+\text{SB}) - 0,008 (\text{TR}+\text{SB})^2 - 5,2 \quad (6)$$

$$\text{Pós-púbere} - \% \text{ G} = 1,21 (\text{TR}+\text{SB}) - 0,008 (\text{TR}+\text{SB})^2 - 6,8 \quad (7)$$

Rapazes de qualquer raça e nível maturacional $\text{TR}+\text{SE} > 35\text{mm}$

$$\% \text{ G} = 0,783 (\text{TR}+\text{SB}) + 1,6 \quad (8)$$

Todas as medidas foram aferidas por um único avaliador para que fosse minimizada a ocorrência de erros

5.5 Composição corporal

A amostra parcial (n = 17) foi avaliada pela técnica de absorptometria de raio-X de dupla energia (DEXA, modelo DPX-L, LUNAR *Radiation*, Madison, WI), com *scan* de corpo inteiro para estimativa da composição corporal. A avaliação foi feita utilizando-se o programa para análise de composição corporal, LUNAR *Radiation* versão 1.2i DPX-L, fornecendo informação de gordura relativa (%G), gordura andróide relativa (%GA), gordura ginóide relativa (%GG), tecido magro total (TMagro), tecido gordo total (TGordo), massa livre de gordura (MIG), massa livre de gordura e ossos (MIGO), densidade mineral óssea (DMO) e conteúdo mineral ósseo (CMO).

5.6 Determinação da velocidade referente à ocorrência do lactato mínimo (VLac_{min})

A velocidade de lactato mínimo (VLac_{min}) foi determinada por meio de uma adaptação do protocolo de Tegtbur et al. (1993) para corredores, de acordo com o que é sugerido por Ribeiro et al. (2000).

Inicialmente os sujeitos realizaram um esforço máximo de 200m, com saída à borda da piscina, com o intuito de induzir a lactacidemia, seguido por oito minutos de recuperação passiva fora da piscina para realização de coletas de amostra de sangue do lóbulo da orelha aos três, cinco e sete minutos de pausa para verificação do comportamento do lactato sanguíneo pós-esforço. Após a recuperação passiva, os sujeitos iniciaram o protocolo incremental para determinação da VLac_{min} realizando cinco “tiros” de 200m com velocidade progressiva determinada pelo LAn, sendo dois realizados com velocidade abaixo do LAn, um na velocidade de LAn e dois acima desta velocidade com tempos progressivamente menores, sendo o último com a maior intensidade possível (RIBEIRO et al., 2003). A saída foi dada à borda da piscina e houve intervalo apenas para serem realizadas as coletas de sangue.

Todas as amostras de sangue foram coletadas do lóbulo da orelha (25µl), armazenadas em tubos tipo eppendorff contendo 50µl fluoreto de sódio (NaF) a 1% e analisadas em aparelho eletroquímico (YSL 2300 STAT, *Yellow Springs* - Ohio, USA) para determinação da concentração de lactato sanguíneo

A $VLac_{\min}$ foi definida como o ponto de menor valor da concentração de lactato encontrado no teste progressivo em determinada distância. Este ponto foi determinado por ajuste de linha de tendência polinomial de 2ª ordem das variáveis de concentração de lactato e velocidade respectiva à distância efetuada, de acordo com equações abaixo e exemplificação da Figura 3.

$$Y = ax^2 + bx + c \quad (9)$$

$$VLac_{\min} = -b/2a \quad (10)$$

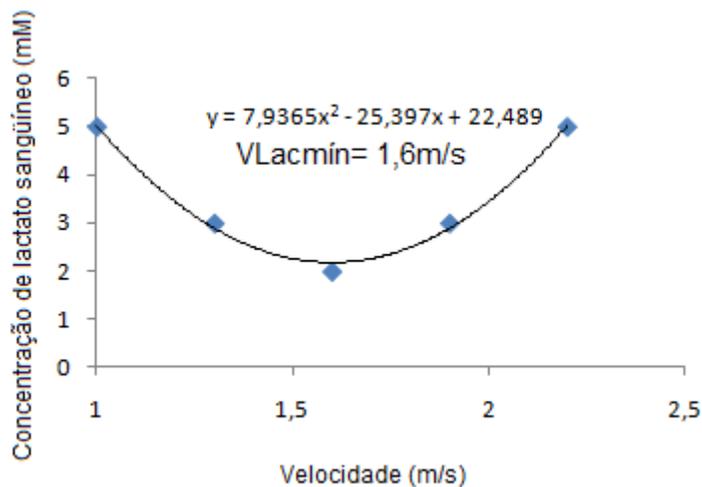


Figura 3. Exemplo da determinação da $VLac_{\min}$ de um participante do estudo, ajustada por linha de tendência polinomial, para determinação do ponto de menor concentração de lactato nas velocidades efetuadas em distâncias de 200m, com valor de $VLac_{\min}$ de 1,6 m/s.

5.7 Determinação da Velocidade Crítica (VC) e Capacidade de Trabalho Anaeróbio (CTAn)

Para a determinação da VC os participantes realizaram, em dias distintos e determinados de maneira randômica, após aquecimento padrão de 1200m *performances* máximas de nado livre nas distâncias de 100, 200 e 400 m sendo cronometrado o tempo necessário para finalização de cada uma das distâncias, com saída junto à borda (MACHADO et al., 2009; ALTIMARI et al., 2007). Os testes foram realizados em piscina olímpica (50m), descoberta, com temperatura da água próxima

de $23 \pm 1^\circ\text{C}$, temperatura ambiente de $26 \pm 3^\circ\text{C}$, em mesmo horário e com intervalo mínimo de 24 horas.

Após a realização dos testes VC foi determinada através da inclinação (b) (coeficiente angular) da reta de regressão linear entre as distâncias e seus respectivos tempos obtidos em cada repetição. O prolongamento da reta até o ponto de encontro desta com o eixo y (coeficiente linear) representa a CTAn. O modelo proposto por Wakayoshi et al. (1992) é exemplificado pelo Figura 4.

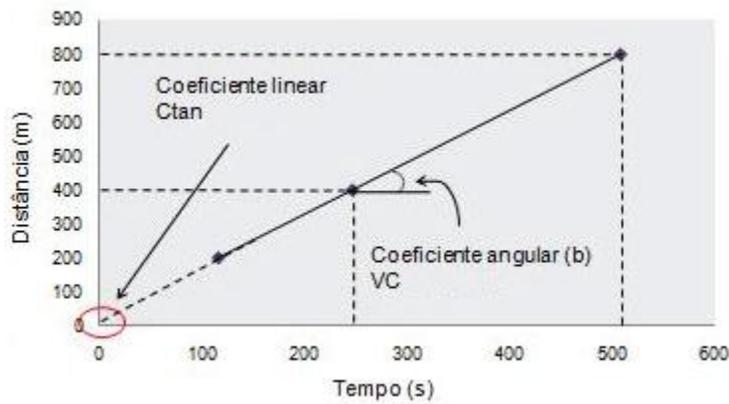


Figura 4. Exemplo do modelo proposto por Wakayoshi et al. (1992) para determinação da VC, e determinação da CTAn pelo coeficiente linear da reta de regressão linear (adaptado de MACHADO et al., 2009).

5.8 Determinação dos índices técnicos: distância percorrida por ciclo de braçada (Dbr), frequência de ciclo braçada (Fbr) e índice de braçada (IBr)

Os índices técnicos foram determinados durante a execução das *performances* máximas para a determinação da VC e $VLac_{\min}$ de acordo com o protocolo proposto por Caputo et al. (2000) para comparação entre diferentes distâncias e diferentes velocidades na mesma distância. Um avaliador para cada atleta ficou posicionado em frente ao bloco de saída com visão de toda a extensão da piscina. Em cada *performance* máxima foi contada todas as braçadas realizadas para a conclusão de cada um dos 50m necessários para completar a distância. Foi cronometrado o tempo necessário para realização de cada distância para posterior determinação da velocidade média de nado (V_m).

$$V_m = D/T \quad (11)$$

Sendo D = Distância percorrida e T = Tempo total de prova

A frequência de ciclo de braçada (Fbr) foi determinada por ciclos de braçada, logo, o número total de braçadas dividido por dois; a Fbr foi calculada utilizando-se o número de ciclos de braçadas (CB) e o tempo em segundos para completá-las. Para determinar a distância percorrida por ciclo de braçada (Dbr), expressa em metros por ciclo de braçada foi utilizada a Fbr e a Vm. O índice de braçada (lbr) foi calculado pelo produto entre Dbr e Vm, com valores maiores desta variável representando uma maior eficiência de braçada de cada atleta.

$$Fbr = CB/T \text{ (ciclos/s)} \quad (12)$$

$$Dbr = Vm/Fbr \text{ (m/ciclo)} \quad (15)$$

$$lbr = Dbr \times Vm \quad (16)$$

5.9. Análise estatística

Foi utilizada estatística descritiva para análise dos dados. As variáveis estão apresentadas em média \pm desvio padrão (DP). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste *Shapiro-Wilk*. Confirmada a normalidade os dados foram comparados pelo teste t *Student* (comparação entre os grupos GC e GB e suas subdivisões); foi utilizada a correlação de *Pearson* para as variáveis antropométricas, índices técnicos, capacidade aeróbia e anaeróbia e níveis de maturação. Os índices técnicos foram comparados pelo teste t de *Student* e pela correlação de *Pearson* em função das diversas distâncias e velocidades. Os valores de VC e VLac_{min} foram comparados pelo teste t de *Student*, correlação de *Pearson*, teste de concordância de *Bland-Altman*, adotando-se nível de significância de $p < 0,05$.

6 ARTIGO ORIGINAL I

**INFLUÊNCIA DA IDADE CRONOLÓGICA E BIOLÓGICA NA COMPOSIÇÃO
CORPORAL, ANTROPOMETRIA E *PERFORMANCE* DE NADADORES JOVENS**

Resumo

A fase de transição da infância para adolescência é marcada por modificações biológicas relacionadas ao crescimento e composição corporal, nesse aspecto os sujeitos que estão inseridos em programas sistematizados de treinamento desde idades muito precoces e em franco processo de crescimento, desenvolvimento e maturação, sofrem influência desses processos especialmente sobre a *performance*. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a influência da idade cronológica e biológica na composição corporal, antropometria e no desempenho de nadadores jovens do gênero masculino. Foram avaliados 17 crianças e adolescentes nadadores do gênero masculino, divididos de acordo com a idade biológica (GB) e cronológica (GC) em subgrupos (GB1 e GB2, GC1 e GC2); foram mensuradas variáveis antropométricas e de composição corporal pelo método de absorptometria de raio-X de dupla energia (DEXA); os sujeitos também realizaram *performances* máximas de 100, 200 e 400m. Os resultados foram comparados entre os subgrupos e foi determinada a relação entre as variáveis antropométricas, de composição corporal e *performance*. Foi verificado que os sujeitos de diferente idade biológica e cronológica apresentaram diferenças em relação às variáveis antropométricas e de composição corporal, sendo GC mais sensível para determinar diferenças em circunferência de cintura e abdome. Especialmente o aumento natural de massa magra, passando de uma média 32,42kg em GC1 para 51,53kg em GC2, e 34,12kg em GB1 para 49,61kg em GB2, está atrelado à melhora das *performances* de 100 a 400m em GB1 ($r=0,84$; $r=0,73$; $r=0,70$, respectivamente para 100, 200 e 400m) e GB2 ($r=0,84$; $r=0,86$; $r=0,80$, respectivamente para 100, 200 e 400m). Além disso, as variáveis relacionadas ao conteúdo mineral ósseo de $2529,39 \pm 542,48$ g ($r=0,75$; $r=0,72$, respectivamente para 100 e 200m) e estatura de $1,70 \pm 0,11$ cm ($r=0,86$; $r=0,88$; $r=0,91$, respectivamente para 100, 200 e 400m) também estão relacionadas à melhora das *performances* no grupo mais maturado. Logo, os resultados do presente estudo evidenciam que as modificações ocorridas no processo de crescimento e maturação são fortes influenciadores da *performance* de crianças e adolescentes e devem ser levados em consideração nos programas de treinamento com essa população.

Palavras-chave: Crianças. Adolescentes. Maturação. Natação.

Abstract

The transition from childhood to adolescence is marked by biological changes related to growth and body composition, in this aspects, the subjects that are inserted in systematic training programs since very young chronological ages, in a major phase of growth, development and maturation, these processes are influenced especially on performance. Therefore, the objective of this study was to verify the influence of chronological and biological age on body composition, anthropometry and performance of young male swimmers. Were evaluated 17 children and adolescents male swimmers, divided according to biological (GB) and chronological (GC) age into subgroups (GB1 e GB2, GC1 e GC2), were measured anthropometric variables and body composition by the X-ray dual energy absorptiometry (DEXA), the subjects also performed maximal performances of 100m, 200m and 400m. The results were compared between subgroups, and it was determined the relationship between anthropometric, body composition and performance variables. It was found that subjects of different biological and chronological ages differ in relation to the studied variables, GC were more sensitive to determine differences in waist and abdominal circumferences. Especially the natural increase of lean mass in boys, from an average of 32.42kg in GC1 to 51.53kg in GC2, and 34.12kg in GB1 to 49.61kg is linked to an improvement of performance of 100 to 400m in GB1 ($r=0.84$; $r=0.73$; $r=0.70$, respectively for 100, 200 e 400m) and GB2 ($r=0.84$; $r=0.86$; $r=0.80$, respectively for 100, 200 and 400m). Moreover, variables related to bone mineral content of $2.53\pm 0,54$ kg ($r=0.75$; $r=0.72$, respectively for 100 and 200m) and height of 1.70 ± 0.11 cm ($r=0.86$; $r=0.88$; $r=0.91$, respectively for 100, 200 and 400m) are also related to improved performances in GB2. Thus, the results of this study indicate that the changes on the growth and maturation process are strong performance influencers of children and adolescents and should be taken into consideration in training programs with this population.

Keywords: Children. Adolescents. Maturation. Swimming

INTRODUÇÃO

Crianças e adolescentes perfazem grupos esportivos competitivos de diversas modalidades, inseridas em programas sistematizados de treinamento em idades cronológicas muito precoces e em franco processo de crescimento, desenvolvimento e maturação. O fato de se tratar de uma clientela específica com características igualmente específicas evidencia diferenças desta em relação a adultos ou quando comparadas em diferentes fases da juventude.

Durante a puberdade há grandes modificações biológicas relacionadas ao crescimento, composição corporal e maturidade fisiológica (MALINA et al., 2004). Deste modo, o adolescente sofre mudanças notáveis no tamanho e forma corporal, na proporção de músculos, gordura e ossos, em especial marcados e influenciados pela maturação sexual ocorrida nesta fase da vida (TANNER, 1962).

O processo de maturação/evolução ocorre de forma seqüencial e ordenada até que o indivíduo atinja o estado adulto, porém isso pode acontecer de maneira mais acelerada ou mais lenta dependendo das características de cada sujeito (MATSUDO; MATSUDO, 1994); sendo assim, não necessariamente indivíduos de mesma idade cronológica apresentam características biológicas compatíveis, ou mesma classificação puberal (MALINA et al., 2004, MIRWALD et al., 2002).

Desta forma, há grande dificuldade em se identificar, nesta clientela, os efeitos decorrentes dos processos de crescimento e maturação de outros fatores ambientais decorrentes de respostas e adaptações ao treinamento sistematizado nas diferentes fases da juventude (BAXTER-JONES et al., 2005). Isso faz com que fatores influenciadores do desempenho esportivo e dependentes dos processos maturacionais, como variáveis antropométricas e de composição corporal (ZUNIGA et al., 2011; GELADAS et al., 2005; SEIFERT et al., 2004) provavelmente não sejam adequadamente considerados em cada fase do desenvolvimento na clientela pediátrica.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a influência da idade cronológica e biológica na composição corporal, antropometria e no desempenho de nadadores jovens do gênero masculino.

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram do estudo 17 crianças e adolescentes do gênero masculino, com idade cronológica entre 10,5 e 16,4 anos, inseridos em programa de treinamento sistematizado de natação ($4,34 \pm 2,68$ anos de prática), com volume médio de 40 km.semana.⁻¹ e participantes de competições de nível estadual e nacional nas categorias mirim à juvenil.

Os sujeitos foram divididos em grupos de acordo com a idade cronológica (GC) e biológica (GB), sendo que não necessariamente a classificação do mesmo sujeito foi igual nos dois grupos. A idade cronológica foi determinada de forma centesimal (ARAÚJO, 1985): GC1 foi composto por sujeitos com idades entre 10,5 e 13,4 anos e GC2 por sujeitos com idades entre 13,5 e 16,4 anos.

A idade biológica foi determinada pelo método de auto-avaliação das características sexuais secundárias segundo os critérios estabelecidos por Tanner (1962). Como não foi relatado o estágio um (1) para a amostra, os grupos foram subdivididos em: GB1 para os sujeitos que se encontravam nos estágios maturacionais dois (2) e três (3) e GB2 para os sujeitos que se encontravam nos estágios quatro (4) e cinco (5).

A participação foi voluntária, os sujeitos e seus responsáveis tiveram conhecimento prévio de todos os procedimentos experimentais realizados e assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. Os protocolos do estudo foram previamente aprovados pelo comitê de ética em pesquisa local (parecer nº 121/2010).

Delineamento experimental

Os sujeitos realizaram duas visitas em laboratório climatizado ($21 \pm 1^\circ\text{C}$); a primeira visita foi destinada à avaliação das medidas antropométricas e à auto-avaliação maturacional realizada em recinto reservado com auxílio de um espelho para comparação do sujeito com modelos fotográficos que representam os estágios maturacionais de acordo com a característica sexual secundária de pilosidade pubiana (SCHLOSSBERGER et al., 1992). A segunda visita foi destinada à avaliação da

composição corporal pelo método de absorptometria de raio-X de dupla energia (DEXA). As avaliações ocorreram em um período máximo de uma semana, após aproximadamente 15 horas sem exercícios intensos e consumo de bebidas alcoólicas e/ou estimulantes.

Os sujeitos também realizaram, em dias distintos e escolhidos randomicamente, *performances* máximas de natação de 100, 200 e 400m em piscina olímpica, descoberta e aquecida ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$), com horários previamente agendados no mesmo período após 24 horas sem exercícios intensos e consumo de bebidas alcoólicas e/ou estimulantes, preferencialmente em horários usuais de treinamento. Foram registradas as velocidades médias (V_m) de cada *performance*.

Antropometria e Composição corporal

Foram aferidas medidas referentes à massa corporal (kg) e estatura (m) para cálculo do índice de massa corporal (IMC) (kg/m^2); circunferências de cintura (CC) (cm), abdome (CA) (cm) e quadril (CQ) (cm) para cálculo de relação cintura quadril (RCQ) e medidas de dobras cutâneas nas regiões triéptica (TR) e subescapular (SE), adotando-se como valor final a média de três tentativas. Todas as medidas foram aferidas por um único avaliador para minimizar a ocorrência de erros. A topografia de gordura (TG) foi determinada por meio da fórmula de Lohman (1982) para verificar a centralização de gordura corporal:

$$\text{TG} = \text{SE}/\text{TR} \quad (1)$$

O DEXA (DPX-L, LUNAR Corp. Madison, WI, software versão 3.6) foi utilizado para estimação da composição corporal; a posição do *scan* dos sujeitos e a análise foram padronizadas. Na avaliação da composição corporal do corpo inteiro os sujeitos foram posicionados em decúbito dorsal, com as palmas das mãos voltadas para baixo, no centro da área de varredura. Foi observado se todas as partes do corpo do avaliado estavam situadas na referida área. Os sujeitos foram orientados a permanecerem imóveis até o final da leitura do *scan* e para facilitar o processo foram colocadas fitas de velcro na altura dos joelhos e tornozelos dos avaliados. As variáveis de composição

corporal fornecidas e incluídas no estudo foram: gordura relativa (%G), gordura andróide relativa (%GA), gordura ginóide relativa (%GG), tecido gordo total (TGordo), tecido magro total (TMagro), conteúdo mineral ósseo (CMO), densidade mineral óssea (DMO), massa isenta de gordura (MIG) e massa isenta de gordura e osso (MIGO).

Análise estatística

Foi utilizada estatística descritiva, com apresentação dos dados em média \pm desvio padrão (DP). A normalidade foi verificada pelo teste *Shapiro-Wilk*. Foi utilizado o teste t de *Student* independente para comparação das subdivisões de cada grupo; correlação de Pearson para comparação entre as *performances* máximas e as variáveis de composição corporal e antropometria, adotando-se nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os resultados estão apresentados de acordo com a divisão dos grupos biológicos (GB) e cronológicos (GC) e suas respectivas subdivisões (GB1 e GB2; GC1 e GC2).

A tabela 6.1 apresenta os dados referentes à avaliação antropométrica de GC e GB e seus respectivos subgrupos (GC1 e GC2; GB1 e GB2). Os subgrupos apresentaram diferenças antropométricas de 31% e 25% para massa corporal, 12% e 9% para estatura, 11% e 9% para circunferência de cintura (CC), e 30% e 38% para topografia de gordura (TG), respectivamente. No GC também foram detectadas diferenças entre os subgrupos para circunferência de abdome (CA) (11%) e de quadril (CQ) (11%).

Tabela 6.1 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis antropométricas: massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), circunferência de cintura (CC), abdome (CA) e quadril (CQ), relação cintura quadril (RCQ), dobra cutânea tricipital (TR) e subescapular (SE), e topografia de gordura (TG).

Variáveis	GC (n=17)		GB (n=17)	
	GC1 (n=9)	GC2 (n=8)	GB1 (n=9)	GB2 (n=8)
Massa Corporal (kg)	44,56 \pm 6,32	64,51 \pm 11,71*	46,76 \pm 8,27	62,04 \pm 14,29 [#]
Estatura (m)	1,52 \pm 0,05	1,72 \pm 0,06*	1,54 \pm 0,07	1,70 \pm 0,11 [#]
IMC (kg/m²)	19,34 \pm 1,98	21,72 \pm 2,86	19,71 \pm 2,24	21,31 \pm 2,97
CC (cm)	65,39 \pm 4,14	73,75 \pm 7,11*	66,11 \pm 4,86	72,94 \pm 7,56 [#]
CA (cm)	70,50 \pm 4,52	79,13 \pm 9,10*	71,94 \pm 5,72	77,50 \pm 9,75
CQ (cm)	80,44 \pm 6,49	90,63 \pm 6,26*	82,33 \pm 7,44	88,50 \pm 7,99
RCQ	0,82 \pm 0,05	0,81 \pm 0,04	0,81 \pm 0,39	0,82 \pm 0,45
TR (mm)	14,11 \pm 4,11	12,25 \pm 5,44	14,89 \pm 4,51	11,38 \pm 4,50
SE (mm)	8,11 \pm 2,57	9,13 \pm 2,90	8,00 \pm 2,50	9,25 \pm 2,92
TG	0,59 \pm 0,14	0,84 \pm 0,29*	0,55 \pm 0,13	0,88 \pm 0,25 [#]

*p<0,05 em relação à GC1

[#]p<0,05 em relação a GB1

Na tabela 6.2 estão apresentados os valores referentes à avaliação da composição corporal de GC e GB e seus respectivos subgrupos (GC1 e GC2; GB1 e GB2). Houve diferença para os subgrupos cronológicos e biológicos de 32% e 34% para gordura ginóide relativa (%GG), 37% e 31% para tecido magro total (TMagro), 35% e 30% para conteúdo mineral ósseo (CMO), 13% e 12% para densidade mineral óssea (DMO), 37% e 31% para massa isenta de gordura (MIG) e massa isenta de gordura e ossos (MIGO), respectivamente.

Tabela 6.2 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis referentes à composição corporal: gordura relativa (%G), gordura andróide relativa (%GA), gordura ginóide relativa (%GG), tecido gordo total (TGordo), tecido magro total (TMagro), conteúdo mineral ósseo (CMO), densidade mineral óssea (DMO), massa isenta de gordura (MIG) e massa isenta de gordura e osso (MIGO).

Variáveis	GC (n=17)		GB (n=17)	
	GC1 (n=9)	GC2 (n=8)	GB1 (n=9)	GB2 (n=8)
%G	21,92 \pm 7,68	14,86 \pm 7,11	22,10 \pm 7,63	14,66 \pm 6,92
%GA	23,63 \pm 9,82	16,43 \pm 10,50	23,42 \pm 9,89	16,66 \pm 10,59
%GG	33,24 \pm 9,68	22,55 \pm 8,92*	33,50 \pm 9,63	22,26 \pm 8,57 [#]
TGordo (kg)	9,37 \pm 4,09	9,58 \pm 6,17	9,91 \pm 4,19	8,97 \pm 6,05
TMagro (kg)	32,42 \pm 2,96	51,53 \pm 7,57*	34,12 \pm 5,84	49,61 \pm 10,19 [#]
CMO (kg)	1,70 \pm 0,27	2,61 \pm 0,42*	1,77 \pm 0,33	2,53 \pm 0,54 [#]
DMO (g/cm²)	0,98 \pm 0,06	1,13 \pm 0,08*	0,99 \pm 0,07	1,12 \pm 0,10 [#]
MIG (kg)	34,12 \pm 3,16	54,14 \pm 7,95*	35,89 \pm 6,11	52,14 \pm 10,71 [#]
MIGO (kg)	32,42 \pm 2,96	51,53 \pm 7,57*	34,12 \pm 5,84	49,61 \pm 10,19 [#]

*p<0,05 em relação à GC1

[#] p<0,05 em relação a GB1

A tabela 6.3 apresenta os resultados de velocidade média (Vm), expressa em metros por segundo (m/s), de nado para as distâncias de 100, 200 e 400m de GC e GB e seus respectivos subgrupos (GC1 e GC2; GB1 e GB2), sendo encontradas diferenças entre todos os subgrupos.

Tabela 6.3 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis referentes às *performances*: velocidade média (Vm) de 100m (V100), 200m (V200) e 400m (V400).

Grupos	V100 (m/s) (n=17)	V200 (m/s) (n=17)	V400 (m/s) (n=17)
GC1	1,21 \pm 0,13	1,12 \pm 0,09	1,03 \pm 0,12
GC2	1,57 \pm 0,10*	1,41 \pm 0,11*	1,34 \pm 0,10*
GB1	1,25 \pm 0,14	1,15 \pm 0,12	1,08 \pm 0,13
GB2	1,53 \pm 0,19 [#]	1,37 \pm 0,17 [#]	1,29 \pm 0,18 [#]

*p<0,05 em relação à GC1

[#]p<0,05 em relação à GB1

Na tabela 6.4 estão apresentadas as correlações (r) obtidas entre as *performances* de 100, 200 e 400m com as variáveis antropométricas e de composição corporal apresentadas anteriormente. Houve correlação significativa para as variáveis que representam a quantidade de massa muscular corporal (TMagro, MIG e MIGO), DMO, CMO, variáveis antropométricas (massa corporal e estatura); com valores negativos de correlação para %G e %GG.

Tabela 6.4 - Correlações (r) das *performances* de 100, 200 e 400m com as variáveis de composição corporal e antropometria: massa corporal, estatura, gordura relativa (%G), gordura ginóide relativa (%GG), tecido magro total (TMagro), conteúdo mineral ósseo (CMO), densidade mineral óssea (DMO), massa isenta de gordura (MIG) e massa isenta de gordura e osso (MIGO)

Variáveis	V100 (m/s) (n=17)	V200 (m/s) (n=17)	V400 (m/s) (n=17)
Massa corporal (kg)	0,75	0,78	0,77
Estatura (m)	0,82	0,82	0,84
%G	-0,49	NS	NS
%GG	-0,57	-0,50	-0,48
TMagro (g)	0,89	0,89	0,86
CMO (g)	0,80	0,77	0,77
DMO (g/cm²)	0,79	0,73	0,74
MIG (g)	0,88	0,89	0,86
MIGO (g)	0,89	0,89	0,86

Nas tabelas 6.5, 6.6 e 6.7 estão apresentados os valores significativos de correlação das variáveis antropométricas, de composição corporal e *performance* para os subgrupos: GB1, GB2 e GC2. O subgrupo GC1 não apresentou correlações significativas entre as variáveis.

Tabela 6.5 - Valores de correlação (r) das *performances* de 100, 200 e 400m com as variáveis de composição corporal: tecido magro total (TMagro), massa isenta de gordura (MIG) e massa isenta de gordura e ossos para GB1.

Variáveis	V100 (m/s) (n=17)	V200 (m/s) (n=17)	V400 (m/s) (n=17)
TMagro (g)	0,84	0,73	0,80
MIG (g)	0,70	0,74	0,75
MIGO (g)	0,84	0,73	0,80

Tabela 6.6 - Correlação (r) das *performances* de 100, 200 e 400m com as variáveis de composição corporal e antropometria: massa corporal, estatura, tecido magro total (TMagro), conteúdo mineral ósseo (CMO), densidade mineral óssea (DMO), massa isenta de gordura (MIG) e massa isenta de gordura e osso (MIGO) para o grupo GB2.

Variáveis	V100 (m/s) (n=17)	V200 (m/s) (n=17)	V400 (m/s) (n=17)
Massa corporal (kg)	NS	0,72	NS
Estatura (m)	0,86	0,88	0,91
Tmagro (g)	0,84	0,86	0,80
CMO (g)	0,75	0,72	NS
DMO (g/cm²)	0,72	NS	NS
MIG (g)	0,84	0,85	0,79
MIGO (g)	0,84	0,86	0,80

NS, não significativo

Tabela 6.7 - Correlação (r) das *performances* de 100, 200 e 400m com as variáveis de composição corporal: Tecido magro total (Tmagro) e massa isenta de gordura e osso (MIGO) para GC2.

Variáveis	V100 (m/s) (n=17)	V200 (m/s) (n=17)	V400 (m/s) (n=17)
Tmagro (g)	NS	0,71	NS
MIGO (g)	NS	0,71	NS

NS, não significativo

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência da idade cronológica e biológica na composição corporal, antropometria e no desempenho de nadadores jovens do gênero masculino.

Os principais achados da presente investigação evidenciaram que a divisão de crianças e adolescentes em grupos cronológicos e biológicos pode influenciar na determinação de padrões antropométricos, de composição corporal e a relação com a *performance*, relação esta que para o gênero masculino parece estar mais atrelada à maior quantidade de massa magra.

Tem sido demonstrado que em crianças e adolescentes de mesma idade cronológica podem-se encontrar sujeitos de diferentes níveis maturacionais (pré-púberes, púberes e pós-púberes), ou seja, a variabilidade entre idade cronológica e maturação biológica pode ser grande (MIRWALD et al., 2002).

Isso se torna importante, em especial na modalidade natação, já que os programas sistematizados de treinamento e a participação competitiva são iniciados por sujeitos ainda em estágio pré-púbere, com tendência a permanecerem nesta rotina esportiva da infância à adolescência e assim, sofrendo efeitos de todas as modificações ocasionadas pelos processos de crescimento, desenvolvimento e maturação (COSTILL et al., 1992).

Características pontuais de desenvolvimento na puberdade, como o aumento da massa magra, podem ser observadas tanto no GC como no GB (TMagro, MIG e MIGO). Siervogel et al. (2003) apontam um aumento constante dos oito aos 18 anos da massa magra, mas com maior taxa de desenvolvimento dos 12 aos 15 anos, diferença que pode ser observada no presente estudo para os subgrupos cronológicos e biológicos nos estágios quatro e cinco de Tanner.

Para a natação esta diferença representa um maior ganho de capacidade funcional e metabólica durante o desempenho (CLARKSON; GOING, 1996). No presente estudo isso é verificado justamente nas diferenças entre os subgrupos biológico e cronológico, com diferenças nas *performances* de 100, 200 e 400m, além de uma maior correlação entre *performances* e variáveis que representam a massa magra

(TMagro, MIG, MIGO) para o grupo mais velho e mais maturado em relação ao mais novo e menos maturado.

O fato dos sujeitos do presente estudo serem atletas pode ter influenciado a ocorrência de valores similares de TGordo e %G entre os subgrupos cronológicos e biológicos, além disso o aumento da massa magra para GC2 e GB2 evidenciou o aumento da massa corporal total desses grupos

Também foi verificado que nadadores mais jovens têm menores valores de massa corporal e maiores valores de %G que nadadores mais velhos (THORLAND et al., 1983), uma vez que há um grande aumento dos indicadores de massa magra (TMagro, MIG e MIGO) e de CMO.

Um fator relevante em relação à gordura corporal dos nadadores é a forma de distribuição da mesma, ou seja, a topografia de gordura; em meninos púberes aumenta-se a deposição de gordura central e reduz-se a das extremidades (LOHMAN et al., 1992; MALINA et al., 1994). No presente estudo houve uma redução significativa de %GG e um aumento dos valores de TG em GC2/GB2 em relação à GC1/GB1, mostrando uma maior tendência de acúmulo central de gordura para o gênero masculino com o passar da idade e desenvolvimento maturacional.

Em relação à *performance* é possível verificar no presente estudo que no grupo analisado integralmente houve correlação negativa apenas com a gordura ginóide (%GG), o que provavelmente representa o período maturacional de transição de tendência de acúmulo de gordura, anteriormente à observação de aumento da gordura central, atrelado também à correlação negativa da gordura relativa total principalmente em *performances* curtas.

Em relação ao CMO e a DMO é importante apontar os baixos valores destas variáveis em relação a outras modalidades esportivas como: futebol, basquetebol, voleibol ginástica entre outras (MUDD et al., 2007; CREIGHTON et al., 2004) e ficar atento às implicações disso sobre as atletas.

Em nadadores com média de idade de 19 anos (22,5 %G, 49kg TMagro), Carbuhn et al. (2010) encontraram valores médios de 2,59kg e 1,11g/cm² para CMO e DMO, significativamente menores que os encontrados em atletas colegiais de outras modalidades. Interessantemente o TMagro mostra-se acima da média, %G e TGordo

abaixo ou na média das outras modalidades, porém, DMO se compara ao da população sedentária.

Para o presente estudo, os valores de CMO e DMO são ainda menores e isso reflete a natureza da modalidade em que o empuxo da água reduz o estímulo ósseo necessário para o aumento da DMO; assim, a participação desses sujeitos em outras sessões de treinamento de alto impacto, que produzam estímulo ósseo suficiente, é crucial para estimular a osteogênese e manter um perfil ósseo saudável (EGAN et al., 2006; CREIGHTON et al., 2004; BEMBEN et al., 2004).

Em relação à *performance*, o presente estudo verificou correlação no aumento dos valores das variáveis ósseas para o grupo mais maturado, em especial na *performance* de menor distância (100m), evidenciando que o aumento natural de CMO e DMO não prejudicam o rendimento de nado.

Para cada modalidade é importante determinar como as variáveis antropométricas e de composição corporal podem afetar a *performance* e a maior chance de sucesso esportivo em determinadas provas (UGARKOVIC et al., 2002).

A estatura, por exemplo, mostrou-se sensível a mudanças e diferenças significativas tanto entre os subgrupos cronológicos quanto biológicos. Vários estudos demonstram correlações entre estatura e *performance* de nado (GELADAS et al., 2005; SEIFERT et al., 2004). Zampagni et al. (2008) apontaram a estatura, juntamente com a idade e a força manual, como os melhores preditores de *performance* para as distâncias de 50, 100, 400 e 800m de nado livre.

Visto as modificações ocorridas nesta variável em crianças e adolescentes, é necessário considerar-se, por exemplo, níveis maturacionais (maturação precoce ou tardia) que podem determinar a obtenção de valores diferentes em sujeitos de mesma idade e assim, influenciar em diferenças de *performance* de nado durante períodos do treinamento.

Quando analisado o custo de nado de crianças, adolescentes e adultos observa-se que crianças flutuam com mais facilidade devido a menor distância entre o centro de massa e o de flutuação (menor estatura), entretanto isso é compensado pelo torque ativo dos movimentos das mãos e pés durante o nado nos indivíduos mais velhos, sendo assim, o maior custo das crianças em relação aos adolescentes e adultos

quando expressos em relação ao tamanho corporal, pode ser explicado pela diferença de habilidade técnica, não sendo este um fator determinante para diferenças em *performance* (KJENDLIE et al., 2004).

De fato, para a amostra de crianças e adolescentes do presente estudo, houve relação entre *performance* e estatura, especialmente para o GB2 com forte correlação principalmente nas provas mais longas mostrando que, sobretudo para os grupos mais novos, outras variáveis de composição corporal e antropometria também devem ser controladas.

A obtenção do ótimo equilíbrio entre massa corporal, MIG e %G, por exemplo, é uma tarefa constante de técnicos e atletas para o alcance de uma ótima *performance*. Em alguns esportes há a vantagem do ganho de massa corporal, em especial TMagro, e em outros como a natação esses efeitos não são tão pontuais, já que a maior densidade muscular poderia prejudicar a flutuação e o rendimento de nado (PYNE et al., 2006; LOWENSTEYN et al., 1994).

De fato, no presente estudo, os sujeitos tanto do GC como do GB aumentaram as variáveis que representam a massa magra (TMagro, MIG, MIGO) quando comparados entre os subgrupos, isso vai de encontro ao estudo de Jürimäe et al. (2007) que encontraram maiores valores de MIG para meninos púberes em relação aos pré-púberes e a este comportamento foram atribuídas maiores correlações com as variáveis fisiológicas e as técnicas de nado influenciando na *performance*.

De forma similar, mas não somente para GB2, os resultados do presente estudo evidenciam a forte relação entre as variáveis que representam o aumento de massa magra e as três *performances* realizadas pelos sujeitos, favorecendo tanto a maior capacidade de força aplicada no *sprint* como o melhor desempenho aeróbio (ZAMPAGNI et al., 2008; HOWLEY et al., 1995).

A correlação observada entre a composição corporal e a *performance* já foi descrita em outros estudos (GELADAS et al., 2005; BAGNALL; KELLETT, 1977). Zuniga et al. (2011) encontraram influência negativa do %G para jovens nadadoras sobre a *performance* de *sprint*; os autores sugeriram que os delineamentos de programas de treinamento devam objetivar a redução do %G para melhora da *performance*. No presente estudo o %G pareceu influenciar negativamente a

performance somente quando o grupo foi analisado integralmente, e também especialmente para as provas mais curtas.

Essa controvérsia entre aumentar, manter ou reduzir os valores de MIG e de %G para nadadores fica evidente no processo maturacional, uma vez que o gênero masculino tende a ter grandes aumentos de MIG/TMagro e uma manutenção do %G e ainda assim uma melhora significativa em *performance*.

Como exemplo, a flutuação em mulheres é facilitada pelos maiores depósitos de gordura que são menos densos que os ossos e músculos, assim, o gênero feminino pode necessitar menos energia para manter-se equilibrado na posição horizontal na água (CAPUTO et al., 2006), porém ao comparar-se o gasto energético e a potência necessária para vencer o arrasto na água durante uma velocidade de nado constante, não é encontrado diferenças entre homens e mulheres (TOUSSAINT et al., 1990).

Sendo assim, sabendo-se que o TMagro é responsável por uma maior funcionalidade de movimento (CREWETHER et al., 2009; CLARKSON; GOING, 1996), o ganho maior e natural por parte do gênero masculino parece ser um fator mais relevante na melhora da *performance* durante a maturação do que o %G e pode ser o maior indicador das diferenças de *performance* entre sujeitos de diferentes níveis maturacionais.

Sendo assim, os resultados do presente estudo indicam que a idade biológica parece ser diferente e mais sensível na identificação das mudanças ocorridas na composição corporal e antropometria de crianças e adolescentes em relação à idade cronológica, o que se torna importante no processo de delineamento de programas de treinamento, já que estes são aspectos relacionados à *performance* dos nadadores e podem ter grande variabilidade entre sujeitos de mesma idade cronológica.

Em relação à *performance*, os dados do presente estudo evidenciam que a composição corporal afeta especificamente o gênero masculino; desde cedo o TMagro aumentado favorece uma melhor *performance* em distâncias de 100 a 400m.

Referências Bibliográficas

Araújo CGS. Fundamentos biológicos: medicina esportiva. RJ.: Ao livro técnico, 1985.

Bagnall KM, Kellett DW. A study of potential Olympic swimmers: I, the starting point. Br J Sports Med. 1977 set;11(3):127-132.

Baxter-Jones ADG, Eisenmann JC, Sherar LB. Controlling for Maturation in Pediatric Exercise Science. Pediatric Exercise Science. 2005; 17: 18-30.

Bemben DA, Buchanan TD, Bemben MG, Knehans AW. Influence of type of mechanical loading, menstrual status, and training season on bone density in young women athletes. J Strength Cond Res. 2004 maio;18(2):220-226.

Caputo F, Oliveira MFM, Denadai BS, Greco CC. Fatores intrínsecos do custo energético da locomoção durante a natação. Rev bras med esporte. 2006 nov/dez; 12(6):399-404.

Carbuhn AF, Fernandez TE, Bragg AF, Green JS, Crouse SF. Sport and training influence bone and body composition in women collegiate athletes. J Strength Cond Res. 2010 jul;24(7):1710-1717.

Clarkson P, Going S. Body composition and weight control: a perspective on females. In: Bar-Or O, Lamb D, Clarkson P, editors. Perspectives in exercise science and sports medicine. Exercise and the female: a life span approach. Carmel (IN): Cooper Publishing Co. 1996; 147-214.

Costill DL, Maglischo BW, Richardson AB. *Swimming*. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 1992

Costill DL, Kowaleski J, Porter D, Kirwan J, Fielding R, King D. Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. Int J Sports Med. 1985 out;6(5):266-270.

Creighton DL, Morgan AL, Boardley D, Brolinson PG. Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. J. Appl. Physiol. 2001 fev;90(2):565-570.

Crewther BT, Lowe T, Weatherby RP, Gill N, Keogh J. Neuromuscular performance of elite rugby union players and relationships with salivary hormones. J Strength Cond Res. 2009 out;23(7):2046-2053.

Egan E, Reilly T, Giacomoni M, Redmond L, Turner C. Bone mineral density among female sports participants. Bone. 2006 fev;38(2):227-233.

Geladas ND, Nassis GP, Pavlicevic S. Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers. Int J Sports Med. 2005 mar;26(2):139-144.

Howley ET, Bassett DR Jr, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc.* 1995 set;27(9):1292-1301.

Jürimäe J, Haljaste K, Cicchella A, Lätt E, Purge P, Leppik A, et al. Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatr Exerc Sci.* 2007 fev;19(1):70-81.

Kjendlie P-L, Ingjer F, Stallman RK, Stray-Gundersen J. Factors affecting swimming economy in children and adults. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2004 out;93(1-2):65-74.

Lohman TG. *Advances in Body Composition Assessment.* Champaign, IL: Human Kinetics, 1992.

Lohman TG. Measurement of body composition in children. *JOPERD.* 1982; 53: 67-70, 1982.

Lowenstyn I, Signorile JF, Giltz K. The effect of varying body composition on swimming performance. *J Strength Cond Res.* 1994;8:149-154.

Malina R, Bouchard C, Bar-Or O. *Growth, maturation and physical activity.* Champaign, IL: Human Kinetics. 2004.

Matsudo SMM, Matsudo VKR. Self-assessment and physician assessment of sexual maturation in Brazilian boys and girls: concordance and reproducibility. *Am. J. Hum. Biology.* 1994; 6:451-455.

Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc.* 2002 abr;34(4):689-694.

Mudd LM, Fornetti W, Pivarnik JM. Bone mineral density in collegiate female athletes: comparisons among sports. *J Athl Train.* 2007 set;42(3):403-408.

Pyne DB, Anderson ME, Hopkins WG. Monitoring changes in lean mass of elite male and female swimmers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2006 mar;1(1):14-26.

Schlossberger NM, Turner RA, Irwin CE Jr. Validity of self-report of pubertal maturation in early adolescents. *J Adolesc Health.* 1992 mar;13(2):109-113.

Seifert L, Boulesteix L, Chollet D. Effect of gender on the adaptation of arm coordination in front crawl. *Int J Sports Med.* 2004 abr;25(3):217-223.

Siervogel RM, Demerath EW, Schubert C, Remsberg KE, Chumlea WC, Sun S, et al. Puberty and body composition. *Horm. Res.* 2003;60(Suppl 1):36-45.

Tanner JM. *Growth at Adolescence.* Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1962.

Thorland WG, Johnson GO, Housh TJ, Refsell MJ. Anthropometric characteristics of elite adolescent competitive swimmers. *Hum. Biol.* 1983 dez;55(4):735-748.

Toussaint HM, Knops W, De Groot G, Hollander AP. The mechanical efficiency of front crawl swimming. *Med Sci Sports Exerc.* 1990 jun;22(3):402-408.

Ugarkovic D, Matavulj D, Kukolj M, Jaric S. Standard anthropometric, body composition, and strength variables as predictors of jumping performance in elite junior athletes. *J Strength Cond Res.* 2002 maio;16(2):227-230.

Zampagni ML, Casino D, Benelli P, Visani A, Marcacci M, De Vito G. Anthropometric and strength variables to predict freestyle performance times in elite master swimmers. *J Strength Cond Res.* 2008 jul;22(4):1298-1307.

Zuniga J, Housh TJ, Mielke M, Hendrix CR, Camic CL, Johnson GO, et al. Gender comparisons of anthropometric characteristics of young sprint swimmers. *J Strength Cond Res.* 2011 jan;25(1):103-108.

7 ARTIGO ORIGINAL II

**INFLUÊNCIA DA IDADE CRONOLÓGICA E BIOLÓGICA NA CAPACIDADE
AERÓBIA, ANAERÓBIA E NA *PERFORMANCE* DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES
NADADORES**

Resumo

A resposta fisiológica das crianças e adolescentes à sobrecarga física é diferente daquela observada em indivíduos adultos e até mesmo entre jovens de diferente idade ou nível maturacional. A determinação de índices eficazes e de fácil aplicação para o controle e prescrição de treino e que sejam sensíveis às peculiaridades da população pediátrica é de fundamental importância, diante disto, o objetivo do presente estudo foi verificar a influência da idade cronológica e biológica em índices de capacidade aeróbia, anaeróbia e da *performance* de crianças e adolescentes nadadores. Participaram do estudo 46 crianças e adolescentes nadadores, divididos de acordo com a idade cronológica (GC) e biológica (GB) em quatro subgrupos (GC1 e GC2, GB1 e GB2), foram mensuradas medidas antropométricas e realizado *performances* máximas de 100, 200 e 400m para determinação da velocidade crítica (VC) e capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn) com quatro combinações de distâncias, os sujeitos também realizaram o protocolo de lactato mínimo (Lac_{\min}) para determinação da capacidade aeróbia. Os resultados foram comparados entre os subgrupos, entre as combinações de distâncias para determinação da VC e CTAn, e entre os métodos de avaliação da capacidade aeróbia, também verificou-se a relação dos métodos com a *performance* de 100 a 400m. As diferentes combinações de distâncias resultaram em diferentes valores de VC, sendo que a combinação que exclui a distância de 400m (VC4) ($GB2=1,18\pm0,17$ m/s e $GC2=1,22\pm0,14$ m/s) é a que mais superestima a velocidade de Lac_{\min} ($V_{Lac_{\min}}$) ($GB2=1,11\pm0,13$ m/s e $GC2=1,13\pm0,11$ m/s) no grupo mais maturado e mais velho, porém todas são altamente relacionadas às *performances*, em especial as combinações de 100 e 400m ($r=0,98$ para GC1 e GB1, $r=0,99$ para GC2 e GB2), e 100, 200 e 400m ($r=0,99$ para GB2 e $r=0,98$ para GB1, GC1 e GC2). Somente o grupo biológico foi sensível em detectar as diferenças de CTAn, entretanto a mesma parece não ser um forte preditor de *performance*, apresentando relações somente entre a CTAn4 e *performance* de 100m do grupo mais novo ($r=0,42$) e do grupo menos maturado ($r=0,46$). Portanto, evidencia-se a utilização da idade biológica para determinação das características fisiológicas de um grupo de crianças e adolescentes, além disso, a VC, em especial a utilização de duas distâncias (100 e 400m) parece ser eficaz para determinação da capacidade aeróbia e predição de desempenho, enquanto que a CTAn determinada por distâncias fixas parece não ser um forte preditor anaeróbio de desempenho para crianças e adolescentes.

Palavras-chave: Maturação. Velocidade crítica. Lactato mínimo. Capacidade de trabalho anaeróbio. Natação.

Abstract

The physiological response of children and adolescents to physical overload is different from that observed in adults and even among young people of different age or maturity level. The determination of effective parameters, easy to use for the control and prescription of training, and that can be sensitive to the peculiarities of the pediatric population is of fundamental importance, therefore, the aim of this study was to verify the influence of chronological and biological age on indices of aerobic and anaerobic capacity, and performance of young swimmers. The study included 46 young male swimmers, divided according to chronological (GC) and biological (GB) age in four subgroups (GC1 and GC2, GB1 and GB2), anthropometric variables were measured, and were performed maximum performances of 100, 200 and 400m to determine the critical velocity (CV) and anaerobic work capacity (CTAn) with four distance combination, the subjects also performed the lactate minimum (Lac_{min}) protocol to determine aerobic capacity. The results were compared between subgroups among the combination of CV and CTAn, and between methods of assessing aerobic capacity, it was also verified the relation between the methods and the performance of 100 to 400m. The different combinations of distances result different values of CV, and the combination that excludes the distance of 400m (CV4) ($GB2=1.18\pm 0.17$ m/s and $GC2=1.22\pm 0.14$ m/s) is the most likely to overestimate the Lac_{min} velocity ($V_{Lac_{min}}$) ($GB2=1.11\pm 0.13$ m/s and $GC2=1.13\pm 0.11$ m/s) in GB2 and GC2, but all highly related to performance, especially combination of 100 and 400m ($r=0.98$ for GC1 and GB1, $r=0.99$ para GC2 and GB2), and 100, 200 and 400m ($r=0.99$ for GB2 and $r=0.98$ for GB1, GC1 and GC2). Only the biological group was sensitive to detect differences in CTAn, but it doesn't seem to be a strong predictor of performance, with relations only for CTAn4 and performance of 100m to the younger group ($r=0.42$) and the least mature group ($r=0.46$). Therefore, it exalts the use of biological age to determine the physiological characteristics of a group of children and adolescents, and the CV, in particular the use of two distances (100 and 400m), appears to be effective for aerobic capacity determination and prediction performance, while CTAn determined by fixed distances seems to be a poor anaerobic predictor of performance in children and adolescents.

Keywords: Maturation. Critical velocity. Lactate minimum. Anaerobic work capacity. Swimming.

INTRODUÇÃO

Considerando que as respostas fisiológicas de crianças e adolescentes à sobrecarga física são diferentes daquelas observadas em sujeitos mais velhos (VASCONCELOS et al., 2007; WILLIAMS; ARMSTRONG, 1991; TANAKA; SHINDO, 1985), a utilização de parâmetros que respeitem e sejam sensíveis a essas peculiaridades são de fundamental importância para avaliação e prescrição adequada dos estímulos de treinamento.

Dentre os testes freqüentemente utilizados na determinação da capacidade aeróbia (limiar anaeróbio) destacam-se os que utilizam as concentrações sanguíneas de lactato como marcador de intensidade de exercício. Dentre eles, destaca-se o teste de lactato mínimo (Lac_{\min}) inicialmente proposto por Tegtbur et al. (1993) e adaptado para a natação (RIBEIRO et al., 2003), estabelecendo índices confiáveis de capacidade aeróbia, especialmente devido a possibilidade de identificar individualmente valores fortemente correlacionados aos de máxima fase estável de lactato (MFEL) (RIBEIRO et al., 2003; SIMÕES et al., 2000).

Até onde sabemos, ainda não foi verificado na literatura estudos que determinaram a capacidade aeróbia de crianças e adolescentes na natação por meio do teste de Lac_{\min} , em especial a sensibilidade em detectar as modificações ocasionadas pelo avanço da maturação biológica. Tendo em vista a dificuldade de realização destes testes devido aos caros equipamentos e necessidade de pessoal especializado alguns estudos buscaram a validação de índices não invasivos que pudessem determinar e quantificar variáveis aeróbias e anaeróbias.

O teste de potência crítica (PC) (MONOD; SHERRER, 1965) foi validado para natação (WAKAYOSHI et al. 1992) e popularizado para piscina convencional (WAKAYOSHI et al., 1993). Este teste teoricamente possibilita a determinação de um parâmetro aeróbio, a velocidade crítica (VC) (DEKERLE et al., 2005; BRICKLEY et al., 2004; DEKERLE et al., 2002; GRECO et al., 2005) e da capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn), de modo não invasivo (SMITH; HILL, 1993). Ainda assim, a validade da CTAn como parâmetro anaeróbio em nadadores ainda é contraditório, em especial

para crianças e adolescentes, pois esta clientela ainda sofre os efeitos do processo maturacional (INBAR; BAR OR, 1986).

Desta forma, sabendo-se que crianças e adolescentes de mesma idade cronológica podem ser classificados em diferentes níveis maturacionais (MIRWALD et al., 2002) e estas diferenças podem influenciar no rendimento (GRECO et al., 2003), o objetivo do presente estudo foi verificar a influência da idade cronológica e biológica em índices de capacidade aeróbia, anaeróbia e de *performance* de crianças e adolescentes nadadores.

MÉTODOS

Sujeitos

Participaram do estudo 46 crianças e adolescentes do gênero masculino, com idade cronológica entre 10,5 e 16,4 anos, inseridos em programa de treinamento sistematizado de natação ($5,72 \pm 3,87$ anos de prática), com volume médio de 40km.semana^{-1} e participantes de competições de nível estadual e nacional nas categorias mirim à juvenil ($7,55 \pm 2,95$ competições.ano⁻¹).

Os sujeitos foram divididos em grupos de acordo com a idade cronológica (GC) e biológica (GB) sendo que não necessariamente a classificação do mesmo sujeito foi igual nos dois grupos. A idade cronológica foi determinada de forma centesimal (ARAÚJO, 1985), GC1 composto por sujeitos com idades entre 10,5 e 13,4 anos e GC2 composto por sujeitos com idades entre 13,5 e 16,4 anos.

A idade biológica foi determinada por meio da auto-avaliação das características sexuais secundárias segundo os critérios estabelecidos por Tanner (1962). Como não foi relatado o estágio um (1) para nenhum dos sujeitos da amostra, os grupos foram subdivididos em GB1: estágios maturacionais dois e três e GB2: estágios quatro e cinco.

A participação foi voluntária, os sujeitos e seus responsáveis tiveram conhecimento prévio de todos os procedimentos experimentais realizados e assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. Os protocolos experimentais do estudo foram previamente aprovados pelo comitê de ética em pesquisa local (parecer n° 121/2010).

Delineamento experimental

Os sujeitos realizaram uma visita em laboratório climatizado ($21 \pm 1^\circ\text{C}$), destinada à avaliação das medidas antropométricas e à auto-avaliação maturacional, que foi realizada em recinto reservado com auxílio de um espelho para comparação do sujeito com modelos fotográficos que representam os estágios maturacionais de acordo com a característica sexual secundária de pilosidade pubiana (SCHLOSSBERGER et al., 1992).

Houve também três dias de avaliação em piscina olímpica, descoberta e aquecida ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$) em horários previamente agendados no mesmo período, preferencialmente em horários usuais de treinamento. Nesses dias, os sujeitos realizaram, após aquecimento padrão (1500m), esforços máximos de 100m, 400m e o protocolo para determinação da velocidade referente à ocorrência do lactato mínimo (VLac_{min}) (200m de indução à hiperlactacidemia e cinco *performances* progressivas de 200m), definidos de maneira randômica para determinação da velocidade crítica (VC) e da capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn).

As avaliações ocorreram em um período máximo de uma semana, sendo que os testes máximos em piscina foram realizados após um período mínimo de 24 horas sem exercícios extenuantes e consumo de bebidas alcoólicas e/ou estimulantes, os sujeitos foram orientados a comparecerem bem hidratados e alimentados.

Antropometria e Composição corporal

Foram aferidas medidas antropométricas referentes à massa corporal (kg) e estatura (m) para determinação do índice de massa corporal (IMC) (kg/m^2); circunferências de cintura (CC) (cm), abdome (CA) (cm) e quadril (CQ) (cm) para cálculo de relação cintura quadril (RCQ) e medidas de dobras cutâneas das regiões tricipital (TR) e subescapular (SE), adotando-se como valor final a média de três tentativas. Todas as medidas foram aferidas por um único avaliador para minimizar a ocorrência de erros.

A topografia de gordura (TG) foi determinada por meio da fórmula de Lohman (1982) para verificar a centralização de gordura corporal:

$$\text{TG} = \text{SE}/\text{TR} \quad (1)$$

O cálculo para determinação do percentual de gordura (%G) foi realizado a partir da equação proposta por Slaughter et al. (1988) que utiliza a somatória de duas dobras cutâneas (TR+SE) considerando ainda gênero, raça e idade maturacional:

Rapazes caucasianos $\text{TR} + \text{SE} \leq 35\text{mm}$:

$$\text{Pré-púbere: } \% G = 1,21 (\text{TR} + \text{SB}) - 0,008 (\text{TR} + \text{SB})^2 - 1,7 \quad (2)$$

Púbere: % G = 1,21 (TR+SB) - 0,008 (TR+SB)² - 3,4 ⁽³⁾

Pós- púbere: % G = 1,21 (TR+SB) - 0,008 (TR+SB)² - 5,5 ⁽⁴⁾

Rapazes negros TR+SE ≤ 35mm:

Pré-púbere: % G = 1,21 (TR+SB) - 0,008 (TR+SB)² - 3,2 ⁽⁵⁾

Púbere: % G = 1,21 (TR+SB) - 0,008 (TR+SB)² - 5,2 ⁽⁶⁾

Pós- púbere: % G = 1,21 (TR+SB) - 0,008 (TR+SB)² - 6,8 ⁽⁷⁾

Rapazes de qualquer raça e nível maturacional TR+SE >35mm

% G = 0,783 (TR+SB) + 1,6 ⁽⁸⁾

Determinação da velocidade referente à ocorrência do lactato mínimo (VLac_{min}) e da concentração de lactato pico ([Lac]pico)

A VLac_{min} foi determinada por meio de uma adaptação do protocolo de Tegtbur et al. (1993) para corredores, de acordo com o que é sugerido por Ribeiro et al. (2000) para a natação. Os sujeitos realizaram inicialmente uma *performance* máxima de 200m com saída à borda da piscina com intuito de induzir a lactacidemia, seguido por oito minutos de recuperação passiva. Foram coletadas amostras de 25µl de sangue do lóbulo da orelha aos três, cinco e sete minutos após a indução.

Ao oitavo minuto os sujeitos iniciaram o protocolo incremental para determinação da VLac_{min} realizando cinco *performances* de 200m com velocidade progressiva determinada pelo LAn, sendo dois realizados com velocidade abaixo do LAn, um na velocidade de LAn e dois acima desta velocidade com tempos progressivamente menores, sendo o último com a maior intensidade possível (RIBEIRO et al., 2003). A saída foi dada à borda da piscina e houve intervalo apenas para serem realizadas as coletas de sangue.

Todas as amostras de sangue foram armazenadas em tubos tipo Eppendorff contendo 50µl fluoreto de sódio (NaF) a 1% e analisadas em aparelho eletroquímico (YSL 2300 STAT, *Yellow Springs* - Ohio, USA) para determinação da concentração de lactato sanguíneo. A maior concentração de lactato obtida nas três coletas pós-indução foi estabelecida como o valor de [Lac]pico.

A VLac_{min} foi definida como o ponto de menor valor de concentração de lactato encontrado durante a realização do protocolo progressivo para determinada distância.

Desse modo os pontos obtidos da relação entre intensidade de exercício versus concentração de lactato foram ajustados por uma linha de tendência polinomial de 2ª ordem de modo que a $VLac_{\min}$ foi assumida como a derivada zero desse ajuste (PARDONO et al., 2008).

Determinação da Velocidade Crítica (VC) e da Capacidade de Trabalho Anaeróbio (CTAn)

Os sujeitos realizaram *performances* máximas de 100m, 200m (*performance* de indução a lactacidemia do protocolo do lactato mínimo) e 400m com saídas junto à borda da piscina. Quatro combinações de distâncias foram formadas para determinação da VC e da CTAn a partir das três *performances* efetuadas: VC1/CTAn1 (100, 200 e 400m); VC2/CTAn2 (200 e 400m), VC3/CTAn3 (100 e 400m) e VC4/CTAn4 (100 e 200m).

Assim, os pontos obtidos da relação entre as distâncias e os tempos para as diferentes combinações foram ajustados linearmente de modo que os coeficientes angular e linear correspondessem a VC (m/s) e CTAn (m), respectivamente conforme proposto por Wakayoshi et al. (1992) (Figura 7.1).

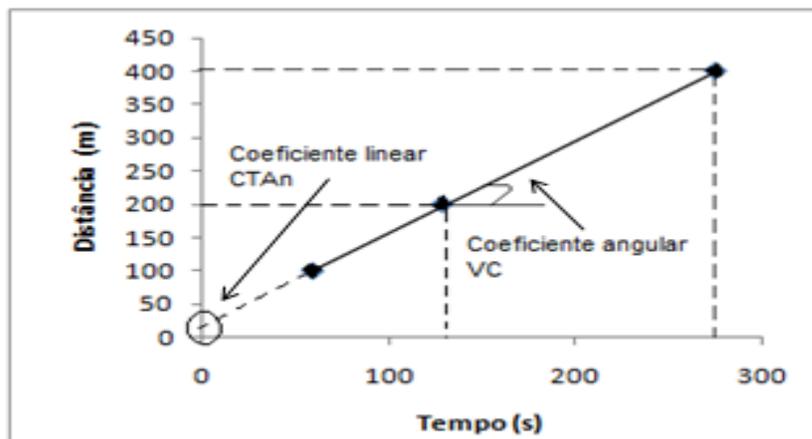


Figura 7.1 - Exemplo do modelo proposto por Wakayoshi et al. (1992) para determinação da VC e determinação da CTAn pelo coeficiente linear da reta de regressão linear entre distância e tempo, exemplo de um sujeito do presente estudo de VC de 1,38 m/s e CTAn de 19,93m.

Análise estatística

As variáveis estão apresentadas em média \pm desvio padrão (DP). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk. Os subgrupos biológicos (GB1 e GB2) e cronológicos (GC1 e GC2) tiveram as variáveis comparadas pelo teste t de *Student* para amostras independentes. As diferentes combinações de distâncias para determinação da VC e da CTAn, foram comparadas pela análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para cada um dos grupos; não sendo assumido o teste de esfericidade de Mauchly, foi utilizado o ajuste Epsilon: Greenhouse-Geisser, o ajuste para múltiplas comparações utilizado foi o Bonferroni. Foi feita correlação de Pearson para as variáveis antropométricas (massa corporal, estatura e %G), variáveis de capacidade aeróbia (VC e VLac_{mín}), capacidade anaeróbia (CTAn e [Lac]pico) e *performance* (V100m, V200m e V400m), também foi analisada a correlação entre as combinações de VC (VC1, VC2, VC3 e VC4) e a *performance* de 400m para cada um dos grupos do estudo. A análise Gráfica de Bland-Altman (1986) foi utilizada para verificar a concordância entre os valores da VC e da VLac_{mín}. Em todos os casos o nível de significância adotado foi $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os resultados estão apresentados de acordo com a divisão dos grupos cronológico (GC) e biológico (GB) e suas subdivisões (GC1 e GC2; GB1 e GB2).

A tabela 7.1 apresenta as variáveis antropométricas e das concentrações de lactato pico. Não foi observada diferença significativa inter grupos. Houve diferenças intra grupos para GB e GC nas variáveis: massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), circunferência de cintura (CC), abdome (CA) e quadril (CQ), dobra cutânea tricipital (TR), topografia de gordura (TG), percentual de gordura (%G) e lactato pico ([Lac]pico).

Tabela 7.1 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis antropométricas: massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), circunferência de cintura (CC), abdome (CA) e quadril (CQ), relação cintura quadril (RCQ), dobra cutânea tricipital (TR) e subescapular (SE), topografia de gordura (TG), percentual de gordura (%G) e lactato pico ([Lac]pico).

Variáveis	GB (n=46)		GC (n=46)	
	GB1 (n=19)	GB2 (n=27)	GC1 (n=21)	GC2 (n=25)
Massa Corporal (kg)	44,25 \pm 11,40	64,54 \pm 13,22*	44,45 \pm 11,77	66,00 \pm 11,90 [#]
Estatura (m)	1,51 \pm 0,10	1,73 \pm 0,09*	1,52 \pm 0,30	1,74 \pm 0,59 [#]
IMC (kg/m ²)	19,20 \pm 2,89	21,35 \pm 3,21*	18,98 \pm 2,65	21,71 \pm 3,19 [#]
CC (cm)	65,34 \pm 6,87	71,69 \pm 7,94*	64,12 \pm 6,62	73,22 \pm 6,82 [#]
CA (cm)	70,03 \pm 7,99	77,91 \pm 8,95*	69,52 \pm 7,30	78,96 \pm 8,77 [#]
CQ (cm)	79,82 \pm 9,09	89,91 \pm 7,68*	79,33 \pm 8,17	91,12 \pm 7,18 [#]
RCQ	0,82 \pm 0,04	0,80 \pm 0,05	0,81 \pm 0,06	0,80 \pm 0,03
TR (mm)	12,95 \pm 4,61	9,00 \pm 4,21*	12,29 \pm 4,36	9,24 \pm 4,70 [#]
SE (mm)	7,79 \pm 3,91	8,33 \pm 4,08	7,48 \pm 3,54	8,64 \pm 4,30
TG	0,62 \pm 0,26	1,01 \pm 0,39*	0,63 \pm 0,25	1,03 \pm 0,40 [#]
%G	18,08 \pm 6,58	12,76 \pm 6,85*	16,83 \pm 6,42	13,39 \pm 7,51 [#]
[Lac]pico (mM)	7,17 \pm 3,14	10,72 \pm 4,06*	7,45 \pm 2,91	10,77 \pm 4,34 [#]

*p<0,05 em relação a GB1

[#]p<0,05 em relação a GC1

A tabela 7.2 mostra os valores de VLac_{min} e VC (VC1, VC2, VC3 e VC4). Os métodos foram comparados nos grupos cronológico (GC) e biológico (GB) e suas subdivisões (GC1 e GC2; GB1 e GB2). Houve diferença estatisticamente significante

entre os métodos para todos os grupos de acordo com a ANOVA de medidas repetidas. Para múltiplas comparações dos métodos em cada grupo, GB2 apresentou diferenças entre VC1 e VC4; VC2 foi diferente de VC3 e VC4 e somente VC4 foi diferente de VLac_{mín}. No GC1, apenas VC4 foi diferente de VC1 e VC3. Por fim, no GC2, VC1 foi diferente de VC2, VC4 e VLac_{mín}; VC2 foi diferente de VC3 e VC4; VC3 foi diferente de VC4 e VLac_{mín} e VC4 foi diferente de VLac_{mín}.

Tabela 7.2 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis de velocidade referente à ocorrência do lactato mínimo (VLac_{mín}) e velocidade crítica (VC) determinada por quatro diferentes combinações de distâncias: VC1 = 100, 200 e 400m; VC2 = 200 e 400m; VC3 = 100 e 400m; VC4 = 100 e 200m.

Grupo	VC1 (m/s)	VC2 (m/s)	VC3 (m/s)	VC4 (m/s)	VLac _{mín} (m/s)
GB1(n=19)	0,96 \pm 0,14*	0,95 \pm 0,15*	0,96 \pm 0,14*	1,00 \pm 0,14*	0,96 \pm 0,12*
GB2 (n=27)	1,13 \pm 0,17	1,12 \pm 0,17	1,14 \pm 0,17 ^b	1,18 \pm 0,17 ^{abc}	1,11 \pm 0,13 ^d
GC1 (n=21)	0,93 \pm 0,12 [#]	0,92 \pm 0,13 [#]	0,93 \pm 0,12 [#]	0,97 \pm 0,12 ^{ac#}	0,95 \pm 0,12 [#]
GC2 (n=25)	1,17 \pm 0,14	1,16 \pm 0,14 ^a	1,18 \pm 0,13 ^b	1,22 \pm 0,14 ^{abc}	1,13 \pm 0,11 ^{acd}

^ap<0,05 em relação a VC1

^bp<0,05 em relação a VC2

^cp<0,05 em relação a VC3

^dp<0,05 em relação a VC4

*p<0,05 em relação a GB2

#p<0,05 em relação a GC2

A tabela 7.3 apresenta os resultados referentes à capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn). Os métodos foram comparados nos grupos cronológico (GC), biológico (GB) e suas subdivisões. Foram observadas diferenças entre as CTAn determinadas com a utilização de diferentes distâncias para todos os grupos. No entanto, de acordo com a análise de múltiplas comparações para GB2, GC1 e GC2 os métodos mostraram-se diferentes entre si; para GB1 a diferença encontrada foi apenas entre CTAn3 e CTAn4.

Tabela 7.3 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis referentes à capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn) determinada por quatro diferentes combinações de distâncias: CTAn1 = 100, 200 e 400m; CTAn2 = 200 e 400m; CTAn3 = 100 e 400m; CTAn4 = 100 e 200m.

Grupo	CTAn1 (m)	CTAn2 (m)	CTAn3 (m)	CTAn4 (m)
GB1 (n=19)	20,12 \pm 4,65*	24,19 \pm 9,97	18,54 \pm 3,92*	15,40 \pm 6,13 ^c
GB2 (n=27)	23,64 \pm 5,38	28,08 \pm 10,00 ^a	21,82 \pm 4,43 ^{ab}	18,84 \pm 5,73 ^{abc}
GC1 (n=21)	21,16 \pm 4,83	25,89 \pm 10,52 ^a	19,31 \pm 3,81 ^{ab}	15,77 \pm 5,90 ^{abc}
GC2 (n=25)	23,06 \pm 5,68	26,97 \pm 9,86 ^a	21,44 \pm 4,85 ^{ab}	18,80 \pm 5,99 ^{abc}

^ap<0,05 em relação a CTAn1

^bp<0,05 em relação a CTAn2

^cp<0,05 em relação a CTAn3

*p<0,05 em relação a GB2

A correlação (r) entre parâmetros aeróbios (VC e VLac_{mín}) e antropometria, entre parâmetros anaeróbios (CTAn) e antropometria foi observada apenas para GB1 entre as variáveis massa corporal e VC1 ($r = 0,57$), VC2 ($r = 0,56$), VC3 ($r = 0,57$), VC4 ($r = 0,53$) e VLac_{mín} ($r = 0,49$); entre estatura e VC1 ($r = 0,59$), VC2 ($r = 0,59$), VC3 ($r = 0,59$), VC4 ($r = 0,53$) e VLac_{mín} ($r = 0,56$).

A relação entre os parâmetros aeróbios para cada subgrupo de GB e GC é apresentada na tabela 7.4.

Tabela 7.4 - Correlações (r) entre velocidade de lactato mínimo (VLac_{mín}) e velocidade crítica determinada por diferentes combinações de distâncias nos subgrupos de GB e GC.

Grupo _{variável}	VC1 (m/s)	VC2 (m/s)	VC3 (m/s)	VC4 (m/s)
GB1 VLac _{mín} (m/s)	0,91	0,88	0,92	0,93
GB2 VLac _{mín} (m/s)	0,92	0,89	0,93	0,93
GC1 VLac _{mín} (m/s)	0,92	0,87	0,93	0,96
GC2 VLac _{mín} (m/s)	0,88	0,84	0,89	0,89

As figuras de 7.2 a 7.5 mostram a dispersão e análise gráfica de Bland-Altman para a amostra integral, nas relações de $V_{Lac_{\min}}$ e diferentes combinações de distâncias para determinação de VC.

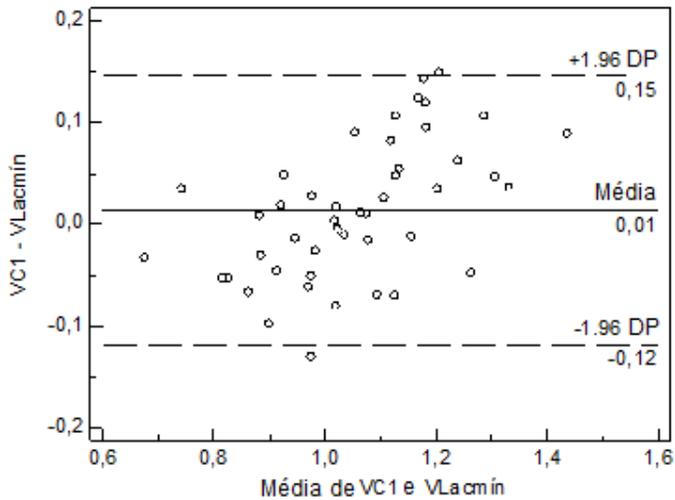


Figura 7.2 - Análise de Bland-Altman: concordância entre $V_{Lac_{\min}}$ e VC1 para a amostra integral. Média da diferença (viés) de 0,01 m/s e intervalo de confiança de 95% entre 0,15 e -0,12 m/s.

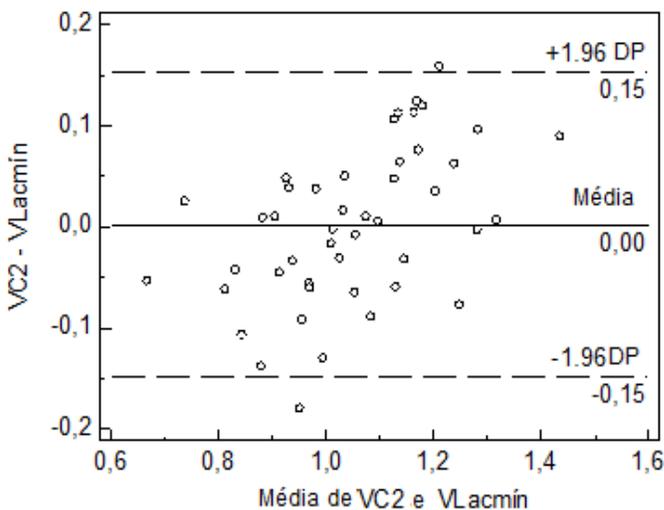


Figura 7.3 - Análise de Bland Altman: concordância entre $V_{Lac_{\min}}$ e VC2 para a amostra integral. Média da diferença (viés) de 0 m/s e intervalo de confiança de 95% entre 0,15 e -0,15 m/s.

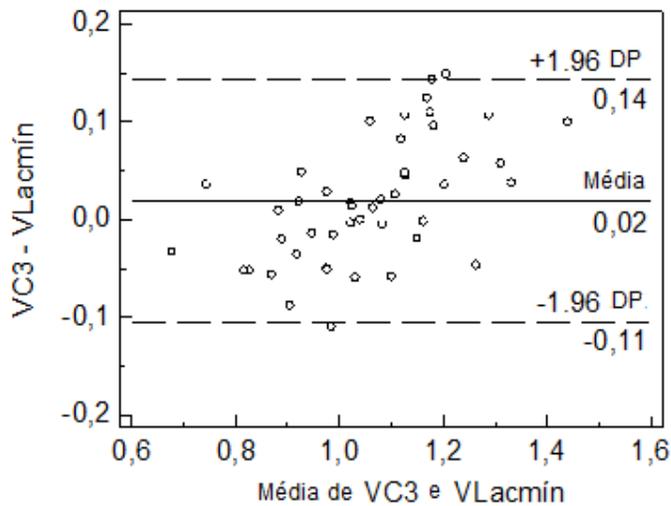


Figura 7.4 - Análise de Bland Altman: concordância entre $VLac_{mín}$ e VC3 para a amostra integral. Média da diferença (viés) de 0,02 m/s e intervalo de confiança de 95% entre 0,14 e -0,11 m/s.

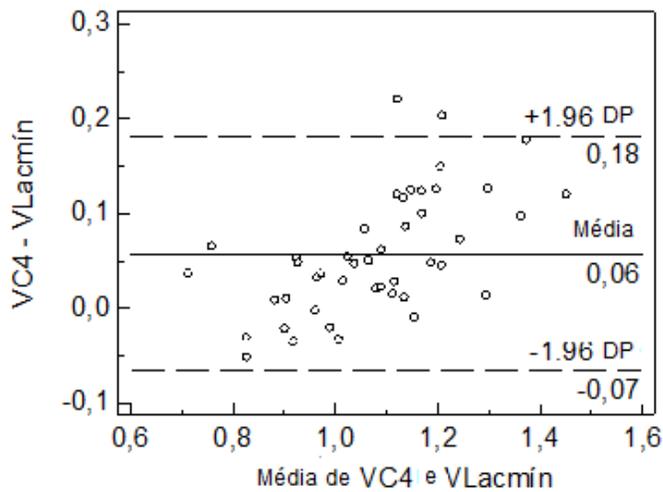


Figura 7.5 - Análise de Bland Altman: concordância entre $VLac_{mín}$ e VC4 para a amostra integral. Média da diferença (viés) de 0,06 m/s e intervalo de confiança de 95% entre 0,18 e -0,07 m/s.

As tabelas 7.5 e 7.6 apresentam as correlações entre os parâmetros aeróbios e *performances* (100, 200 e 400m) e entre os parâmetros anaeróbios e *performances* (100, 200 e 400m), respectivamente para os subgrupos de GB e de GC.

Tabela 7.5 - Correlações (r) entre os parâmetros aeróbios: Velocidade crítica (VC) e velocidade de lactato mínimo (VLac_{mín}) e performances de 100, 200 e 400m.

Grupo _{variável}	VC1 (m/s)	VC2 (m/s)	VC3 (m/s)	VC4 (m/s)	VLac _{mín} (m/s)
GB1 _{v400} (m/s)	0,98	0,97	0,98	0,92	0,92
GB2 _{v400} (m/s)	0,99	0,98	0,99	0,94	0,94
GC1 _{v400} (m/s)	0,98	0,96	0,98	0,91	0,94
GC2 _{v400} (m/s)	0,98	0,97	0,99	0,91	0,91
GB1 _{v200} (m/s)	0,95	0,92	0,96	0,97	0,95
GB2 _{v200} (m/s)	0,95	0,92	0,96	0,98	0,94
GC1 _{v200} (m/s)	0,92	0,88	0,94	0,96	0,97
GC2 _{v200} (m/s)	0,92	0,87	0,93	0,97	0,91
GB1 _{v100} (m/s)	0,93	0,92	0,94	0,87	0,91
GB2 _{v100} (m/s)	0,91	0,91	0,92	0,88	0,88
GC1 _{v100} (m/s)	0,91	0,90	0,92	0,86	0,92
GC2 _{v100} (m/s)	0,83	0,82	0,85	0,78	0,84

Tabela 7.6 - Correlações (r) entre os parâmetros anaeróbios: Capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn) e concentração de lactato pico ([Lac]pico) e performances de 100, 200 e 400m.

Grupo _{variável}	CTAn1 (m)	CTAn2 (m)	CTAn3 (m)	CTAn4 (m)	[Lac]pico (mM)
GB1 _{v400} (m/s)	-0,12	-0,29	0,06	0,29	0,22
GB2 _{v400} (m/s)	-0,55*	-0,44*	-0,53*	-0,23	-0,23
GC1 _{v400} (m/s)	-0,19	-0,31	-0,03	0,23	0,003
GC2 _{v400} (m/s)	-0,57*	-0,43*	-0,58*	-0,34	-0,34
GB1 _{v200} (m/s)	0,06	-0,09	0,16	0,22	0,29
GB2 _{v200} (m/s)	-0,39	-0,23	-0,45*	-0,32	-0,09
GC1 _{v200} (m/s)	0,05	-0,06	0,13	0,17	0,12
GC2 _{v200} (m/s)	-0,37	-0,12	-0,47*	-0,44*	-0,15
GB1 _{v100} (m/s)	0,09	-0,20	0,32	0,46*	0,41
GB2 _{v100} (m/s)	-0,32	-0,31	-0,26	-0,02	-0,13
GC1 _{v100} (m/s)	0,05	-0,20	0,26	0,42*	0,19
GC2 _{v100} (m/s)	-0,22	-0,22	-0,18	-0,02	-0,16

*p<0,05

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência da idade cronológica e biológica em índices de capacidade aeróbia, anaeróbia e de *performance* de crianças e adolescentes nadadores.

Os principais achados evidenciaram que os grupos mais novos em idade cronológica e biológica apresentaram diferenças significativas tanto antropométricas quanto em relação às variáveis fisiológicas quando comparados aos grupos mais velhos e mais maturados. Além disso, algumas diferenças puderam ser observadas apenas a partir da divisão dos subgrupos de idade biológica, como por exemplo, os valores de capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn).

Leclair et al. (2010) encontraram que a CTAn responde diferentemente entre sujeitos adultos e crianças; os dados do presente estudo mostraram que a CTAn também é diferente entre crianças e adolescentes, porém somente quando divididos em grupos de idade biológica, evidenciando a maior sensibilidade desta divisão quando comparada à divisão em idade cronológica, para identificar a maturação fisiológica dos sujeitos (INBAR; BAR-OR, 1986).

A observação desses resultados se mostra de muita relevância, especialmente para a natação, visto que os praticantes iniciam o treinamento sistematizado e a participação competitiva na modalidade em idades cronológicas muito precoces e em estágio maturacional pré-púbere, com tendência a permanecerem nesta rotina esportiva durante toda a infância e adolescência, o que certamente é influenciado por todas as modificações decorrentes dos processos de crescimento, desenvolvimento e maturação (COSTILL et al., 1992).

Tanto para GC como para GB as alterações de massa corporal e percentual de gordura seguiram a mesma tendência observada em outros estudos realizados com nadadores, em que os mais jovens demonstraram maiores valores de %G e menores valores de massa corporal em relação aos mais velhos (THORLAND et al., 1983). Isso se deve provavelmente ao aumento da taxa de crescimento da massa magra entre os 12 e 15 anos de idade, passando aproximadamente de 42% da massa corporal total de meninos pré púberes para 54% nos meninos pós púberes (SIERVOGEL et al., 2003).

Fatores como a composição corporal, idade e estatura já foram descritos na literatura como influenciadores e preditores de *performance* (ZUNIGA et al., 2011; ZAMPAGNI et al., 2008; GELADAS et al., 2005). No presente estudo, as diferenças encontradas entre os subgrupos cronológicos e biológicos confirmam essa diferença cronológica e maturacional na *performance*. Além disso, analisando-se o grupo integralmente houve uma relação de 36% ($r = 0,60$) entre a estatura e os parâmetros aeróbios de VC1 e VLac_{min} e de 48% ($r = 0,69$), 45% ($r = 0,67$) e 41% ($r = 0,64$) entre estatura e as *performances* de 100, 200 e 400m, respectivamente.

Isto implica em certo grau de dependência do avanço dos processos de crescimento e desenvolvimento para a melhora da *performance*, fato evidenciado pela divisão dos grupos biológicos e cronológicos, na qual apenas GB1 apresentou relação significativa entre estatura, parâmetro aeróbio e de *performance*, ou seja, os participantes geneticamente mais altos desde jovens têm vantagens em relação aos de menor estatura.

Diante disso, os resultados do presente estudo também demonstraram que os parâmetros aeróbios, independentemente do método utilizado para sua determinação, foram menores para GB1 em relação a GB2 e para GC1 em relação a GC2.

Além da influência dos fatores antropométricos já citados, o perfil das enzimas musculares necessárias para prover a geração de energia anaerobiamente é aprimorado no decorrer da maturação, além do aumento do volume de ejeção cardíaco, massa muscular e de concentração de hemoglobina que também perfazem as diferenças individuais observadas, em meninos dos 12 aos 15 anos, na capacidade aeróbia (ARMSTRONG; MCMANUS, 2011). Greco e Denadai (2005) obtiveram resposta similar na comparação de grupos de meninos nadadores avaliados sob a idade biológica, sendo a VC do grupo púbere de $0,99 \pm 0,13$ m/s e do grupo pós-púbere de $1,07 \pm 0,14$ m/s.

Jürimäe et al. (2007) relataram que a VC tende a aumentar do grupo pré-púbere em relação ao grupo púbere. Poujade et al. (2002) reportaram que a VC aumentou significativamente dos 12 aos 14 anos de idade, no nosso estudo tanto GB quanto GC demonstraram comportamento de seus subgrupos compatível com esses descritos na literatura.

Outro fator que influencia os parâmetros de *performance* na comparação de diferentes grupos biológicos e cronológicos é o comportamento do lactato sanguíneo e muscular após esforço máximo e submáximo, que mostra-se menor para crianças e adolescentes em relação a indivíduos adultos, sendo menor também para crianças mais novas em relação às mais velhas (TANAKA; SHINDO, 1985). Isso se deve imaturidade mecanismos responsáveis por gerar energia anaerobiamente e permanecer em exercício além dos limites do metabolismo aeróbio (ROWLAND, 1989; KRAHENBUHL et al., 1985).

Os fatores determinantes para isso são encontrados no estudo com crianças e adolescentes de Erickson e Saltin (1974), que verificaram nesta população uma menor glicogenólise e limitada habilidade de produzir lactato quando comparados a indivíduos adultos. A reduzida quantidade de fosfofrutoquinase (PFK) como também a elevada concentração de enzimas oxidativas como a succinato desidrogenase (SDH) em crianças e adolescentes, sugere que esta clientela consegue obter energia através das vias oxidativas mais eficientemente, levando a uma maior taxa de utilização do ciclo de Krebs e uma maior habilidade em oxidar piruvato. Estoques maiores de lipídios intramusculares também podem contribuir para a menor utilização de glicogênio durante o exercício físico (WILLIAMS; ARMSTRONG, 1991).

Este comportamento é evidenciado na diferença de [Lac]pico entre os subgrupos cronológicos e biológicos, sendo que o protocolo de 200m de indução a lactacidemia foi eficiente para toda a amostra (RIBEIRO et al., 2003). A menor concentração de lactato sanguíneo aos sete minutos após a indução para GB1 e GC1 em relação a GB2 e GC2 demonstra a menor capacidade de produção deste metabólito por parte dos mais jovens e menos maturados em relação aos mais velhos e mais maturados (INBAR; BAR-OR, 1986).

A CTAn é o parâmetro anaeróbio que expressa, em metros, a capacidade anaeróbia máxima individual (GAESSER; POOLE, 1996). Para esta variável (CTAn1 e CTAn3) somente a divisão biológica foi sensível na identificação das diferenças decorrentes da maturidade do sistema anaeróbio, com maior CTAn para o grupo mais maturado (GB2).

Durante a puberdade, crianças e adolescentes sofrem grandes modificações relacionadas à maturação, porém isso pode acontecer de maneira mais acelerada ou mais lenta dependendo das características de cada sujeito; sendo assim, a idade cronológica não discrimina as características biológicas individuais (MALINA et al., 2004). Para os sujeitos do nosso estudo, provavelmente alguns se classificavam como maturadores precoces mesmo estando em GC1, influenciando as variáveis de parâmetro anaeróbio do grupo.

Porém, como em outros estudos (PAPOTI et al., 2005; PAPOTI et al., 2003; DEKERLE et al., 2002) a presente investigação não encontrou relações entre CTAn e a *performance* de 100 a 400m. Isso compromete a utilização da CTAn como parâmetro preditor de *performances* anaeróbias (BISHOP; JENKINS, 1996). O tempo limite considerado no modelo de regressão linear (WAKAYOSHI et al., 1993) parece limitar a utilização deste parâmetro anaeróbio, já que uma maior tolerância ao lactato permitiria sustentar determinada velocidade por mais alguns metros (PAPOTI et al., 2005).

Sendo assim, o presente estudo verificou poucas e fracas relações entre CTAn e *performances*. Em especial para GB1 e GC1, houve relações positivas entre CTAn4 e *performance* de 100m, sugerindo que a prova de maior velocidade e maior participação anaeróbia apresenta somente para os menos maturados e mais novos uma relação com CTAn, já que a maior maturidade do sistema anaeróbio dos sujeitos do GB2 e GC2 provavelmente faz com que seja subestimado os valores de CTAn determinados por distâncias fixas e não por exaustão.

Em relação às diferentes combinações de distâncias utilizadas para determinação da VC, Toubekis et al. (2001) propuseram a possibilidade de definir matematicamente a VC com menos de quatro distâncias. Para tornar essa medida fácil e simples, Dekerle et al. (2002) sugeriram a utilização de duas distâncias (200 e 400m).

Greco et al. (2003) em estudo realizado com nadadores jovens, concluíram que o uso de distâncias entre 50 e 400m proporciona um adequado índice preditor de desempenho aeróbio, evidenciando que o aspecto motivacional de expor crianças e adolescentes a provas mais longas poderia comprometer os resultados de alguns testes.

Para as combinações das distâncias no presente estudo, verificou-se que ao analisar os sujeitos no grupo total não foi possível diferenciar aspectos fisiológicos específicos relacionados à idade cronológica ou biológica, além disso, constatou-se que a divisão cronológica resulta em diferentes valores estatísticos quando comparado à divisão biológica dos sujeitos. Visto as possíveis diferenças de maturação biológica implícita no grupo cronológico e a influência desse processo nas variáveis de *performance* do estudo, evidencia-se o uso da divisão de idade biológica como um método mais confiável de discriminar um grupo com características fisiológicas mais homogêneas (BERG; KEUL, 1988).

As combinações das distâncias parecem sofrer influência da idade biológica dos sujeitos, uma vez que apenas em GB2 foi possível identificar diferenças entre os métodos. Especialmente quando retirada a distância de 400m houve superestimação do valor de VC em relação aos outros métodos; sendo possível verificar que em GB2 somente a VC4 (100 e 200m) foi diferente da $V_{Lac_{min}}$.

Uma vez que a $V_{Lac_{min}}$ é considerada um adequado índice preditor da *performance* aeróbia de jovens nadadores (ALTIMARI et al., 2007), a utilização de distâncias menores (somente 100 e 200m) para este grupo biológico poderia superestimar intensidades de treino.

O uso de distâncias que permitam a obtenção do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) influencia na maior consistência do modelo matemático, isso implica na execução de *performances* em um tempo de dois e 15 minutos; na natação as distâncias competitivas entre 200 e 1500m englobam tal critério (DEKERLE et al., 2002; MARTIN; WHYTE, 2000; DIPRANPERO, 1999).

A intensidade de nado em *performance* de 400m equivale à intensidade na qual o $VO_{2máx}$ é obtido em teste incremental (LAVOIE; MONTPETIT, 1986), evidenciando a inclusão desta distância na determinação da VC.

Além disso, sendo a VC um índice que prediz o desempenho aeróbio, a escolha de distâncias que não atinjam um tempo limite de aproximadamente três minutos, pode propiciar a influência da inércia aeróbia, já que o VO_2 aumenta de forma monoexponencial até atingir o estado estável próximo ao tempo limite (TOUBEKIS et al., 2006; JENKINS; QUIGLEY, 1990).

Desta forma, como a VC é determinada por distâncias fixas e não até o tempo de exaustão, deve ser estabelecida a presença de uma distância que atinja este tempo, evitando-se assim uma superestimação de valores de VC (GRECO et al., 2003).

Como no estudo de Altimari et al. (2007) no presente estudo a relação dos protocolos de VC com a *performance* de 400m foram fortes, porém há uma redução maior na relação justamente na retirada da distância de 400m, tanto em GB1 como em GB2.

Sendo assim, a utilização da combinação de apenas duas distâncias com a inclusão dos 400m parece ser plausível para os nadadores jovens do presente estudo. Para GB1, as diferentes combinações parecem sofrer menores influências na determinação da VC, provavelmente devido à imaturidade biológica deste grupo (BERG; KEUL, 1988; LEHMANN et al., 1981), entretanto recomenda-se a utilização das combinações que incluam os 400m.

Como na VC, a CTAn foi mais sensível às diferentes combinações de distâncias em GB2, evidenciando a diferença de maturidade do sistema anaeróbio por parte dos sujeitos mais maturados (ERICKSON; SALTIN, 1974). Neste grupo a CTAn sofreu influência da menor duração de esforço nas combinações que incluíam a menor distância (100m) (CTAn1, CTAn3 e CTAn4). Essas pequenas alterações nas cargas de esforços mais curtos influenciaram mais a CTAn do que a VC, uma vez que todas as combinações de distâncias forneceram valores diferentes para esta variável (MACHADO et al., 2007; MIURA et al., 2000; SMITH; HILL, 1993).

Isto também fica evidente em GB1 visto que a combinação das menores distâncias (100 e 200m) (CTAn4) foi diferente da combinação com a inclusão dos 400m (CTAn3).

Sendo assim, na escolha de testes para a determinação concomitante da VC e CTAn, a combinação de 200 e 400m parece sofrer menores influências nos sujeitos mais maturados (GB2), enquanto que para GB1 a combinação das distâncias utilizadas para determinar a VC1/CTAn1, VC2/CTAn2 e VC3/CTAn3 parecem ser eficazes para as duas variáveis.

As combinações de VC e a $V_{Lac_{min}}$ apresentaram-se como bons preditores de *performance*, em especial nos modelos de VC em que a distância de 400m foi incluída.

VC e $V_{Lac_{min}}$ apresentaram valores similares em GB1 e GC1, enquanto que a VC, especialmente sem os 400m, superestimou a $V_{Lac_{min}}$ em GB2 e GC2.

Visto a relação da $V_{Lac_{min}}$ com a MFEL (RIBEIRO et al., 2003), e uma superestimação da VC em relação a MFEL (DEKERLE et al., 2005; DEKERLE et al., 2003), observamos o equivoco em interpretar a VC como a velocidade sustentável por longos períodos sem a ocorrência de exaustão, e sim a velocidade que pode ser mantida por volta de 30 minutos de exercício (DEKERLE et al., 2010). Assim, a $V_{Lac_{min}}$ parece adequada para ajustar a superestimação da VC nos grupos GB2 e GC2 para determinação de intensidades de treino.

Em relação à CTAn, o presente estudo constatou ser um parâmetro não muito adequado para a predição de *performance* nas distâncias de 100 a 400m, especialmente para os grupos mais maturado e mais velho, com relações mais fracas e uma possível subestimação dos valores de CTAn. Sugerem-se outras investigações com modelos que levem os sujeitos à exaustão para verificar a possível eficácia deste parâmetro.

Referências Bibliográficas

Altimari JM, Altimari LR, Gulak A, Chacon-Mikahil MPT. Correlations between anaerobic threshold determination protocols and aerobic performance in adolescent swimmers. *Rev Bras Med Esporte*, 2007 jul/ago; 13(4).

Araújo CGS. Fundamentos biológicos: medicina esportiva. RJ.: Ao livro técnico, 1985.

Armstrong N, McManus AM. Physiology of elite young male athletes. *Med Sport Sci*. 2011;56:1-22.

Berg A, Keul J. Biochemical changes during exercise in children. In: Malina RM, editor. *Young athletes: a biological, psychological and educational perspective*. Champaign (IL): Human Kinetics. 1988; 61-7.

Bishop D, Jenkins DG. The influence of resistance training on the critical power function & time to fatigue at critical power. *Aust J Sci Med Sport*. 1996 dez;28(4):101-105.

Brickley G, Carter H, Dekerle J, Clark S. Physiological responses to exercise at critical swimming velocity. In: *9th Annual Congress of the European College of Sport Science*. Clermont-Ferrand: 2004.

Costill DL., Maglischo BW, Richardson AB. *Swimming*. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 1992

Dekerle J, Brickley G, Albery M, Pelayo P. Characterising the slope of the distance-time relationship in swimming. *J Sci Med Sport*. 2010 maio;13(3):365-370.

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. *Int J Sports Med*. 2005 set;26(7):524-530.

Dekerle J, Baron B, Dupont L, Vanvelcenaher J, Pelayo P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2003 maio;89(3-4):281-288.

Dekerle J, Sidney M, Hespel JM, Pelayo P. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *Int J Sports Med*. 2002 fev;23(2):93-98.

DiPrampero PE. The concept of critical velocity: a brief analysis. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1999; 80:162-4.

Eriksson O, Saltin B. Muscle metabolism during exercise in boys aged 11 to 16 years compared to adults. *Acta Paediatr Belg*. 1974;28 suppl:257-265.

Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc Sport Sci Rev.* 1996;24:35-71.

Geladas ND, Nassis GP, Pavlicevic S. Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers. *Int J Sports Med.* 2005 mar;26(2):139-144.

Greco CC, Denadai BS. Critical speed and endurance capacity in Young swimmers: Effects of gender and age. *Pediatric Exercise Science.* 2005; 17:353-363.

Greco CC, Denadai BS, Pellegrinotti IL, Freitas AB, Gomide E. Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10 a 15 anos: relações com a *performance* e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. *Rev Bras Med Esporte.* 2003; 9(1): 2-8.

Inbar O, Bar-Or O. Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 1986 jun;18(3):264-269.

Jenkins DG, Quigley BM. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1990; 61(4):278-283.

Jürimäe J, Haljaste K, Cicchella A, Lätt E, Purge P, Leppik A, et al. Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatr Exerc Sci.* 2007 fev;19(1):70-81.

Krahenbuhl GS, Skinner JS, Kohrt WM. Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exerc Sport Sci Rev.* 1985;13:503-538.

Lavoie JM, Montpetit RR. Applied physiology of swimming. *Sports Med.* 1986 jun;3(3):165-189.

Leclair E, Borel B, Thevenet D, Baquet G, Mucci P, Berthoin S. Assessment of child-specific aerobic fitness and anaerobic capacity by the use of the power-time relationships constants. *Pediatr Exerc Sci.* 2010 ago;22(3):454-466.

Lehmann M, Keul J, Korsten-Reck U. [The influence of graduated treadmill exercise on plasma catecholamines, aerobic and anaerobic capacity in boys and adults]. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1981;47(3):301-311.

Lohman TG. Measurement of body composition in children. *JOPERD.* 1982; 53: 67-70, 1982.

Machado MV, Batista AR, Marques AC, Baleixo R, 28. Andries Júnior O. Influência do intervalo sobre a determinação da velocidade crítica em nadadores. *Rev Educ Fís* 2007;18(supl): 112-115.

Malina R, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation and physical activity. Champaign, IL: Human Kinetics. 2004.

- Martin L, Whyte GP. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. *Int J Sports Med*. 2000 jul;21(5):366-368.
- Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*. 2002 abr;34(4):689-694.
- Miura A, Sato H, Sato H, Whipp BJ, Fukuba Y. The effect of glycogen depletion on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry. *Ergonomics*. 2000 jan;43(1):133-141.
- Monod H, Scherrer J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*, 1965; 8(3):329-338.
- Papoti M, Zagatto AM, Freitas Júnior PB, Cunha SA, Martins LEB, Gobatto CA. Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da *performance* de nadadores treinados. *Rev Bras Med Esporte*. 2005 mar/apr; 11(2):126-130.
- Papoti M, Martins L, Cunha S, Zagatto A, Gobatto C. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando célula de carga. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* 2003;3:36-42
- Pardono E, Sotero R da C, Hiyane W, Mota MR, Campbell CSG, Nakamura FY, et al. Maximal lactate steady-state prediction through quadratic modeling of selected stages of the lactate minimum test. *J Strength Cond Res*. 2008 jul;22(4):1073-1080.
- Poujade B, Hautier CA, Rouard A. Determinants of the energy cost of front-crawl swimming in children. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2002 maio;87(1):1-6.
- Ribeiro L, Balikian P, Malachias P, Baldissera V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. *J Sports Med Phys Fitness*. 2003 set;43(3):312-318.
- Rowland TW. Oxygen uptake and endurance fitness in children: A developmental perspective. *Pediatr Exerc Sci*. 1989; 1:313-28.
- Schlossberger NM, Turner RA, Irwin CE Jr. Validity of self-report of pubertal maturation in early adolescents. *J Adolesc Health*. 1992 mar;13(2):109-113.
- Siervogel RM, Demerath EW, Schubert C, Remsberg KE, Chumlea WC, Sun S, et al. Puberty and body composition. *Horm. Res*. 2003;60(Suppl 1):36-45.
- Simões HG, Campbell CSG, Tango MLL, Mello F, Maziero DC, Baldissera V. Lactate minimum test in swimming: relationship to performance and maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc*. 2000; 32(S1):161.

Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum. Biol.* 1988 out;60(5):709-723.

Smith JC, Hill DW. Stability of parameter estimates derived from the power/time relationship. *Can J Appl Physiol.* 1993 mar;18(1):43-47.

Tanaka H, Shindo M. Running velocity at blood lactate threshold of boys aged 6-15 years compared with untrained and trained young males. *Int J Sports Med.* 1985 abr;6(2):90-94.

Tanner JM. *Growth at Adolescence*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1962.

Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1993 maio;25(5):620-627.

Thorland WG, Johnson GO, Housh TJ, Refsell MJ. Anthropometric characteristics of elite adolescent competitive swimmers. *Hum. Biol.* 1983 dez;55(4):735-748.

Toubekis AG, Tsami AP, Tokmakidis SP. Critical Velocity and lactate threshold in Young swimmers. *Int J Sports Med.* 2006; 27(2):117-123.

Toubekis A, Tsami A, Tokmakidis S. The combination of different provides velocity in children, VI Annual Congress of the European College of Sport Science, Cologne, 2001.

Vasconcelos IQA, Mascarenhas LPG, Ulbrich AZ, Stabelini Neto A, Bozza R, Campos W. A velocidade crítica como preditor de desempenho aeróbio em crianças. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano.* 2007; 9(1):44-49.

Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Harada T, Moritani T, Mutoh Y, et al. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993;66(1):90-95.

Wakayoshi K, Ikuta K, Yoshida T, Udo M, Moritani T, Mutoh Y, et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992;64(2):153-157.

Williams JR, Armstrong N. Relationship of maximal lactate steady state to performance at fixed blood lactate reference values in children. *Pediatr Exerc Sci.* 1991; 3:333-41.

Zampagni ML, Casino D, Benelli P, Visani A, Marcacci M, De Vito G. Anthropometric and strength variables to predict freestyle performance times in elite master swimmers. *J Strength Cond Res.* 2008 jul;22(4):1298-1307.

Zuniga J, Housh TJ, Mielke M, Hendrix CR, Camic CL, Johnson GO, et al. Gender comparisons of anthropometric characteristics of young sprint swimmers. *J Strength Cond Res.* 2011 jan;25(1):103-108.

7 ARTIGO ORIGINAL III

INFLUÊNCIA DA IDADE CRONOLÓGICA E BIOLÓGICA NA *PERFORMANCE* E NOS ÍNDICES TÉCNICOS DETERMINADOS EM DIFERENTES VELOCIDADES E DISTÂNCIAS EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES NADADORES

Resumo

Por ser realizada no meio líquido, a natação é uma modalidade altamente dependente da habilidade técnica dos atletas. Uma representação da ótima eficiência mecânica de nado pode ser obtida por meio dos índices técnicos, cuja determinação pode sofrer influência dos aspectos antropométricos e maturacionais dos sujeitos, além da peculiaridade da *performance* efetuada. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a influência da idade cronológica e biológica nos índices técnicos determinados em diferentes velocidades e distâncias de nado. A amostra foi composta por 46 crianças e adolescentes nadadores do gênero masculino, divididos de acordo com a idade cronológica (GC) e biológica (GB) em quatro subgrupos (GC1 e GC2, GB1 e GB2); foram mensuradas medidas antropométricas e realizado *performances* máximas de 100, 200 e 400m, além de um teste progressivo com cinco *performances* de 200m. Os resultados foram comparados entre os subgrupos cronológicos e biológicos, entre as diferentes distâncias e velocidades, além de ter sido verificado a relação entre índices técnicos, antropometria e *performance*. Verificou-se que GB2 e GC2 apresentaram valores tecnicamente melhores que GB1 e GC1, sendo o índice de braçada da *performance* de 200m para GB1 e GC1: $1,94 \pm 0,61$ e $1,83 \pm 0,50$ respectivamente, e para GB2 e GC2: $3,06 \pm 0,79$ e $3,25 \pm 0,61$ respectivamente, o que também está atrelado às relações encontradas entre os índices técnicos e o processo de crescimento e desenvolvimento, com maiores valores das variáveis de tamanho corporal para o grupo mais maturado e mais velho (estatura: $1,51 \pm 0,10$, $1,73 \pm 0,09$, $1,52 \pm 0,30$ e $1,74 \pm 0,59$, respectivamente para GB1, GB2, GC1 e GC2); em relação às diferentes *performances*, houve maior sensibilidade em detectar diferenças para a distância percorrida por ciclo de braçada (DBr) nas diferentes velocidades de nado, com maiores valores de DBr para menores velocidades (DBr expressa em m/ciclo nas cinco velocidades do teste progressivo para GB1: $1,96 \pm 0,39$, $1,89 \pm 0,38$, $1,82 \pm 0,34$, $1,77 \pm 0,35$ e $1,73 \pm 0,31$, para GB2: $2,74 \pm 0,53$, $2,61 \pm 0,51$, $2,51 \pm 0,49$, $2,41 \pm 0,45$ e $2,26 \pm 0,39$, para GC1: $1,93 \pm 0,38$, $1,84 \pm 0,36$, $1,77 \pm 0,32$, $1,71 \pm 0,30$ e $1,67 \pm 0,26$, e para GC2: $2,83 \pm 0,44$, $2,71 \pm 0,40$, $2,61 \pm 0,39$, $2,51 \pm 0,36$ e $2,35 \pm 0,31$), enquanto que o índice de braçada (IBr) se modificou somente nas diferentes distâncias, com maiores valores de IBr nas menores distâncias (IBr em 100, 200 e 400m para GB1: $2,11 \pm 0,63$, $1,94 \pm 0,61$ e $1,86 \pm 0,59$, para GB2: $3,23 \pm 0,75$, $3,06 \pm 0,79$ e $2,90 \pm 0,75$, para GC1: $2,01 \pm 0,51$, $1,83 \pm 0,50$ e $1,74 \pm 0,49$, e para GC2: $3,41 \pm 0,58$, $3,25 \pm 0,61$ e $3,09 \pm 0,56$). Além disso, evidenciou-se a possibilidade de determinação de um parâmetro mecânico aeróbio, a frequência crítica de ciclos de braçada (FBrcrít), de uma forma simples e eficaz, com somente as distâncias de 100 e 400m (FBrcrít expressa em ciclos/s em GB1: 0,53, GB2: 0,47, GC1: 0,52 e GC2: 0,47). Portanto, os índices técnicos de nado são dependentes da idade cronológica e biológica dos sujeitos, além de sofrer influência da antropometria, da distância e velocidade de *performance*.

Palavras-Chave: Maturação. Habilidade técnica. Natação.

Abstract

Being a water sport, swimming is highly dependent on the technical skill of the athletes. A representation of the great mechanical efficiency of swimming can be obtained by means of technical indicators, the determination may be influenced by anthropometric and maturational aspects of the subjects, and by the peculiarity of the performance. Therefore, the objective of the study was to verify the influence of chronological and biological age in technical indexes determined in different swimming velocity and distance. The sample consisted of 46 young male swimmers, divided according to chronological (GC) and biological (GB) age in four subgroups (GC1 and GC2, GB1 and GB2), anthropometric variables were measured, subjects performed maximal performances of 100m, 200m and 400m, and a progressive test with five performances of 200m. The results were compared between chronological and biological subgroups, between the different distances and velocities and it was verified the relation between technical indexes, anthropometry and performance. It was found that GB2 and GC2 values were technically better than GB1 and GC1, being the 200m stroke index to GB1 and GC1: 1.94 ± 0.61 e 1.83 ± 0.50 respectively, e for GB2 and GC2: 3.06 ± 0.79 and 3.25 ± 0.61 respectively, which is also linked to the relations found between the technical indexes and the process of growth and development, with higher values of the body size variables for the group more matured and older (height: 1.51 ± 0.10 , 1.73 ± 0.09 , 1.52 ± 0.30 and 1.74 ± 0.59 , respectively for GB1, GB2, GC1 and GC2); in relation to the different performances, it was found a greater sensitivity to detect differences for the distance per stroke cycle (DBr) at different swimming velocity, with higher values of DBr for lower velocities (DBr expressed in m/ciclo in the five velocities of the progressive test for GB1: 1.96 ± 0.39 , 1.89 ± 0.38 , 1.82 ± 0.34 , 1.77 ± 0.35 and 1.73 ± 0.31 , for GB2: 2.74 ± 0.53 , 2.61 ± 0.51 , 2.51 ± 0.49 , 2.41 ± 0.45 and 2.26 ± 0.39 , for GC1: 1.93 ± 0.38 , 1.84 ± 0.36 , 1.77 ± 0.32 , 1.71 ± 0.30 and 1.67 ± 0.26 , and for GC2: 2.83 ± 0.44 , 2.71 ± 0.40 , 2.61 ± 0.39 , 2.51 ± 0.36 and 2.35 ± 0.31), whereas the stroke indexes (IBr) is modified only at different distances, with higher values of IBr at shorter distances (IBr in 100, 200 and 400m for GB1: 2.11 ± 0.63 , 1.94 ± 0.61 and 1.86 ± 0.59 , for GB2: 3.23 ± 0.75 , 3.06 ± 0.79 and 2.90 ± 0.75 , for GC1: 2.01 ± 0.51 , 1.83 ± 0.50 and 1.74 ± 0.49 , and for GC2: 3.41 ± 0.58 , 3.25 ± 0.61 and 3.09 ± 0.56). Moreover, there was the possibility of determining an aerobic mechanical parameter, the critical frequency of stroke cycles (FBrcrit), in a simple and effective way, with only two distances of 100 and 400m (FBrcrit expressed in cycles/s in GB1: 0.53, GB2: 0.47, GC1: 0.52 and GC2: 0.47). So, the technical indexes are dependent on the chronological and biological age, and being influenced by anthropometric variables, distance and velocity of the performance.

Keywords: Maturation. Technical skills. Swimming.

INTRODUÇÃO

A natação é uma modalidade desportiva altamente dependente da habilidade técnica do atleta (CAPUTO et al., 2000) ao contrário do solo, a água sofre aceleração, o que reduz a eficiência bruta e aumenta a dependência da qualidade dos padrões de movimentos para o bom rendimento na modalidade (TOUSSAINT et al., 1990; DIPRAMPERO et al., 1974).

Desta maneira, aspectos biomecânicos que representam a técnica e a habilidade de nado e interferem nas forças resistivas e/ou propulsivas podem contribuir, igualmente, para o desempenho quando comparados com fatores relacionados à capacidade de produção e liberação de energia para o deslocamento (CRAIG JUNIOR et al., 1985).

De fato, estudos têm demonstrado que esses aspectos biomecânicos interferem em variáveis fisiológicas como o gasto energético, sendo fatores fundamentais para o deslocamento no meio líquido (WAKAYOSHI et al., 1995; CHATARD et al., 1990), além da antropometria (PELAYO et al., 1996; GRIMSTON; HAY, 1986) e coordenação dos braços na fase aérea e submersa do movimento de braçada (MILLET et al., 2002; PELAYO et al., 1996).

Índices técnicos como a frequência de ciclo de braçada (FBr) e a distância percorrida por ciclo de braçada (DBr) podem determinar a variação da velocidade em *performances* na natação, sendo que ótimas combinações desses índices levam à possibilidade da obtenção de velocidades máximas de nado (CRAIG; PENDERGAST, 1979). A partir disso, a formulação de um índice de braçada (IBr) destaca a possibilidade de se obter um parâmetro simples de adequação mecânica de técnica de nado para controle e determinação de ótimos padrões biomecânicos na natação (CASTRO et al., 2003; COSTILL et al., 1985).

Esses índices técnicos podem representar melhoras advindas do treinamento aeróbio, melhora dos aspectos técnicos e indicar a eficiência propulsiva individual (WAKAYOSHI et al., 1995; TOUSSAINT; BEEK, 1992), bem como a influência dos processos de crescimento, desenvolvimento e maturação e o padrão de movimento em diferentes velocidades e distâncias (POUJADE et al., 2002; PELAYO et al., 1996).

Pelo que consta na revisão de literatura realizada para execução do presente estudo, o comportamento dos índices técnicos em diferentes velocidade e distâncias em uma população específica de crianças e adolescentes ainda não foi adequadamente pesquisado; sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a influência da idade cronológica e biológica nos índices técnicos determinados em diferentes velocidades e distâncias de nado.

MÉTODOS

Sujeitos

Participaram do estudo 46 crianças e adolescentes do gênero masculino, com idade cronológica entre 10,5 e 16,4 anos inseridos em programa de treinamento sistematizado de natação ($5,72 \pm 3,87$ anos de prática), com volume médio de 40km.semana^{-1} e participantes de competições de nível estadual e nacional nas categorias mirim à juvenil ($7,55 \pm 2,95$ competições.ano⁻¹).

Os sujeitos foram divididos em grupos de acordo com a idade cronológica (GC) e biológica (GB), sendo que não necessariamente a classificação do mesmo sujeito é igual nos dois grupos. A idade cronológica foi determinada de forma centesimal (ARAÚJO, 1985): GC1 composto por sujeitos com idades entre 10,5 e 13,4 anos e GC2 composto por sujeitos com idades entre 13,5 e 16,4 anos.

A idade biológica foi determinada por meio da auto-avaliação das características sexuais secundárias segundo os critérios estabelecidos por Tanner (1962). Como não foi relatado o estágio um para nenhum sujeito da amostra, os grupos foram subdivididos em GB1 para sujeitos em estágios maturacionais dois e três e GB2 para sujeitos em estágios quatro e cinco.

A participação foi voluntária, os sujeitos e seus responsáveis tiveram conhecimento prévio de todos os procedimentos experimentais realizados e assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. Os protocolos do estudo foram previamente aprovados pelo comitê de ética em pesquisa local (parecer nº 121/2010).

Delineamento experimental

Os sujeitos realizaram uma visita em laboratório climatizado ($21 \pm 1^\circ\text{C}$), destinada à avaliação das medidas antropométricas e a auto-avaliação maturacional que foi realizada em recinto reservado com auxílio de um espelho para comparação do sujeito com modelos fotográficos que representam os estágios maturacionais de acordo com a característica sexual secundária de pilosidade pubiana (SCHLOSSBERGER et al., 1992).

Houve também quatro dias de avaliação em piscina olímpica descoberta e aquecida ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$), com horários previamente agendados no mesmo período, preferencialmente em horários usuais de treinamento. Nesses dias os sujeitos realizaram, após aquecimento padrão (1500m), *performances* nas distâncias de 100, 200, 400m e um protocolo progressivo com cinco *performances* na distância de 200m definidos de maneira randômica para determinação da frequência crítica de ciclos de braçadas (FBrcrít) e dos parâmetros técnicos de cada *performance*: frequência de ciclo de braçada (FBr), distância percorrida por ciclo de braçada (DBr) e índice de braçada.

As avaliações ocorreram em período máximo de uma semana, sendo que os testes máximos em piscina foram realizados após um período mínimo de 24 horas sem exercícios extenuantes e consumo de bebidas alcoólicas e/ou estimulantes, os sujeitos foram orientados a comparecerem bem hidratados e alimentados.

Antropometria e Composição corporal

Foram aferidas medidas antropométricas referentes a massa corporal (kg) e estatura (m) para cálculo do índice de massa corporal (IMC) (kg/m^2); circunferências de cintura (CC) (cm), abdome (CA) (cm) e quadril (CQ) (cm) para cálculo de relação cintura quadril (RCQ) e medidas de dobras cutâneas nas regiões tricipital (TR) e subescapular (SE), adotando-se como valor final a média de três tentativas. Também foi aferida a altura trocântica (AT) (cm), o comprimento de membro superior direito (CMS) (cm). Todas as medidas foram aferidas por um único avaliador para minimizar a ocorrência de erros.

A topografia de gordura (TG) foi determinada por meio da fórmula de Lohman (1986) para verificar a centralização de gordura corporal:

$$\text{TG} = \text{SE}/\text{TR} \quad (1)$$

O percentual de gordura (%G) foi determinado pela equação proposta por Slaughter et al. (1988) que utiliza a somatória de duas dobras cutâneas (TR+SE) considerando ainda gênero, raça e idade maturacional.

Rapazes caucasianos TR+SE \leq 35mm:

$$\text{Pré-púbere: \% G} = 1,21 (\text{TR+SB}) - 0,008 (\text{TR+SB})^2 - 1,7 \quad (2)$$

$$\text{Púbere: \% G} = 1,21 (\text{TR+SB}) - 0,008 (\text{TR+SB})^2 - 3,4 \quad (3)$$

$$\text{Pós- púbere: \% G} = 1,21 (\text{TR+SB}) - 0,008 (\text{TR+SB})^2 - 5,5 \quad (4)$$

Rapazes negros TR+SE \leq 35mm:

$$\text{Pré-púbere: \% G} = 1,21 (\text{TR+SB}) - 0,008 (\text{TR+SB})^2 - 3,2 \quad (5)$$

$$\text{Púbere: \% G} = 1,21 (\text{TR+SB}) - 0,008 (\text{TR+SB})^2 - 5,2 \quad (6)$$

$$\text{Pós- púbere: \% G} = 1,21 (\text{TR+SB}) - 0,008 (\text{TR+SB})^2 - 6,8 \quad (7)$$

Rapazes de qualquer raça e nível maturacional TR+SE $>$ 35mm

$$\% \text{ G} = 0,783 (\text{TR+SB}) + 1,6 \quad (8)$$

Determinação dos índices técnicos: distância percorrida por ciclo de braçada (Dbr), frequência de ciclo braçada (Fbr) e índice de braçada (Ibr)

Os índices técnicos foram determinados durante a execução das *performances* máximas (100, 200 e 400m) e do protocolo progressivo (duas *performances* abaixo da velocidade de limiar anaeróbio determinado indiretamente, uma na velocidade de limiar anaeróbio e duas acima dessa velocidade, sendo a última realizada com a maior intensidade possível) com saídas junto à borda da piscina (CAPUTO et al., 2000). Foi contado o número total de braçadas realizadas para a conclusão de cada um dos 50m necessários para completar cada distância. O tempo total de cada *performance* foi cronometrado para a determinação da Velocidade Média (Vm).

$$V_m = D/T \quad (9)$$

Sendo D =Distância percorrida e T = Tempo total de prova

Para obtenção da frequência de ciclo de braçada (Fbr) o número total de braçadas foi dividido por dois; a Fbr então foi calculada utilizando-se o número de ciclos de braçadas (CB) e o tempo em segundos para completá-las. Para determinar a distância percorrida por ciclo de braçada (Dbr), expressa em metros por ciclo de braçada, foi utilizada a Fbr e a Vm. Por fim, o índice de braçada (Ibr) foi calculado pelo

produto obtido entre Dbr e Vm, com valores maiores desta variável representando uma maior eficiência de braçada individual.

$$Fbr = CB/T \text{ (ciclos/s)} \quad (10)$$

$$Dbr = Vm/Fbr \text{ (m/ciclo)} \quad (11)$$

$$lbr = Dbr \times Vm \quad (12)$$

Determinação da frequência crítica de ciclos de braçada (FBrcrít)

Para determinação da FBrcrít foram estabelecidas quatro combinações de distâncias: FBrcrít1 (100, 200 e 400m), FBrcrít2 (200 e 400m), FBrcrít3 (100 e 400m) e FBrcrít4 (100 e 200m). Para cada combinação de distâncias a FBrcrít foi determinada por meio da inclinação (coeficiente angular) da reta de regressão linear entre o tempo de execução de cada *performance* e o número total de ciclo de braçadas (DEKERLE et al., 2002).

Análise estatística

As variáveis estão apresentadas em média \pm desvio padrão (DP). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk. Os subgrupos de GB (GB1 e GB2) e de GC (GC1 e GC2) tiveram as variáveis comparadas pelo teste t de Student independente. A FBrcrít determinada pelas quatro diferentes combinações de distâncias, os índices técnicos das cinco diferentes velocidades da *performance* de 200m e os índices técnicos da *performance* de 100, 200 e 400m foram comparadas pela análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para cada um dos grupos, não sendo assumido o teste de esfericidade de Mauchly, foi utilizado o ajuste Epsilon: Greenhouse-Geisser, o ajuste para múltiplas comparações utilizado foi o Bonferroni. Adotando-se nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os resultados estão apresentados de acordo com a divisão dos grupos em idade cronológica (GC1 e GC2) e idade biológica (GB1 e GB2).

A tabela 8.1 apresenta os valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis antropométricas com comparações intra-grupo (GB1 x GB2; GC1 x GC2) e inter grupo (GB1 x GC1; GB2 x GC2). Não houve diferenças inter grupo, mas houve diferenças intra grupo para GB e GC para as variáveis: massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), circunferência de cintura (CC), abdome (CA) e quadril (CQ), dobra cutânea tricípital (TR), topografia de gordura (TG), percentual de gordura (%G), comprimento de membro superior (CMS) e altura trocântérica (AT).

Tabela 8.1 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis antropométricas: massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), circunferência de cintura (CC), abdome (CA) e quadril (CQ), relação cintura quadril (RCQ), dobra cutânea tricípital (TR) e subescapular (SE), topografia de gordura (TG), percentual de gordura (%G), comprimento de membro superior (CMS) e altura trocântérica (AT).

Variáveis	GB (n=46)		GC (n=46)	
	GB1 (n=19)	GB2 (n=27)	GC1 (n=21)	GC2 (n=25)
Massa Corporal (kg)	44,25 \pm 11,40	64,54 \pm 13,22*	44,45 \pm 11,77	66,00 \pm 11,90 [#]
Estatura (m)	1,51 \pm 0,10	1,73 \pm 0,09*	1,52 \pm 0,30	1,74 \pm 0,59 [#]
IMC (kg/m²)	19,20 \pm 2,89	21,35 \pm 3,21*	18,98 \pm 2,65	21,71 \pm 3,19 [#]
CC (cm)	65,34 \pm 6,87	71,69 \pm 7,94*	64,12 \pm 6,62	73,22 \pm 6,82 [#]
CA (cm)	70,03 \pm 7,99	77,91 \pm 8,95*	69,52 \pm 7,30	78,96 \pm 8,77 [#]
CQ (cm)	79,82 \pm 9,09	89,91 \pm 7,68*	79,33 \pm 8,17	91,12 \pm 7,18 [#]
RCQ	0,82 \pm 0,04	0,80 \pm 0,05	0,81 \pm 0,06	0,80 \pm 0,03
TG	0,62 \pm 0,26	1,01 \pm 0,39*	0,63 \pm 0,25	1,03 \pm 0,40 [#]
%G	18,08 \pm 6,58	12,76 \pm 6,85*	16,83 \pm 6,42	13,39 \pm 7,51 [#]
CMS (cm)	68,92 \pm 6,80	79,26 \pm 5,10*	68,83 \pm 7,07	80,16 \pm 3,14 [#]
AT (cm)	80,41 \pm 7,55	90,76 \pm 5,58*	81,13 \pm 8,84	90,98 \pm 3,88 [#]

*p<0,05 em relação à GB1

[#]p<0,05 em relação à GC1

Nas tabelas 8.2, 8.3, 8.4, 8.5 e 8.6 estão apresentadas as variáveis relacionadas ao teste progressivo para as cinco *performances* de 200m. As variáveis estão numeradas de 1 a 5, respectivamente, da menor à maior velocidade de nado. Em cada variável as cinco velocidades foram comparadas para cada grupo e comparadas individualmente intra-grupo (GB1 e GB2; GC1 e GC2).

A tabela 8.2 mostra os resultados de velocidade média (Vm) em cada uma das cinco *performances* progressivas nos grupos GB1 e GB2, GC1 e GC2. Todas as velocidades foram diferentes intra-grupo e também entre as cinco *performances* de acordo com o teste ANOVA de medidas repetidas e de múltiplas comparações Bonferroni, evidenciando a progressão da velocidade entre Vm1 e Vm5 para os quatro grupos.

Tabela 8.2 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis de velocidade média (Vm) em metros por segundo (m/s) nas cinco *performances* de 200m do teste progressivo.

Variáveis	GB1 (n=19)	GB2 (n=27)	GC1 (n=21)	GC2 (n=25)
Vm1 (m/s)	0,90 \pm 0,11	1,00 \pm 0,10*	0,89 \pm 0,11	1,01 \pm 0,09 [#]
Vm2 (m/s)	0,96 \pm 0,10 ^a	1,10 \pm 0,12 ^{*a}	0,94 \pm 0,10 ^a	1,12 \pm 0,10 ^{#a}
Vm3 (m/s)	0,99 \pm 0,13 ^{ab}	1,15 \pm 0,15 ^{*ab}	0,96 \pm 0,12 ^{ab}	1,18 \pm 0,12 ^{#ab}
Vm4 (m/s)	1,01 \pm 0,13 ^{abc}	1,20 \pm 0,17 ^{*abc}	0,99 \pm 0,12 ^{abc}	1,23 \pm 0,14 ^{#abc}
Vm5 (m/s)	1,05 \pm 0,15 ^{abcd}	1,26 \pm 0,18 ^{*abcd}	1,02 \pm 0,13 ^{abcd}	1,29 \pm 0,15 ^{#abcd}

*p<0,05 em relação a GB1

[#]p<0,05 em relação a GC1

^ap<0,05 em relação a Vm1 intra-grupo

^bp<0,05 em relação a Vm2 intra-grupo

^cp<0,05 em relação a Vm3 intra-grupo

^dp<0,05 em relação a Vm4 intra-grupo

A tabela 8.3 apresenta os resultados de ciclo de braçadas total (CB) nas *performances* do teste progressivo. CB foi diferente intra-grupo para todas as

performances e somente para GB2 e GC2 para as cinco *performances* de acordo com o teste ANOVA de medidas repetidas. Para múltiplas comparações em GB1 e GC1, somente CB5 não foi diferente do CB das outras *performances*; para GB2 todos os valores de CB foram diferentes entre si e para GC2 somente CB3 e CB4 não foram diferentes.

Tabela 8.3 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis de ciclo de braçadas totais (CB) de cada uma das cinco *performances* de 200m do teste progressivo.

Variável	GB1 (n=19)	GB2 (n=27)	GC1 (n=21)	GC2 (n=25)
CB1	106,97 \pm 26,67	76,15 \pm 17,77*	108,33 \pm 25,69	72,54 \pm 12,57 [#]
CB2	110,87 \pm 28,52 ^a	80,02 \pm 18,95 ^{*a}	113,33 \pm 26,95 ^a	75,48 \pm 12,43 ^{#a}
CB3	114,34 \pm 27,17 ^{ab}	83,09 \pm 19,27 ^{*ab}	117,05 \pm 25,42 ^{ab}	78,32 \pm 12,56 ^{#ab}
CB4	118,03 \pm 27,67 ^{abc}	86,17 \pm 18,98 ^{*abc}	120,88 \pm 25,36 ^{abc}	81,22 \pm 12,34 ^{#ab}
CB5	115,08 \pm 20,09	91,52 \pm 18,10 ^{*abcd}	118,45 \pm 18,44	86,80 \pm 12,47 ^{#abcd}

*p<0,05 em relação a GB1

#p<0,05 em relação a GC1

^ap<0,05 em relação a CB1 intra-grupo

^bp<0,05 em relação a CB2 intra-grupo

^cp<0,05 em relação a CB3 intra-grupo

^dp<0,05 em relação a CB4 intra-grupo

A tabela 8.4 apresenta os resultados referentes à frequência de ciclos de braçada (FBr) do teste progressivo. A FBr foi diferente em todos os valores intra grupo e entre a comparação das cinco *performances*.

Tabela 8.4 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) da variável de freqüência de ciclo de braçadas (FBr) de cada uma das cinco *performances* de 200m do teste progressivo.

Variáveis	GB1 (n=19)	GB2 (n=27)	GC1 (n=21)	GC2 (n=25)
FBr1 (ciclos/s)	0,47 \pm 0,07	0,37 \pm 0,06*	0,47 \pm 0,07	0,37 \pm 0,05 [#]
FBr2 (ciclos/s)	0,52 \pm 0,08 ^a	0,43 \pm 0,06* ^a	0,52 \pm 0,08 ^a	0,42 \pm 0,05 ^{#a}
FBr3 (ciclos/s)	0,55 \pm 0,07 ^{ab}	0,47 \pm 0,06* ^{ab}	0,55 \pm 0,07 ^{ab}	0,46 \pm 0,05 ^{#ab}
FBr4 (ciclos/s)	0,58 \pm 0,07 ^{abc}	0,50 \pm 0,06* ^{abc}	0,59 \pm 0,06 ^{abc}	0,49 \pm 0,05 ^{#abc}
FBr5 (ciclos/s)	0,61 \pm 0,05 ^{abcd}	0,56 \pm 0,07* ^{abcd}	0,62 \pm 0,05 ^{abcd}	0,56 \pm 0,06 ^{#abcd}

*p<0,05 em relação a GB1

[#]p<0,05 em relação a GC1

^ap<0,05 em relação a FBr1 intra-grupo

^bp<0,05 em relação a FBr2 intra-grupo

^cp<0,05 em relação a FBr3 intra-grupo

^dp<0,05 em relação a FBr4 intra-grupo

Na tabela 8.5 estão apresentados os valores referentes à distância percorrida por ciclo de braçada (DBr) nas cinco *performances* de 200m do teste progressivo. A FBr foi diferente em todos os valores intra grupo e entre as cinco *performances* (ANOVA medidas repetidas), para múltiplas comparações GB2 e GC2 mostraram diferenças em DBr entre as cinco *performances*; em GB1 e GC1 apenas DBr4 e DBr5 não foram diferentes.

Tabela 8.5 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) das variáveis de distância percorrida por ciclo de braçada (DBr) nas *performances* do teste progressivo.

Variáveis	GB1 (n=19)	GB2 (n=27)	GC1 (n=21)	GC2 (n=25)
DBr1 (m/ciclo)	1,96 \pm 0,39	2,74 \pm 0,53*	1,93 \pm 0,38	2,83 \pm 0,44 [#]
DBr2 (m/ciclo)	1,89 \pm 0,38 ^a	2,61 \pm 0,51 ^{*a}	1,84 \pm 0,36 ^a	2,71 \pm 0,40 ^{#a}
DBr3 (m/ciclo)	1,82 \pm 0,34 ^{ab}	2,51 \pm 0,49 ^{*ab}	1,77 \pm 0,32 ^{ab}	2,61 \pm 0,39 ^{#ab}
DBr4 (m/ciclo)	1,77 \pm 0,35 ^{abc}	2,41 \pm 0,45 ^{*ab}	1,71 \pm 0,30 ^{abc}	2,51 \pm 0,36 ^{#ab}
DBr5 (m/ciclo)	1,73 \pm 0,31 ^{abc}	2,26 \pm 0,39 ^{*abcd}	1,67 \pm 0,26 ^{abc}	2,35 \pm 0,31 ^{#abcd}

*p<0,05 em relação a GB1

#p<0,05 em relação a GC1

^ap<0,05 em relação a DBr1 intra-grupo

^bp<0,05 em relação a DBr2 intra-grupo

^cp<0,05 em relação a DBr3 intra-grupo

^dp<0,05 em relação a DBr4 intra-grupo

A tabela 8.6 mostra os valores de índice de braçada (IBr) calculado por ciclos de braçadas nas cinco execuções de 200m do teste progressivo. O IBr apresentou diferença intra grupo em todas as variáveis e apenas para GB2 e GC2 na comparação das cinco distâncias (ANOVA medidas repetidas). Para múltiplas comparações GB2 apresentou diferenças entre IBr1 e IBr2; GC2 apresentou diferenças entre IBr2 e IBr1 e entre IBr3 e IBr1.

Tabela 8.6 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) de índice de ciclo de braçada (IBr) nas cinco *performances* de 200m do teste progressivo.

Variáveis	GB1 (n=19)	GB2 (n=27)	GC1 (n=21)	GC2 (n=25)
IBr1	1,80 \pm 0,51	2,76 \pm 0,72*	1,75 \pm 0,50	2,88 \pm 0,60 [#]
IBr2	1,84 \pm 0,53	2,91 \pm 0,79* ^a	1,76 \pm 0,48	3,06 \pm 0,64 ^{#a}
IBr3	1,83 \pm 0,54	2,94 \pm 0,84*	1,73 \pm 0,47	3,11 \pm 0,68 ^{#a}
IBr4	1,82 \pm 0,55	2,95 \pm 0,83*	1,72 \pm 0,46	3,13 \pm 0,67 [#]
IBr5	1,85 \pm 0,59	2,89 \pm 0,78*	1,74 \pm 0,46	3,06 \pm 0,64 [#]

*p<0,05 em relação a GB1

[#]p<0,05 em relação a GC1

^ap<0,05 em relação a IBr1 intra-grupo

As tabelas 8.7 e 8.8 mostram a comparação das variáveis entre as *performances* das distâncias de 100, 200 e 400m.

Na tabela 8.7 estão apresentadas as variáveis resultantes das *performances* máximas de 100, 200 e 400m referentes à velocidade média (Vm) e ciclo de braçadas (CB). As duas variáveis foram comparadas intra-grupo e entre as diferentes distâncias. As variáveis foram diferentes entre os subgrupos cronológicos e biológicos e também entre as três distâncias (ANOVA medidas repetidas e múltiplas comparações).

Tabela 8.7 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) do ciclo de braçadas (CB) e velocidade média (Vm) em metros por segundo (m/s) nas distâncias de 100, 200 e 400m.

Variáveis	GB1 (n=19)	GB2 (n=27)	GC1 (n=21)	GC2 (n=25)
CB100m	58,53 \pm 10,53	46,63 \pm 7,68*	59,48 \pm 9,67	44,88 \pm 5,78 [#]
CB200m	117,18 \pm 24,40 ^a	89,35 \pm 18,67* ^a	120,10 \pm 22,88 ^a	84,68 \pm 12,29 ^{#a}
CB400m	230,29 \pm 52,11 ^{ab}	173,59 \pm 33,35* ^{ab}	235,40 \pm 48,58 ^{ab}	164,76 \pm 19,87 ^{#ab}
Vm100m (m/s)	1,18 \pm 0,18	1,46 \pm 0,18*	1,15 \pm 0,16	1,50 \pm 0,13 [#]
Vm200m (m/s)	1,07 \pm 0,15 ^c	1,30 \pm 0,17* ^c	1,05 \pm 0,13 ^c	1,34 \pm 0,13 ^{#c}
Vm400m (m/s)	1,01 \pm 0,15 ^{cd}	1,21 \pm 0,17* ^{cd}	0,97 \pm 0,13 ^{cd}	1,25 \pm 0,13 ^{#cd}

*p<0,05 em relação a GB1

[#]p<0,05 em relação a GC1

^ap<0,05 em relação a CB100m intra-grupo

^bp<0,05 em relação a CB200m intra-grupo

^cp<0,05 em relação a Vm100m intra-grupo

^dp<0,05 em relação a Vm200m intra-grupo

A tabela 8.8 apresenta os valores dos índices técnicos resultantes das *performances* máximas nas distâncias de 100, 200 e 400m referentes à frequência de ciclo de braçada (FBr), distância percorrida por ciclo de braçada (DBr) e índice de braçada (IBr) demarcadas com as respectivas distâncias de execução. As três variáveis foram comparadas individualmente intra-grupo e também entre as três distâncias para cada grupo. Somente FBr100m não foi diferente entre os subgrupos de idade biológica (GB1 e GB2) e cronológica (GC1 e GC2). Entre as distâncias, somente a variável DBr em GB1 e GC1 não foi diferente (ANOVA medidas repetidas). Para múltiplas comparações FBr e IBr foram diferentes entre as distâncias tanto nos grupos cronológicos quanto nos grupos biológicos. A variável DBr apresentou diferenças somente em GB2 (DBr100m x DBr 200m e DBr100m x DBr400m) e em GC2 com diferença na variável para todas as distâncias.

Tabela 8.8 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) da frequência de ciclo de braçadas (FBr), distância percorrida por ciclo de braçada (DBr) e índice de braçada (IBr) nas distâncias de 100m, 200m e 400m.

Variáveis	GB1 (n=19)	GB2 (n=27)	GC1 (n=21)	GC2 (n=25)
FBr100m (ciclos/s)	0,67 \pm 0,05	0,67 \pm 0,07	0,67 \pm 0,06	0,67 \pm 0,07
FBr200m (ciclos/s)	0,61 \pm 0,05 ^a	0,57 \pm 0,08 ^{*a}	0,62 \pm 0,05 ^a	0,56 \pm 0,07 ^{#a}
FBr400m (ciclos/s)	0,56 \pm 0,04 ^{ab}	0,51 \pm 0,06 ^{*ab}	0,56 \pm 0,05 ^{ab}	0,51 \pm 0,06 ^{#ab}
DBr100m (m/ciclo)	1,76 \pm 0,28	2,20 \pm 0,32 [*]	1,72 \pm 0,25	2,26 \pm 0,27 [#]
DBr200m (m/ciclo)	1,77 \pm 0,33	2,32 \pm 0,41 ^{*c}	1,72 \pm 0,30	2,41 \pm 0,33 ^{#c}
DBr400m (m/ciclo)	1,81 \pm 0,34	2,37 \pm 0,39 ^{*c}	1,76 \pm 0,31	2,46 \pm 0,29 ^{#cd}
IBr100m	2,11 \pm 0,63	3,23 \pm 0,75 [*]	2,01 \pm 0,51	3,41 \pm 0,58 [#]
IBr200m	1,94 \pm 0,61 ^e	3,06 \pm 0,79 ^{*e}	1,83 \pm 0,50 ^e	3,25 \pm 0,61 ^{#e}
IBr400m	1,86 \pm 0,59 ^{ef}	2,90 \pm 0,75 ^{*ef}	1,74 \pm 0,49 ^{ef}	3,09 \pm 0,56 ^{#ef}

*p<0,05 em relação a GB1

#p<0,05 em relação a GC1

^ap<0,05 em relação a FBr100m intra-grupo

^bp<0,05 em relação a FBr200m intra-grupo

^cp<0,05 em relação a DBr100m intra-grupo

^dp<0,05 em relação a DBr200m intra-grupo

^ep<0,05 em relação a IBr100m intra-grupo

^fp<0,05 em relação a IBr200m intra-grupo

A tabela 8.9 apresenta os resultados da frequência crítica de ciclo de braçadas (FBr_{crít}) determinada em quatro diferentes combinações de distâncias: FBr_{crít1} = 100, 200 e 400m; FBr_{crít2} = 200 e 400m; FBr_{crít3} = 100 e 400m; FBr_{crít4} = 100 e 200m. As combinações foram comparadas individualmente entre os subgrupos biológicos (GB1 e GB2) e cronológicos (GC1 e GC2); também foram comparadas as diferentes combinações de distâncias para cada grupo. Houve diferença intra-grupo para todas as

combinações e diferença entre todas as combinações para GB1, GB2 e GC1 (ANOVA medidas repetidas e Bonferroni).

Tabela 8.9 - Valores médios \pm desvio padrão (DP) da frequência de braçada crítica (FBcrít) determinada por 4 combinações de distâncias (FBcrít1, FBcrít2, FBcrít3 e FBcrít4).

Variáveis	GB1 (n=19)	GB2 (n=27)	GC1 (n=21)	GC2 (n=25)
FBcrít1 (ciclos/s)	0,52 \pm 0,05	0,47 \pm 0,06*	0,52 \pm 0,06	0,47 \pm 0,06 [#]
FBcrít2 (ciclos/s)	0,51 \pm 0,05 ^a	0,46 \pm 0,06*	0,50 \pm 0,06 ^a	0,46 \pm 0,06 [#]
FBcrít3 (ciclos/s)	0,53 \pm 0,06 ^{ab}	0,47 \pm 0,06*	0,52 \pm 0,06 ^{ab}	0,47 \pm 0,06 [#]
FBcrít4 (ciclos/s)	0,58 \pm 0,09 ^{abc}	0,50 \pm 0,10*	0,58 \pm 0,09 ^{abc}	0,49 \pm 0,09 [#]

*p<0,05 em relação a GB1

[#]p<0,05 em relação a GC1

^ap<0,05 em relação a FBcrít1 intra-grupo

^bp<0,05 em relação a FBcrít2 intra-grupo

^cp<0,05 em relação a FBcrít3 intra-grupo

As tabelas 8.10, 8.11 e 8.12 apresentam os valores de correlação (r) das variáveis antropométricas: comprimento de membro superior (CMS), altura trocântica (AT) e estatura e das variáveis de índices técnicos nas distâncias de 100, 200 e 400m: ciclo de braçadas (CB), frequência de ciclo de braçadas (FBr), distância percorrida por ciclo de braçada (DBr), índice de braçada (IBr) e velocidade média (Vm) em metros por segundo (m/s). Somente FBr100m não apresentou correlação significativa para as variáveis antropométricas.

Tabela 8.10 - Correlação (r) da *performance* de 100m e das variáveis antropométricas com as variáveis de índices técnicos da *performance* máxima de 100m.

Variáveis	CB100m	FBr100m (ciclos/s)	DBr100m (m/ciclo)	IBr100m	V100m (m/s)
CMS (cm)	-0,81	NS	0,80	0,78	0,73
AT (cm)	-0,76	NS	0,74	0,73	0,69
Estatura (m)	-0,71	NS	0,71	0,69	0,63
V100m (m/s)	-0,85	NS	0,84	0,95	1,00

NS, não significativo

Tabela 8.11 - Correlação (r) da *performance* de 200m e das variáveis antropométricas com as variáveis de índices técnicos da *performance* máxima de 200m.

Variáveis	CB200m	FBr200m (ciclos/s)	DBr200m (m/ciclo)	IBr200m	V200m (m/s)
CMS (cm)	-0,78	-0,54	0,78	0,77	0,71
AT (cm)	-0,71	-0,48	0,71	0,69	0,60
Estatura (m)	-0,71	-0,44	0,71	0,72	0,66
V200m (m/s)	-0,86	-0,32	0,86	0,95	1,00

Tabela 8.12 - Correlação (r) da *performance* de 400m e das variáveis antropométricas com as variáveis de índices técnicos da *performance* máxima de 400m.

Variáveis	CB400m	FBr400m (ciclos/s)	DBr400m (m/ciclo)	IBr400m	V400m (m/s)
CMS (cm)	-0,80	-0,57	0,81	0,78	0,71
AT (cm)	-0,75	-0,56	0,75	0,69	0,58
Estatura (m)	-0,74	-0,57	0,77	0,73	0,64
V400m (m/s)	-0,85	NS	0,84	0,95	1,00

NS, não significativo

A tabela 8.13 mostra os valores de correlação (r) entre a frequência de ciclos de braçada nas distâncias de 100, 200 e 400m e a frequência crítica de ciclos de braçada determinada por quatro combinações de distâncias: FBr_{crít1} = 100, 200 e 400m; FBr_{crít2} = 200 e 400m; FBr_{crít3} = 100 e 400m; FBr_{crít4} = 100 e 200m. Além dos resultados descritos, também houve correlação entre FBr_{crít1} e FBr_{crít2} ($r = 0,93$), FBr_{crít1} e FBr_{crít3} ($r = 0,998$) e FBr_{crít1} e FBr_{crít4} ($r = 0,75$).

Tabela 8.13 - Correlação (r) da frequência de ciclos de braçada nas distâncias de 100m (FBr100m), 200m (FBr200m) e 400m (FBr400m) e a frequência crítica de ciclos de braçada determinada por quatro combinações de distâncias (FBr_{crít1}, FBr_{crít2}, FBr_{crít3}, FBr_{crít4}).

Variáveis	FBr _{crít1} (ciclos/s)	FBr _{crít2} (ciclos/s)	FBr _{crít3} (ciclos/s)	FBr _{crít4} (ciclos/s)
FBr100 (ciclos/s)	0,41	0,38	0,41	0,34
FBr200 (ciclos/s)	0,71	0,51	0,75	0,85
FBr400 (ciclos/s)	0,95	0,87	0,95	0,79

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência da idade cronológica e biológica nos índices técnicos determinados em diferentes velocidades e distâncias de nado.

Os principais achados evidenciaram as mudanças no padrão de movimento quando analisados em diferentes grupos cronológicos ou biológicos e em diferentes velocidades e distâncias de nado.

Os processos biológicos naturais de crescimento, desenvolvimento e maturação acarretam em modificações antropométricas visíveis tanto em GC como em GB. Nos meninos o aumento representativo da massa magra nesta fase favorece a redução do %G (SIERVOGEL et al., 2003) além disso, as modificações relacionadas a maior taxa de crescimento ocorrida nesta transição (GB1 x GB2, GC1 x GC2) influenciam a diferença observada nas variáveis relacionadas ao tamanho corporal (estatura, altura trocântérica e comprimento de membros superiores) (BAXTER-JONES et al., 2005; MALINA et al., 2004).

Somente a variável FBr100 não apresentou diferença na comparação entre os subgrupos GB1 x GB2 e GC1 x GC2. Analisando as demais variáveis, CB e FBr foram maiores nos grupos de menor idade e maturação; DBr e IBr foram maiores para os grupos de maior idade e maturação e a *performance* também foi diferente em todas as distâncias e velocidades, com maior Vm para GB2 e GC2.

Similar ao encontrado em outros estudos (ZUNIGA et al., 2011; KJENDLIE et al., 2004; CASTRO et al., 2003; POUJADE et al., 2002), ao analisarmos as correlações das variáveis antropométricas, dos índices técnicos e da *performance* e a diferença nas variáveis antropométricas intra grupo, observadas nos resultados do presente estudo, percebemos a estreita relação do aumento do tamanho corporal com a melhora da eficiência dos índices técnicos e de *performance*.

Diante disso, as variáveis antropométricas, como a altura e a envergadura dos braços, podem interferir nos índices biomecânicos conferindo vantagens aos nadadores mais altos que podem realizar braçadas mais longas em qualquer distância de prova (PELAYO et al., 1996; WEISS, 1988). Embora algumas variáveis antropométricas não

possam determinar o melhor desempenho, o tamanho dos braços, mãos, pernas e pés influenciam a Fbr e Dbr que um nadador combina para alcançar determinada velocidade (GRIMSTON; HAY, 1986).

Visto que a combinação de maiores valores de DBr e de menores valores de FBr em uma mesma velocidade de nado representa uma maior eficiência de nado (COSTILL et al., 1985), é notável diante dos resultados do presente estudo que os atletas mais velhos e/ou mais maturados apresentam esta vantagem técnica.

Além disso, o IBr determinado pelo produto da Vm e DBr representa a melhor adequação mecânica da técnica de nado utilizada; quanto mais elevado este índice, melhor tecnicamente está o atleta (CASTRO et al., 2003; CAPUTO et al., 2000). Para todas as *performances* do presente estudo GC2 e GB2 apresentaram IBr mais elevado.

Essas diferenças levam a crer que em condições iguais de treinamento, o processo natural de desenvolvimento biológico em crianças e adolescentes propicia melhoras nos índices técnicos de nado e na *performance*, sabendo-se que a velocidade da maturação biológica varia em sujeitos de mesma idade cronológica (MIRWALD et al., 2002), evidencia-se o acompanhamento individual dessas variáveis no decorrer da periodização de treinamento de crianças e adolescentes.

Dekerle et al. (2005) estudaram a correspondência da Dbr com a máxima fase estável de lactato (MFEL) e como resultado verificaram que em velocidades acima desta intensidade de esforço havia queda significativa da Dbr, sugerindo então que há uma relação estreita entre fatores fisiológicos de fadiga metabólica e a piora na habilidade de nado. Esta redução pode ser explicada pela menor capacidade de desenvolver a força necessária para vencer a resistência ao movimento em intensidades acima do limiar anaeróbio (LAn) (CRAIG JUNIOR et al., 1985).

No presente estudo, os cinco incrementos de velocidade, sendo duas abaixo do LAn, uma no LAn e duas acima do LAn, causaram alterações significativas na FBr com maiores valores para as maiores velocidades e também na DBr, com menores valores nas maiores velocidades. Sendo assim, nota-se que não somente em velocidades acima de LAn, mas em todo incremento de velocidade houve uma redução na eficiência de nado nos sujeitos de todos os grupos do presente estudo corroborando dados da literatura (COSTILL et al., 1985).

Alberty et al. (2005) estudando as modificações na braçada do nado *crawl* sob condições de exaustão, concluíram que tais modificações apresentam estreita relação com a resistência muscular do atleta, sendo esse um dos fatores que mais influenciam os parâmetros de braçada limitando a manutenção da alta velocidade de nado durante a prova.

Isso fica evidente no presente estudo ao comparar-se os índices técnicos da *performance* máxima na distância de 200m com os da última *performance* máxima de 200m do teste progressivo; os valores de Vm, DBr e IBr do teste progressivo foram menores para todos os grupos, já que havia uma fadiga acumulada das *performances* anteriores.

A validade dos índices técnicos para predição da *performance* é confirmada, em partes, pelas altas correlações entre Vm, DBr e em especial IBr o que também foi observado em outros estudos (DEMINICE et al., 2007, CAPUTO et al., 2000). Isso fortalece a idéia da relação dos índices técnicos com as variáveis fisiológicas que influenciam a *performance* (DEMINICE et al., 2007; DEKERLE et al., 2005; ALBERTY et al., 2005; WAKAYOSHI et al., 1995). A DBr em GB1 e GC1 por exemplo, não variou na modificação de distâncias, o que pode ter sido influenciado pela menor capacidade anaeróbia (BERG; KEUL, 1988; LEHMANN et al., 1981) para aplicar diferentes combinações de FBr e DBr para incremento de velocidade em menores distâncias dos sujeitos desses grupos.

O presente estudo verificou que a idade cronológica e o processo maturacional, principalmente relacionados aos aspectos de crescimento corporal, influenciam os índices técnicos de meninos com idades entre 10 e 16 anos; além disso, diferentes velocidades e distâncias parecem também modificar os padrões de braçada dos sujeitos (POUJADE et al., 2002; PELAYO et al., 1996), em especial nos índices relacionados à DBr e ao IBr.

A FBr se comportou de maneira similar nas duas situações, aumentando nas maiores velocidades e nas menores distâncias com diferenças significativas notáveis em todos os grupos para as cinco diferentes velocidades e três diferentes distâncias. A DBr foi mais sensível às alterações em diferentes velocidades, principalmente para GB1 e GC1 apresentando diferenças para os quatro grupos em praticamente todas as

velocidades, enquanto que o IBr foi mais sensível às diferentes distâncias (100, 200 e 400m) para todos os grupos.

Isso se deve justamente ao ajuste de DBr e FBr feito pelo nadador para atingir maiores ou menores velocidades, proporcionando maiores diferenças nesses dois itens quando a velocidade é alterada (CRAIG; PENDERGAST, 1979). Especialmente para os grupos GB1 e GC1, verifica-se que não houve diferença na DBr para as duas velocidades acima de LAn; não havendo redução desta variável, também não houve uma maior dependência de um grande aumento da FBr para que se cumprisse a progressão de velocidade como observado para GB2 e GC2. Desta forma, os sujeitos do GB1 e GC1 demonstram economizar energia com menor número de braçadas (WAKAOSHI et al., 1995), um ajuste necessário em velocidades máximas visto a imaturidade de seu sistema anaeróbio (ERICKSON; SALTIN, 1974).

Outros estudos encontraram tendência de diminuição da FBr entre as distâncias de 50 e 200m, com estabilização nos 400m e um aumento da DBr até os 200m com uma redução ou estabilização nos 400m (PELAYO et al., 1996; KESKINEN; KOMI, 1993; CRAIG et al., 1985). O presente estudo encontrou redução significativa da FBr dos 100 aos 400m em todos os sujeitos e aumento da DBr com o aumento da distância somente para o grupo mais maturado e mais velho. É provável que para os sujeitos mais velhos a tentativa de economizar energia e evitar a fadiga em distâncias maiores cause um ajuste de diminuição do número de braçadas com aumento da distância percorrida pelas mesmas (CAPUTO et al., 2000; WAKAYOSHI et al., 1995), enquanto os mais novos, sem essa habilidade técnica de nado, buscam evitar a fadiga apenas reduzindo o número de braçadas, resultando em piores *performances*.

Essas adaptações fazem com que o IBr diminua com o aumento da distância nadada, provavelmente por não haver um aumento relativamente proporcional da DBr em relação à redução da Vm nas crianças e adolescentes, já em indivíduos adultos, Caputo et al. (2000) observaram um aumento significativo de DBr com o aumento da distância. Esse aumento de DBr foi visto no presente estudo somente no teste progressivo com análise de diferentes velocidades, em que o IBr não se modificou devido a essa adaptação.

Em relação à FBr_{crít}, Dekerle et al. (2002) verificaram validade na estimação da FBr mantida em teste de máxima velocidade de 30 minutos, com a vantagem de ser determinada em testes mais curtos como *performances* de 200 e 400m, mostrando que a FBr_{crít} pode ser um indicador mecânico associado à capacidade aeróbia.

As combinações de distância para determinação da FBr_{crít} parecem sofrer maiores alterações apenas em GC1 e GB1 uma vez que a adaptação da DBr em GC2 e GB2 parece compensar a Vm nas diferentes distâncias.

Dentre as *performances* oficiais na natação, a distância de 400m é a menor distância que engloba o tempo limite de dois a 15 minutos necessários para obtenção do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) (DEKERLE et al., 2002; MARTIN; WHYTE, 2000; DIPRANPERO, 1999). O presente estudo encontrou fortes correlações, em especial da FBr_{crít1} e FBr_{crít3} com a FBr_{400m}, assumindo o pressuposto de que FBr_{crít} é a frequência de braçadas que pode ser mantida em esforços de média e longa duração possibilitando, em especial para crianças, a execução de testes mais curtos com duas *performances* (100m e 400m) para a determinação da variável (DEKERLE et al., 2002).

Diante dos dados apresentados pelo presente estudo fica evidente a influência dos processos de crescimento, desenvolvimento e maturação de crianças e adolescentes sobre os índices técnicos e conseqüentemente na *performance* de nado. Em relação às diferentes distâncias e velocidades, a variável DBr mostrou-se sensível às alterações em diferentes velocidades especialmente nos grupos de menor idade e menos maturados, enquanto que a variável IBr modificou-se em diferentes distâncias para todos os grupos.

O teste de FBr_{crít} realizado no presente estudo, demonstrou a possibilidade de uma avaliação mais simples, rápida e também eficaz para determinação de um parâmetro mecânico associado à capacidade aeróbia, com a execução de *performances* máximas apenas para as distâncias de 100 e 400m. Sugere-se que a FBr_{crít} seja utilizada como parâmetro de prescrição e controle de treinamento, em que, juntamente com os parâmetros fisiológicos de determinação de intensidades de treino também haja o controle dos índices técnicos, por exemplo, pela determinação do

número de braçadas a ser executada pelo atleta em determinada intensidade, distância e número de séries durante o treinamento.

Referências Bibliográficas

Alberty M, Sidney M, Huot-Marchand F, Hespel JM, Pelayo P. Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. *Int J Sports Med.* 2005 ago;26(6):471-475.

Araújo CGS. Fundamentos biológicos: medicina esportiva. RJ.: Ao livro técnico, 1985.

Baxter-Jones ADG, Eisenmann JC, Sherar LB. Controlling for Maturation in Pediatric Exercise Science. *Pediatric Exercise Science.* 2005; 17: 18-30.

Berg A, Keul J. Biochemical changes during exercise in children. In: Malina RM, editor. *Young athletes: a biological, psychological and educational perspective.* Champaign (IL): Human Kinetics. 1988; 61-7.

Caputo F, Lucas RD, Greco CC, Denadai BS. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a *performance*. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento, Brasília.* 2000; 8 (3):7-13.

Castro FAZ, Moré FC, Kruehl LFM. Relação entre o índice de braçadas e a *performance* em nadadores de 50 metros nado livre. *Anais do 10º Congresso Brasileiro de Biomecânica, Sociedade Brasileira de Biomecânica, Ouro Preto.* 2003; 246-249.

Chatard JC, Lavoie JM, Lacour JR. Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1990;61(1-2):88-92.

Costill DL, Kowaleski J, Porter D, Kirwan J, Fielding R, King D. Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *Int J Sports Med.* 1985 out;6(5):266-270.

Craig AB Jr, Skehan PL, Pawelczyk JA, Boomer WL. Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. *Med Sci Sports Exerc.* 1985 dez;17(6):625-634.

Craig AB Jr, Pendergast DR. Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. *Med Sci Sports.* 1979;11(3):278-283.

Dekerle J, Nesi X, Lefevre T, Depretz S, Sidney M, Marchand FH, et al. Stroking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. *Int J Sports Med.* 2005 fev;26(1):53-58.

Dekerle J, Sidney M, Hespel JM, Pelayo P. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *Int J Sports Med.* 2002 fev;23(2):93-98.

Deminice R, Gabarra L, Rizzi A, Baldissera V. Série de treinamento intervalado de alta intensidade com índice de determinação da tolerância à acidose na predição da *performance* anaeróbia de natação. Rev Bras Med Esporte. 2007; 13 (3): 185-189.

Di Prampero PE, Pendergast DR, Wilson DW, Rennie DW. Energetics of swimming in man. J Appl Physiol. 1974 jul;37(1):1-5.

Eriksson O, Saltin B. Muscle metabolism during exercise in boys aged 11 to 16 years compared to adults. Acta Paediatr Belg. 1974;28 suppl:257-265.

Grimston SK, Hay JG. Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. Med Sci Sports Exerc. 1986 fev;18(1):60-68.

Keskinen KL, Komi PV. Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. Journal of Applied Biomechanics. 1993; 9: 219-226.

Kjendlie P-L, Ingjer F, Stallman RK, Stray-Gundersen J. Factors affecting swimming economy in children and adults. Eur. J. Appl. Physiol. 2004 out;93(1-2):65-74.

Lehmann M, Keul J, Korsten-Reck U. [The influence of graduated treadmill exercise on plasma catecholamines, aerobic and anaerobic capacity in boys and adults]. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1981;47(3):301-311.

Lohman TG. Measurement of body composition in children. JOPERD. 1982; 53: 67-70, 1982.

Malina R, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation and physical activity. Champaign, IL: Human Kinetics. 2004.

Martin L, Whyte GP. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. Int J Sports Med. 2000 jul;21(5):366-368.

Millet GP, Chollet D, Chabies S, Chatard JC. Coordination in front crawl in elite triathletes and elite swimmers. Int J Sports Med. 2002 fev;23(2):99-104.

Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. Med Sci Sports Exerc. 2002 abr;34(4):689-694.

Pelayo P, Sidney M, Kherif T, Chollet D, Tourny C. Stroking characteristics in freestyle swimming and relationships with anthropometric characteristics. J Appl Biomech. 1996; 12:197-206.

Poujade B, Hautier CA, Rouard A. Determinants of the energy cost of front-crawl swimming in children. Eur. J. Appl. Physiol. 2002 maio;87(1):1-6.

Schlossberger NM, Turner RA, Irwin CE Jr. Validity of self-report of pubertal maturation in early adolescents. J Adolesc Health. 1992 mar;13(2):109-113.

Siervogel RM, Demerath EW, Schubert C, Remsberg KE, Chumlea WC, Sun S, et al. Puberty and body composition. *Horm. Res.* 2003;60(Suppl 1):36-45.

Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum. Biol.* 1988 out;60(5):709-723.

Tanner JM. *Growth at Adolescence*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1962.

Toussaint HM, Beek PJ. Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Med.* 1992 jan;13(1):8-24.

Toussaint HM, Knops W, De Groot G, Hollander AP. The mechanical efficiency of front crawl swimming. *Med Sci Sports Exerc.* 1990 jun;22(3):402-408.

Wakayoshi K, D'Acquisto LJ, Cappaert JM, Troup JP. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. *Int J Sports Med.* 1995 jan;16(1):19-23.

Weiss, M. Relationship of blood lactate accumulation to stroke rate and distance per stroke in top female swimmers. *Swimming Science V* Champaign, IL: Human Kinetics. 1988; 295-303.

Zuniga J, Housh TJ, Mielke M, Hendrix CR, Camic CL, Johnson GO, et al. Gender comparisons of anthropometric characteristics of young sprint swimmers. *J Strength Cond Res.* 2011 jan;25(1):103-108.

8 CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados no presente estudo conclui-se que:

a) A divisão por idade biológica de grupos de treinamento é mais sensível em discriminar características pontuais decorrentes do processo de maturação de crianças e adolescentes quando comparada à divisão por idade cronológica.

b) Mostram-se bons preditores do desempenho em crianças e adolescentes do gênero masculino as seguintes variáveis:

- Composição corporal e antropometria, em especial a massa magra que em GB1 e GB2 apresentou altas correlações com a *performance*, além de estatura e componentes ósseos (CMO, DMO) os adolescentes mais maturados;
- Parâmetros aeróbios, tanto $V_{LaC_{\min}}$ como VC apresentaram-se fortemente correlacionadas às *performances* de 100 a 400m, entretanto evidencia-se a inclusão da distância de 400m no modelo de determinação da VC para crianças e adolescentes, em especial a combinação de 100 e 400m;
- Índices técnicos, juntamente à alta correlação dos índices técnicos com os parâmetros antropométricos relacionados ao processo de crescimento, os mesmos apresentaram fortes correlações com as *performances*, demonstrando-se bons parâmetros mecânicos de predição de *performance* de 100 a 400m.

A CTAn, como em outros estudos, não demonstrou ser um bom parâmetro anaeróbio de predição de desempenho, em especial para os grupos mais maturado e mais velho.

c) Visto a explicação matemática e não fisiológica creditada a VC como velocidade que pode ser mantida em esforços de longa duração, e a superestimação da VC em relação à $V_{LaC_{\min}}$ para os grupos GB2 e GC2, a $V_{LaC_{\min}}$ parece ser um bom fator de correção para VC na determinação do parâmetro de capacidade aeróbia que pode ser mantida por grandes períodos sem exaustão.

d) Visto a importância da habilidade técnica no meio aquático, sugere-se a utilização das variáveis mecânicas de índices técnicos como complemento às variáveis

fisiológicas de determinação de intensidades de treino no controle e prescrição de treinamento da modalidade natação.

REFERÊNCIAS

Alberty M, Sidney M, Huot-Marchand F, Hespel JM, Pelayo P. Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. *Int J Sports Med.* 2005; 26(6):471-5.

Altimari JM, Altimari LR, Gulak A, Chacon-Mikahil MPT. Correlations between anaerobic threshold determination protocols and aerobic performance in adolescent swimmers. *Rev Bras Med Esporte.* 2007 jul/ago; 13(4).

Arellano R, Brown P, Cappaert J, Nelson RC. Analysis of 50-, 100- and 200-m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games. *J Appl Biomech.* 1994; 10: 189-99.

Armstrong NJ, Welsman AM, Nevill KA. Modeling growth and maturation changes in peak oxygen uptake in 11–13 yr olds. *J. Appl. Physiol.* 1999; 87:2230-2236.

Armstrong N, Welsman JR. *Young people and physical activity.* Oxford: Oxford University Press, 1997.

Armstrong N, Welsman JR. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exercise Sport Sciences Reviews.* 1994; 22:435-476.

Astrand PO, Rodahl K. *Textbook of work physiology.* New York, McGraw-Hill; 1970.

Balikian P, Neiva CM, Dantas R, Greco CC, Denadai BS. Influência da distância na determinação da velocidade crítica em teste de campo para natação. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 6., Rio Claro, 1997. Anais. Rio Claro, UNESP; 1997.

Bartholomeu Neto J, Prestes J, Leite RD, Magosso RF, Assunção COA, Oliveira GS, Cielo FMBL, Pellegrinotti IL. Influence of 23 weeks of training in time and critical speed in young swimmers. *Brazilian Journal of Biomotricity,* 2009; 3(1):130-138.

Baxter-Jones ADG, Eisenmann JC, Sherar LB. Controlling for Maturation in Pediatric Exercise Science. *Pediatric Exercise Science,* 2005; 17:18-30.

Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state—implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89: 95–99.

Beneke R, Huntler M, Leithauser RM. Maximal lactate steady-state independent of performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Jun; 32 (6):1135-9.

Beneke R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady-state in rowing. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27:863–867.

Berg A, Keul J. Biochemical changes during exercise in children. In: Malina RM, editor. *Young athletes: a biological, psychological and educational perspective*. Champaign (IL): Human Kinetics. 1988; 61-7.

Beunen G, Malina RM. Growth and biological maturation: relevance to athletic performance. In: BAROR, O. *The child and adolescent athlete*. Pennsylvania: Advisory Sub-Committee. 1986; 3-24.

Bishop D, Jenkins DG, Mackinnon LT. The relationship between plasma lactate parameters, W_{peak} and 1-h cycling performance in women. *Med Sci Sports Exerc*. 1998 Aug; 30(8):1270-5.

Bohme MTS. O treinamento a longo prazo e o processo de detecção, seleção e promoção de talentos esportivos. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte, Campinas*. 2000; 21(2/3):4-10.

Bosquet L, Leger L, Legros P. Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med*. 2002; 32(11):675-700.

Brickley G, Carter H, Dekerle J, Clark S. Physiological responses to exercise at critical swimming velocity. In: *9th Annual Congress of the European College of Sport Science*. Clermont-Ferrand: 2004.

Cameron N. Assessment of maturation. In: *Human Growth and Development*. N. Cameron (Ed.). San Diego: Academic Press. 2002; 363-382.

Caputo F, Lucas RD, Greco CC, Denadai BS. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a *performance*. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento, Brasília*. 2000; 8(3):7-13.

Carter H, Jones AM, Doust JH. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1999; 31: 837-845.

Castro FAZ, Moré FC, Kruehl LFM. Relação entre o índice de braçadas e a *performance* em nadadores de 50 metros nado livre. *Anais do 10º Congresso Brasileiro de Biomecânica, Sociedade Brasileira de Biomecânica, Ouro Preto*. 2003; 246-249.

Chatard JC, Lavoie JM, Lacour JR. Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. *Eur J Appl Physiol*. 1990; 61:88-92.

Cheng B, Kuipers H, Snyder AC, Keizer HA, Jeukendrup A, Hesselink M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *Int J Sports Med*. 1992; 13:518–522.

Chengalur SN, Brown PL. An analysis of male and female Olympic swimmers in the 200-meter events. *Can J Sport Sci*. 1992;17:104-9.

Chengalur SN, Nelson RC. Analysis of male and female Olympic swimmers in the 100-meter events. *Int J Sport Biomech.* 1990; 6:187-97.

Chollet D, Charlies S, Chatard JC. A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *International Journal of Sports Medicine, Stuttgart.* 1999; 20:54-9.

Clarkson P, Going S. Body composition and weight control: a perspective on females. In: Bar-Or O, Lamb D, Clarkson P, editors. *Perspectives in exercise science and sports medicine. Exercise and the female: a life span approach.* Carmel (IN): Cooper Publishing Co.: 147-214; 1996.

Conley DL, Krahenbuhl GS. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1980; 12(5):357-60.

Costill DL, Kovaleski J, Porter D, Kirwam J, Fielding R, King D. Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *International Journal of Sports Medicine, Stuttgart,* 1985; 6:266-70.

Coyle EF, Coggan AR, Hopper MK. Determinants of endurance in well-trained cyclists. *J Appl Physiol.* 1988; 64(6):2622-30.

Craig Junior AB, Skehan PL, Pawelczyk JA, Boomer WL. Velocity, stroke rate and distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise, Madison.* 1985; 17(6):625-34.

Craig AB, Pendergast DR. Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 1979; 11(3): 278-283.

Davis HA, Gass GC. Blood lactate concentrations during incremental work before and after maximum exercise. *Br J. Sports Med.* 1979; 13:165-169.

Davis JA, Vodak P, Wilmore JH, Vodak J, Kurtz A. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *Journal of Applied Physiology.* 1976; 41: 544-50.

Dekerle J. A place for critical stroke rate? The use of critical velocity in Swimming. A place for Critical Stroke Rate. *Revista portuguesa de ciências do desporto.* 2006 jun; 6(SS2).

Dekerle J, Brickley G, Sidney M, Pelayo P. Application of the critical power concept in swimming? In: *Biomechanics and Medicine in Swimming X* edited by Vilas-Boas JP, Alves F, Marques A. Porto: Portuguese Journal of Sport Sciences, 2006.

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. *Int J Sports Med.* 2005; 26:524-30.

Dekerle J, Nesi X, Lefevre T, Depretz S, Sidney M, Marchand FH. Strokking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. *Int J Sports Med.* 2005; 26:53-8.

Dekerle J, Sidney M, Hespel JM, Pelayo P. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *Int J Sports Med.* 2002; 23:93-8.

Denadai BS. Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo. Rio Claro: Motrix; 2000.

Denadai BS, Greco CC, Teixeira M. Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10-12 years of different standards. *J Sports Sci.* 2000; 18:779-84.

Denadai BD, Greco CC, Donega MR. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbico e a velocidade crítica em nadadores com idade de 10 a 15 anos. *Revista Paulista de Educação Física, São Paulo.* 1997 jul/dez; 11(2):128-33.

DiPrampero PE. The concept of critical velocity: a brief analysis. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999; 80:162-4.

DiPrampero, PE. et al. Energetics of swimming in men. *Journal of Applied Physiology.* 1974; 1(37):1-5.

Duarte MFS. Maturação física: uma revisão da literatura, com especial atenção à criança brasileira. *Cad Saúde Pública.* 1993; 9(S1):71-84.

Ducharme JR, Forest MG. Normal pubertal development. In: Bertrand J, Rappaport R, Sizonenko PC, editors. *Pediatric endocrinology.* 2nd ed. Baltimore (MD): Williams & Wilkins; 372-86; 1993.

Eckert H. *Desenvolvimento Motor.* São Paulo: Manole, 1993.

Erickson BO, Saltin, B. Muscle metabolism during exercise in boys aged 11 - 16 years compared to adults. *Acta Paediatric Belgica.* 1974; 28:257-65.

Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate Threshold Concepts: How Valid are They? *Sports Med.* 2009; 39(6):469-490.

Figueira TR, Denadai BS. Relações entre o limiar anaeróbico, limiar anaeróbico individual e máxima fase estável de lactato em ciclistas. *R. bras. Ci. e Mov. Brasília.* 2004 jun; 12(2):91-95.

Föhrenbach R, Mader A, Hollmann W. Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. *Int J Sports Med.* 1987; 8:11-8.

Gollnick PD, Bayly WM, Hodgson DR. Exercise intensity, training, diet, and lactate concentration in muscle and blood. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1986; 18:334-340.

Greco CC, Denadai BS. Critical Speed and Endurance Capacity in Young Swimmers: Effects of Gender and Age. *Pediatric Exercise Science.* 2005; 17:353-363.

Greco CC, Denadai BS, Pellegrinotti IL, Freitas AB, Gomide E. Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10 a 15 anos: relações com a *performance* e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. *Rev Bras Med Esporte.* 2003; 9(1): 2-8.

Grimston SK, Hay JG. Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 1986; 18:60-8.

Guedes DP, Guedes JERP. Crescimento, composição corporal e desempenho motor de crianças e adolescentes. São Paulo: CLR Balieiro, 1997.

Heck H, Mader A, Hess S, Mück R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l Lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 1985; 6:117-130.

Hill DW, Ferguson CS. A physiological description of critical velocity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999; 79:290-3.

Hill AV, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. *Quart J Med.* 1923; 16:135-71.

Hollander AP, De Groot G, Van Ingen Schenau GJ, Toussaint HM, Debest H, Peeters W. Measurement of active drag during crawl arm stroke swimming. *J Sports Sci.* 1986; 4:21-30.

Hollmann W. 42 years ago: development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. *Sports Med.* 2001; 31(5):315-20.

Hollmann W. Höchst- und dauerleistungsfähigkeit des sportlers. München: Barth, 1963

Jenkins DG, Quigley BM. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1990; 61(4):278-283.

Jones AM, Doust JH. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc.* 1998 Aug; 30(8):1304-13.

Katzmarzyk PT, Malina RM, Beunen GP. The contribution of biological maturation to the strength and motor fitness of children. *Annals of Human Biology, Basingstoke.* 1997; 24(6):493-505.

Kjendlie PI,; Ingjer F, Stallam RK, Stray-Gundersen J. Factors affecting swimming economy in children and adults. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 93:65-74.

Kobayashi K, Kitamura K, Miura M. Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. *J Appl Physiol.* 1978; 44:666-72.

Kolmogorov SV, Duplischeva OA. Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *J Biomech.* 1992; 25:311-8.

Krahenbuhl GS, Skinner JS, Kohrt WM. Development aspects of maximal aerobic power in children. *Exerc Sports Sci Rev.* 1985; 13:503-38.

Lajoie C, Laurencelle L, Trudeau F. Physiological responses to cycling for 60 minutes at maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol.* 2000 Aug; 25 (4):250-61.

Lehmann M, Keul J, Korsten-Reck U. The influence of graduated treadmill exercise on plasma catecholamines, aerobic and anaerobic capacity in boys and adults. *Eur J Appl Physiol.* 1981; 47:301-11.

Maasen N, Busse MW. The relationship between lactic acid and workload: a measure for endurance capacity or an indicator of carbohydrate deficiency? *Eur. J. Appl. Physiol.* 2002; 58:728-737.

Machado FA, Guglielmo LGA, Denadai BS. Effect of the chronological age and sexual maturation on the time to exhaustion at maximal aerobic speed. *Biology of Sport.* 2007; 24:21-30.

Macintosh BR, Esau S, Svedahl K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol.* 2002 Jun; 27 (3):232-49.

Mader A. Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of test results. *J Sports Med Phys Fitness.* 1991; 31:1-19.

Mader A, Liesen H, Heck H, Philippi H, Schurch PM, Hollmann, W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. *Sportarzt Sportmed.* 1976; 27(4,5): 80-88, 109-112.

Maglischo EW. *Nadando ainda mais rápido.* São Paulo: Manole, 1999.

Malina R, Bouchard C, Bar-Or, O. Growth, maturation and physical activity. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004.

Malina R, Bouchard C. *Atividade Física do atleta jovem: do crescimento a maturação.* Ed. Roca, 1ª Edição, 2002.

Malina RM. Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exerc Sports Sci Rev.* 1994; 22:389-433.

Maliina R, Bouchard C. Growth, maturation and physical activity. Champaigne (IL): Human Kinetics, 1991

Martin L, Whyte GP. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. *Int J Sports Med.* 2000; 21:366-8.

Matsudo SMM, Matsudo VKR. Self-assessment and physician assessment of sexual maturation in Brazilian boys and girls: concordance and reproducibility. *Am. J. Hum. Biology.* 1994; 6:451-455.

Matsudo VKR, Matsudo SM. Validade da auto-avaliação na determinação da maturação sexual. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento, São Caetano do Sul.* 1991; 5(2):18-35.

Mazzeo RS, Marshall P. Influence of plasma catecholamines and lactate responses during graded exercise with varied glycogen conditions. *J Appl Physiol.* 1989; 67:1319-22.

Micheli LJ. Overuse injuries in the young athlete: stress fractures. In: Bar-Or O, editor. *The child and adolescent athlete.* Oxford: Blackwell Science. 1996; 189-201.

Millet GP, Chollet D, Chabies S, Chatard JC. Coordination in front crawl in elite triathletes and elite swimmers. *Int J Sports Med.* 2002; 23:1-6.

Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA. An anthropometric prediction of biologic age. *Medice and Sciences in Sports and Exercise,* 2002.

Monod H, Scherrer J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics.* 1965; 8(3):329-338.

Mujika I, Padilla S. Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans. *Med Sci Sports Exerc.* 2001 Mar; 33 (3):413-21.

Nadeau M. *Fisiologia aplicada na atividade física.* São Paulo: Manole, 1985.

Nevill AM, Holder RL, Bater-Jones A, Round JM, Jones DA. Modeling developmental changes in strength and aerobic power in children. *J. Appl. Physiol.* 1998; 84:963-970.

Papoti M, Zagatto AM, Mendes OC, Gobatto CA. Utilização de métodos invasivos e não invasivos na predição das *performances* aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. *Rev Port Cien Desp.* 2005; 5(1):7-14.

Pelayo P, Sidney M, Kherif T, Chollet D, Tourny C. Strokings characteristics in freestyle swimming and relationships with anthropometric characteristics. *J Appl Biomech.* 1996; 12:197-206.

Poujade B, Hautier CA, Rouard A. Determinants of the energy cost of front crawl swimming in children. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 87:1-6.

Ribeiro L, Balikian P, Malachias P, Baldissera V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003; 43:312-8.

Ribeiro JP, Sadavid E, Baena J, Monsalvet E, Barna A, De Rose EH. Metabolic predictions of middle-distance swimming performance. *Br J Sports Med.* 1990; 24:196-200.

Roecker K, Schotte O, Niess AM. Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test. *Med Sci Sports Exerc.* 1998 Oct; 30 (10):1552-7.

Rowland TW. The physiological impact of intensive training on the prepubertal athlete. In: Cahill BR, Pearl AL, editors. *Intensive participation in children's sport.* Champaign (IL): Human Kinetics. 1993; 167-93.

Rowland TW. Oxygen uptake and endurance fitness in children: A developmental perspective. *Pediatr Exerc Sci.* 1989; 1:313-28.

Santhiago V, Silva ASR, Guglielmo LGA, Higino WP. Influência da forma de indução à acidose na determinação da intensidade de lactato mínimo em corredores de longa distância. *Rev Bras Med Esporte.* 2008 Jul/Ago; 14(4).

Schlossberger N, Turner RA, Irwin CE. Validity of self-report of pubertal maturation in early adolescents. *Journal of Adolescent Health, New York.* 1992; 13:109-13.

Shleihauf RE, Higgins JR, Hinricks R. Propulsive techniques: front crawl stroke, butterfly, backstroke and breaststroke. In: Ungerechts BE, Wilke K, Reischle K, editors. *Swimming Science V.* Champaign, IL: Human Kinetics. 1988; 53-9.

Siervogel RM, Demerath EW, Schubert C, Remberg KE, Chumlea WC, Sun S. Puberty and body composition. *Horm Res.* 2003; 60(1):36-45.

Smith MF, Balmer J, Coleman DA, Bird SR, Davison RCD. Method of *lactate* elevation does not affect the determination of the *lactate minimum*. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2002; 34(11):1744-9.

Smith CGM, Jones AM. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *Eur J Appl Physiol.* 2001; 85:19-26.

Snyder AC, Woulfe T, Welsh R, Foster C. A simplified approach to estimating the maximal lactate steady state. *Int J Sports Med.* 1994; 15:27–31.

Stegmann H, Kindermann W. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol/l lactate. *Int J Sports Med.* 1982; 3(2):105-10.

Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med.* 1981; 2:160-5.

Svedahl K, Macintosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol.* 2003; 28(1):299-323.

Tanaka H, Shindo M. Running velocity at blood lactate threshold of boys aged 6-15 years compared with untrained and trained young males. *Int. J. Sports Med.* 1985; 6:90-94.

Tanner JM. *Foetus intoman.* Exeter: A.Wheaton&Co. Ltd, 1978

Tanner JM. *Growth at Adolescence.* Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1962.

Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1993; 25:620-7.

Toubekis AG, Tsami AP, Tokmakidis SP. Critical Velocity and lactate threshold in Young swimmers. *Int J Sports Med.* 2006; 27(2):117-123.

Toubekis A, Tsami A, Tokmakidis S. The combination of different provides velocity in children, VI Annual Congress of the European College of Sport Science, Cologne, 2001.

Toussaint HM, Beek PJ. Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Medicine, Auckland.* 1992; 13:8-24.

Toussaint HM, Knops W, De Groot G, Hollander AP. The mechanical efficiency of front crawl swimming. *Med Sci Sports Exerc.* 1990; 22:402-8.

Toussaint HM. Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 1990; 22(3):409- 415.

Van Schuylenbergh R, Vanden Eynde B, Hespel P. Correlations between lactate and ventilatory thresholds and the maximal lactate steady state in elite cyclists. *Int J Sports Med.* 2004 Aug; 25(6):403-8.

Vasconcelos IQA, Mascarenhas LPG, Ulbrich AZ, Stabelini Neto A, Bozza R, Campos W. A velocidade crítica como preditor de desempenho aeróbio em crianças. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano.* 2007; 9(1):44-49.

Vleck VE, Burgi A, Bentley DJ. The consequences of swim, cycle, and run performance on overall result in elite olympic distance triathlon. *Int J Sports Med.* 2006; 27:43–48.

Wacharasindhu S, Pringam P, Kongchonrak T. Self-assessment of sexual maturation in Thai children by Tanner photograph. *J. Med. Ass. Thailand.* 2002; 85:308-319.

Wakayoshi K. et al. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. *International Journal Sports Medicine.* 1995; 16:19-23.

Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Harada T, Moritani T, Mutoh Y. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993a; 66(1):90-95.

Wakayoshi K. et al. Adaptations to six months of aerobic swim training: changes in velocity, stroke rate, stroke length and blood lactate. *International Journal Sports Medicine.* 1993b; 14:368-372.

Wakayoshi K, Ilkuta K, Yoshida T. Determination and validity of Critical velocity speed as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992a; 64(2):153-157.

Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Kasai T, Moritani T, Mutoh Y. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med.* 1992b; 13(5):367-371.

Wasserman K, McIlroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients. *Am J Cardiol.* 1964; 14: 844-52.

Weiss M. et al. Relationship of blood lactate accumulation to stroke rate and distance per stroke in top female swimmers. In B. E. Ungerechts, K. Wilke, & K. Reischle (Eds.). *Swimming Science V Champaign, IL: Human Kinetics.* 1988; 295-303.

Wells JG, Balke B, Van Fossan DD. Lactic acid accumulation during work: a suggested standardization of work classification. *J Appl Physiol.* 1957 Jan; 10(1):51-55.

Weltman A. *The blood lactate response to exercise.* Human Kinetics: Champaign, IL, 1995.

Williams RL, Cheyne KL, Houtkooper LK, Lohman TG. Adolescent selfassessment of sexual maturation: effects of fatness classification and actual maturation stage. *J. Adol. Health Care.* 2003; 9:480-482.

Williams JR, Armstrong N. Relationship of maximal lactate steady state to performance at fixed blood lactate reference values in children. *Pediatr Exerc Sci.* 1991; 3:333-41.

Wright B, Smith DJ. A protocol for the determination of critical speed as an index of swimming endurance performance. In: Myashita M, Mutoh Y, Richardson AB (Ed.). *Medicine Science in Aquatic Sports*. Karger: Basel, 1984; 55-59.

ANEXOS



ANEXO I: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Caro atleta e responsável,

Gostaríamos de realizar os testes referentes ao estudo de dissertação de mestrado, intitulado “Efeito da idade biológica e cronológica sobre as variáveis preditoras de desempenho em meninos nadadores de 10 a 15 anos”, com o objetivo de verificarmos o nível de ideal de treinamento de cada atleta e fazermos um acompanhamento mais adequado em relação às variáveis que interferem no sucesso do treinamento.

Local de realização dos testes

Todos os testes e demais procedimentos serão realizados no complexo aquático da “Vila Olímpica” da cidade de Maringá-PR.

Os testes ocorrerão em dias regulares de treinamento, entretanto previamente agendados, tanto com o técnico da equipe, como com os atletas participantes da pesquisa, devendo os atletas comparecerem devidamente alimentados e preparados para tal.

Procedimentos dos testes

Todos os procedimentos serão realizados no período de uma semana, e repetidos duas vezes durante a periodização anual.

Serão aferidas medidas antropométricas referentes à massa corporal, estatura, circunferências, tamanho dos segmentos/membros e determinação do percentual de gordura corporal. Os equipamentos utilizados para tanto serão um Adipômetro Sanny Científico, capacidade 0 a 78mm, tolerância +- 0,5mm em 78mm e resolução em décimos de milímetros, uma trena antropométrica Sanny, capacidade 2m e uma balança e estadiômetro: Caudura Ltda, capacidade máxima 160Kg e 2m, mínima 4 kg e 1m.

A determinação da idade biológica será realizada pela auto-avaliação dos estágios de maturação sexual; cada participante, depois de devida explicação sobre os procedimentos do teste, entrará individualmente em uma sala previamente preparada e reservada, e fará a comparação com modelos fotográficos do grau de desenvolvimento de pilosidade pubiana em frente ao espelho, analisando suas características, quantidade e distribuição, esses modelos fotográficos indicam um grau de maturação de 1 a 5, sendo o nível 5 atribuído à sujeitos com características semelhantes a de adultos (MORTATTI; ARRUDA, 2007; MARTIN et al., 2001)

Em dias distintos os atletas realizarão, após o aquecimento habitual, tiros de intensidade máxima para as distâncias de 100m, 200m e 400m para a determinação da Velocidade Crítica. Durante a realização dos testes serão coletadas amostras de sangue do lóbulo da orelha (25µl), pré e pós teste, para dosagem/análise da concentração de lactato sangüíneo. Este procedimento se dará pelo método de punção realizada no lóbulo da orelha por meio de um pequeno furo feito com o auxílio de uma lanceta própria e descartável; o sangue será coletado por um tubo capilar heparinizado e imediatamente acondicionado em um tubo tipo Ependorff contendo 50µl de fluoreto de sódio (NaF) a 1%. Essas amostras, quando necessário, serão armazenadas em baixas

temperaturas e analisadas eletroquimicamente no equipamento YSI 1500 STAT (Yellow Springs Ind, Ohio – USA) para dosar a quantidade de lactato sanguíneo.

Divulgação dos resultados obtidos

Todos os resultados obtidos serão divulgados em congressos e revistas de caráter científico pertinentes à área de aplicação dos mesmos, para tanto, sempre se resguardará a identidade dos atletas participantes não havendo nenhum outro interesse que não o científico na divulgação dos mesmos. Os atletas, bem como seus técnicos e responsáveis, tomarão conhecimentos dos resultados obtidos ao término do trabalho.

Para tanto, necessitamos do consentimento dos senhores tanto para a realização dos testes quanto para que os dados obtidos possam ser divulgados na literatura científica da área sendo sempre garantido o anonimato do participante.

Informamos que a participação é totalmente voluntária, com plena liberdade para negarem o consentimento ou retirarem-se do estudo a qualquer momento, sem prestar qualquer tipo de esclarecimento. Também informamos que os participantes não receberão nenhuma forma de pagamento ou serão onerados por participarem como sujeitos nos testes.

Responsabilidade sobre os procedimentos experimentais

Os responsáveis pelos testes comprometem-se em realizá-los dentro dos padrões e normas de segurança, mostrando-se conhecedores dos procedimentos a serem realizados. Qualquer pergunta ou dúvidas em relação aos procedimentos utilizados no projeto deverão ser dirigidas aos responsáveis pela realização dos mesmos que estarão sempre à disposição para maiores esclarecimentos: Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado; end: DEF – UEM, Bloco M06 sala 06 Tel. (44) 3261-4315; Prof. Paulo Victor Mezzaroba Tel. (44) 32247632. Dúvidas em relação aos aspectos éticos da pesquisa poderão ser esclarecidas pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (COPEP) envolvendo Seres Humanos da UEM; end: Universidade Estadual de Maringá – Av. Colombo 5790, Campus Sede da UEM. Bloco da Biblioteca Central (BCE) Tel (44) 3261 – 4444. E-mail: copep@uem.br

Eu, _____, responsável pelo atleta, _____ portador do documento de identidade n.º _____, após ter lido, entendido e esclarecido todas as minhas dúvidas referentes a este estudo, CONCORDO VOLUNTARIAMENTE com sua participação como sujeito do projeto, autorizando a realização de todos os procedimentos e consentindo com a posterior divulgação dos dados obtidos.

Assinatura do Pai ou Responsável pelo Atleta

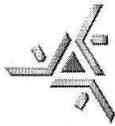
Assinatura do Atleta

Data: ___/___/___

Prof. Paulo Victor Mezzaroba

Prof. Dra. Fabiana Andrade Machado

ANEXO II: Parecer do COPEP



Universidade Estadual de Maringá

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos

Registrado na CONEP em 10/02/1998

CAAE Nº. 0015.0.093.000-10

PARECER Nº. 121/2010

Pesquisador(a) Responsável: Fabiana Andrade Machado

Centro/Departamento: CCS/Departamento de Educação física

Título do projeto: Efeito da idade biológica e cronológica sobre as variáveis preditoras de desempenho em meninos nadadores de 10 a 15 anos.

Análise do Protocolo de Pesquisa:

A pesquisa pretende verificar a influência do processo de maturidade em índices preditores de desempenho fisiológicos e biomecânicos em meninos nadadores de 10 a 15 anos de idade, comparando os diversos dados e verificando a correlação entre índices técnicos e antropométricos, analisando a influência da idade cronológica e biológica sobre estas variáveis. Trata-se de pesquisa enquadrada no Grupo III, envolvendo grupos especiais.

Participarão da pesquisa 40 crianças e adolescentes, de idades entre 10 e 15 anos, inseridas em um programa de treinamento sistematizado de natação por pelo menos um ano. As avaliações serão realizadas em dois momentos distintos, a primeira no início da temporada de treinos e a segunda no período competitivo. Serão analisadas as concentrações de lactato sanguíneo antes e após a execução de cada atividade física avaliada.

Para a indicação do estágio de maturidade biológica ocorrerá a comparação dos sujeitos a modelos fotográficos que mostram o desenvolvimento das características sexuais secundárias por auto-avaliação.

A coleta de dados está prevista, segundo cronograma, para o segundo semestre de 2010, nos meses de julho a dezembro.

Crianças e adolescentes são considerados sujeitos vulneráveis e quando envolvidos em pesquisa científica devem ter uma proteção especial, preservando sua integridade física, mental e emocional, com a sua escolha como sujeito da investigação devidamente justificada e especificada no protocolo (item IV.3.a, Res. 196/1996-CNS).

O protocolo de pesquisa restou pendente na última reunião deste Comitê, para que a investigadora justificasse a necessidade de envolver crianças e adolescentes para a obtenção dos dados, apresentasse autorização do órgão responsável pelo local onde realizar-se-á a obtenção dos dados da pesquisa e juntasse um novo Termo de Consentimento Livre e Esclarecido em linguagem clara e acessível, ao que foi atendido em todos os pontos.

Considerações:

Considerando que o protocolo de pesquisa atende as exigências da Resolução 196/1996 do Conselho Nacional de Saúde;

PARECER: O COPEP – Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Maringá é de parecer pela aprovação do presente protocolo de pesquisa.

Situação: **APROVADO**

CONEP: (X) para registro () para análise e parecer Data: 9/4/2010.

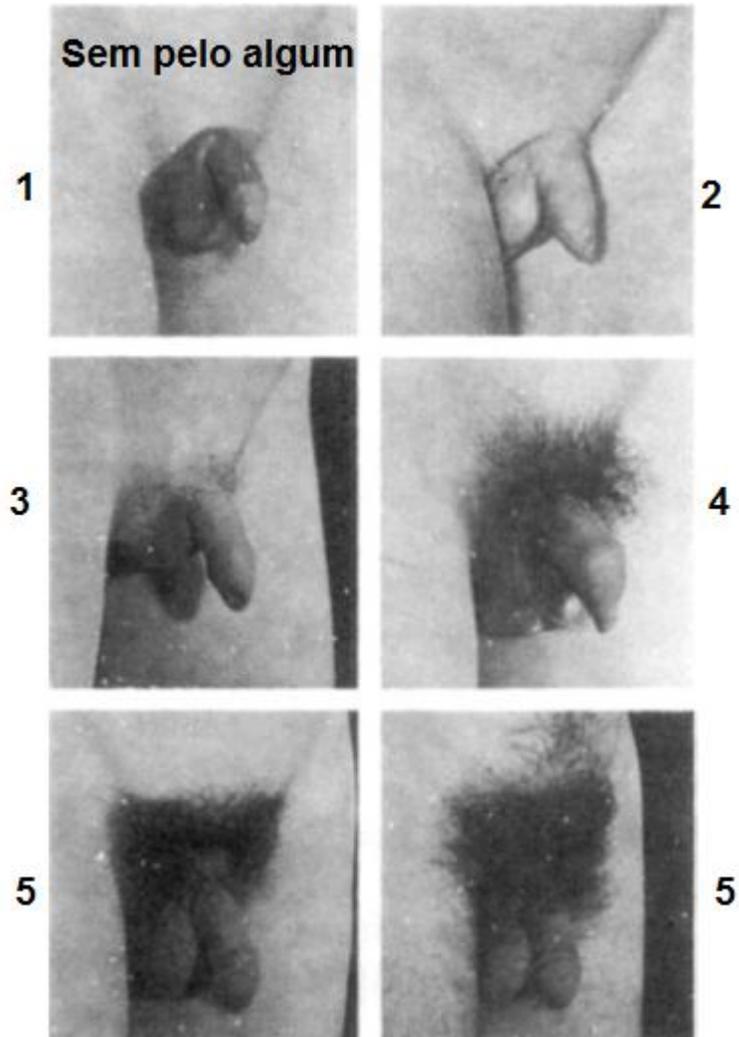
O pesquisador deverá apresentar Relatório Final para este Comitê em: 1º/3/2011.

O protocolo foi apreciado de acordo com a Resolução nº. 196/96 e complementares do CNS/MS, na 192ª reunião do COPEP em 9/4/2010.

Prof.ª Dr.ª. Ieda Harumi Higarashi
Presidente do COPEP

ANEXO III: Auto-avaliação masculina**Auto-Avaliação maturacional**

Nome: _____

- Indique (circule) o número de estágio que você está mais próximo:

Fonte: (SAITO, 1984)