



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



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE
ÁREA DE BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA

**EFEITOS DA MATURAÇÃO BIOLÓGICA SOBRE O CUSTO ENERGÉTICO, POTÊNCIA
AERÓBIA, MÁXIMO DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO E PERFORMANCES DE
NADADORES**

MARIA DE SOUZA SILVA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista - Câmpus de Rio Claro, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade, área de concentração Biodinâmica da Motricidade Humana.

**Rio Claro/SP
Dezembro - 2013**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE
ÁREA DE BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA

EFEITOS DA MATURAÇÃO BIOLÓGICA SOBRE O CUSTO ENERGÉTICO, POTÊNCIA
AERÓBIA, MÁXIMO DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO E PERFORMANCES DE
NADADORES

MARIA DE SOUZA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCELO PAPOTI

CORIENTADOR: PROF. DR. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista - Câmpus de Rio Claro, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade, área de concentração Biodinâmica da Motricidade Humana.

Rio Claro/SP

Dezembro - 2013

797.21 Silva, Maria de Souza
S586e Efeitos da maturação biológica sobre o custo energético, potência aeróbia e máximo déficit acumulado de oxigênio e performance de nadadores / Maria de Souza Silva. - Rio Claro, 2014
132 f. : il., figs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Marcelo Papoti
Coorientador: Claudio Alexandre Gobatto

1. Natação. 2. Pico de consumo de oxigênio. 3. Desempenho. I. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares minha mãe Anália e aos meus irmãos e irmãs, ao meu noivo, Rubens pelo apoio, paciência e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço e a Deus por ter me fortalecido e protegido a cada dia.

Ao Prof. Dr. Marcelo Papoti pela oportunidade concedida e pela paciência e ensinamentos. Muito obrigado.

Aos meus familiares e amigos pelo apoio e incentivo durante todo esse processo, em especial aos meus, irmãos, sobrinhos e noivo.

Agradeço também a todos os participantes dos laboratórios CELAPAM. Ao Prof. Dr. Ismael F. Freitas por permitir a utilização de seu laboratório.

Aos amigos do LAFE pelo carinho e companheirismo, aos meus amigos de república João, Carlos, Vítor, foi muito bom conviver com vocês.

Ao Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto pela oportunidade e por ter me acolhido em seu laboratório, quando a minha chegada em Rio Claro e a todos os participantes do LAFABE.

Ao Prof. Dr. Vilmar Baldissera pelos ensinamentos e incentivo, e aos professores Sebastião Gobbi e Lilian T. B. Gobbi.

As minhas amigas de Dracena Deisy e Luana, pelo apoio nos momentos difíceis.

Este trabalho teve suporte financeiro:

FAPESP

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de
São Paulo

Processo nº 2011/16897-4

“Ninguém ignora tudo.
Ninguém sabe tudo. Todos
nós sabemos alguma coisa.
Todos nós ignoramos alguma
coisa. Por isso aprendemos
sempre.”

PAULO FREIRE

RESUMO

O objetivo do estudo foi investigar os efeitos da maturação biológica sobre o custo energético (CE), potência aeróbia máxima (VO_{2PICO}), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{RED}$) e performances de nadadores pertencentes às categorias petiz, infantil, juvenil, júnior e sênior que foram classificados de acordo com a idade biológica. Para contemplar esses objetivos dos estudos foram avaliados um total de 43 nadadores de nível estadual e nacional (nove no estudo 1 e 34 no estudo 2). No estudo 1 os nadadores realizaram dois esforços máximos de 400 metros nado livre para mensurar o pico do consumo de oxigênio (VO_{2PICO}) através da técnica da retro extrapolação por dois analisadores de gases: Quark (PFT, Cosmed, Roma Itália) e VO2000 (MedGraphics). A contribuição energética anaeróbia alática (Ce_{ALA}) e láctica (Ce_{LAT}), ($MAOD_{RED}$) também foram determinadas. A Ce_{LAT} e o P400, não apresentaram diferenças significativas e foram correlacionados entre os dois analisadores de gases, a Ce_{ALA} apresentou diferença significativa. No primeiro estudo conclui-se que as comparações dos dados provenientes desses dois analisadores de gases devem ser realizadas com cautela. Os 34 nadadores do estudo 2 realizaram um esforço máximo de 400 metros para determinação do CE, Ce_{ALA} , Ce_{LAT} , VO_{2PICO} , $MAOD_{RED}$, por meio da técnica de retro extrapolação. O consumo de oxigênio foi mensurado pelo analisador de gases Quark (PFT, Cosmed, Roma Itália) (1º Dia). Nos dias subsequentes foram realizados esforços máximos de 100 e 200m e foram determinados o comprimento de braçada (CB), a frequência de braçada (FB) e o índice de braçada (IB). O tempo foi registrado a cada 25m para todas as distâncias. A composição corporal determinada pela dual energy x-ray absorptiometry (DEXA). A classificação da maturação biológica foi realizada de acordo as pranchas de Tanner. Os nadadores foram classificados nos estágios dois (P2, n=4), três (P3, n=6), 4 (P4; 13) e 5 (P5, n=9). A Ce_{LAT} , $MAOD_{RED}$, CE, $[Lac]_{PICO}$ e o VO_{2PICO} foram significativamente superiores nos atletas com maior desenvolvimento maturacional. A Ce_{ALA} e a Ce_{AER} não foram significativamente diferentes entre os grupos. O IB correspondente aos esforços de 200 e 400m foi superior no grupo maduro e o NB, CB correspondente ao esforço de 200m foram maiores nos mais maturado. Não foram observadas diferenças significantes entre os grupos na massa gorda, contudo, foi observada maior massa magra no P5 quando comparado com P2 e P3. A análise visual do comportamento da porcentagem da velocidade média durante

todo o desempenho mostrou que P2 apresentou comportamento à uma parábola, enquanto que os outros grupos apresentaram saída rápida com manutenção da velocidade. Foi observada diferença entre o comportamento da velocidade entre os grupos mais maturados comparado com os grupos menos maduros. As velocidades parciais dos grupos mais maturados também apresentaram superiores comparadas à velocidade parcial do menos maturados. Conclui-se que performances dos nadadores também são dependentes da maturação biológica; e as variáveis fisiológicas, e mecânicas aumentam em função dos estágios maturacionais.

Palavras chave: Natação, Maturação biológica, Máximo déficit acumulado de oxigênio, Pico consumo de oxigênio, Performance.

ABSTRACT

The aim of the study was to investigate the effects of biological maturation on energy cost (EC), maximal aerobic power (VO_{2PEAK}), maximal accumulated oxygen deficit ($MAOD_{RED}$) and performances of swimmers belonging to categories petiz, childish, juvenile, junior and senior which were classified into groups after determining the biological age (Tanner, 1962). Two groups of swimmers from state and national levels (9 in study 1 and 34 in study 2) in study 1 swimmers were evaluated, performed two maximum effort 400m front crawl, the technique of back extrapolation was used to measure the peak oxygen consumption (VO_{2PEAK}) for two gas analyzers: Quark (PFT, Cosmed, Rome Italy) and VO2000 (Aerosport, Medgraphics). The anaerobic energy contribution alactic (Ce_{ALA}) and lactic (Ce_{LAT}), ($MAOD_{RED}$) were also determined. The Ce_{LAT} and P400, and no significant differences were correlated between the two gas analyzers, the Ce_{ALA} significant difference. It is concluded that comparisons of data from these two gas analyzers should be performed with caution. The 34 swimmers Study 2 performed a maximal effort 400m front crawl to determine the EC, Ce_{ALA} , Ce_{LAT} , VO_{2PEAK} , $MAOD_{RED}$, through the technique of back extrapolation. Oxygen consumption was measured by gas analyzer Quark (PFT, Cosmed, Rome Italy) (Day 1). In subsequent days maximum efforts of 100 and 200 were performed and it was determined the stroke length (SL), stroke rate (SR) and stroke index (SI). The time was recorded every 25m for all distances. Body composition determined by dual energy x-ray absorptiometry (DEXA). The groups were classified according to the biological maturation: four athletes in stage 2 (P2), six at stage three (P3), 13 in stage 4 (P4) and the nine stage 5 (P5). The Ce_{LAT} , $MAOD_{RED}$, the EC, the $[Lac]_{PEAK}$ and VO_{2PEAK} were higher in the more mature groups when compared to less mature. The Ce_{ALA} Ce_{AER} and showed no significant differences between groups. In 400m, SI was higher in the more mature group, and in the 200m SN, SL and SI were higher in the more matured and matured over 100m the two groups had lower SN that the two least matured. Both SL and SI were higher for most matured groups. No significant differences were observed between groups, and fat mass, however, greater lean mass was observed in P5 compared to P2 and P3. Visual analysis of the behavior of the percentage of the average speed during the performance behavior showed that P2 presented to a parabola, while the other groups showed rapid maintaining the output speed. Difference between the

behavior of the velocity between the groups more matured compared to less mature groups was observed. Partial speeds of more matured groups also showed superior speed compared to partial least matured. We conclude that performances of the swimmers are also dependent on biological maturation, and physiological and mechanical variables increase as a function of maturational stages.

Keywords: swimming, biological maturation, maximum accumulated oxygen deficit, peak oxygen consumption, performance.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

All out 3 min = teste de esforço máximo de 3 minutos

ATP = adenosina trifosfato

ASC = área de superfície corporal

CA = capacidade aeróbia

C_{ANA} = capacidade anaeróbia

CB = comprimento de braçada

CE = custo energético

Ce_{AER} = contribuição energética aeróbia

Ce_{ALA} = contribuição energética anaeróbia alática

Ce_{LAT} = contribuição energética anaeróbia láctica

CP = creatina fosfato

CTA = capacidade de trabalho anaeróbio

DeT = demanda energética teórica

DEXA = absorptiometria de raios-X de dupla energia

EPOC = consumo excessivo de oxigênio pós-exercício

$EPOC_{RAP}$ = componente rápido do consumo excessivo de oxigênio pós-exercício

FB = frequência de braçada

Fcrit = força crítica

GG = desenvolvimento dos órgãos genitais

Gpinf = grupo infantil

Gjuv = grupo juvenil

Gpet = grupo petiz

Gsen = grupo júnior e sênior

IAT = Individual Anaerobic Threshold (limiar anaeróbio individual)

ICA = impulso da capacidade anaeróbia

IB = índice de braçada

IF = índice de fadiga

LACmin = teste do lactato mínimo

LAN = limiar anaeróbio

[Lac]_{PICO} = concentração pico de lactato

[Lac]_{REP} = concentração de lactato de repouso

MAOD = máximo déficit acumulado de oxigênio

MAOD_{RED} = máximo déficit acumulado de oxigênio reduzido

MC = massa corporal

MCT = massa corporal total

MFEL = máxima fase estável de lactato

MGT = massa gorda total

MG_{Brs} = massa gorda dos braços

MG_{Pers} = massa gorda das pernas

MG_{Tr} = massa gorda do tronco

MM = desenvolvimento das mamas

MMT = massa magra total

MM_{Brs} = massa magra dos braços

MM_{Pers} = massa magra das pernas

MM_{Tr} = massa magra tronco

NaF = fluoreto de sódio

NB = número de braçada

O_2 = oxigênio

P400 = desempenho nos 400m nado livre

P200 = desempenho nos 200m nado livre

P100 = desempenho nos 100m nado livre

P1 = estágio 1 de Tanner (pilosidade púbica)

P2 = estágio 2 de Tanner (pilosidade púbica)

P3 = estágio 3 de Tanner (pilosidade púbica)

P4 = estágio 4 de Tanner (pilosidade púbica)

P5 = estágio 5 de Tanner (pilosidade púbica)

PP = pilosidade púbica

PVC = pico de velocidade do crescimento

Pcrit = potência crítica

Pcr = fosfocreatina

QR = coeficiente respiratório

R = razão de trocas gasosas

T30 = teste de 30 minutos

TW = Tanner - Whitehouse

VCO_2 = produção de dióxido de carbono

Vel. = velocidade

VO_2 = consumo de oxigênio

$VO_{2MÁX}$ = consumo máximo de oxigênio

VO_{2PICO} = pico de consumo de oxigênio

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo da determinação da potência aeróbia máxima ($VO_{2\text{pico}}$) por meio da técnica de retro extrapolação.

Figura 2. Comportamento do consumo excessivo de oxigênio após um esforço máximo de 400m e determinação da amplitude (A) e da constante de decaimento (τ), por meio do ajuste biexponencial.

Figura 3. Desempenho (segundos) nos 400m na sessão avaliada pelo analisador de gases Quark e VO2000.

Figura 4. Tempo médio \pm DP nos 400m livres e tempo a cada 100m de prova de cada grupo de acordo com o estágio maturacional.

Figura 5. Média \pm DP do tempo a cada 100 metros do esforço máximo de 400m para cada grupo de estágio maturacional.

Figura 6. Tempo médio \pm DP nos 200m livres e tempo a cada 50m de prova de cada grupo de acordo com o estágio maturacional.

Figura 7. Média \pm DP do tempo a cada 50 metros do esforço máximo de 200m para cada grupo de estágio maturacional.

Figura 8. Tempo médio \pm DP nos 100m livres e tempo a cada 25m de prova de cada grupo de acordo com o estágio maturacional.

Figura 9. Média \pm DP do tempo a cada 25 metros do esforço máximo de 100m para cada grupo de estágio maturacional.

Figura 10. Média e desvio padrão das contribuições energética em porcentagem de cada metabolismo durante o esforço de 400m.

Figura 11. Média e desvio padrão do consumo pico de oxigênio absoluto de acordo com o estágio maturacional.

Figura 12. Média e desvio padrão do consumo pico de oxigênio relativo ao peso corporal dos grupos de acordo com estágio maturacional.

Figura 13. Média e desvio padrão da porcentagem da velocidade média dos 100m para o grupo P2 (A), P3 (B), P4 (C) e P5 (D).

Figura 14. Média e desvio padrão da porcentagem da velocidade média dos 200m para o grupo P2 (A), P3 (B), P4 (C) e P5 (D).

Figura 15. Média e desvio padrão da porcentagem da velocidade média dos 400m para o grupo P2 (A), P3 (B), P4 (C) e P5 (D).

Figura 16. Tempo médio \pm DP nos 400m livres e tempo a cada 100m de prova de cada grupo de acordo com a idade cronológica.

Figura 17. Média \pm DP do tempo a cada 100 metros do esforço máximo de 400m para cada grupo de idade cronológica.

Figura 18. Tempo médio \pm DP nos 200m livres e tempo a cada 50m de prova de cada grupo de acordo com a idade cronológica.

Figura 19. Média \pm DP do tempo a cada 50 metros do esforço máximo de 200m para cada grupo de idade cronológica.

Figura 20. Média \pm DP do tempo a cada 25 metros do esforço máximo de 100m para cada grupo idade cronológica.

Figura 21. Média e desvio padrão das contribuições energéticas em porcentagem de cada metabolismo durante o esforço de 400m de acordo com a idade cronológica.

Figura 22. Média e desvio padrão do consumo pico de oxigênio absoluto de acordo com a idade cronológica.

Figura 23. Média e desvio padrão do consumo pico de oxigênio relativo ao peso corporal dos grupos de acordo com a idade cronológica.

Figura 24. Média e desvio padrão do consumo pico de oxigênio relativo à massa magra dos grupos de acordo com a idade cronológica.

Figura 25. Média e desvio padrão da porcentagem da velocidade média dos 100m para o grupo Gpet (A), Ginf (B), Gjuv (C) e Gsen (D).

Figura 26. Média e desvio padrão da porcentagem da velocidade média dos 200m para o grupo Gpet (A), Ginf (B), Gjuv (C) e Gsen (D).

Figura 27. Média e desvio padrão da porcentagem da velocidade média dos 400m para o grupo Gpet (A), Ginf (B), Gjuv (C) e Gsen (D).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão da idade, estatura, massa corporal total (MCT), massa magra total (MMT), massa gorda total (MGT) dos participantes do estudo 2.

Tabela 2. Média \pm desvio padrão da contribuição anaeróbica alática (Ce_{ALA}), láctica (Ce_{LAT}), aeróbia (Ce_{AER}), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{red}$), VO_{2pico} e percentual das contribuições energéticas após um esforço máximo de 400m ($n = 9$).

Tabela 3. Coeficiente de correlação das contribuições anaeróbicas alática (Ce_{ALA}), láctica (Ce_{LAT}), aeróbia (Ce_{AER}), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{RED}$), VO_{2pico} , desempenho, e percentual das contribuições energéticas após um esforço máximo de 400m ($n = 9$).

Tabela 4. Média \pm desvio padrão da idade (anos), massa corporal (kg), estatura (cm) e percentual de gordura dos grupos separados segundo os estágios maturacionais.

Tabela 5. Média \pm desvio padrão do tempo em cada esforço máximo para cada grupo segundo o estágio maturacional.

Tabela 6. Média \pm desvio padrão das variáveis das contribuições energéticas: alática (Ce_{ALA}), aeróbia (Ce_{AER}), láctica (Ce_{LAT}), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{RED}$) e da concentração pico de lactato sanguíneo ($[Lac]_{PICO}$).

Tabela 7. Média \pm desvio padrão dos parâmetros mecânicos do nado em cada esforço (400m, 200m e 100m no nado livre). Número de braçadas (NB), índice de braçada (IB), comprimento de braçada (CB) e frequência de braçada (FB).

Tabela 8. Média \pm desvio padrão das variáveis de composição corporal de cada grupo. Massa magra total (MMT), massa magra dos braços (MM_Brs), massa magra do tronco

(MM_Tr), massa magra das pernas (MM_Pers), massa gorda total (MGT), massa gorda dos braços (MG_Brs) e massa gorda das pernas (MG_Pers).

Tabela 9. Coeficientes de correlação entre a velocidade nos 100, 200 e 400m com o número de braçadas (NB), índice de braçada (IB), comprimento de braçada (CB) e frequência de braçada (FB) e com a Massa magra total (MMT), massa magra dos braços (MM_Brs), massa magra do tronco (MM_Tr), massa magra das pernas (MM_Pers), (n = 34).

Tabela 10. Correlações entre variáveis fisiológicas, consumo pico de oxigênio (VO_{2PICO}), contribuição energética anaeróbia alática (C_{eALA}) e Lática (C_{eLAT}), capacidade anaeróbia (C_{ANA}), custo energético total (CE) e o desempenho nos 400m livre.

Tabela 11. Média \pm desvio padrão da idade (anos), massa corporal (kg), estatura (cm) e percentual de gordura dos grupos separados segundo a idade cronológica.

Tabela 12. Média \pm desvio padrão do tempo em cada esforço máximo para cada grupo segundo a idade cronológica.

Tabela 13. Média \pm desvio padrão das variáveis das contribuições energéticas: alática (C_{eALA}), aeróbia (C_{eAER}), lática (C_{eLAT}), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{RED}$), custo energético (CE) e da concentração pico de lactato sanguíneo ($[Lac]_{PICO}$) dos diferentes grupos de acordo com a idade cronológica.

Tabela 14. Média \pm desvio padrão dos parâmetros mecânicos do nado em cada esforço (400m, 200m e 100m no nado livre). Número de braçadas (NB), índice de braçada (IB), comprimento de braçada (CB) e frequência de braçada (FB).

Tabela 15. Média \pm desvio padrão das variáveis de composição corporal de cada grupo. Massa magra total (MMT), massa magra dos braços (MM_Brs), massa magra do tronco

(MM_Tr), massa magra das pernas (MM_Pers), massa gorda total (MGT), massa gorda dos braços (MG_Brs) e massa gorda das pernas (MG_Pers).

SUMÁRIO

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 01 |
| 2. OBJETIVOS..... | 05 |
| 2.1. Objetivo Geral..... | 05 |
| 2.2. Objetivos Específicos..... | 05 |
| 3. JUSTIFICATIVA..... | 06 |
| 4. REVISÃO DA LITERATURA..... | 07 |
| 4.1. Maturação e Desempenho..... | 07 |
| 4.2. Métodos de Avaliação Maturacional | 10 |
| 4.3. Métodos de Avaliação da Capacidade Aeróbia e Anaeróbia em Natação..... | 16 |
| 4.4. Métodos de Avaliação do Custo Energético de Nadadores..... | 25 |
| 4.5. Métodos de Determinação dos Parâmetros Mecânicos..... | 28 |
| 5. MATERIAIS E MÉTODO..... | 31 |
| 5.1. Desenho Experimental..... | 31 |
| 5.1.1. Desenho Experimental do Estudo 1..... | 31 |
| 5.1.2. Desenho Experimental do Estudo 2..... | 31 |
| 5.2. Participantes | 32 |
| 5.2.1. Participantes do estudo 1 | 32 |
| 5.2.2. Participantes do estudo 2 | 32 |
| 5.3. Procedimentos Experimentais..... | 33 |
| 5.3.1. Identificação da Idade Biológica..... | 33 |
| 5.3.2. Determinação da Composição Corporal..... | 34 |
| 5.3.3. Performance Máxima e Determinação dos Parâmetros Mecânicos..... | 34 |
| 5.3.4. Determinação da Potência Aeróbia Máxima..... | 34 |
| 5.3.5. Determinação do Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio Reduzido e do Custo Energético Durante Esforço de 400m..... | 35 |
| 5.4. Coleta e Análise Sanguínea..... | 37 |

| | |
|-------------------------------------------------|----|
| 5.5. Tratamento Estatístico..... | 37 |
| 5.5.1. Tratamento Estatístico do Estudo 1 | 37 |
| 5.5.2. Tratamento Estatístico do Estudo 2 | 38 |
| 6. RESULTADOS..... | 39 |
| 6.1. Resultados do Estudo 1..... | 39 |
| 6.2. Resultados do Estudo 2..... | 42 |
| 7. DISCUSSÃO..... | 64 |
| 7.1. Discussão do Estudo 1..... | 64 |
| 7.2. Discussão do Estudo 2 | 66 |
| 8. CONCLUSÕES..... | 75 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 76 |

LISTA DE APÊNDICES

| | Pagina |
|---------------------------------------------------------------------|--------|
| Apêndice 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Menores | 98 |
| Apêndice 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Maiores | 101 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pagina |
|---------------------------------------------------------------------------|--------|
| Anexo 1. Parecer do Comitê de Ética Em Pesquisa | 104 |
| Anexo 2. Questionário de Identificação | 106 |
| Anexo 3. Questionário de Identificação da Maturação biológica (feminino) | 107 |
| Anexo 4. Questionário de Identificação da Maturação Biológica (masculino) | 108 |

1. INTRODUÇÃO

A natação é uma das modalidades esportivas em que especialização precoce é presente, pois as categorias e por consequência os treinamentos são subdivididos com base na idade cronológica (MUSCH e GRONDIN, 2001). Esse tipo de divisão desrespeita a individualidade biológica e conseqüentemente as submetem ao mesmo tipo de treinamento (volume e intensidade), o que pode comprometer sua participação no esporte devido às lesões articulares e musculares e fadiga psicológica, causada por cobrança do treinador e até mesmo dos pais (SHARKEY et al., 1996; DI FIORI, 1999). A idade, o crescimento e a maturação biológica e suas relações com as variáveis físicas e fisiológicas são alguns dos determinantes do sucesso no esporte (ARMSTRONG e McMANUS, 2011).

Maturação biológica pode ser definida como alterações que ocorrem no organismo durante os processos de amadurecimento, ocasionando o desenvolvimento funcional de órgãos e sistemas até que o indivíduo atinja o estado maduro (MALINA, et al., 2009). Essas alterações ocorrem de forma sequencial e ordenada e levam o indivíduo a atingir o estado adulto (BOJIKIAN et al., 2002). No entanto, Borges e Matsudo (2004) reportaram que cada indivíduo tem seu relógio biológico que regula o ritmo de crescimento e desenvolvimento em direção ao seu estado maturacional, portanto, este crescimento não prossegue necessariamente de acordo com a idade cronológica, e isso ocorre geralmente durante os estágios iniciais da adolescência. A puberdade pode ser entendida como um fenômeno biológico de transformações físicas e fisiológicas (IULIANO et al., 2004; ZEFERINO et al., 2003) e é um período de transição entre a pré-adolescência e a idade adulta, incluindo o surgimento das características sexuais secundárias, a maturação do sistema reprodutivo e o crescimento acelerado do indivíduo, além das demais alterações psicológicas e comportamentais (MALINA; BOUCHARD & BAR-OR, 2009).

Tanner (1962), por meio da análise das características sexuais secundárias (desenvolvimento de pêlos faciais e pubianos, das mamas, do pênis, volume dos testículos), descreveu uma escala com cinco estágios para avaliar os estágios da maturação em crianças e adolescentes, e que mais tarde foi descrita e adaptada por Malina e Bouchard (2002). No entanto, este tipo de avaliação não é de fácil aplicabilidade devido à necessidade de local adequado e médico especializado e do

constrangimento ao qual o avaliado é exposto, com o intuito de tornar o método mais aplicável (DUKE et al., 1980).

Em relação às alterações fisiológicas observadas com o processo maturacional, pode-se destacar as alterações na potência aeróbia máxima (VO_{2PICO}) que corresponde à quantidade máxima de oxigênio que o organismo pode utilizar para sustentar um exercício máximo (SVENSSON & DRUST, 2005). Entretanto, estudos que demonstrem os efeitos da maturação biológica sobre os valores de VO_{2PICO} , em nadadores, são carentes na literatura. Além disso, com relação ao metabolismo anaeróbio, a atividade da via glicolítica aumenta com a idade. No entanto, assim como ocorre com o VO_{2PICO} , poucos estudos investigaram os efeitos da maturação biológica sobre parâmetros relacionados à capacidade anaeróbia (C_{ANA}) em nadadores.

A determinação direta do VO_{2PICO} e de parâmetros relacionados a C_{ANA} , são de difícil incorporação na rotina de treino em natação, principalmente devido utilização de equipamentos sofisticados como piscinas específicas (swimming flume) (WAKAYOSHI et al., 1995) ou que implicam em modificações na mecânica de nado, como o nado atado. Com isso, o método de retro extrapolação, proposto primeiramente por Léger (1980), tem sido utilizado para a determinação do consumo de oxigênio (VO_2) em nadadores (MONTPETIT, et al., 1981; MORGAN, et al., 1991; SLEIVERT e MACKINNON, 1991; CARRÉ, et al., 1994; ZAMPARO, et al., 2005; JÜRIMÄE et al., 2007) e patinadores (DI PRAMPERO, et al., 1976), por respeitar o padrão de movimento de cada modalidade.

O método da retro extrapolação na natação consiste na mensuração de valores de consumo de oxigênio 20s imediatamente após o nado, por meio da aplicação de procedimento de regressão linear simples, com o método dos mínimos quadrados entre o tempo e os valores de consumo, obtendo o valor de VO_2 quando o tempo for zero (MONTPETITI et al., 1981). Além do VO_2 , o custo energético, definido como a quantidade de energia gasta por um indivíduo para a realização de uma determinada tarefa, também pode ser determinado por meio da retro extrapolação, de maneira específica a cada modalidade.

Com relação aos parâmetros anaeróbios o máximo déficit de oxigênio acumulado (MAOD), apesar da ausência de um teste considerado “padrão ouro”, é atualmente considerado o melhor indicador para avaliação da capacidade anaeróbia (MEDBO et al., 1988), pela fundamentação teórica que o envolve (GASTIN et al.,

1994). O MAOD é determinado pela diferença entre a demanda energética teórica (DeT) e o real consumo de oxigênio (VO_2 acumulado) observado durante o esforço supra-máximo. A DeT é obtida através da regressão linear e posteriormente extrapolação da relação existente entre o consumo de oxigênio (VO_2) vs intensidades submáximas (35-100%; abaixo do VO_{2PICO}) (MEDBO et al., 1988). A validade do MAOD se baseia, entre outros fatores, em sua sensibilidade ao treinamento predominantemente anaeróbio (WEBER & SCHNEIDER, 2002) sendo o indicador mais confiável da capacidade anaeróbia (REIS et al., 2005).

Com o intuito de analisar indiretamente a validade do MAOD, alguns pesquisadores verificaram o seu nível de associação com outros testes anaeróbios. Scott et al. (1991), constataram que o MAOD foi significativamente correlacionado com os índices proporcionados pelo teste de Wingate (potência de pico, $r = 0,69$; potência média, $r = 0,64$), com o trabalho total de um exercício realizado em esteira com duração próxima a 120-130 segundos ($r = 0,62$) e com tempo na corrida de 300 m ($r = - 0,76$). Além disso, o MAOD é frequentemente utilizado como referência para a validação de outras metodologias, que tem como objetivo avaliar a capacidade anaeróbia (MAXWELL & NIMMO, 1996; BERTUZZI et al., 2009; ZAGATTO et al., 2011).

Entretanto, a determinação do MAOD é de difícil introdução na rotina de treinamento, uma vez que são necessários vários esforços, aproximadamente dez submáximos e pelo menos um supra-máximo (MEDBO et al., 1988), tornando sua aplicação inviável ao longo da periodização. Neste sentido, recentemente, foi proposto um novo método para determinação do MAOD de maneira “reduzida” por meio de um único esforço supra-máximo realizado até a exaustão ($MAOD_{RED}$) (BERTUZZI et al., 2009). Esta proposta assume que a capacidade anaeróbia é a máxima quantidade de energia que provêm apenas dos metabolismos anaeróbios (alático e láctico) (GREEN & DAWSON, 1993). A quantidade de energia, advinda do metabolismo anaeróbio alático, pode ser obtida através da análise do componente rápido do consumo excessivo de oxigênio observado após o exercício ($EPOC_{RAP}$) (BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007; DE CAMPOS MELLO et al., 2009), enquanto que, a quantidade de energia proveniente do metabolismo anaeróbio láctico é determinada pela diferença entre as concentrações de lactato observadas após o exercício e as de repouso, considerando que 1mM de lactato corresponde a $3 \text{ ml.O}_2.\text{kg}^{-1}$ (DI PAMPEIRO & FERRETTI, 1999; DI PRAMPERO, 1981).

Desse modo, o $MAOD_{RED}$ teoricamente pode ser determinado a partir da soma das quantidades de energia advindas dos metabolismos anaeróbios alático e láctico. Além disso, esta metodologia leva em consideração apenas o $EPOC_{RAP}$ e não toda a cinética do VO_2 durante o esforço. Com isso, o $MAOD_{RED}$ pode ser obtido por meio da técnica de retro extrapolação após um esforço máximo (duração entre 2 - 5min). Entretanto, ainda não são encontrados estudos que utilizem estas duas metodologias na natação em diferentes níveis de maturação sexual.

2. OBJETIVO GERAL

Investigar os efeitos da maturação biológica sobre os parâmetros fisiológicos, mecânicos e de performances em nadadores das categorias petiz, infantil, juvenil, júnior e sênior.

2.1. Objetivos específicos

Com os objetivos específicos pretende-se comparar os valores de contribuição aeróbia e anaeróbia (alática) e o custo energético de nadadores mensurados com a utilização de dois analisadores de gases, após esforço máximo de 400m no nado livre; bem como verificar suas possíveis correlações;

Comparar os valores de $MAOD_{RED}$, VO_{2pico} em nadadores com diferentes níveis maturacionais;

Comparar os parâmetros mecânicos de braçadas e o desempenho nos esforços de 100, 200 e 400 metros no nado livre e analisar a estratégia de prova, em nadadores com diferentes níveis maturacionais;

Verificar as possíveis associações entre os valores de parâmetros fisiológicos, mecânicos com o desempenho de nadadores com diferentes níveis maturacionais.

3. JUSTIFICATIVA

Considerando que no esporte em geral, procedimentos experimentais são realizados no intuito de prescrever intensidades e monitorar os efeitos dos programas de treinamento, estes devem ser condizentes com as situações de treinamento e/ou competição. Neste sentido, o uso de metodologias que não se aproximam dos gestos motores realizados durante a prática desportiva pode levar a resultados não aplicáveis e/ou a prescrição equivocada das intensidades de treinamento. Neste sentido, na natação, a retro extrapolação pode ser uma importante ferramenta para a prescrição e monitoramento do treinamento, além de fornecer possíveis parâmetros para a predição de desempenho, por se aproximar dos gestos motores realizados durante os treinamentos e competições.

Além disso, outra variável que deve ser levada em consideração para a prescrição e monitoramento do treinamento é a maturação biológica. Neste sentido, diferentes níveis de maturação implicam em diferentes respostas as cargas de treinamento, levando a níveis de desempenho desiguais. Entretanto, os efeitos da maturação biológica sobre as variáveis fisiológicas, mecânicas e de desempenho na natação, ainda não são tão bem elucidados.

Com isso, acreditamos que com a utilização da retro extrapolação para a determinação de variáveis como a potência aeróbia máxima (VO_{2PICO}), custo energético (CE) e a capacidade anaeróbia em nadadores de diferentes níveis maturacionais, poderemos contribuir significativamente com relação às possíveis diferenças observadas entre as categorias respeitando os gestos motores desempenhados por nadadores.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Maturação e Desempenho

A iniciação em esportes de alto rendimento está cada vez mais precoce, porém, seu ritmo de desenvolvimento biológico e suas experiências ambientais devem ser respeitados (RÉ, 2011). A natação é um dos esportes em que ocorre especialização precoce, em que as categorias são subdividas pela idade cronológica (MUSCH e GRONDIN, 2001), desrespeitando um dos princípios do treinamento esportivo (individualidade biológica) (BOMPA, 2002), submetendo os nadadores ao mesmo tipo de treinamento (volume e intensidade), o que poderá encurtar sua vida esportiva devido à lesões articulares e musculares e fadiga psicológica (SHARKEY et al., 1996; DI FIORI, 1999).

O desempenho no esporte está relacionado com o nível maturacional, a idade e com as variáveis fisiológicas e físicas (ARMSTRONG e McMANUS, 2011), desse modo, crianças com os níveis maturacionais elevados possuem em média maior estatura, massa corporal e massa muscular, quando comparados com meninos de mesma idade cronológica que tem amadurecimento tardio, o que pode influenciar o desempenho esportivo (BAXTER-JONES et al., 2005). A maturação biológica pode ser definida como alterações que ocorrem no organismo, ocasionando o desenvolvimento funcional dos órgãos e sistemas até que o indivíduo atinja idade adulta (MALINA, et al., 2009).

Diferenças em variáveis fisiológicas podem estar ligadas, conseqüentemente a maturação biológica, como a capacidade de realizar tarefas do tipo anaeróbia apresentando-se menor em crianças quando comparados a adolescentes e adultos (BAR-OR, 1983). Para alguns autores a causa dessa inferioridade está relacionada a menores estoques de creatina fosfato (SOBRAL, 1988), menor atividade das enzimas creatina quinase e adenilato cinase (KACZOR et al., 2005), das enzimas glicolíticas fosfofrutoquinase (ERIKSSON, 1972), lactato desidrogenase (KACZOR et al., 2005, ZWIREN, 1989), piruvato quinase (BERG et al., 1986) e a uma menor concentração de glicogênio muscular (ERIKSSON, 1980 ; ERIKSSON e SALTIN, 1974).

O desempenho anaeróbio progride com o avanço da idade (BAR-OR, 1983; MATSUDA e PEREZ, 1986; TANAKA, 1986), e essa progressão é evidenciada na

puberdade, período pelo qual ocorre maiores transformações físicas e fisiológicas (IULIANO et al., 2004, ZEFERINO et al., 2003) e que ocorrem mudanças no metabolismo anaeróbio láctico (ERIKSSON, GALLNICK e SALTIN, 1974; IMBAR e BAR-OR, 1986; PETERSON et al., 1986).

Inbar e Bar-Or (1986) avaliando potência máxima (5 seg) e potência média (30 seg.) em indivíduos entre 10 aos 45 anos, em testes anaeróbios de Wingate em ciclo ergômetro ou com utilização de manivela de braço observaram valores de potência média e potência máxima mais baixa em crianças do que nos adultos e concluíram que o desempenho anaeróbio progride com o avanço da idade.

Em relação à concentração de lactato sanguíneo e muscular em exercícios máximos e submáximos, são encontrados menores valores em crianças e adolescentes quando comparados a adultos, e menores em indivíduos menos maturados (TANAKA, 1986; TANAKA e SHINDO, 1985; MAHON et al., 1997; STEPHENS et al., 2006).

Eriksson et al. (1971) e Tanaka e Shindo (1985) observaram concentração de lactato no músculo 35% menores em meninos pré- púberes em relação a adultos, para alguns autores essa diferença pode ser atribuída a ineficiência da capacidade glicolítica e uma melhor capacidade oxidativa apresentada por crianças e adolescentes quando comparados a adultos (BOISSEAU e DELAMARCHE, 2000; MARTINEZ e HAYMES, 1992; DELAMARCHE et al., 1992).

Armstrong e Welsman, (2008) observaram que a Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL), definida como a mais alta intensidade do exercício que pode ser sustentada sem ocorrer o acúmulo progressivo de lactato no sangue (BENEKE, 2003), ocorreu em uma baixa concentração de lactato sanguíneo, mas em alta percentagem do consumo pico de oxigênio (VO_{2PICO}) em indivíduos jovens quando comparados a adultos.

De acordo com Martinez e Haymes (1992) a utilização de substrato também parece diferir entre crianças e adultos. Com base na razão de trocas gasosas (QR ou R), expresso pela razão entre a produção de dióxido de carbono (VCO_2) e o consumo de oxigênio (VO_2), Stephens et al. (2006) observaram que indivíduos na puberdade apresentavam maior capacidade de utilizar gordura e menor capacidade para utilizar carboidratos durante exercício submáximo quando comparado com indivíduos púberes. Esses achados podem explicar o baixo valor de lactato observado em crianças em relação a adultos durante o exercício máximo e submáximo, pois o metabolismo dos

carboidratos é um co-produtor indireto do ácido lático e inibidor de mobilização de lipídios (BROOKS e MERCIER, 1994; ERICKSON et al., 1974, MARTINEZ e HAYMES, 1992). Em natação a quantidade de informações a respeito da capacidade produtora de lactato e a idade maturacional são limitadas.

Em relação ao consumo máximo de oxigênio, ($VO_{2MÁX}$), ou consumo pico de oxigênio (VO_{2PICO}) há relatos na literatura que essa variável, quando expressa em valores absolutos tem seus valores aumentados com o avanço da idade cronológica e da maturação biológica, isto é, ao longo da segunda infância, apresentando maiores valores nos meninos em relação às meninas a partir dos 12 anos, quando as meninas atingem uma estabilização, e os meninos apresentam valores crescentes até os 18 anos (ARMSTRONG et al., 2011; MIRWALD et al., 1981). Jürimäe et al. (2007) observaram valores maiores no VO_{2PICO} em garotos púberes quando comparados a garotos pré púberes, quando o VO_2 foi expresso em valores absolutos ($L \cdot min^{-1}$), no entanto quando expressos em valores relativos a massa corporal ($mL \cdot Kg^{-1} \cdot min^{-1}$) não houve diferença entre os dois grupos.

Armstrong et al. (2001) em um estudo comparativo para avaliar desempenho aeróbio e anaeróbio em garotos nas idades de 12, 13 e 17 anos, onde foi avaliado potência pico, potência média e consumo pico de oxigênio (VO_{2PICO}), observaram um aumento de 121% na potência pico, 111% na potência média, enquanto que no VO_{2PICO} foi observado um aumento de aproximadamente 70%, evidenciando um aumento maior no metabolismo anaeróbio que no metabolismo aeróbio do início para a fase final da adolescência.

Em outro estudo longitudinal, Armstrong e Welsman (2001) avaliando garotos com idade entre 11 a 17 anos observaram efeito positivo da idade, massa corporal, e estatura no VO_{2PICO} , entretanto, quando foi inserida na análise estágios da maturação biológica, observou-se efeitos positivos no VO_{2PICO} independente da dimensão corporal ou da idade, evidenciando, assim o efeito da maturação biológico no consumo de oxigênio.

O custo energético (CE) é definido como a quantidade de energia metabólica total gasta para locomover um indivíduo por unidade de distância. (DI PRAMPERO, 1986). Estudos têm investigado possíveis diferenças no custo energético em crianças e adolescentes quando comparados a adultos (POUJADE et al., 2002; KJENDLIE et al., 2004a; KJENDLIE et al., 2004b; ZAMPARO et al., 2008).

Zamparo et al. (2008) avaliaram nadadores de ambos os sexos com idade entre 8 a 19 anos, os autores observaram aumento no custo energético em função da idade, além disso, não foi observada diferença significativa do CE entre gêneros nesses nadadores até os 10 anos. Entretanto, quando o CE foi expresso em valores absolutos foi encontrada uma diferença de 20% maior para os homens em relação aos meninos.

Ratel e Poujade (2009), investigaram os efeitos de determinantes do CE na mesma velocidade de nado em crianças e adultos e observaram que o CE foi maior nos adultos quando comparados com crianças em ambos os sexos e também relataram aumento no CE com o avanço da idade. Apesar disso, poucos estudos verificaram as possíveis associações entre alterações no CE e desempenho de nadadores com diferentes níveis maturacionais.

4.2. Métodos de Avaliação Maturacional

Cada indivíduo tem seu próprio relógio biológico que regula o ritmo de crescimento e desenvolvimento até que atinja o amadurecimento (BORGES e MATSUDO, 2004), portanto, este crescimento não prossegue necessariamente de acordo com a idade cronológica, e isso ocorre geralmente durante os estágios iniciais da adolescência, ou seja, na puberdade que pode ser entendida como um fenômeno biológico de transformações físicas e fisiológicas (IULIANO et al., 2004; ZEFERINO et al., 2003).

A puberdade é um período de transição entre a pré-adolescência e a idade adulta, incluindo o surgimento das características sexuais secundárias, a maturação do sistema reprodutivo e o crescimento acelerado do indivíduo, além das demais alterações psicológicas e comportamentais (MALINA et al., 2009).

Desse modo, algumas metodologias têm sido descritas para determinar a idade biológica em crianças e adolescentes, dentre elas as mais utilizadas são por meio da avaliação das características sexuais secundárias, desenvolvimento dos sistemas esquelético e dentário e avaliação somática (MALINA et al., 2004).

O desenvolvimento do sistema esquelético ou amadurecimento ósseo é um processo que ocorre de forma regular até atingir o estado maduro (fechamento das epífises) e é considerado o melhor método de avaliação do estado maturacional em crianças e adolescentes (TANNER 1962; SINCLAIR e DANGERFIELD, 1998).

Para determinação da maturação esquelética, são utilizados segmentos corporais como tornozelo e pé (HERNANDEZ et al., 1991), joelho (PYLE e HOERR, 1955), mão e punho, sendo mão e punho os segmentos corporais mais utilizados, isso porque essa região é que melhor permite observar as alterações dos ossos devido ao grande número de ossos existentes e fornecem informações específicas sobre indicadores de maturidade como a aparência inicial dos núcleos dos ossos, o formato gradativo de cada osso e a fusão das epífises com as suas diástoles, completando sua morfologia adulta e também essa é a região anatômica que ocorre menor exposição do avaliado a radiação (EKLOF e RINGERTZ, 1967; GRAVE e BROWN, 1976; GREULICH e PYLE, 1959; TANNER et al., 2001).

Existem três métodos de maturação esquelética comumente utilizados na literatura: Greulich – Pyle (GP) (GREULICH e PYLE, 1959); Tanner- Whitehouse (TW); (TANNER et al., 2001), Fels (ROCHE et al., 1988) e Sempé (SEMPÉ e PAVIA, 1994).

O método GP também denominado método de Atlas, consiste na comparação de radiografia de mão e punho de uma criança, com uma série de radiografias padrão com progresso evolutivo de maturação óssea em idades cronológicas específicas. Assim a radiografia de um indivíduo é comparada com a radiografia padrão do atlas e a que mais se assemelha com a radiografia do avaliado será identificada como seu estado maturacional.

Baseado em estudo feito em crianças britânicas o método TW, (TANNER et al., 1962 e 1975), consiste na comparação das características de vinte ossos individuais de uma determinada radiografia com critérios descritos para a idade padrão de acordo com a aparência do processo evolutivo de cada osso até o estado maduro. Esse método utiliza vinte ossos (o rádio, ulna, sete carpais, metacarpais e falanges do primeiro, terceiro e quinto dedo) onde a idade esquelética é determinada de forma que cada osso tem um ponto específico a atingir e para cada osso é designado um estágio. As pontuações para cada osso são somadas e o número de pontos varia de zero (imaturidade) a mil (maturidade), por meio de tabelas com valores representativos para cada idade óssea e para o sexo.

Esse método foi revisado recebendo denominação de TW2 (TANNER et al, 1983) onde os indicadores de maturidade não foram alterados e sim os escores de

pontuação, que foram separados para os ossos carpais, para rádio, ulna e para ossos curtos.

Tanner et al. (2001) modificaram novamente o método TW2, onde foi possível determinar idade esquelética dos ossos carpais, do rádio e ulna e ossos curtos, separadamente, no entanto a amostra para esse estudo inclui crianças e adolescentes belgas, espanhóis, italianos, argentinos, americanos, japonesas e não apenas crianças britânicas como os métodos TW1 e TW2. Com isso a escala de conversão de valores de idade esquelética foi alterada, no TW2 a idade da maturação óssea era alcançada aos 16.0 para meninas e 18.2 para os meninos, no TW3 a idade cronológica para atingir a maturidade óssea foi diminuída 16.5 anos para os meninos e 15.0 anos para meninas.

Desenvolvido por Roche et al. (1988), o método de Fels, utilizou-se também de radiografia de ossos da mão e punho para avaliar maturidade esquelética, os critérios para classificação de cada indicador de maturidade foram feitos baseados no índice de desenvolvimento dos ossos longos do primeiro, terceiro e quinto dedos da mão esquerda e as razões lineares das larguras das epífises e metáfises dos ossos longos. Os dados obtidos foram inseridos a um programa de computador, onde foram calculados a idade esquelética e o padrão de erro para sua estimativa.

Flor-Cisneros et al. (2006) utilizando esse método para avaliar maturação óssea em garotos de $11,4 \pm 0,8$ anos observaram que a maturação não foi associada a idade do início da puberdade. Silva et al. (2004) observaram concordância de 81% na classificação da idade óssea entre o método Fels e TW3 em garotos com idade entre 13 e 15 e também evidenciaram que a idade óssea determinada pelo método Fels foi superior a obtida pelo método TW3.

Além desses métodos descritos anteriormente, existem métodos menos utilizados para avaliar maturação esquelética como o desenvolvido por Sempé (1987) com base no método TW (utilizando radiografia do punho e mão) e no método de Pyle e Hoerr (1969), este por sua vez utilizou os princípios do método GP para desenvolver atlas com radiografias do joelho. Roche et al. (1975) também utilizou radiografia do joelho, mas baseado no método de Fels. Malina et al. (2007) avaliando 40 jogadores de futebol com idade entre 12,5 e 16,1 anos, pelos métodos TW3 e o método de Fels, observaram maior avanço de maturidade do método TW3 quando comparado ao método Fels.

Heiter Neto et al. (2000) analisaram 160 radiografias de crianças brasileiras de ambos os sexos, com idade entre 6 a 14 anos pelo método TW e GP e os resultados apresentaram elevadas correlações entre esses dois métodos e a idade cronológica ($r = 0,95$) e concluíram que ambos os métodos podem ser aplicados a população brasileira. Para Buenem, et al. (2006) apesar da maturação esquelética ser considerada o método mais preciso e confiável, sua qualidade é dependente da experiência do avaliador, para que haja interpretação confiável dos dados.

A idade dentária é um método menos usado para determinar maturação biológica em crianças e adolescente. Proposto pela primeira vez por Nolla (1960) e comprovado por Moores et al. (1963), consiste em avaliação do desenvolvimento dentário através de radiografia, onde foram criados dez estágios da calcificação dos dentes superiores e inferiores que representavam estágios de maturidade do indivíduo.

O método de avaliação dentária foi alterado (DEMIRJIAN et al. 1973). Demirjian (1986) propôs a avaliação da calcificação de sete dentes permanentes analisadas por meio de RX e para cada dente foi descrito estágios específicos tais como: início da calcificação das pontas para formação da raiz e fechamento da raiz no ápice do dente.

Na literatura esse método é pouco utilizado e estudos apresentaram baixas correlações quando comparados com o método de avaliação maturacional por meio da avaliação esquelética (GRANDINI, 1989; LEWIS, 1999; ETO, 2001) e das características sexuais secundárias (HÄGG e TARANGER, 1984), sendo mais usado por odontologistas devido à praticidade do dado e a fácil aplicabilidade clínica, facilitando a assimilação por esses profissionais (MORIHISA et al., 2005).

Outro meio de avaliação de maturidade é a avaliação somática e pode ser avaliada pela percentagem da estatura adulta alcançada a uma determinada idade e por intermédio da inclinação da curva que indica o estirão de crescimento da adolescência (Pico de Velocidade da Estatura – PVE) que se inicia por volta de 9 a 10 anos de idade, atingindo o pico aos 12 anos e cessando por volta dos 16 anos, sendo mais tardio nos meninos iniciando por volta dos 10 ou 11 anos, atingindo o pico aos 14 anos e cessando por volta dos 18 anos. (MALINA, BOUCHARD, BAR-OR, 2004).

O pico de velocidade de crescimento é o indicador de maturidade somática mais utilizada em estudos longitudinais (MALINA e BOUCHARD, 1991; BUENEN et al., 1997; SILVA et al., 2004) tendo como princípio a utilização do percentual da estatura

adulta atingida a uma determinada idade cronológica, por intermédio da lógica que o indivíduo que cresce mais rápido está mais próximo de sua estatura adulta, portanto, estão mais maduros biologicamente, quando comparados a indivíduos de mesma idade que crescem mais lentamente, sendo considerados menos maduros (MALINA, a et al., 2004; BUENEN et al., 1997). Os parâmetros da curva que indica maturidade somática, a velocidade do crescimento em estatura e o início do estirão são obtidos através de gráficos e modelos matemáticos, onde são utilizadas estatura, peso, variáveis e medidas antropométricas. (MARUBINI, 1979; HAUSPIE e CHRZASTIK – SPRUCH, 1999).

Avaliação da maturação biológica por meio das características sexuais secundárias foi proposta pela primeira vez por Reynaldo e Wine (1948 e 1951), no entanto, esse método foi popularizado e utilizado a partir do método proposto por Tanner (1962), onde foram elaboradas fotos em preto e branco para determinar os estágios de desenvolvimento das mamas para meninas (MM), dos órgãos genitais para os meninos (GG) e desenvolvimento de pelos pubianos para ambos (PP).

Van Wieringen et al. (1971), por meio das fotos preto e branco de Tanner, sugeriram uma forma alternativa por meio da substituição por pranchas coloridas, segundo esses autores tornaria mais fácil a identificação de pelos pubianos nos estágios 1 e 2 e os genitais nos estágios 2 e 4. Os estágios de 1 a 5 foram descritos por Malina (1998) da seguinte forma: estágio 1 indica a pré adolescência; 2 indica o início da puberdade; 3 e 4 indicam continuidade do desenvolvimento e 5 indica a fase final do desenvolvimento.

Em relação à aplicabilidade e a determinação da maturação biológica por meio dos caracteres sexuais secundários, era necessário local adequado e a presença de um médico pediatra, o que causava certo constrangimento ao avaliado, diante disso com o intuito de minimizar desconforto e ao mesmo tempo preservar a intimidade do sujeito, alguns autores propuseram a auto avaliação em seus estudos (DUKE et al., 1980; KREIPE e GEWANTER, 1985; MATSUDO e MATSUDO, 1991; SAITO, 1984; JURIMAE et al., 2007; LATT et al., 2009), onde o próprio avaliado após explicação prévia em local reservado e de posse das pranchas, indicaria o estágio ao qual mais se identificasse. Com essa mesma proposta de preservar intimamente o avaliado, Morris e Udry (1980), apresentaram a escala de Tanner modificada, utilizando desenhos com textos explicativos ao lado, substituindo as fotos dos órgãos genitais e das mamas.

Apesar da auto avaliação ter minimizado as críticas de ser um método invasivo recebido pela avaliação clínica, sua confiabilidade tem sido contestada, pelo fato dos avaliados adulterarem seu real estado de desenvolvimento (MALINA, BOUCHARD e BAR-OR, 2004; CAMERON, 2000; DESMANGLES et al., 2006).

Matsudo e Matsudo (1994) avaliando sujeitos com idade entre 6 a 26 anos observaram valores de concordância entre a auto avaliação e a avaliação clínica de 94% no estágio 1 para pelos púbicos e 37% para o estágio 2, obtendo índice de concordância global de 70% para pelos pubianos. Silva et al. (2004) obtiveram resultados semelhantes ao avaliar garotos entre 11 a 14 anos jogadores de futebol, contudo, Taylor et al. (2001) obtiveram concordância global 49% inferior a observada no estudo de Matsudo e Matsudo (1994).

Harlan et al. (1979) observaram associação entre a idade óssea, desenvolvimento genital e a pilosidade púbica. Linden (1990) encontrou relação entre a idade esquelética e o desenvolvimento das mamas e relatou também que o surto de crescimento da adolescência está relacionada com as características sexuais secundárias, entretanto, Roche et al. (1971), e Marshall (1974), não observaram relação direta entre as características sexuais secundárias e a idade óssea.

Malina et al. (2004) evidenciam maior associação entre a maturação biológica e a idade óssea com o avanço da adolescência, período do desenvolvimento em que ocorre influência dos hormônios esteróides e do hormônio do crescimento.

Apesar das limitações como moderada associação com a idade esquelética, a avaliação da maturação biológica por meio das características sexuais secundária, por motivos financeiros e de praticidade é bastante utilizada para avaliar amostras grandes como em estudos epidemiológicos (RAPKIN et al., 2006; AHNERT e SCHNEIDER, 2007; BÖHME et al., 1999; BOJIKIAN et al., 2002) como também no meio esportivo (VILLAR e ZÜHL, 2006; BÖHME, 2004; CABRAL et al., 2008, JÜRIMÄE et al., 2007, LÄTT et al., 2009; MAHON et al., 2012).

Outras características sexuais secundárias menos usadas são válidas para determinar idade maturacional, como presença de pelos axilares em ambos os sexos, pilosidade facial e alteração na voz para os meninos, menarca nas meninas e oligarca nos meninos (primeira ejaculação), talvez seja menos usadas por aparecerem em fase mais avançada da puberdade em relação às outras características sexuais. (MALINA, BOUCHARD, BAR-OR, 2004; VIEIRA e FRAGOSO, 2006).

4.3. Métodos de Avaliação de Capacidade aeróbia e Anaeróbia na Natação

Dentre os procedimentos e índices fisiológicos mais utilizados para avaliar aptidão aeróbia de nadadores pode-se citar: o consumo pico de oxigênio ($VO_{2\text{pico}}$) (CHATARD et al., 1991), limiar anaeróbio (obtida pela cinética da concentração do lactato sanguíneo durante o exercício) (MADSEN e LOHBERG, 1987), teste de 30 minutos (OLBRECHT et al., 1985), velocidade crítica (WAKAYOSHI et al., 1993), utilização de ergômetros como: piscina ergométrica (WAKAYOSHI et al., 1992), nado atado (PAPOTI et al., 2011), banco de nado (SHARP et al., 1982), ergômetro de braço (OBERT et al., 1992) e a técnica da retro- extrapolação (MONTEPETIT et al., 1981).

Na natação devido às condições adversas como: movimentos corporais e as viradas contra a borda da piscina, a mensuração do consumo de oxigênio durante o nado é dificultado, diante disso, diferentes metodologias e ergômetros têm sido propostos com intuito de possibilitar à realização do gesto motor próximo ao realizado pelo nadador (HÓLMER, 1979).

O consumo pico de oxigênio ($VO_{2\text{PICO}}$) tem sido considerado um bom preditor de desempenho aeróbio nas diferentes formas de desporto (BASSET e HOWLEY, 2000) e tem sido assumido como o índice fisiológico que melhor representa a potência aeróbia máxima podendo ser expresso em valores absolutos ($L \cdot \text{min}^{-1}$) ou em valores relativos ao peso corporal ($\text{mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

Ribeiro et al. (1990) não observaram correlação significativa entre o $VO_{2\text{PICO}}$ e o desempenho de 400m no nado crawl em nadadores treinados, resultados similares foram observados por Cyrino et al. (2002) ao avaliarem crianças no nado livre. Entretanto, Costill et al. (1985) encontraram correlação significativa entre o $VO_{2\text{PICO}}$ determinado no nado livre e desempenho de 400 metros em nadadores treinados.

Em relação à utilização de ergômetro de braço, Lofftin et al. (1998) ao avaliarem 14 triatletas recreacionistas, não encontraram correlação entre o $VO_{2\text{PICO}}$ e o desempenho de 1600m. Contraditoriamente a esses resultados Obert et al. (1992) encontraram correlações significativas entre o $VO_{2\text{PICO}}$ ($\text{mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) mensurado em ergômetro de braço e desempenho nos 100m, 200m e 400m na natação. Utilizando piscina ergométrica Wakayoshi et al. (1992) não encontraram correlações significativas entre o desempenho e o $VO_{2\text{PICO}}$ mensurado por esse ergômetro.

Papoti et al. (2007) testaram a validade de um snorkel artesanal para mensurar VO_2 durante o nado, e concluíram que esse dispositivo pode ser mensurar consumo de oxigênio em nadadores. A mensuração do consumo de oxigênio na natação por meio da utilização de equipamentos por telemetria, onde os atletas são instruídos a realizarem esforços com intensidades constantes, não considerando variações de velocidade e potência durante o nado são avanços que facilitaram a aquisição de informações a respeito da cinética do VO_2 durante o nado. No entanto, essa técnica não traduz a especificidade dos gestos realizados pelos nadadores durante o nado, como as ondulações após a saída e as viradas, podendo comprometer a validade ecológica do teste (JALAB et al., 2011).

Diante dessas dificuldades apresentadas anteriormente como alterações no gesto motor de nadadores, a técnica da retro extrapolação, tem fornecido boa estimativa do consumo de oxigênio logo após o término do esforço máximo de 400m (MONTPETIT et al., 1981), em nadadores jovens e adultos (MONTPETIT, 1981; MORGAN, 1991; SLEIVERT, 1991; CARRÉ, 1993; ZAMPARO, 2005; JÜRIMÄE, 2007, JALAB et al., 2011), respeitando o padrão de movimento da modalidade sem alterações na técnica.

O método da retro extrapolação consiste na análise do consumo de oxigênio (VO_2), referentes aos primeiros 20s após o exercício e a aplicação de uma curva de regressão linear entre o tempo e os valores de consumo O_2 , e o valor de VO_{2PICO} é determinado como o valor de consumo no tempo zero (MONTPETIT et al., 1981).

Jürimäe et al. (2007), avaliaram nadadores púberes e pré- púberes pelo método da retro extrapolação e concluíram que esse método poderia ser usado para avaliar o pico do consumo de oxigênio (VO_{2PICO}) em nadadores jovens. Poujade et al., (2003) encontraram correlação significativa ($r=0,87$) entre o VO_{2PICO} obtida pela técnica da retro extrapolação e o desempenho de 400m no nado livre em nadadores jovens ($12,4\pm 0,53$ anos) de nível regional e nacional.

Montpetit et al. (1981), não encontraram diferenças entre os valores de consumo de oxigênio mensurados durante o nado e pela técnica da retro extrapolação, como também observaram correlação significativas ($r= 0,94$) entre esses dois métodos e concluíram que a retro extrapolação fornece boa estimativa do consumo de oxigênio mensurado durante o nado. Assim como o VO_{2PICO} , índices associados às respostas do lactato sanguíneo também é considerado um bom preditor de aptidão aeróbio em

eventos de média e longa duração. No entanto é importante destacar que o uso da retro extrapolação não permite à realização envolvendo a cinética do consumo de oxigênio.

As respostas do lactato sanguíneo ao exercício tem sido o parâmetro fisiológico muito utilizado para determinar o limiar anaeróbio (LAN) em nadadores (FERNANDES et al., 2010; PELAYO et al., 1996; SILVA et al., 2005; ANDERSON et al., 2006). O LAN pode ser obtido por meio da análise entre a concentração de lactato sanguíneo e a velocidade de nado e pode ser usado como indicador da capacidade aeróbia (MADER e RECK 1986; PYNE et al., 2001).

O Limiar anaeróbio é identificado como a mais alta intensidade de exercício onde ocorre o equilíbrio entre a produção e remoção de lactato sanguíneo, sendo a Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL) a metodologia considerada padrão ouro para determinação do LAN (KINDERMANN et al., 1979; HECK et al., 1985). No entanto essas nomenclaturas bem como seu significado fisiológico ainda são discutíveis.

A MFEL é definida como a maior carga de trabalho que pode ser mantida ao longo do tempo sem acúmulo contínuo de lactato sanguíneo (BENEKE, 2003). O protocolo de determinação da MFEL, consiste na realização no mínimo de cinco séries de exercícios contínuo de trinta minutos realizadas em dias distintos, em uma intensidade na qual, a concentração de lactato sanguíneo não aumenta mais que 1mM nos últimos 20 minutos de exercício (MADER e HECK, 1986; BENEKE, 2003). No entanto, apesar de ser considerado o método mais preciso para determinar o LAN, demanda de vários dias de avaliação o que interfere na periodização do treinamento. Diante disso têm sido propostas metodologias com menor dispêndio de tempo para determinar o LAN (SUZUKI, et al., 2007).

Dentre os protocolos para determinar o LAN por meio da cinética da concentração de lactato sanguíneo durante o nado podemos citar a concentração fixa de lactato no sangue (4mM). Proposto por Heck et al. (1985), após terem observado o comportamento do lactato sanguíneo durante exercício, esses autores propuseram que todos indivíduos atingiam o LAN em concentração de lactato sanguíneo de 4mM.

No entanto, uma das principais críticas a esse método é não considerar a variabilidade inter individual da concentração de lactato correspondente ao LAN. Estudos realizados em nadadores apresentaram valores médios de concentração de lactato sanguíneo no LAN que variaram entre 2.6mM e 3,9mM (PYNE et al., 2001; STEGMANN et al., 1981; FERNANDES et al., 2005).

Pereira et al. (2002) com a proposta de validar dois protocolos para determinar LAN em concentração fixa de lactato sanguíneo de 3,5 mM/L, nas distâncias de 200m e 400m na natação não observaram diferenças significativas entre o LAN (obtido nas distâncias de 200m e 400m) e a MFEL e concluíram que esse protocolo é válido para determinar capacidade aeróbia de nadadores. Além disso, outros relatos na literatura evidenciaram correlação entre a velocidade do LAN obtida na concentração fixa de lactato de 4mM e o desempenho em nadadores, como por exemplo os resultados obtidos por Bonifazi et al. (1993) em nadadores treinados.

Esses autores encontraram correlações significativas entre a velocidade do LAN de 4mM e o desempenho de 400m ($r = 0,86$) e 800m ($r = 0,84$) em mulheres nadadoras e para os homens nas distâncias de 200m ($r = 0,72$), 400m ($r = 0,87$) e para distância de 1.500m ($r = 0,91$). Wakayoshi et al. (1992 e 1993) também encontraram fortes correlações ($r = 0,90$ e $r = 0,93$) entre o LAN de $4 \text{ mM} \cdot \text{L}^{-1}$ e o desempenho de 400m em nadadores adultos.

Stegmann et al. (1981) propuseram o método do Limiar Anaeróbio Individual (IAT) após observar que a concentração sanguínea de lactato correspondente ao LAN poderia variar entre 1,5 e 7,0 mM em nadadores, contrapondo ao protocolo de concentração fixa de lactato sanguíneo de 4 mM. Esse método tem sido uma boa alternativa por individualizar a intensidade do exercício e permitir determinação do LAN de maneira individual, pois não assume valores fixos de lactato sanguíneo e tem sido utilizado na natação para determinar capacidade aeróbia em crianças e adultos (FERNANDES et al., 2005; MACHADO et al., 2006).

Fernandes et al. (2010) avaliando nadadores com idade de 10-11anos, observaram que o LAN individual ocorreu em concentrações de lactato de 2,3 mM, portanto abaixo dos valores propostos tradicionalmente para adultos (4 e 3,5 mM) e abaixo dos valores de concentração fixa de lactato no LAN sugeridos para crianças (2,5 e 3,0 mM) (WILLIAMS e ARMSTRONG, 1991; HEBESTREIT e BENEKE, 2008). Esse autores concluíram que a velocidade de nado correspondente a concentração fixa de lactato de 4 mM e ou 3,5 mM parece não representar o limiar anaeróbia individual de crianças nadadoras.

Outra metodologia para determinar o LAN de maneira individualizada é por meio do teste do Lactato Mínimo (LAC_{min}), cuja determinação consiste na realização prévia de um esforço em alta intensidade para induzir a hiperlactacemia e após intervalo

passivo de oito minutos, inicia-se um teste de esforço incremental, onde se analisa a relação velocidade do nado versus concentração de lactato. O comportamento do lactato sanguíneo apresenta a forma de “U” e a derivada zero da relação entre velocidade e concentração de lactato representa o equilíbrio entre a produção e a remoção de lactato (TEGTBUR et al., 1993).

O teste do lactato mínimo foi proposto primeiramente por David e Gass (1979), após observarem a cinética da concentração de lactato durante um teste incremental iniciado em alta acidose láctica, ocorrendo um predomínio de remoção até certo ponto, voltando a aumentar novamente. A partir dessa proposta, Tegtbur et al.,(1993) utilizaram o teste do LAC_{min} para determinar capacidade aeróbia em corredores, sendo mais tarde adaptado para nadadores (RIBEIRO et al., 2003; SIMÕES et al., 2000; ALTIMARI et al., 2007).

Simões et al.,(2000) investigando nadadores treinados, observaram correlações significativas entre a velocidade do LAC_{min} e o desempenho de 200m ($r = 0,97$) e 700m ($r = 0,96$). Resultados semelhantes foram apresentados por Santos et al., (2005) em nadadores adolescentes de ambos os sexos encontrando correlações significativas entre a velocidade do LAC_{min} e o desempenho de 200m ($r = 0,94$) e 400m ($r = 0,94$).

Apesar de esses autores terem observado boa correlação entre o teste de LAC_{min} e o desempenho na natação, a literatura apresenta resultados controversos à respeito da influência do protocolo utilizado para determinar a intensidade do LAC_{min} em que o LAN é determinado (SANTHIAGO et al., 2008; RIBEIRO et al., 2003; SMITH et al., 2002; CARTER et al., 1999).

A determinação do limiar anaeróbio, por meio de mensuração direta da concentração de lactato no sangue, nem sempre é de fácil acesso a todas as equipes esportivas, devido ao alto custo, falta de equipamentos e o dispêndio de tempo a cada coleta (HOEFELMAM et al., 2011). Diante disso protocolos não invasivos e de baixo custo tem sido proposto na literatura na tentativa de estimar a velocidade correspondente ao LAN (DEMINICE et al., 2007), como o Teste de 30minutos (T30).

Proposto por Olbrecht et al., (1985) o protocolo do T30 consiste nos nadadores se deslocarem a máxima distância em trinta minutos em ritmo regular do início ao final do teste. Esses autores verificaram que a velocidade média imposta nesse teste correspondeu com a concentração sanguínea de lactato de 4mM e outros relatos na literatura observaram correlação entre a velocidade de trinta minutos e o LAN

(DEKERLE et al., 2002; DEMINICE et al., 2003) e com o desempenho na natação (DOS SANTOS et al., 2004).

Em relação a métodos não invasivos, o modelo de potência crítica (Pcrit) tem sido muito utilizado na natação para estimar a capacidade aeróbia, de maneira não invasiva de baixo custo e de fácil aplicação (KOKUBUN, 1996; TAKAHASHI, et al., 2009; DEKERLE et al., 2009).

Desenvolvido por Monod e Sherrer (1965) o modelo de potência crítica, foi utilizado na natação pela primeira vez por Wakayoshi et al., (1992) em piscina ergométrica (swimming flume) e posteriormente em piscina convencional (WAKAYOSHI et al. 1993) denominando velocidade crítica (Vcrit).

A velocidade crítica é definida como a máxima velocidade de nado que pode ser mantida por um longo tempo sem aparecimento da fadiga (WAKAYOSHI, et al., 1992), e é determinada por meio de uma regressão linear entre a distância de nado e o tempo de execução e tem se mostrado bem correlacionada com indicadores de capacidade aeróbia como o OBLA e $VO_{2MÁX}$ (WAKAYOSHI et al., 1992; WAKAYOSHI et al., 1993; KOKUBUN, 1996; TOUSSAINT et al., 1998).

Ikuta et al. (1996) utilizando o modelo de Pcrit estimaram a capacidade aeróbia em situação de nado atado utilizando um sistema de polias, nesse caso denominado-se força crítica (Fcrit), e observaram correlações significativas desse parâmetro com o limiar anaeróbio. Papoti et al. (2005) não encontraram diferença entre a Vcrit e o LAN, esses autores também observaram correlação entre a Vcrit e a distância de 400m no nado livre ($r = 0,93$), constatando que esse modelo pode ser usado para estimar capacidade aeróbia de nadadores. Entretanto, Almeida et al. (2002) relataram em seu estudo que a capacidade aeróbia determinada em nado atado (força crítica; Fcrit) subestimou o valor de MFEL e Papoti et al. (2010) utilizando corda elástica observaram boas correlações da Fcrit com o LAN, no entanto, não puderam afirmar se a Fcrit correspondia MFEL de nadadores.

Por meio da velocidade crítica é possível obter também um índice de capacidade anaeróbia denominada Capacidade de trabalho anaeróbio (CTA). No entanto, Wakayoshi et al. (1992) não observaram correlações entre a CTA e o desempenho em nadadores. Papoti et al. (2005) não encontraram correlações entre a CTA com nenhuma das distâncias analisadas em seu estudo (15 m a 400 metros), esses resultados foram

semelhantes aos encontrados em outros estudos realizados com nadadores (DEKERLE, et al., 2002; TOUSSAINT et al., 1998; PAPOTI et al., 2003).

Papoti et al. (2013) investigaram se a capacidade de impulso anaeróbia (ICA), estimado pelo modelo de Pcrit corresponderia a CTA mensurada em nado atado. Esses autores observaram correlações significativas ($r = 0,81$) entre o ICA e a aptidão anaeróbia, verificada através do teste de 30s, como também entre o ICA e o desempenho em nado livre, sugerindo que o ICA pode ser utilizado para monitorar efeitos anaeróbio de treinamento. No entanto o significado fisiológico do parâmetro considerado “estoque anaeróbio” proveniente dos modelos de matemáticos das relações entre intensidade de exercício e tempo até a exaustão ainda são contraditórios.

O teste de Wingate, proposto por Bar-Or, (1987) é o método mais utilizado na literatura para avaliar desempenho anaeróbio, permitindo avaliar a potência máxima, potência média e o índice de fadiga (IMBAR e BAR-OR, 1996; BENEKE et al., 2002; MINHAHAN et al., 2007). A validade do Wingate se baseia na correlação da potência pico (potência anaeróbia) e da potência média (capacidade anaeróbia) com outros índices de desempenho anaeróbio (FRANCHINI, 2002; VANDEWALLE et al., 1987), como máxima concentração de lactato e déficit de O_2 (BAR-OR et al., 1987).

Na natação, Hawley e Willians (1991) observaram correlações significativas entre o teste de Wingate realizado em ergômetro de braço e a velocidade de nado 50m. No entanto esses resultados foram contrários ao observados por Guglielmo e Denadai, (2000) que não observaram correlações entre esses dois parâmetros e concluíram que esse não é um bom método para fornecer aptidão anaeróbia.

De acordo com Scott et al., (1991), um teste para predizer capacidade anaeróbia deve quantificar a contribuição energética advinda de cada um dos sistemas de produção de energia: aeróbio e anaeróbio, apesar do teste de Wingate consistir em teste curto (com duração de 30s) apresenta como uma das limitações a alta contribuição do metabolismo aeróbio (GASTIN, 1994; FRANCHINI et al., 2003). Diante disso, Medbo et al. (1988) propuseram o Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio (MAOD), um método capaz de quantificar o quanto de contribuição energética é advinda de fontes aeróbias e quanto é advinda de fontes anaeróbias.

O MAOD é considerado atualmente como o melhor indicador da capacidade anaeróbia (NAKAMURA e FRANCHINI, 2006). A capacidade anaeróbia é definida como a quantidade total de energia disponível por meio do sistema energético anaeróbio

(Adenosina Trifosfato (ATP), Creatina Fosfato (CP) e glicólise anaeróbia) (GASTIN, 1994).

A determinação do MAOD é obtida pela diferença entre a demanda energética teórica e o real consumo de oxigênio obtido durante o esforço supramáximo (110 a 125% do VO_{2PICO}). A demanda energética teórica é obtida através da regressão linear e posterior extrapolação da relação existente entre o consumo de O_2 versus intensidades submáximas de exercício (10 a 20 sessões, com duração de 10 minutos, 35-100% do VO_{2PICO}) (MEDBO et al., 1988), o que demandaria de vários dias de avaliação.

Pensando em melhorar a aplicabilidade do MAOD, Medbo et al. (1998) adotaram um intercepto-y comum a todos sujeitos de $5ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, segundo esses autores, a estimativa do MAOD com esse procedimento permitiria estimativa próxima a do modelo original, no entanto esse procedimento só é válido desde que os pontos disponíveis da demanda de oxigênio acumulado, incluam intensidade próximas ao VO_{2PICO} .

Desse modo, diferentes protocolos têm sido propostos para tornar o MAOD mais aplicável (GARDNER et al., 2003; JACABOS et al., 1997; DOHERTY, 1998; WEBER e SCHNEIDER 2002; BORTOLOTTI et al., 2010). Hill (1996) propôs apenas quatro testes até a exaustão em ciclo ergômetro, para estimar o MAOD e observou correlação significativa ($r = 0,96$) entre esse método simplificado e o MAOD tradicional.

Em relação à validade do MAOD, Scott et al. (1991), com o objetivo de avaliar indiretamente a validade desse método constataram que o MAOD foi correlacionado com os índices proporcionados pelo teste de Wingate (potência de pico, $r = 0,69$; potência média, $r = 0,64$), com o trabalho total de um exercício realizado em esteira com duração próxima a 120-130 segundos ($r = 0,62$) e com tempo na corrida de 300 m ($r = - 0,76$). Chatagnan et al. (2005) encontraram correlação entre o MAOD e a CTA estimada pelo modelo hiperbólica da potência crítica com 2 ($r=0,76$) e com 3 parâmetros ($r=0,72$).

Além disso, o MAOD é freqüentemente utilizado como referência para a validação de outras metodologias, que tem como objetivo avaliar a aptidão anaeróbia (MAXWELL & NIMMO, 1996; BERTUZZI et al., 2009; ZAGATTO et al., 2011).

De acordo com Nakamura e Franchini (2006) o MAOD é método mais aceito de medida indireta da capacidade anaeróbia. Contudo, devido ao número de esforços,

aproximadamente dez submáximos e pelo menos um supra máximo (MEDBO et al., 1988) a introdução do MAOD na rotina de treinamento é dificultada.

Assim, Bertuzzi et al. (2009) propuseram um novo método para determinação do MAOD de maneira “reduzida” por meio de um único esforço supra máximo realizado até a exaustão (MAOD_{RED}). Esta proposta leva em consideração o conceito de que a capacidade anaeróbia é a máxima quantidade de energia que provêm apenas dos metabolismos anaeróbios (alático e láctico) (GREEN & DAWSON, 1993).

A quantidade de energia, advinda do metabolismo anaeróbio alático, pode ser obtida através da análise do componente rápido do consumo excessivo de oxigênio observado após o exercício (EPOC_{RAP}) (BENEKE et al., 2004; BERTUZZI et al., 2007; DE CAMPOS MELLO et al., 2009), enquanto que, a quantidade de energia obtida através do metabolismo anaeróbio láctico é determinada pela diferença entre as concentrações de lactato observadas após o exercício e a concentração de repouso, considerando que 1mM de lactato corresponde a 3 ml.O₂.kg⁻¹ (DI PAMPEIRO & FERRETTI, 1999; DI PRAMPERO, 1981).

Desse modo, o MAOD_{RED} pode ser determinado a partir da soma das quantidades de energia advindas dos metabolismos anaeróbios alático e láctico. Além disso, esta metodologia leva em consideração apenas o EPOC_{RAP} e não toda a cinética do VO₂ durante o esforço. Com isso, o MAOD_{RED} pode ser obtido por meio da técnica de retro extrapolação.

No entanto, Bertuzzi et al. (2008) apresentam algumas limitações na predição da capacidade anaeróbia pelo MAOD_{RED} dentre elas a concentração de lactato sanguíneo utilizada para determinar a contribuição anaeróbia láctico pode subestimar o valor do MAOD_{RED}, pelo fato do lactato liberado no sangue pelo músculo ativo poder ser oxidado por outros tecidos e, além disso, é considerado um método subjetivo de estimativa de energia liberada (NAKAMURA e FRANCHINI, 2006; BERTUZZI e FRANCHINI, 2010). Apesar das limitações apresentadas, Bertuzzi et al., (2008) relataram que o MAOD_{RED} fornece boa estimativa do MOAD convencional (MEDBO et al., 1988) e fornece informações a respeito das contribuições anaeróbias alática e láctica.

Sangali (2012) avaliando ciclistas amadores com o objetivo de determinar e relacionar parâmetros anaeróbios com teste de Wingate e all out 3 min, não observou correlações significativas entre a potência pico, potência média e CTA obtida no all out 3min e no teste de Wingate com o MAOD_{RED}. O índice de fadiga (IF) obtido no teste de

Wingate e no all out 3 min foram as únicas variáveis que apresentaram correlações com o MAOD_{RED}. O autor sugeriu que o IF pode ser utilizado como um indicativo de capacidade anaeróbia para esses ciclistas.

4.4. Métodos de Avaliação do Custo Energético na Natação

O desempenho máximo na natação, como em outras formas de locomoção humana, depende da potência máxima metabólica do indivíduo e do seu custo energético (DI PRAMPERO, 1986).

Di Prampero et al. (1974) foram os primeiros a estimar contribuição energética na natação, a partir dos métodos desenvolvidos por esses autores, muitos estudos foram realizados para estimar o custo energético de nadadores (DI PRAMPERO, 1986; ZAMPARO et al., 2005; KJENDLIE et al., 2004; MONTPETIT et al., 1988; ZAMPARO et al., 2011; PENDERGAST et al., 1977 e 2003).

O custo energético (CE) é definido como a quantidade de energia gasta por um indivíduo para realizar uma dada tarefa (DI PRAMPERO, 1986; BARBOSA et al., 2005; PENDERGAST et al., 2003). A medida do consumo de oxigênio fornece uma maneira indireta de mensurar o custo energético, que é aumentado em função da velocidade de nado (CAPELLI et al., 1998, POUJADE et al., 2002). O CE geralmente é determinado a partir da razão do consumo de oxigênio e a velocidade de progressão do nado (DI PRAMPERO, 1986; CHATARD et al., 1990, KJENDLIE et al., 2004a).

Diferentes formas de determinação de custo energético têm sido utilizadas na natação, como medida do consumo de oxigênio durante o nado (POUJADE et al., 2002; KJENDLIE et al., 2004; FIGUEIREDO et al., 2011), imediatamente após o nado (ZAMPARO et al., 2005; LATT et al., 2009; ZAMPARO et al., 2008; JURIMÄE et al., 2007), em intensidades de esforços abaixo do limiar anaeróbio (ZAMPARO et al., 2005; POUJADE et al., 2002; KJENDLIE et al., 2004), em estado estável do VO₂ (ZAMPARO et al., 2005; ZAMPARO et al., 2008), e em velocidades supra máximas, onde é adicionado ao cálculo a participação do metabolismo anaeróbio (ZAMPARO et al. 2000, CAPELLI et al., 1998).

Devido às dificuldades apresentadas para mensurar o VO_2 durante o nado, como por exemplo, a especificidade do gesto motor que, de acordo com Jalab et al., (2011) coloca em questão a validade ecológica do teste, a técnica de retro extrapolação pode ser utilizada, pois o nadador desempenha o esforço em nado livre e, posteriormente o VO_2 é analisado (MONTPETIT, 1981; MORGAN et al., 1991; SLEIVERT e MACKINNON, 1991; CARRÉ, et al., 1994; ZAMPARO, et al., 2005; JÜRIMÄE, et al 2007.

Zamparo et al. (2008) investigando a interação entre eficiência propulsiva, índices de resistência hidrodinâmica na determinação do CE no nado livre durante o crescimento de nadadores, utilizou o método da retro extrapolação para determinar VO_2 após 4 minutos de nado em velocidade constante. O VO_2 foi mensurado durante os primeiros 45 segundos de recuperação após os 4 minutos de nado e o CE foi assumido pela razão entre o VO_2 no estado estável e a velocidade do nado. Esses autores observaram um menor aumento da eficiência propulsiva durante a puberdade do que aumento no CE. Foi evidenciado também aumento na resistência hidrodinâmica, indicando o efeito da idade e do crescimento nesses parâmetros.

Com o objetivo de investigar determinantes do CE em crianças, durante o nado, Poujade et al., (2002) usaram três velocidades submáximas no 200m de nado livre ($0.9m.s^{-1}$, $1.0m.s^{-1}$, $1.1m.s^{-1}$) que representou 76%, 84% e 93% da velocidade máxima aeróbia, determinada por um prévio esforço máximo de 400m no nado crawl. O CE foi calculado para cada esforço submáximo de 200m, de acordo com o método proposto por Di Prampero (1986) ($CE = VO_2/vel.$), sendo que o consumo pico de oxigênio foi estimado pela técnica da retro extrapolação, após esforço máximo de 400 metros de nado livre como proposto por Leger et al. (1980) e Montpetit et al. (1981).

No estudo de Poujade et al. (2002) não foram observadas correlações significativas entre o CE e os parâmetros antropométricos e mecânicos de braçadas, também foi constatado aumento significativo no CE com o aumento da velocidade de nado. Além disso, a frequência de braçadas (FB) aumentou concomitantemente com a velocidade enquanto que o comprimento de braçadas (CB) permaneceu constante. Diante, disso os autores concluíram que características antropométricas, FB e CB não são bons preditores de CE em nadadores jovens.

O CE na natação na maioria das vezes é avaliado em velocidades submáximas por meio do consumo de oxigênio como relatado anteriormente. Mesmo em velocidade

máxima e submáximas nem sempre a contribuição do metabolismo anaeróbio (alática e láctica) é considerada, o que subestima a energia total requerida, para realização do exercício (DI PRAMPERO 1986; ZAMPARO et al., 2010; DI PRAMPERO et al., 2011). A contribuição energética láctica pode ser determinada pela concentração de lactato de repouso e no final do exercício (DI PRAMPERO, 1986; CAPELLI et al., 1998; CAPELLI, 1999; ZAMPARO et al., 2000; ZAMPARO et al., 2010; FERNANDES et al., 2006; DI PRAMPERO et al., 2011; FIGUEIREDO et al., 2011). Enquanto a contribuição alática pode ser estimada por dois métodos: i) com base na análise do componente rápido da cinética do VO_2 (DI PRAMPERO, 1970; BENEKE et al., 2002); e ii) pela análise da cinética da concentração de fosfocreatina (PCr) (diminui $18,5\text{mM}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de músculo molhado BANGSBO et al., 1990) na massa muscular ativa, durante a transição do repouso para a exaustão no exercício (ZAMPARO et al. 2010; DI PRAMPERO et al., 2011).

Na natação o método utilizado para estimar contribuição anaeróbia alática por meio da análise da PCr foi utilizado por Capelli et al. (1988), Zamparo et al., (2000) e Figueiredo et al., (2011). Entretanto os dois métodos se baseiam em alguns pressupostos questionáveis como, por exemplo: o valor da concentração de fosfato de repouso, a constante do VO_2 no tempo de resposta a nível muscular, a porcentagem de massa muscular ativa e o fato do componente rápido da cinética do VO_2 durante o EPOC (Consumo Excessivo de Oxigênio Pós Exercício) ser independente da remoção do ácido láctico sanguíneo.

Apesar desses pressupostos, os dois métodos parecem válidos para estimar contribuição anaeróbia alática na natação em esforço supra-máximo, (SOUSA et al., 2013). Esses autores chegaram a essa conclusão após estimar contribuição anaeróbia alática em 10 nadadores, por meio de um esforço máximo de 200m no nado livre, utilizando as duas metodologias. Com base no componente rápido do VO_2 ($EPOC_{\text{rapido}}$) e na cinética da divisão da fosfocreatina máxima na contração muscular (ANA_{PCr}), e não encontraram diferença significativa na estimativa do dois métodos ($32,6 \pm 2,8$ e $31,7 \pm 2,5$ KJ) respectivamente.

Na literatura há um grande número de estudos que investigam possíveis diferenças no custo energético em crianças e adultos (ZAMPARO, et al., 2002; KJINDLIE et al., 2004a; CHATARD et al., 1990; ZAMPARO et al., 2011; RATEL e

POUJADE, 2009; POUJADE et al., 2002; BARBOSA et al., 2008; ZAMPARO et al., 2008; KJINDLIE et al., 2004b).

Kjindlie et al. (2004), observaram valor CE absoluto ($L \cdot \text{min}^{-1}$) menores em crianças quando comparados a adultos. Esses autores também encontraram correlações significativas entre o CE e a massa corporal ($r = 0,86$), e a distância entre o centro de massa e o centro de flutuação ($r = 0,74$). Entretanto, quando CE foi normalizado pelo tamanho corporal não houve diferença entre adultos e crianças, sugerindo que a melhor técnica dos adultos (melhor comprimento de braçada) e o torque passivo favorável das crianças (criando menos arrasto) podem explicar a ausência de diferença entre os valores de CE observados em crianças e adultos.

Em outro estudo, Kjindlie et al. (2004a) examinaram diferenças no CE em crianças e adultos em natação submáxima. O CE foi determinado em função da massa corporal (MC), área de superfície corporal (ASC) e estatura. Esses autores encontraram valores de CE mais baixos em crianças quando comparados a adultos ($31,0 \pm 4,6 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-1}$ e $39,9 \pm 3,3 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-1}$) e atribuíram essa diferença ao menor arrasto apresentados pelas crianças, e observaram que quando o CE foi expresso na escala ASC e MC as crianças foram menos econômicas que adultos. Quando a escala foi expressa pela estatura, o CE não diferiu entre crianças e adultos e quando considerou CE em valores absolutos as crianças foram mais econômicas que adultos.

Poujade et al. (2002) e Chatard et al. (1990) demonstraram que crianças com 11 e 12 anos, com o mesmo nível de desempenho apresentam valores absolutos de CE menores que os observados em adolescentes com 14 anos e adultos. Esses resultados sugerem que o CE expresso em valores absolutos aumenta com o avanço da adolescência, evidenciando um possível efeito da maturação biológica sobre o CE.

4.5. Métodos de Determinação de Parâmetros Mecânicos de Nado

A velocidade na natação é resultado da ação sucessiva dos braços e das pernas durante a braçada e pode ser descrito como elementos mecânicos: comprimento de braçada (CB) e a frequência de braçada (FB) (BARBOSA et al., 2008). Parâmetros mecânicos como frequência (FB), comprimento de braçada (CB) e índice de braçadas (IB), são considerados indicadores de eficiência de nado e estão associadas à

performance pois uma combinação ideal dessas variáveis, torna as provas ritmadas e eficientes (MAGLISCHO, 1999).

Craig e Pendergast (1979) e Craig et al. (1985) definiram a velocidade de nado (V) como o produto da FB (frequência do ciclo realizado durante a braçada) e o CB (distância percorrida em cada ciclo), assim sendo, o decréscimo ou aumento da velocidade, estão relacionados ao aumento ou diminuição na CB e FB (CRAIG e PENDERGAST, 1979; CRAIG et al., 1985; KESKINEN e KOMI, 1993; KJENDLIE et al., 2006).

Fatores como treinamento, intensidade, distância, sexo, estilo de nado, influenciam a relação FB-CB (CRAIG e PENDERGAST, 1979; CRAIG et al., 1985; CHOLLET et al., 1997; WAKAYOSHI et al., 1995), apesar de Barbosa et al. (2006) não observarem influência do sexo na relação FB-CB.

De acordo com alguns estudos os parâmetros de braçadas (FB e CB) são variáveis úteis para detectar melhora na habilidade técnica e são indicadores de eficiência propulsiva (WAKAYOSHI et al., 1995; WAKAYOSHI et al., 1993; TOUSSAINT e BEEK 1992; TOUSSAINT, 1990).

Os parâmetros mecânicos de nado podem ser determinados pela seguinte maneira: a FB ($\text{ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$) é calculada pela razão entre o número de braçadas e o tempo de nado (LEBLANC et al., 2005); o CB ($\text{m}\cdot\text{ciclo}^{-1}$) pela razão entre a velocidade média de nado e FB (POUJADE et al., 2002) e o IB ($\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$) pelo produto da velocidade de nado pelo CB (COSTILL et al., 1985).

Os dados para o cálculo da FB, CB, IB, podem ser realizados através do nado total, onde é incluída a distância total de nado com as viradas e impulsos e o nado limpo onde é desconsiderado o efeito de propulsão da saída e as viradas (CASTRO et al., 2005).

A literatura aponta métodos que utilizam análises de vídeo (HOUT-MARCHAND et al., 2005; LATT et al., 2009; LATT et al., 2010; FIGUEIREDO et al., 2011; JURIMAE et al., 2007; LAFITTE et al., 2004) para determinar os parâmetros de braçadas, enquanto outros utilizam inspeção visual e cronômetros para obtenção desses dados (ZAMPARO et al., 2005; BARBOSA et al., 2008; POUJADE et al., 2002, CRAIG e PENDERGAST et al., 1979; WAKAYOSHI et al., 1993).

Lätt et al. (2010) investigaram a contribuição de diferentes parâmetros antropométricos, fisiológicos e biomecânicos no desempenho de nadadores jovens do

sexo masculino, onde os parâmetros mecânicos foram determinados por meio de análise de vídeo por dois analisadores independentes, o NB foi determinada como a média do número de braçadas completas realizadas pelo nadador durante 15 m de distância. Foi considerado frequência de um ciclo como o tempo entre a entrada de uma mão na água até a entrada seguinte da mesma mão (HOUT-MARCHAND et al., 2005). O CB foi calculado como a razão entre a velocidade média e a FB e o IB foi obtido pelo produto da velocidade de nado pelo CB. Esses autores observaram que o IB foi o melhor preditor de desempenho de 100m nesses adolescentes ($r = 0,78$) e os parâmetros biomecânicos explicaram 90,3% o desempenho para esses nadadores, tendo os parâmetros antropométricos explicando 45,88% e os fisiológicos 45,2%, sendo que o IB e FB explicaram 92,6% dessa variação.

Marinho et al. (2006) analisaram comportamento da FB, CB e IB durante um teste de tempo limite em onze nadadores de elite em uma piscina de 25m. As medidas foram feitas por inspeção visual e um cronômetro manual de modo que a FB foi obtida pela contagem do número de ciclos braçadas a cada 25 metros, o CB foi calculado pelo quociente da velocidade de nado e a FB, o IB foi determinado pelo produto da velocidade de nado e o CB. Os autores observaram que em velocidades altas, ocorreu um aumento da FB, com uma redução no CB e IB, na tentativa dos nadadores em manter a mesma velocidade.

Estudos que investigaram parâmetros de braçadas e sua relação com o CE, relataram que em alta velocidade é observado um aumento na FB, o que causa um aumento significativo no CE (BARBOSA et al., 2005a; ZAMPARO et al., 2005b) e altos valores de IB são relacionados com baixo CE (COSTILL et al., 2005). Esses autores sugeriram que o IB pode ser usado para estimar eficiência no nado.

Jürimäe et al. (2007), investigaram a influência dos parâmetros mecânicos de braçadas no desempenho de nadadores pré púberes e púberes, e observaram valores significativamente maiores de CB e IB em nadadores pré púberes do que em nadadores púberes. Além disso, essas variáveis apresentaram correlações com os estágios da maturação biológica determinados pelos critérios proposto por Tanner.

Diante desses resultados, fica evidenciado a necessidade mais estudos empenhados em investigar os efeitos da maturação biológica nos parâmetros mecânicos de nado para esses nadadores jovens.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Pelo fato de ter sido necessário utilizar analisadores de gases em situação real de treinamento e competição, juntamente com problemas operacionais de coleta e análise dos gases, para responder a pergunta central da presente dissertação de mestrado, foi necessário a realização de um estudo prévio que teve como principal objetivo comparar as respostas provenientes de dois analisadores de gases. Desse modo, os procedimentos metodológicos, resultados, discussões dos achados e as conclusões, são apresentadas na presente dissertação em dois estudos distintos. O primeiro (Estudo 1) refere-se aos procedimentos de instrumentação e utilização de determinado equipamento enquanto que o segundo (Estudo 2) esteve empenhado em responder as perguntas que motivaram a elaboração do presente trabalho.

5.1. Desenho experimental

5.1.1. Desenho Experimental do Estudo 1

Os nadadores foram avaliados em dois dias com intervalo de sete dias entre uma avaliação e outra. No primeiro dia, o analisador de gases utilizado foi o VO2000 (Inbrasport, Porto Alegre, Brasil) e no segundo dia o analisador de gases Quark (PFT, Cosmed, Roma Itália). Ambos os dias a temperatura ambiente estava entre 35 - 36°C com temperatura da água entre 25 ± 2 °C, sendo os testes realizados a mesma hora do dia entre às 15:00 e 17:00horas. Através da mensuração do consumo de oxigênio foram determinadas a contribuição energética do metabolismo anaeróbio alático (C_{eALA}), o custo energético aeróbio (C_{eAER}), o VO_{2PICO} e o máximo déficit acumulado de oxigênio “reduzido” ($MAOD_{RED}$) que foi assumido como a capacidade anaeróbia (C_{ANA}). A contribuição energética láctica (C_{eLAT}) foi determinada pela variação da concentração de lactato antes e após o esforço máximo de 400m.

5.1.2. Desenho Experimental do Estudo 2

Os nadadores foram avaliados durante quatro dias respeitando um período mínimo de 24h de intervalo entre os testes. Previamente a todos os testes os nadadores realizaram aquecimento padronizado. Os atletas foram divididos de acordo com a idade

cronológica e biológica. Esta foi avaliada por meio da auto-avaliação das características sexuais secundárias segundo os critérios estabelecidos por Tanner (1962). A composição corporal foi avaliada pelo método Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA).

No primeiro dia os atletas realizaram um esforço máximo de 400m para determinação da contribuição energética aeróbia (C_{eAER}) e anaeróbia láctica (C_{eLAT}) e aláctica (C_{eALA}), consumo pico de oxigênio (VO_{2PICO}) e máximo déficit acumulado de oxigênio determinado de forma “reduzida” ($MAOD_{RED}$) que foi assumido como a capacidade anaeróbia (C_{ANA}). Para determinação das contribuições aeróbia e anaeróbia e VO_{2PICO} , a recuperação do consumo de oxigênio foi mensurada imediatamente após o esforço de 400m (técnica de retro extrapolação). Nos dias subsequentes os participantes realizaram esforços máximos nas distâncias de 100 e 200m. Para todos os esforços máximos (100, 200 e 400m) foram determinados o comprimento de braçada (CB), a frequência de braçada (FB), o índice de braçada (IB) e o tempo a cada 25 metros de nado.

5.2. Participantes

5.2.1. Participantes do Estudo 1

Participaram do estudo nove nadadores, idade de $16,4 \pm 1,6$ anos; estatura de $166,8 \pm 11,4$ cm e massa corporal de $64,98 \pm 9,93$ kg. Todos eram de nível regional e estadual, com tempo mínimo natação competitiva de dois anos e treinavam um volume médio diário de aproximadamente 8.000 metros com frequência semanal de seis sessões. Somente participaram do estudo os atletas que concordaram com os procedimentos adotados, e também possuíam o termo de consentimento livre e esclarecido assinado pelos pais ou responsáveis. Protocolo 442.887.

5.2.2. Participantes do Estudo 2

Participaram do presente estudo 34 nadadores, de nível regional, estadual e nacional. Os participantes foram divididos em grupos de acordo com a idade cronológica respeitando as categorias frequentemente utilizadas em natação competitiva: petiz (11 – 12 anos), infantil (13 – 14 anos), juvenil (15 – 16 anos), júnior (17 – 18 anos), e sênior (19 anos acima). As características dos atletas estão

demonstradas na tabela 1. Todos nadadores tinham um tempo mínimo de natação competitiva de dois anos e treinavam um volume médio diário de aproximadamente 4000m (petiz), 6000m (infantil) e 8000m (juvenil, júnior e sênior) com frequência de seis dias na semana (excetos petizes). Participaram do estudo os atletas que concordaram com os procedimentos adotados e possuíam o termo de consentimento livre e esclarecido assinado pelos pais ou responsável. Protocolo 442.887.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão da idade, estatura, massa corporal total (MCT), massa magra total (MMT), massa gorda total (MGT) dos participantes do estudo 2.

| | Idade (anos) | Estatura (cm) | MCT (Kg) | MMT (Kg) | MGT (Kg) |
|----------|--------------|---------------|-------------|-------------|------------|
| Petiz | 11,83±0,41 | 154,48±12,44 | 42,65±8,32 | 33,39±5,45 | 8,57±3,86 |
| Infantil | 13,50±0,53 | 156,84±11,15 | 57,03±8,73 | 45,75±6,57 | 10,50±4,06 |
| Juvenil | 15,20±0,42 | 160,60±6,75 | 60,01±7,94 | 44,53±7,40 | 13,63±5,82 |
| Júnior | 17,60±0,55 | 171,22±6,43 | 70,54±11,89 | 53,34±10,00 | 16,27±7,02 |
| Sênior | 20,33±2,31 | 175,83±5,48 | 66,50±3,80 | 58,27±5,46 | 5,32±1,97 |

5.3. Procedimentos experimentais

5.3.1. Identificação da idade biológica

A idade biológica foi determinada por meio da auto-avaliação das características sexuais secundárias segundo os critérios estabelecidos por Tanner (1962). As avaliações foram realizadas em sala apropriada com um participante por vez. Após receber explicações do avaliador sobre a utilização das pranchas com as fotos e de posse das mesmas, os sujeitos fizeram a identificação do estágio de desenvolvimento que mais se aproximavam de seu corpo, e, logo após a identificação, a ficha foi colocada em um envelope e lacrada pelo avaliado. Para o sexo masculino o estágio do desenvolvimento

genital (G1 a G5) foi utilizado, e para o sexo feminino o desenvolvimento mamário (M1 a M5). Ambos os sexos realizaram a auto-avaliação da pilosidade pubiana (P1 a P5).

5.3.2. Determinação da composição corporal

Para a análise da composição corporal foi empregada a técnica da absorptiometria de raios-X de dupla energia (DEXA), utilizando-se o equipamento modelo Lunar DPX-NT (Lunar/GE Corp, Madison, Wisconsin). Os nadadores permaneceram deitados em decúbito dorsal na mesa do aparelho com as mãos ao lado do corpo, de forma que a haste móvel do aparelho percorresse por o corpo. As medidas foram expressas em quilogramas (kg) e em percentual do total.

5.3.3. Performances máximas e determinação dos parâmetros mecânicos

Após aquecimento prévio padronizado, estabelecido pelos técnicos de cada categoria, os nadadores foram orientados a realizarem um esforço máximo nas distâncias de 100, 200 e 400m. Para cada esforço as tomadas de tempo foram realizadas a cada 25m por um técnico experiente para determinação do ritmo de nado (Timex[®], modelo 85103). Entre cada esforço foi respeitado um período mínimo de 24h.

Em todos os esforços máximos foram determinados o comprimento de braçada (CB), frequência de braçada (FB) e o índice de braçada (IB). A FB foi determinada pela razão entre o número de braçadas e o tempo de nado, o CB foi equivalente a razão entre a distância e o número de braçadas. Além disso, o IB foi assumido como o produto do CB pela velocidade de nado. Todos os testes foram realizados em uma piscina de 25 metros.

5.3.4. Determinação da potência aeróbia máxima

A potência aeróbia máxima (VO_{2PICO}) foi determinada por meio da técnica de retro extrapolação (ZAMPARO et al., 2005). Para isso, o consumo de oxigênio foi imediatamente monitorado após o esforço máximo de 400m. Os valores do consumo de oxigênio (VO_2), referentes aos primeiros 20s após o exercício foram transformados em logaritmo e posteriormente submetidos ao procedimento de regressão linear. O VO_{2PICO}

foi assumido como o intercepto-y da relação $\log\text{VO}_2$ vs. tempo (Figura 1). O VO_2 foi determinado respiração a respiração por meio do analisador de gases (Quark PFT, Cosmed, Roma Itália). O analisador de gases foi calibrado automaticamente conforme as especificações do fabricante previamente ao início de cada teste. Os dados de consumo de oxigênio foram suavizados para a retirada dos *outliers* e posteriormente interpolados para a obtenção dos valores a cada respiração utilizando o software OriginPro 8.0 (OriginLab Corporation, Microcal, Massachusetts, USA).

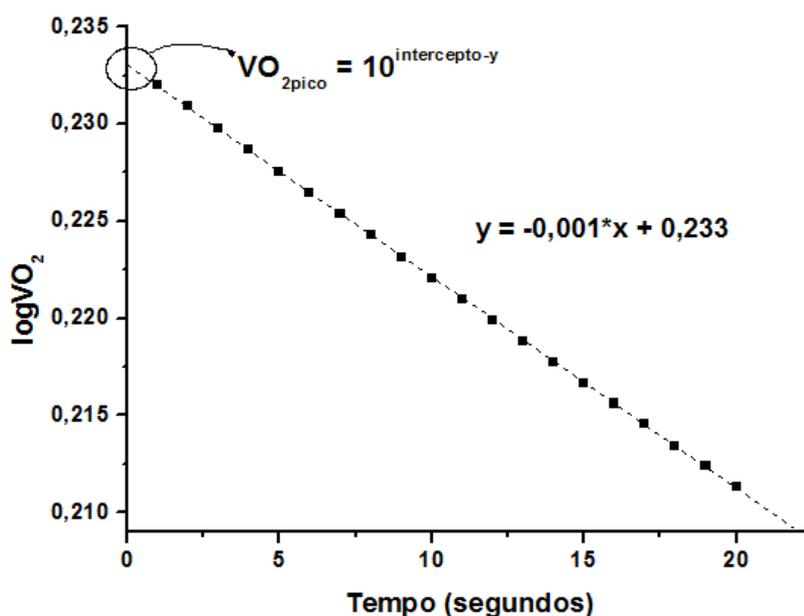


Figura 1. Exemplo da determinação da potência aeróbia máxima ($\text{VO}_{2\text{pico}}$) por meio da técnica de retro extrapolação.

5.3.5 Determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio reduzido e do custo energético durante esforço de 400m

O máximo déficit acumulado de oxigênio reduzido (MAOD_{RED}) foi utilizado como um índice de capacidade anaeróbia (C_{ANA}). Apesar do esforço de 400m não ser exaustivo, acredita-se que, pela duração e o empenho máximo dos atletas seja capaz reduzir significativamente os estoques anaeróbios. Assim, a soma das contribuições anaeróbias lática e alática pode ser considerado um índice da C_{ANA} . As contribuições energéticas foram determinadas a partir do consumo de oxigênio (VO_2) observado após um esforço máximo de 400m. A contribuição energética do metabolismo anaeróbio

alático ($C_{e_{ALA}}$) correspondeu ao componente rápido do consumo excessivo de oxigênio após o exercício ($EPOC_{RAP}$) que foi estimado por meio do ajuste biexponencial da relação entre o VO_2 e o tempo de recuperação (5min) utilizando o programa OriginPro 8.0 (OriginLab Corporation, Microcal, Massachusetts, USA) (Equação 1). A $C_{e_{ALA}}$ foi calculada pelo produto entre a amplitude (A_1) e o tau (T_1) (Equação 2).

Previamente ao esforço de 400m foi coletada uma amostra sanguínea (25 μ L) do lóbulo da orelha dos nadadores para a determinação das concentrações sanguíneas de lactato em repouso ($[Lac]_{REP}$). As variáveis ventilatórias foram monitoradas por um minuto para a determinação do VO_2 em repouso (VO_{2REP}). Após o esforço máximo de 400m foram coletadas amostras sanguíneas no primeiro, terceiro, quinto e sétimo minuto para determinação da concentração pico de lactato ($[Lac]_{PICO}$). A contribuição energética láctica ($C_{e_{LAT}}$) foi estimada pela diferença entre a $[Lac]_{PICO}$ pós esforço e a $[Lac]_{REP}$, considerando que 1mM corresponde a 3 ml \cdot O $_2$ \cdot kg $^{-1}$ (DI PRAMPERO et al., 1999). A C_{ANA} foi assumida como a contribuição energética total dos metabolismos anaeróbios (Equação 3) conforme proposto para a determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio determinado de maneira “reduzida” (BERTUZZI et al., 2010; CAMPOS et al., 2011).

$$\text{Eq 1. } VO_{2(t)} = VO_{2REP} + A_1[e^{-(t/\tau_1)}] + A_2[e^{-(t/\tau_2)}]$$

$$\text{Eq 2. } C_{e_{PCR}} = A_1 * \tau_1$$

$$\text{Eq 3. } C_{ANA} = C_{ALA} + C_{LAT}$$

Onde: $VO_{2(t)}$ é o consumo de oxigênio em um dado tempo, VO_{2REP} é o consumo de oxigênio em repouso, A é a amplitude e τ é a constante de decaimento (tau).

A contribuição energética do metabolismo aeróbio (C_{AER}) foi estimada pela diferença entre o VO_{2PICO} , determinado pela retro extrapolação e o VO_{2REP} (ZAMPARO et al., 2005) (Equação 4). O custo energético (CE) para o esforço máximo de 400m foi assumido como a soma da C_{AER} , C_{ALA} e C_{LAT} (Equação 5).

$$\text{Eq 4. } C_{AER} = VO_{2pico} - VO_{2REP}$$

$$\text{Eq 5. } CE = C_{AER} + C_{ALA} + C_{LAT}$$

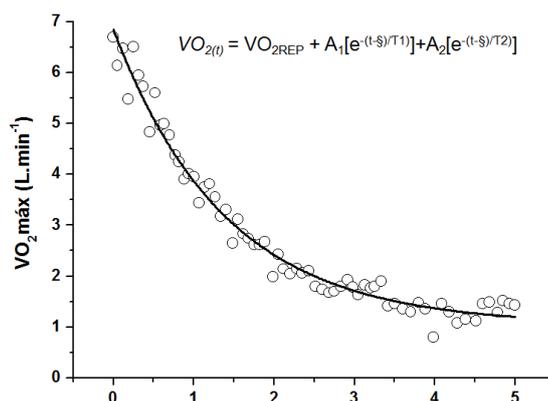


Figura 2. Comportamento do consumo excessivo de oxigênio após um esforço máximo de 400m e determinação da amplitude (A) e da constante de decaimento (τ), por meio do ajuste biexponencial.

5.4. Coleta e análise sanguínea

Luvas para procedimento em látex (Lemgruber) foram utilizadas durante todos os procedimentos (asepsia, punção manual e coleta das amostras sanguíneas). Foram coletados 25 μ l de sangue do lóbulo da orelha dos nadadores (repouso, primeiro, terceiro, quinto, sétimo minutos) e depositadas em tubos Eppendorf de 1,5mL contendo 50 μ l de Fluoreto de Sódio (NaF-1%), para posterior análise da lactacidemia em um lactímetro eletroquímico (Yellow Springs Instruments modelo 1500 Sport, Ohio, USA). Após a determinação das concentrações sanguíneas de lactato, as lancetas picadoras e todo o material utilizado durante as coletas foram descartados em coletor de perfuro cortante (Descarpak – 7litros) para posterior depósito em lixo biológico.

5.5. Tratamento estatístico

5.5.1. Tratamento estatístico do estudo 1

Os resultados estão apresentados na forma de médias \pm desvio padrão. A normalidade dos dados foi testada e confirmada pelo teste de *Shapiro-Wilk*, o que permitiu a análise estatística paramétrica. Para verificar os resultados dos diferentes analisadores de gases foi utilizado o teste *t* de Student e para as possíveis correlações entre os parâmetros analisados foi utilizados teste de correlação de Pearson. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do

pacote estatístico STATÍSTICA 7 (Statsoft, EUA), e em todos os casos o nível de significância foi fixado em 5%.

5.5.2. Tratamento estatístico do estudo 2

Todos os dados foram apresentados em média \pm desvio padrão. Inicialmente a normalidade e homogeneidade dos dados foram confirmadas com os testes de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. Os parâmetros fisiológicos, mecânicos e de desempenho foram comparados entre as categorias por meio da análise de variância (ANOVA One-Way) seguida do post-hoc de Tukey, quando necessário. Além disso, os índices de desempenho foram correlacionados com os parâmetros fisiológicos e mecânicos, em cada categoria, por meio do teste de correlação de Pearson. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SPSS, versão 17.0 (SPSS Inc. Chicago, IL) e em todos os casos o nível de significância foi fixado em 5%.

6. RESULTADOS

6.1. Resultados do Estudo 1

As diferenças entre as variáveis mensuradas nos dois analisadores de gases estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Média \pm desvio padrão da contribuição anaeróbica alática (C_{eALA}), láctica (C_{eLAT}), aeróbia (C_{eAER}), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{red}$), VO_{2pico} e percentual das contribuições energéticas após um esforço máximo de 400m (n = 9).

| | QUARK | VO2000 | P |
|----------------------|--------------------|--------------------|------|
| C_{eALA} (l/min) | 1,07 \pm 0,40* | 2,19 \pm 1,26* | 0,04 |
| C_{eAER} (l/min) | 4,70 \pm 1,30 | 4,37 \pm 1,88 | 0,61 |
| C_{eLAT} (l/min) | 1,86 \pm 0,70 | 1,62 \pm 0,71 | 0,28 |
| $MAOD_{red}$ (l/min) | 2,93 \pm 1,06 | 2,57 \pm 1,54 | 0,44 |
| VO_{2pico} (l/min) | 2,55 \pm 0,49 | 2,43 \pm 0,65 | 0,62 |
| C_{eALA} (%) | 23,33 \pm 8,41* | 36,62 \pm 11,25* | 0,04 |
| C_{eAER} (%) | 38,84 \pm 10,34 | 34,36 \pm 12,54 | 0,26 |
| C_{eLAT} (%) | 37,82 \pm 14,77 | 29,00 \pm 8,51 | 0,14 |
| P400 (seg) | 320,00 \pm 45,29 | 316,66 \pm 37,88 | 0,53 |

* Diferença significativa $P < 0,05$.

O desempenho nos 400m (Quark = 320 \pm 45,3s e VO2000= 316,66 \pm 37,9s), além de não diferir, foi correlacionado ($r = 0,94$; $p < 0,05$) nas duas situações (figura 3). Dentre os parâmetros de contribuição energética mensurados, somente a C_{eLAT} apresentou correlação significativa ($r = 0,75$; $p < 0,05$).

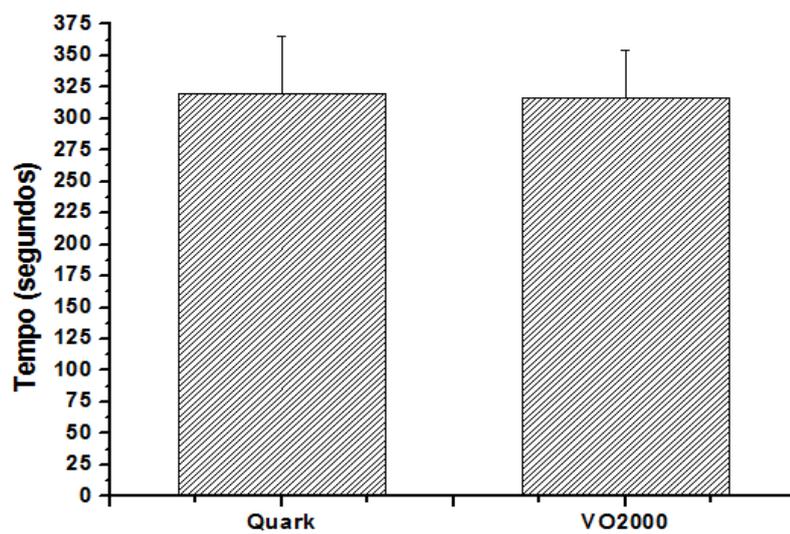


Figura 3. Desempenho (segundos) nos 400m na sessão avaliada pelo analisador de gases Quark e VO2000.

Tabela 3. Coeficiente de correlação das contribuições anaeróbias alática (Ce_{ALA}), lática (Ce_{LAT}), aeróbia (Ce_{AER}), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{RED}$), VO_{2PICO} , desempenho, e percentual das contribuições energéticas após um esforço máximo de 400m (n = 9).

| | Ce_{AER} (L/min-V) | Ce_{ALA} (L/min-V) | Ce_{LAT} (L/min-V) | $MAOD_{RED}$ (L/min-V) | VO_{2PICO} (L/min-V) | Ce_{AER} (L/min-V) % | Ce_{LAT} (L/min-V) % | Ce_{ALA} (L/min-V) % | P400 (seg-V) |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|
| Ce_{AER} (L/min-Q) | 0,28 | 0,35 | 0,79* | 0,34 | 0,21 | -0,59 | 0,55 | 0,24 | -0,77* |
| Ce_{ALA} (L/min-Q) | -0,30 | -0,21 | 0,28 | -0,20 | -0,09 | -0,18 | 0,42 | -0,12 | 0,06 |
| Ce_{LAT} (L/min-Q) | 0,61 | 0,66* | 0,75* | 0,65 | 0,25 | -0,61 | 0,29 | 0,46 | -0,76* |
| $MAOD_{RED}$ (L/min-Q) | 0,45 | 0,52 | 0,80* | 0,52 | 0,19 | -0,63 | 0,42 | 0,37 | -0,67* |
| VO_{2PICO} (L/min-Q) | -0,21 | -0,21 | 0,36 | -0,22 | 0,19 | -0,18 | 0,58 | -0,23 | -0,55 |
| Ce_{AER} (L/min-Q) % | -0,60 | -0,65 | -0,58 | -0,65 | -0,13 | 0,53 | -0,12 | -0,50 | 0,31 |
| Ce_{LAT} (L/min-Q) % | 0,73* | 0,76* | 0,57 | 0,75* | 0,21 | -0,55 | 0,07 | 0,56 | -0,58 |
| Ce_{ALA} (L/min-Q) % | -0,50 | -0,53 | -0,29 | -0,51 | -0,21 | 0,31 | 0,01 | 0,37 | 0,64 |
| P400(seg -Q) | -0,40 | -0,38 | -0,66 | -0,38 | -0,40 | 0,38 | -0,38 | -0,13 | 0,94* |

*p<0,05

6.2. Resultados do Estudo 2

Para a classificação dos grupos de acordo com a maturação biológica para ambos os sexos foi utilizado pilosidade pubiana e não foram encontradas participantes classificados no estágio 1 (P1). A classificação das genitálias foi desconsiderada por apresentar grande variação com os dados de pelos pubianos. A tabela 4 apresenta as características de cada grupo segundo os estágios maturacionais.

Tabela 4. Média \pm desvio padrão da idade (anos), massa corporal (kg), estatura (cm) e percentual de gordura dos grupos separados segundo os estágios maturacionais.

| | P2 (n=4) | P3 (n= 6) | P4 (n=13) | P5 (n=9) |
|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Idade (anos) | 12,50 \pm 1,73 | 13,17 \pm 1,47 | 14,50 \pm 1,34 | 17,70 \pm 2,66 ^{abc} |
| M Corporal (kg) | 44,10 \pm 12,51 | 48,15 \pm 7,47 | 59,48 \pm 7,39 ^a | 68,04 \pm 9,46 ^{abc} |
| Estatura (cm) | 151,20 \pm 12,56 | 157,01 \pm 8,07 | 160,62 \pm 10,06 | 170,92 \pm 6,91 ^{ab} |
| % Gord (%G) | 26,21 \pm 9,62 | 16,90 \pm 7,26 | 19,18 \pm 8,23 | 17,39 \pm 8,37 |

^a, significativamente diferente de P2; ^b, significativamente diferente de P3; ^c, significativamente diferente de P4.

Na tabela 5 estão representados os tempos médios e desvios padrão do desempenho de 400, 100 e 200. A figura 4 apresenta o desempenho nos 400m de cada categoria e os tempos a cada 100 metros. O desempenho do P5 e P4 foi superior ao de P2, contudo apenas o P5 foi superior ao P3.

Tabela 5. Média \pm desvio padrão do tempo em cada esforço máximo para cada grupo segundo o estágio maturacional.

| | P2 (n=4) | P3 (n= 6) | P4 (n=13) | P5 (n=9) |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 400m | 389,90 \pm 27,48 | 349,15 \pm 35,79 | 326,58 \pm 34,20 | 298,11 \pm 29,99 |
| 200m | 187,21 \pm 8,54 | 156,81 \pm 24,63 | 153,32 \pm 12,90 | 140,02 \pm 14,49 |
| 100m | 84,12 \pm 6,11 | 78,67 \pm 7,24 | 70,71 \pm 5,87 | 64,95 \pm 6,30 |

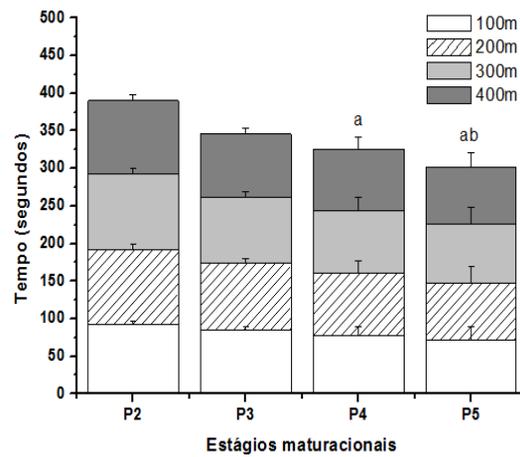


Figura 4. Tempo médio \pm DP nos 400m livres e tempo a cada 100m de prova de cada grupo de acordo com o estágio maturacional. ^a, diferente de P2; ^b, diferente de P3.

Quando comparado o tempo acumulado a cada 100m no esforço máximo de 400m, as velocidades foram superiores em P4 e P5 comparado à P2 (Figura 5).

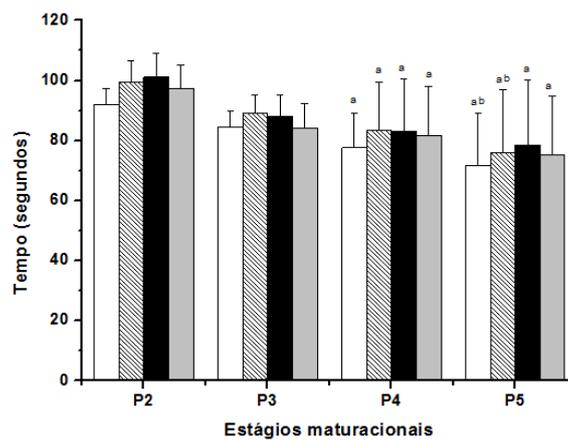


Figura 5. Média \pm DP do tempo a cada 100 metros de esforço máximo de 400m para cada grupo maturacional.

Os grupos P3, P4 e P5 apresentaram desempenho nos 200m superior ao P2 (Figura 6) e as parciais de 50 metros do P4 e P5 foram mais velozes que de P2, enquanto que apenas a terceira parcial de P3 foi maior que a terceira de P2 (Figura 7).

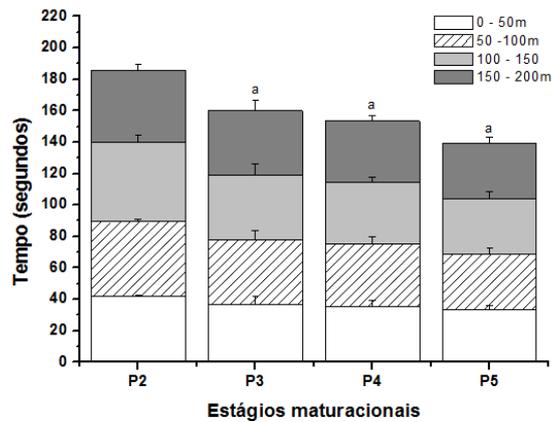


Figura 6. Tempo médio \pm DP nos 200m livres e tempo a cada 50m de prova de cada grupo de acordo com o estágio maturacional. ^a, diferente de P2.

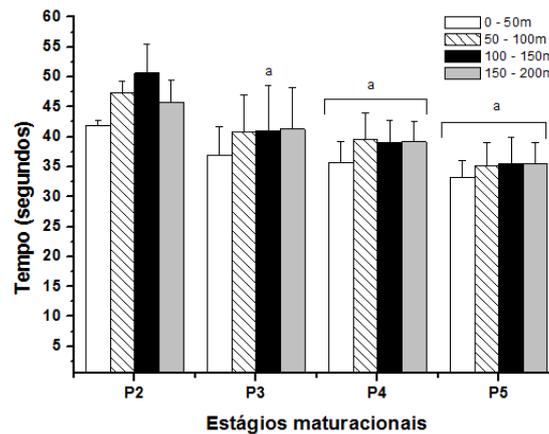


Figura 7. Média \pm DP do tempo a cada 50 metros do esforço máximo de 200m para cada grupo de estágio maturacional. ^a, diferente de P2.

O P4 e P5 apresentaram maior desempenho nos 100m do que o P2 e apenas o P5 foi superior ao P3 (Figura 8). A velocidade de cada parcial de 25m do P5 foi superior ao P2 e as três últimas parciais do P5 foram mais velozes que as do P3 (Figura 9).

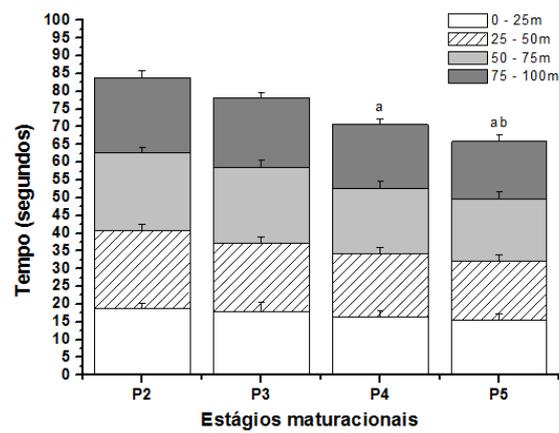


Figura 8. Tempo médio \pm DP nos 100m livres e tempo a cada 25m de prova de cada grupo de acordo com o estágio maturacional. ^a, diferente de P2; ^b, diferente de P3.

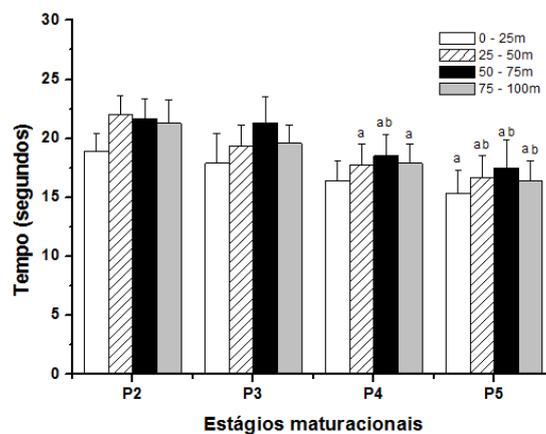


Figura 9. Média \pm DP do tempo a cada 25 metros do esforço máximo de 100m para cada grupo de estágio maturacional. ^a, diferente de P2; ^b, diferente de P3.

A Ce_{LAT} apresentou diferença significativa entre os grupos P2, P3, P4 com o grupo P5, a Ce_{ALA} e a Ce_{AER} não apresentaram diferença entre os grupos, enquanto que o $MAOD_{RED}$ de P5 foi diferente apenas de P3 e P4. A Ce de P5 foi maior do que nos grupos P2, P3, P4 e a $[Lac]_{PICO}$ diferiu entre P2 e P5 (tabela 6).

Tabela 6. Média \pm desvio padrão das variáveis das contribuições energéticas: alática ($C_{e_{ALA}}$), aeróbia ($C_{e_{AER}}$), lática ($C_{e_{LAT}}$), máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{RED}$) e da concentração pico de lactato sanguíneo ($[Lac]_{PICO}$).

| | P2 (n=4) | P3 (n= 6) | P4 (n=13) | P5 (n=9) |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| $C_{e_{ALA}}$ (L) | 1,57 \pm 1,20 | 1,38 \pm 0,42 | 1,50 \pm 0,63 | 2,11 \pm 0,66 |
| $C_{e_{LAT}}$ (L) | 0,56 \pm 0,30 | 0,70 \pm 0,34 | 1,01 \pm 0,51 | 1,75 \pm 0,83 ^{abc} |
| $C_{e_{AER}}$ (L) | 1,67 \pm 0,33 | 2,19 \pm 0,61 | 2,45 \pm 0,70 | 2,86 \pm 1,07 |
| $MAOD_{RED}$ (L) | 2,13 \pm 1,24 | 2,08 \pm 0,73 | 2,48 \pm 1,12 | 3,87 \pm 1,12 ^{bc} |
| C_e (L) | 3,81 \pm 1,22 | 4,27 \pm 1,28 | 4,94 \pm 1,58 | 6,73 \pm 1,57 ^{abc} |
| $C_{e_{ALA}}$ (Kj) | 32,85 \pm 25,22 | 28,88 \pm 11,07 | 31,42 \pm 13,34 | 44,18 \pm 13,93 |
| $C_{e_{LAT}}$ (Kj) | 11,85 \pm 8,03 | 14,63 \pm 7,21 | 21,11 \pm 10,79 | 36,70 \pm 17,49 ^{abc} |
| $MAOD_{RED}$ (Kj) | 44,71 \pm 26,00 | 43,52 \pm 15,33 | 51,95 \pm 23,44 | 70,87 \pm 29,58 ^{bc} |
| $C_{e_{AER}}$ (mL/Kg) | 39,53 \pm 9,43 | 45,65 \pm 10,57 | 41,02 \pm 9,33 | 42,26 \pm 14,86 |
| $[Lac]_{PICO}$ (mM/L) | 5,18 \pm 0,79 | 5,81 \pm 1,92 | 7,51 \pm 2,26 | 9,54 \pm 3,80 ^a |

^a, significativamente diferente de P2; ^b, significativamente diferente de P3; ^c, significativamente diferente de P4

Apesar da maior $C_{e_{LAT}}$ no esforço de 400m para o grupo P5, nenhuma diferença foi observada entre a porcentagem de contribuição dos metabolismos, apesar de uma aparente maior contribuição do metabolismo anaeróbio lático (Figura 10).

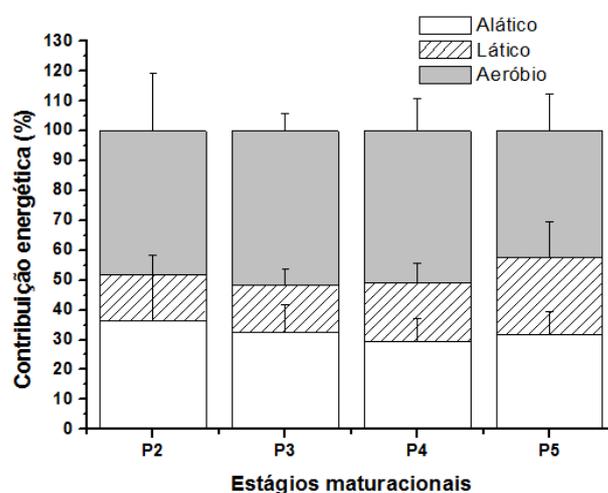


Figura 10. Média e desvio padrão das contribuições energética em porcentagem de cada metabolismo durante o esforço de 400m.

O VO_{2PICO} relativo de P2, P3, P4 e P5 não diferiram ($54,96 \pm 10,83 \text{ mL}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $62,43 \pm 10,60 \text{ mL}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $55,22 \pm 10,51 \text{ mL}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e $56,68 \pm 13,48 \text{ mL}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente), enquanto que foram encontradas diferenças nos valores absolutos de P2 e P5 ($2,34 \pm 0,42 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ vs. $3,85 \pm 1,10 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente) (Figura 11 e 12).

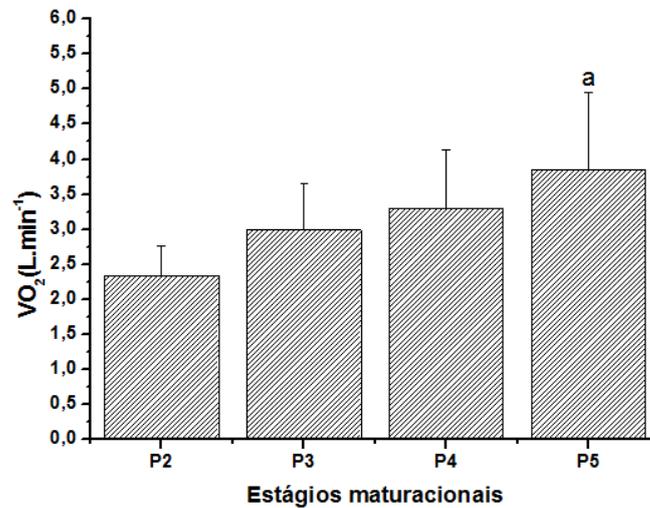


Figura 11. Média e desvio padrão do consumo pico de oxigênio absoluto de acordo com o estágio maturacional. ^a, diferente de P2.

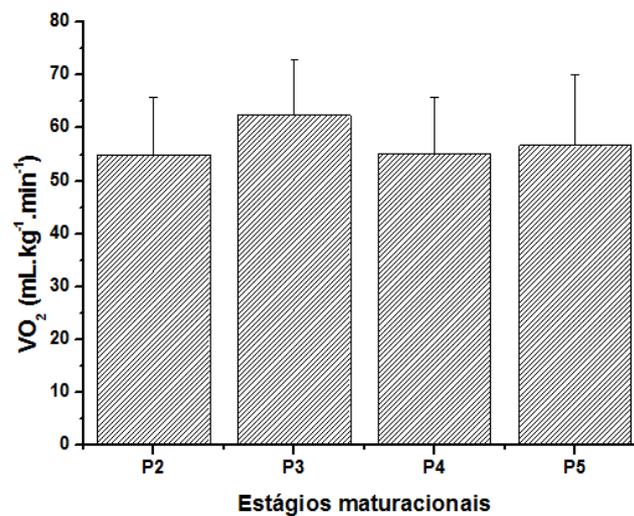


Figura 12. Média e desvio padrão do consumo pico de oxigênio relativo ao peso corporal dos grupos de acordo com estágio maturacional.

Os parâmetros de braçadas dos grupos de acordo com o estágio maturacional estão apresentados na tabela 6. O IB do P5 foi diferente do P2 durante o esforço de 400m. No esforço de 200m P5 e P4 apresentaram IB e CB superiores ao de P2, enquanto os parâmetros também foram superiores em P5 do que em P3. No esforço de 100m, P5 apresentou maior IB e CB do que os outros grupos.

Tabela 7. Média \pm desvio padrão dos parâmetros mecânicos do nado em cada esforço (400m, 200m e 100m no nado livre). Número de braçadas (NB), índice de braçada (IB), comprimento de braçada (CB) e frequência de braçada (FB).

| 400m | P2 | P3 | P4 | P5 |
|----------|--------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| NB | 315,75 \pm 73,67 | 265,00 \pm 20,90 | 267,57 \pm 48,77 | 277,10 \pm 35,10 |
| IB (au) | 1,35 \pm 0,33 | 1,74 \pm 0,18 | 1,91 \pm 0,43 | 1,99 \pm 0,34 ^a |
| CB(m) | 1,29 \pm 0,27 | 1,051 \pm 0,11 | 1,53 \pm 0,26 | 1,46 \pm 0,16 |
| FB (m/s) | 0,80 \pm 0,15 | 0,76 \pm 0,11 | 0,81 \pm 0,12 | 0,92 \pm 0,09 |
| 200m | P2 | P3 | P4 | P5 |
| NB | 200,00 \pm 14,30 | 163,83 \pm 20,47 | 148,28 \pm 16,00 ^a | 135,00 \pm 17,86 ^a |
| IB (au) | 1,12 \pm 0,30 | 1,63 \pm 0,46 | 1,80 \pm 0,32 ^a | 2,18 \pm 0,42 ^{ab} |
| CB(m) | 1,04 \pm 0,24 | 1,23 \pm 0,16 | 1,36 \pm 0,14 ^a | 1,50 \pm 0,17 ^{ab} |
| FB (m/s) | 1,06 \pm 0,23 | 1,05 \pm 0,10 | 0,96 \pm 0,73 | 0,96 \pm 0,85 |
| 100m | P2 | P3 | P4 | P5 |
| NB | 100,50 \pm 17,17 | 84,83 \pm 6,61 | 82,28 \pm 12,56 ^a | 73,60 \pm 8,19 ^a |
| IB (au) | 1,21 \pm 0,26 | 1,52 \pm 0,23 | 1,76 \pm 0,31 | 2,85 \pm 1,36 ^{abc} |
| CB(m) | 1,01 \pm 0,15 | 1,18 \pm 0,08 | 1,23 \pm 0,15 | 1,79 \pm 0,70 ^{abc} |
| FB (m/s) | 1,18 \pm 0,13 | 1,08 \pm 0,08 | 1,16 \pm 0,14 | 1,13 \pm 0,12 |

^a, significativamente diferente de P2; ^b, significativamente diferente de P3; ^c, significativamente diferente de P4.

As médias e desvios padrão da composição corporal de cada grupo estão apresentados na tabela 8. Foi encontrada diferença significativa para a massa muscular total (MMT) entre P5 e P2, P5 e P3, e P4 e P2. A massa muscular de braço (MM_Brs) foi superior em P5 comparado aos outros grupos. A massa muscular de perna (MM_Pers) e massa muscular de tronco (MM_Tr) foram superiores em P5 e P4 comparado à P2 e apenas em P5 comparado à P3. Nenhuma diferença foi observada entre a massa de gordura total ou de membros entre os grupos.

Tabela 8. Média \pm desvio padrão das variáveis de composição corporal de cada grupo. Massa magra total (MMT), massa magra dos braços (MM_Brs), massa magra do tronco (MM_Tr), massa magra das pernas (MM_Pers), massa gorda total (MGT), massa gorda dos braços (MG_Brs) e massa gorda das pernas (MG_Pers).

| | P2 (n=4) | P3 (n= 6) | P4 (n=13) | P5 (n=9) |
|-------------|------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| MMT (Kg) | 32,37 \pm 5,98 | 39,97 \pm 6,80 | 46,09 \pm 7,60 ^a | 53,12 \pm 8,11 ^{ab} |
| MM_Brs(Kg) | 3,78 \pm 0,74 | 4,52 \pm 1,06 | 5,50 \pm 1,25 | 7,11 \pm 1,35 ^{abc} |
| MM_Tr(Kg) | 13,92 \pm 2,80 | 17,71 \pm 2,89 | 20,42 \pm 3,09 ^a | 22,98 \pm 3,44 ^{ab} |
| MM_Pers(Kg) | 11,48 \pm 2,00 | 14,16 \pm 2,92 | 16,39 \pm 3,21 ^a | 19,27 \pm 3,50 ^{ab} |
| MGT (Kg) | 11,93 \pm 5,95 | 8,01 \pm 3,10 | 11,58 \pm 5,41 | 12,12 \pm 6,94 |
| MG_Brs(Kg) | 0,46 \pm 0,23 | 0,17 \pm 0,07 | 0,56 \pm 0,15 | 0,57 \pm 0,19 |
| MG_Tr(Kg) | 5,43 \pm 3,14 | 7,52 \pm 8,58 | 5,36 \pm 2,66 | 5,84 \pm 3,85 |
| MG_Pers(Kg) | 5,12 \pm 2,21 | 3,36 \pm 1,13 | 4,95 \pm 2,24 | 4,98 \pm 2,55 |

^a, significativamente diferente de P2; ^b, significativamente diferente de P3; ^c, significativamente diferente de P4

Tabela 9. Coeficientes de correlação entre a velocidade nos 100, 200 e 400m com o número de braçadas (NB), índice de braçada (IB), comprimento de braçada (CB) e frequência de braçada (FB) e com a massa magra total (MMT), massa magra dos braços (MM_Brs), massa magra do tronco (MM_Tr), massa magra das pernas (MM_Pers), (n = 34).

| | Velocidade 100m (m·s ⁻¹) | Velocidade 200m (m·s ⁻¹) | Velocidade 400m (m·s ⁻¹) |
|------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| NB | -0,67* | -0,74* | -0,42* |
| FB(m/s) | 0,14 | -0,07 | 0,37* |
| CB(m) | 0,71* | 0,80* | 0,40* |
| IB(au) | 0,80* | 0,94* | 0,80* |
| MMT(Kg) | 0,83* | 0,79* | 0,84* |
| MM_Brs(Kg) | 0,84* | 0,79* | 0,84* |
| MM_Tr(Kg) | 0,82* | 0,78* | 0,84* |
| MM_Per(Kg) | 0,81* | 0,74* | 0,80* |

* p < 0,05

A estratégia da prova foi investigada a partir da percentagem da velocidade média da prova. O comportamento da velocidade durante os 100m foi semelhante entre os grupos, e, pode ser descrita como uma parábola invertida (Figura 13).

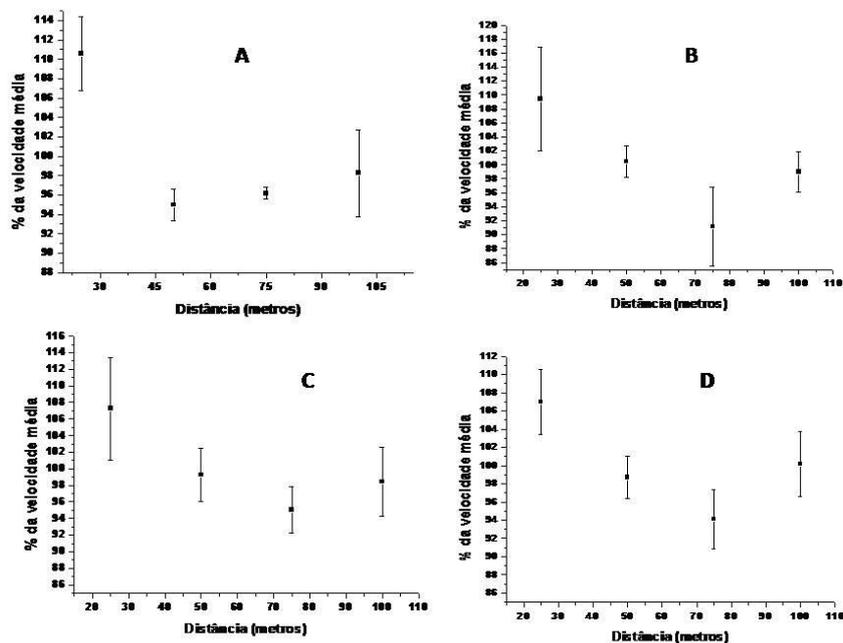


Figura 13. Média e desvio padrão da percentagem da velocidade média dos 100m para o grupo P2 (A), P3 (B), P4 (C) e P5 (D).

A estratégia para o esforço de 200m apresentou um comportamento de parábola mais acentuada para o P2, enquanto que P3, P4 e P5 apresentaram uma estratégia de início rápido seguido de manutenção da velocidade (Figura 14).

O esforço de 400m apresentou a mesma característica da percentagem da velocidade média em todos os grupos. Após o começo rápido houve um declínio e manutenção da velocidade e, esta, posteriormente sofreu um aumento discreto (Figura 15).

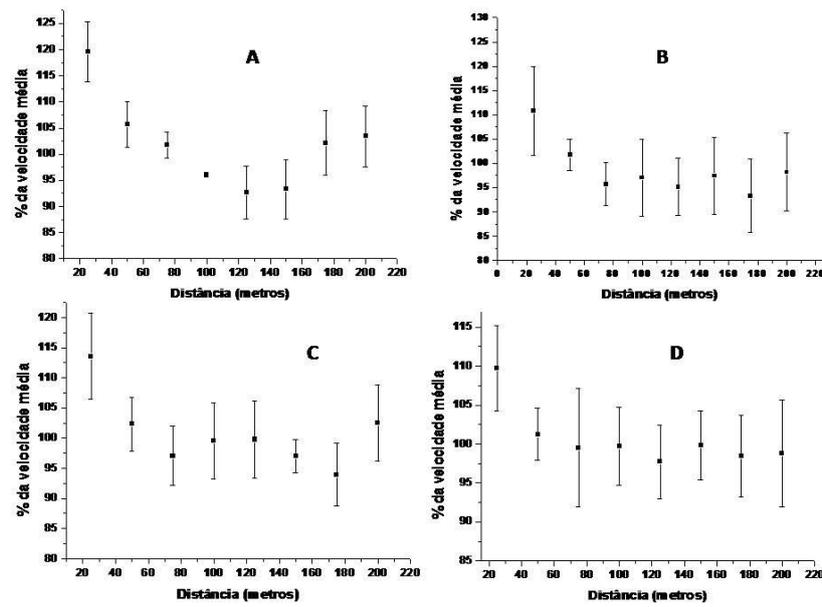


Figura 14. Média e desvio padrão da porcentagem da velocidade média dos 200m para o grupo P2 (A), P3 (B), P4 (C) e P5 (D).

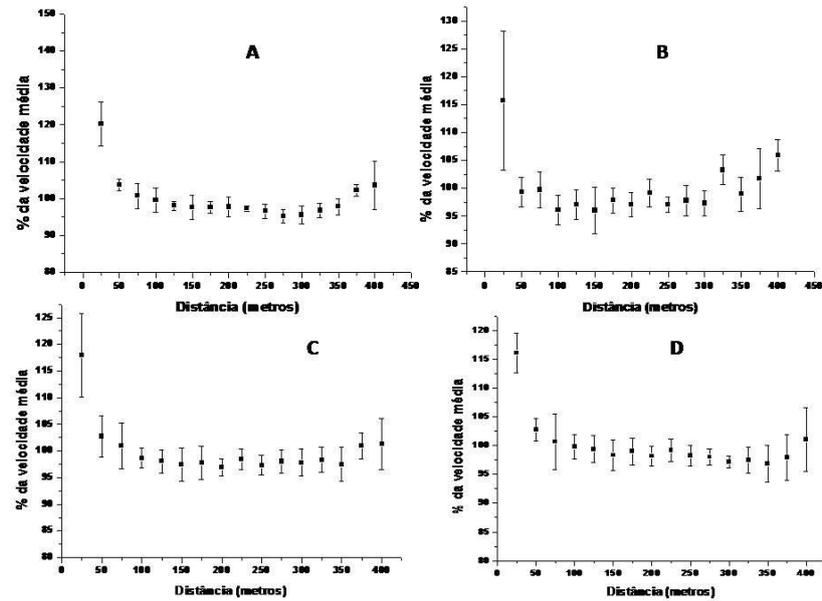


Figura 15. Média e desvio padrão da porcentagem da velocidade média dos 400m para o grupo P2 (A), P3 (B), P4 (C) e P5 (D).

A velocidade nos 400 metros apresentou correlações moderadas com as contribuições aeróbias e anaeróbias, VO_{2PICO} e a CA (tabela 10).

Tabela 10. Correlações entre variáveis fisiológicas, consumo pico de oxigênio (VO_{2PICO}), contribuição energética anaeróbia alática (C_{eALA}) e lática (C_{eLAT}), capacidade anaeróbia (C_{ANA}), custo energético total (CE) e o desempenho nos 400m livre.

| Velocidade 400m | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------|------------------------|-------------------------|----------------------|---------------|
| VO_{2PICO} (L) | C_{eALA} (L) | C_{eLAT} (L) | C_{eAER} (L) | C_{ANA} (L) | CE (L) | LAC_{PICO} (Mm/L) | VO_{2PICO} (mL/Kg) | C_{ANA} (mL/Kg) | CE (mL/Kg) |
| 0,65 | 0,64 | 0,74 | 0,52 | 0,81 | 0,82 | 0,60 | 0,01 | 0,53* | 0,43* |

* $p < 0,05$

De acordo com a idade cronológica os atletas foram divididos no grupo petiz (Gpet), infantil (Ginf), juvenil (Gjuv) e júnior e sênior (Gsen). Para classificação dos grupos de acordo com a idade cronológica os atletas da categoria sênior e júnior foram agrupados em um mesmo grupo. Isso foi feito devido ao baixo número de atletas na categoria sênior ($n = 3$).

A tabela 11 apresenta as características de cada grupo segundo a idade cronológica.

Tabela 11. Média \pm desvio padrão da idade (anos), massa corporal (kg), estatura (cm) e percentual de gordura dos grupos separados segundo a idade cronológica.

| | Gpet (n=6) | Ginf (n= 10) | Gjuv (n=10) | Gsen (n=8) |
|----------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Idade | 11,83 \pm 0,41 | 13,50 \pm 0,52 ^a | 15,20 \pm 0,42 ^{ab} | 18,88 \pm 1,72 ^{abc} |
| Massa Corporal | 42,65 \pm 8,32 | 57,03 \pm 8,73 ^a | 60,01 \pm 7,94 ^a | 69,02 \pm 9,44 ^{ab} |
| Estatura | 154,48 \pm 12,43 | 158,84 \pm 11,14 | 160,60 \pm 6,75 | 172,95 \pm 6,15 ^{abc} |
| % Gord | 20,02 \pm 9,18 | 17,99 \pm 7,79 | 22,14 \pm 8,35 | 16,14 \pm 9,01 |

^a, significantemente diferente de Gpet; ^b, significantemente diferente de Ginf; ^c, significantemente diferente de Gjuv

A tabela 12 apresenta o desempenho de cada grupo no esforço máximo de 100, 200 e 400m, enquanto que a figura 5 mostra a parcial a cada 100m do esforço máximo de 400m. Foi encontrada diferença significativa entre o desempenho nos 400m livres do Gpet com Ginf e Gsen. Além disso, uma tendência à diferença foi observada entre Gpet

e Gjuv ($p = 0,05$). Na tabela 12 e figura 16 é importante observar que o desempenho nos 400m do Gjuv foi bem semelhante ao Ginf, o mesmo para as parciais a cada 100m.

Tabela 12. Média \pm desvio padrão do tempo em cada esforço máximo para cada grupo segundo a idade cronológica.

| | Gpet (n=6) | Ginf (n= 10) | Gjuv (n=10) | Gsen (n=8) |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 400m | 377,51 \pm 24,32 | 330,63 \pm 37,29 | 331,08 \pm 37,35 | 290,70 \pm 26,45 |
| 200m | 178,49 \pm 15,38 | 151,46 \pm 16,16 | 155,66 \pm 17,91 | 136,79 \pm 13,34 |
| 100m | 83,14 \pm 4,98 | 71,37 \pm 5,76 | 72,82 \pm 8,24 | 63,41 \pm 4,99 |

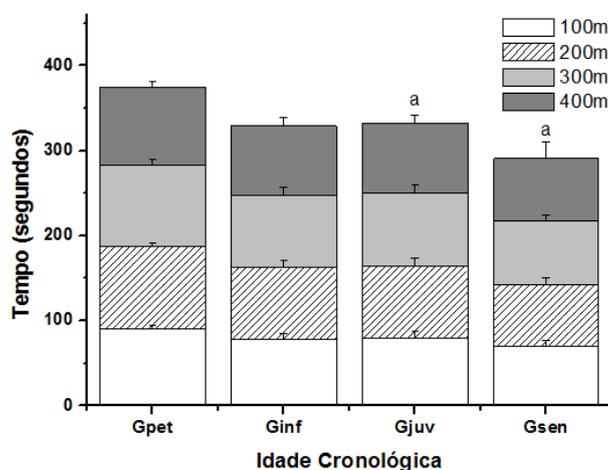


Figura 16. Tempo médio \pm DP nos 400m livres e tempo a cada 100m de prova de cada grupo de acordo com a idade cronológica. ^a, diferente de Gpet.

A figura 17 mostra as diferenças entre os grupos de idade cronológica nas parciais a cada 100m do esforço máximo de 400m livres. Todas as parciais do Gsen foram superiores à do Gpet. Apenas a última parcial do Gsen não foi superior da parcial do Gjuv.

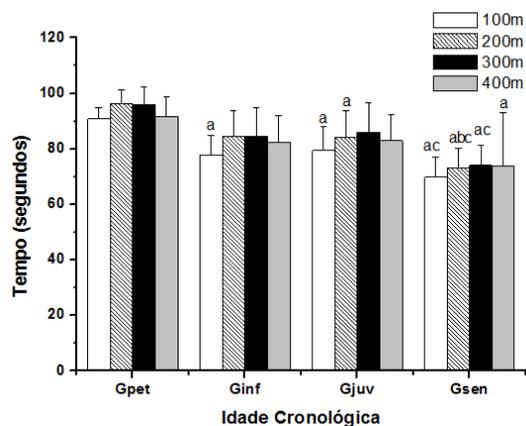


Figura 17. Média \pm DP do tempo a cada 100 metros do esforço máximo de 400m para cada grupo com a idade cronológica. ^a, diferente de Gpet; ^b, diferente de Ginf; ^c, diferente do Gjuv.

O desempenho dos 200m do Gpet foi inferior aos outros grupos de idade cronológica, porém, nenhuma diferença foi encontrada entre Ginf, Gjuv e Gsen (figura 18). Houve uma tendência ($p = 0,06$) para diferença de performance entre Gsen e Gjuv.

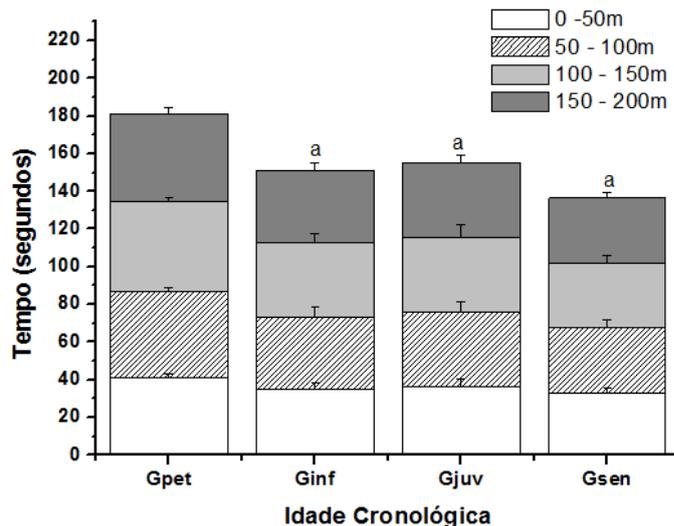


Figura 18. Tempo médio \pm DP nos 200m livres e tempo a cada 50m de prova de cada grupo de acordo com a idade cronológica. ^a, diferente de Gpet.

As três primeiras parciais de 50m do esforço de 200m apresentaram comportamento semelhante à performance (Gpet inferior aos outros grupos). Apenas na última parcial, Gsen apresentou desempenho superior ao Gjuv (Figura 19).

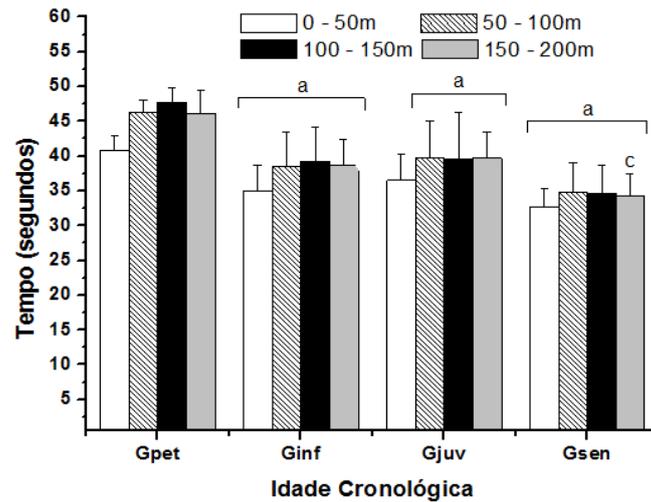


Figura 19. Média \pm DP do tempo a cada 50 metros do esforço máximo de 200m para cada grupo de idade cronológica. ^a, diferente de Gpet; ^c, diferente de Gjuv

Assim como no esforço máximo de 100m, o Gpet obteve desempenho inferior aos outros três grupos de idade cronológica. As diferenças entre as parciais a cada 25m estão apresentadas na figura 20.

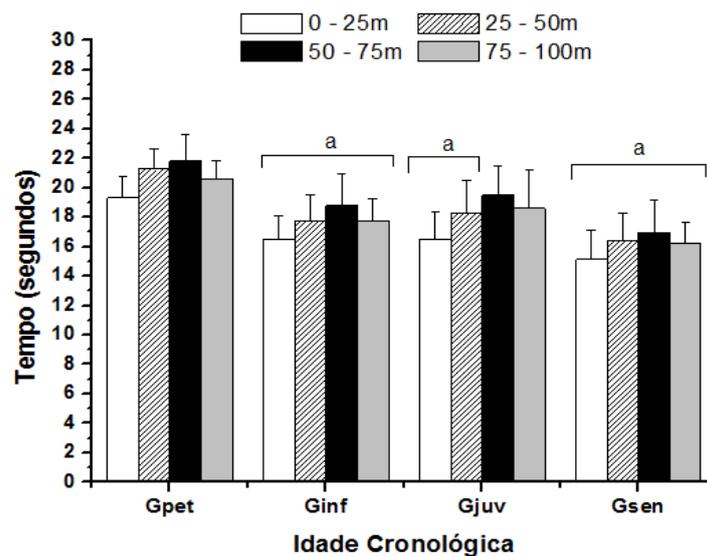


Figura 20. Média \pm DP do tempo a cada 25 metros do esforço máximo de 100m para cada grupo idade cronológica. ^a, diferente de Gpet.

O Gsen apresentou maior contribuição láctica (L e kj) e MAOD_{red} do que os outros grupos e Ce do que o Gpet e Ginf. O MAODred (kj) foi superior no Gsen comparado ao Gpet (tabela 13).

Tabela 13. Média \pm desvio padrão das variáveis das contribuições energéticas: alática (Ce_{ALA}), aeróbia (Ce_{AER}), láctica (Ce_{LAT}), máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD_{RED}), custo energético (CE) e da concentração pico de lactato sanguíneo ([Lac]_{PICO}) dos diferentes grupos de acordo com a idade cronológica.

| | Gpet (n=6) | Ginf (n=10) | Gjuv (n=10) | Gsen (n=8) |
|-------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|
| Ce _{ALA} (L) | 1,34 \pm 1,01 | 1,45 \pm 0,68 | 1,67 \pm 0,48 | 2,17 \pm 0,68 |
| Ce _{LAT} (L) | 0,58 \pm 0,26 | 0,78 \pm 0,39 | 1,04 \pm 0,45 | 2,03 \pm 0,75 ^{abc} |
| Ce _{AER} (L) | 2,01 \pm 0,57 | 2,40 \pm 0,79 | 2,48 \pm 0,86 | 2,74 \pm 1,04 |
| MAOD _{RED} (L) | 1,92 \pm 1,02 | 2,20 \pm 1,09 | 2,72 \pm 0,83 | 4,21 \pm 0,93 ^{abc} |
| CE (L) | 3,93 \pm 1,25 | 4,60 \pm 1,65 | 5,20 \pm 1,57 | 6,96 \pm 1,29 ^{ab} |
| Ce _{ALA} (Kj) | 28,04 \pm 21,13 | 30,41 \pm 14,43 | 34,98 \pm 10,11 | 45,53 \pm 14,31 |
| Ce _{LAT} (Kj) | 12,19 \pm 5,45 | 16,46 \pm 8,20 | 21,91 \pm 9,40 | 42,61 \pm 15,69 ^{abc} |
| MAOD _{RED} (Kj) | 40,23 \pm 21,44 | 46,07 \pm 22,95 | 56,89 \pm 17,36 | 75,63 \pm 31,14 ^a |
| MAOD _{RED} (mL/Kg) | 56,02 \pm 28,32 | 47,12 \pm 19,17 | 63,38 \pm 13,32 | 81,37 \pm 10,56 ^b |
| CE (mL/Kg) | 116,21 \pm 27,30 | 99,23 \pm 26,47 | 118,91 \pm 20,55 | 132,15 \pm 21,46 |
| Ce _{AER} (mL/Kg) | 46,95 \pm 8,10 | 41,82 \pm 10,61 | 40,75 \pm 10,51 | 40,18 \pm 14,83 |
| [Lac] _{PICO} (mL/Kg) | 5,54 \pm 1,21 | 6,57 \pm 2,01 | 6,96 \pm 2,21 | 10,94 \pm 3,38 ^a |

^a, significativamente diferente de Gpet; ^b, significativamente diferente de Ginf; ^c, significativamente diferente de Gjuv.

Assim como na contribuição em L e Kj, a porcentagem de contribuição anaeróbia láctica foi superior no Gsen do que nos outros grupos de idade cronológica (Figura 21).

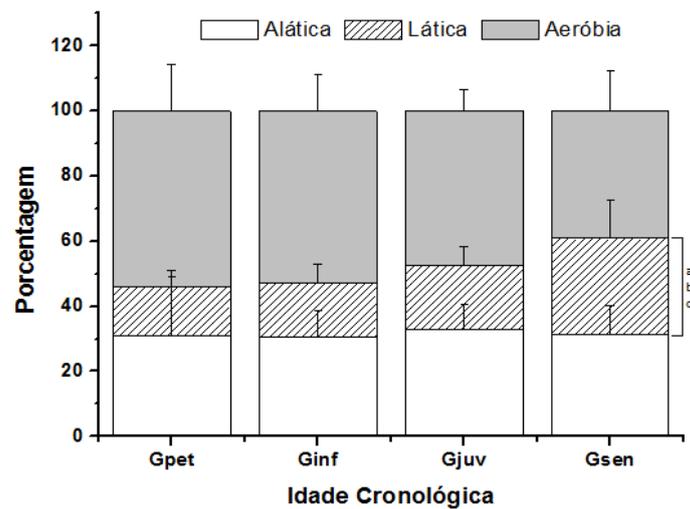


Figura 21. Média e desvio padrão das contribuições energética em porcentagem de cada metabolismo durante o esforço de 400m. ^a, significativamente diferente de Gpet; ^b, significativamente diferente de Ginf; ^c, significativamente diferente de Gjuv.

Não foi observada nenhuma diferença estatística entre o VO_{2PICO} absoluto entre Gpet, Ginf, Gjuv e Gsen ($2,68 \pm 0,65 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, $3,29 \pm 0,86 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, $3,26 \pm 0,97 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e $3,81 \pm 1,10 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente), e relativo ($62,84 \pm 7,10 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $57,60 \pm 11,19 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $53,83 \pm 11,43 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e $55,36 \pm 13,82 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente) (Figura 22 e 23).

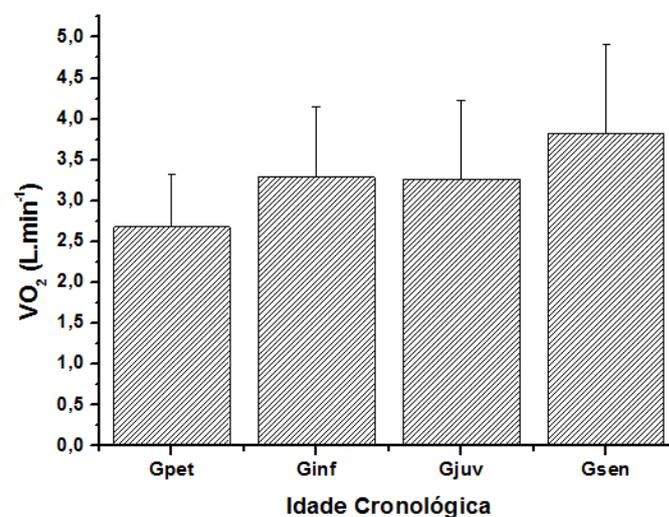


Figura 22. Média e desvio padrão do consumo pico de oxigênio absoluto de acordo com a idade cronológica.

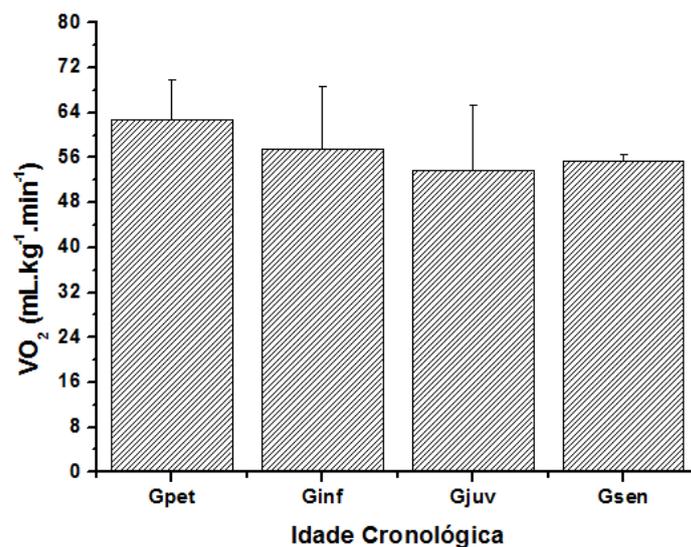


Figura 23. Média e desvio padrão do consumo pico de oxigênio relativo ao peso corporal dos grupos de acordo com a idade cronológica.

Os valores de consumo pico de oxigênio relativo à massa magra não foram diferentes entre os grupos (figura 24)

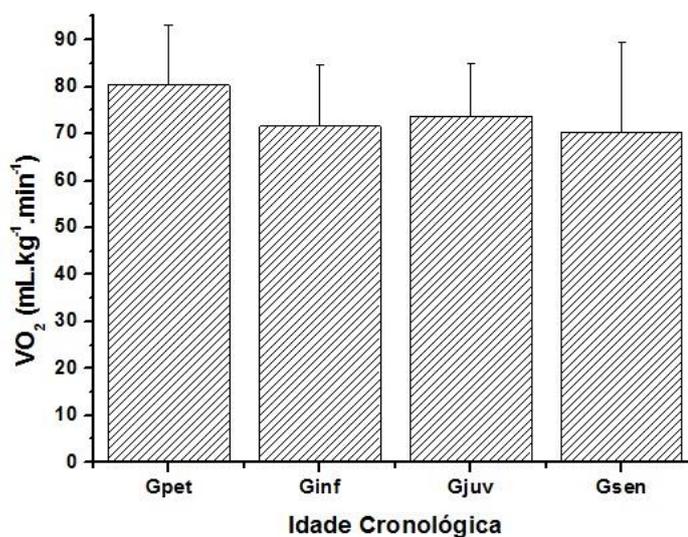


Figura 24. Média e desvio padrão do consumo pico de oxigênio relativo à massa magra dos grupos de acordo com a idade cronológica.

Os parâmetros mecânicos de nado estão apresentados na tabela 14. O IB de Gsen durante os 400m foi superior ao Gpet, enquanto que o FB do Gsen foi superior ao Gpet

e Ginf. Nos 200m nado livre, o Gsen apresentou maior NB, IB e CB do que Gpet. Nos 100m o IB e CB de Gpet foi superior do que os outros grupos.

Tabela14. Média \pm desvio padrão dos parâmetros mecânicos do nado em cada esforço (400m, 200m e 100m no nado livre). Número de braçadas (NB), índice de braçada (IB), comprimento de braçada (CB) e frequência de braçada (FB).

| 400m | Gpet | Ginf | Gjuv | Gsen |
|----------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| NB | 290,33 \pm 66,85 | 257,40 \pm 41,11 | 282,90 \pm 40,09 | 278,12 \pm 40,18 |
| IB (au) | 1,52 \pm 0,31 | 1,95 \pm 0,40 | 1,76 \pm 0,34 | 2,04 \pm 0,39 ^a |
| CB(m) | 1,41 \pm 0,26 | 1,58 \pm 0,23 | 1,44 \pm 0,21 | 1,46 \pm 0,18 |
| FB (m/s) | 0,76 \pm 0,14 | 0,77 \pm 0,91 | 0,86 \pm 0,12 | 0,95 \pm 0,07 ^{ab} |
| 200m | Gpet | Ginf | Gjuv | Gsen |
| NB | 189,66 \pm 38,21 | 146,20 \pm 15,09 ^a | 152,30 \pm 22,84 ^a | 135,75 \pm 20,20 ^a |
| IB (au) | 1,23 \pm 0,27 | 1,85 \pm 0,33 ^a | 1,75 \pm 0,40 | 2,22 \pm 0,46 ^a |
| CB(m) | 1,08 \pm 0,19 | 1,37 \pm 0,12 ^a | 1,33 \pm 0,19 ^a | 1,50 \pm 0,20 ^a |
| FB (m/s) | 1,06 \pm 0,19 | 0,96 \pm 0,07 | 0,97 \pm 0,10 | 0,98 \pm 0,07 |
| 100m | Gpet | Ginf | Gjuv | Gsen |
| NB | 93,33 \pm 16,77 | 82,80 \pm 13,97 | 81,40 \pm 10,28 | 74,62 \pm 8,86 ^a |
| IB (au) | 1,32 \pm 0,26 | 1,74 \pm 0,31 | 1,74 \pm 0,38 | 3,04 \pm 1,46 ^{abc} |
| CB(m) | 1,09 \pm 0,16 | 1,23 \pm 0,16 | 1,24 \pm 0,15 | 1,87 \pm 0,77 ^{abc} |
| FB (m/s) | 1,11 \pm 0,15 | 1,16 \pm 0,16 | 1,11 \pm 0,07 | 1,17 \pm 0,11 |

^a, significativamente diferente de Gpet; ^b, significativamente diferente de Ginf; ^c, significativamente diferente de Gjuv.

Os valores de composição corporal de cada grupo de acordo com a idade cronológica estão apresentados na Tabela 15. O Gsen apresentou maior MMT, MM_Brs e MM_Tr do que todos os outros grupos de idade cronológica. Ginf e Gjuv apresentaram maior massa magra total, no braço e no tronco do que Gpet. Nenhuma diferença foi encontrada na massa gorda entre os grupos.

Tabela 15. Média \pm desvio padrão das variáveis de composição corporal de cada grupo. Massa magra total (MMT), massa magra dos braços (MM_Brs), massa magra do tronco (MM_Tr), massa magra das pernas (MM_Pers), massa gorda total (MGT), massa gorda dos braços (MG_Brs) e massa gorda das pernas (MG_Pers).

| | Gpet (n=6) | Ginf (n= 10) | Gjuv (n=10) | Gsen (n=8) |
|-------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| MMT (Kg) | 33,39 \pm 5,45 | 45,75 \pm 6,56 ^a | 44,52 \pm 7,40 ^a | 55,45 \pm 8,18 ^{abc} |
| MM_Brs(Kg) | 3,73 \pm 0,72 | 5,32 \pm 0,99 ^a | 5,52 \pm 1,40 ^a | 7,50 \pm 1,12 ^{abc} |
| MM_Tr(Kg) | 14,70 \pm 3,01 | 20,06 \pm 2,74 ^a | 19,45 \pm 2,71 ^a | 24,34 \pm 3,20 ^{abc} |
| MM_Pers(Kg) | 11,71 \pm 1,56 | 16,59 \pm 2,82 ^a | 15,90 \pm 3,39 | 19,72 \pm 3,87 ^a |
| MGT (Kg) | 8,56 \pm 3,86 | 10,05 \pm 4,06 | 13,63 \pm 5,82 | 11,57 \pm 7,76 |
| MG_Brs(Kg) | 0,54 \pm 0,37 | 0,56 \pm 0,25 | 0,96 \pm 0,63 | 0,83 \pm 0,64 |
| MG_Tr(Kg) | 3,74 \pm 1,93 | 4,55 \pm 1,99 | 8,93 \pm 6,35 | 5,81 \pm 4,39 |
| MG_Pers(Kg) | 3,82 \pm 1,49 | 4,46 \pm 1,86 | 5,66 \pm 2,47 | 4,48 \pm 2,62 |

^a, significativamente diferente de Gpet; ^b, significativamente diferente de Ginf; ^c, significativamente diferente de Gjuv.

A estratégia da prova foi investigada a partir da porcentagem da velocidade média do esforço. O comportamento nos 100m livres foi semelhante entre os grupos e, pode ser descrito como uma parábola invertida.

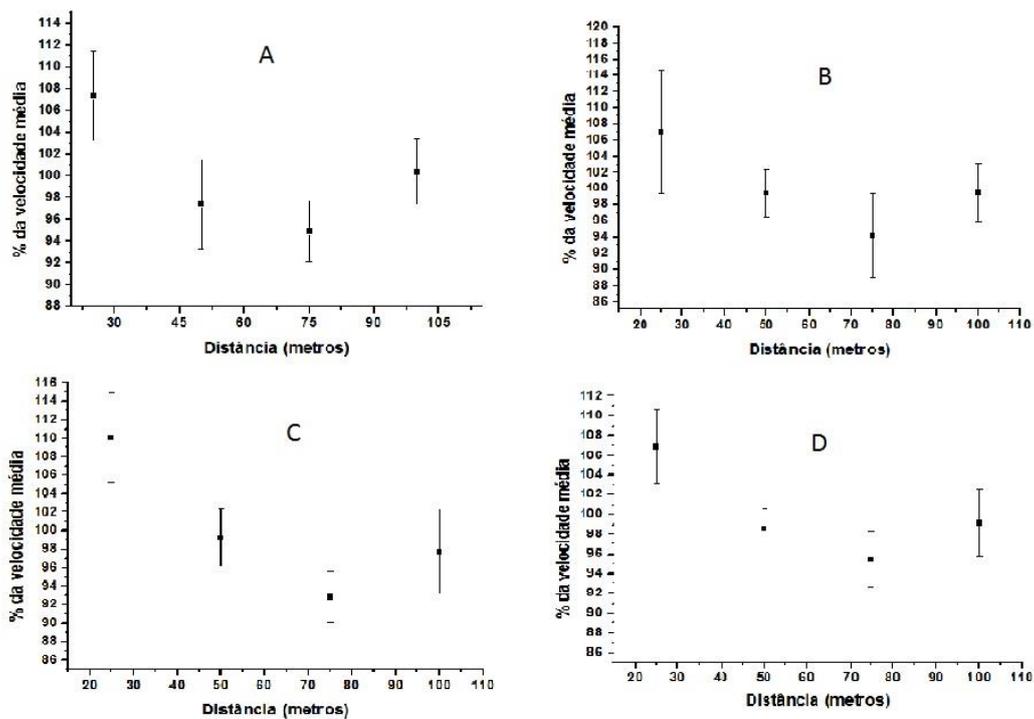


Figura 25. Média e desvio padrão da porcentagem da velocidade média dos 100m para o grupo Gpet (A), Ginf (B), Gjuv (C) e Gsen (D).

A estratégia para o esforço de 200m apresentou comportamento de parábola invertida (U) para o Gpet, enquanto que os outros grupos iniciaram o esforço com maior velocidade, seguido de uma manutenção da velocidade.

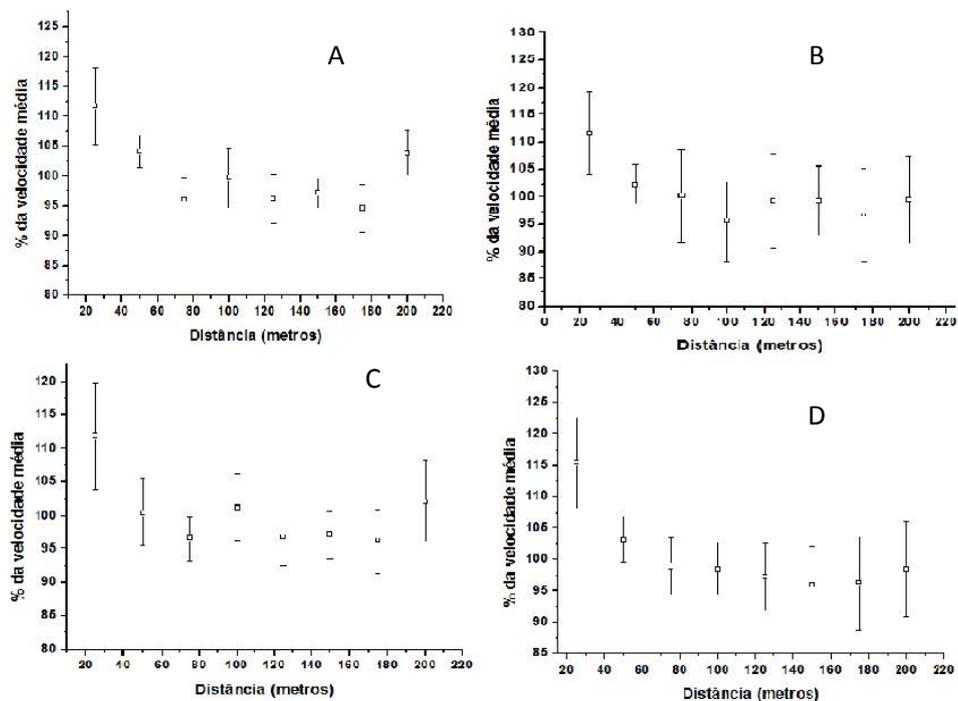


Figura 26. Média e desvio padrão da porcentagem da velocidade média dos 200m para o grupo Gpet (A), Ginf (B), Gjuv (C) e Gsen (D).

O esforço de 400m apresentou a mesma característica da porcentagem da velocidade média em todos os grupos. Após o começo rápido houve um declínio e manutenção da velocidade e, esta, posteriormente sofreu um aumento discreto (Figura 27).

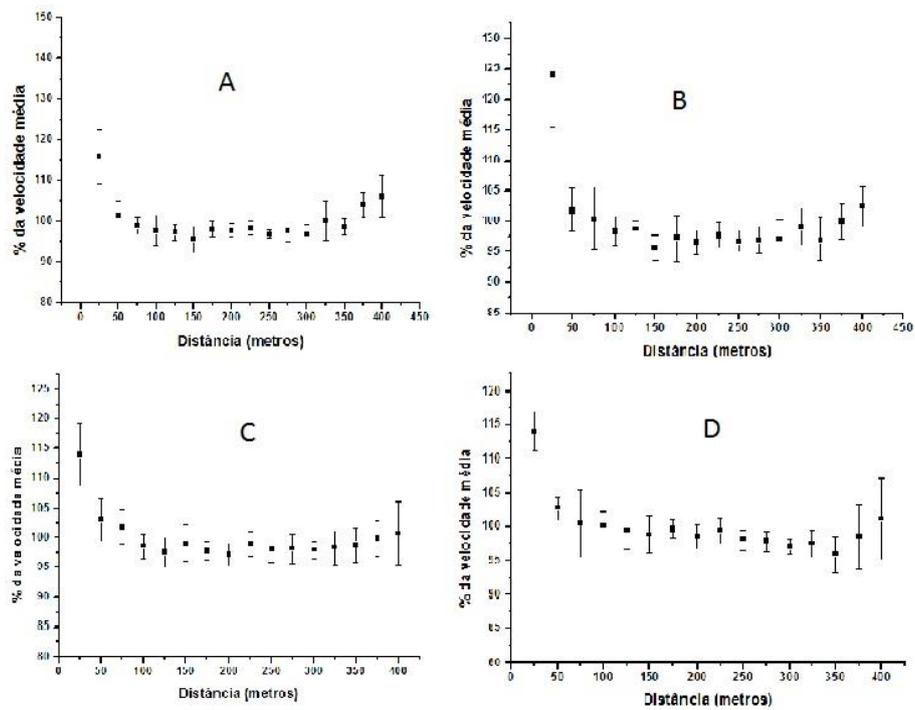


Figura 27. Média e desvio padrão da porcentagem da velocidade média dos 400m para o grupo Gpet (A), Ginf (B), Gjuv (C) e Gsen (D).

7. DISCUSSÃO

7.1. Discussão do Estudo 1

O objetivo do presente estudo foi comparar os valores de contribuição aeróbia e anaeróbia de nadadores mensurada com a utilização de dois analisadores de gases, após esforço máximo de 400m no nado livre. Para tanto, a técnica da retro extrapolação para estimativa do consumo de oxigênio (VO_2) foi utilizada. O principal achado do presente estudo é que apenas a Ce_{ALA} diferiu entre os dois analisadores, além disso, foram encontradas correlações somente entre o desempenho nos 400m e a Ce_{LAT} .

Devido à dificuldade de mensurar VO_2 durante o nado, diferentes protocolos de avaliação e analisadores de gases têm sido utilizados com o intuito de possibilitar a realização do gesto motor próximo da modalidade investigada. Bonen et al. (1980) utilizando dois métodos diferentes nado estacionário (swimming flume) e ergômetro de braços observaram correlação ($r=0,79$ e $0,99$; $p < 0,05$), nos valores de VO_2 . Konstantaki e Swaine (1990), utilizando um equipamento para coleta diretas de gases (Covox Microlab, Exeter, U.K.) em um banco de nado (swim bench) observaram valores absolutos de $\text{VO}_{2\text{pico}}$ de $3,1 \pm 0,1$ e $3,4 \pm 0,1\text{L}$ para exercício de braços e pernas. Prioux et al.(2001) durante um teste progressivo em ergômetro de braços com o objetivo de avaliar capacidades metabólicas, observaram valores de $\text{VO}_{2\text{pico}}$ no teste e reteste de $47,5 \pm 2,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e $47,4 \pm 1,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ em nadadores competitivos. Papoti et al. (2007) desenvolveram um snorkel e adaptaram na máscara do analisador de gases VO2000 e realizaram dois testes incrementais em ciclo ergômetro em 10 nadadores (utilizando a máscara e o snorkel) e não encontraram diferenças entre os valores de VO_2 e na produção de dióxido de carbono (VCO_2) mensurados pelos dois equipamentos. Somente os valores de ventilação foram diferentes, sendo os valores mensurados com a máscara menores que os mensurados no snorkel, e todos os parâmetros mensurados apresentaram elevadas correlações ($r = 0,88$ a $0,97$; $p < 0,05$).

A técnica de retro extrapolação parece ser eficiente em avaliar o VO_2 após o esforço e possibilita a manutenção da técnica (ondulações e viradas) e, também, a estratégia de prova. Contudo, parece que o resultado seja dependente do analisador utilizado, haja vista que a diferença entre a Ce_{ALA} observada entre o Quark e o VO2000. Uma hipótese para essa diferença é a forma de calibração dos analisadores de gases. O

aparelho, VO2000 segundo as especificações do fabricante a calibração é automática, com ar ambiente não requerendo calibrações com gases, enquanto que o Quark é realizado uma calibração com ar ambiente (calibração externa), uma calibração dos gases, em proporções conhecidas de 20,9% de O₂ e 5% de CO₂(calibração interna) e a calibração da turbina. Sendo assim, a sistema de calibração do Quark é mais preciso, o que pode explicar a diferença nas variáveis fisiológicas investigadas no presente estudo. Todavia novos estudos são necessários para validar essa técnica para avaliação da cinética do VO₂ e análise do consumo máximo de oxigênio através de um protocolo incremental.

Apesar da diferença estatística na contribuição do metabolismo alático, a contribuição láctica foi superior quando avaliada no Quark. Contudo esses resultados devem ser vistos com cautela, pois a ingestão prévia não foi controlada, o que pode interferir nas concentrações de lactato (VOLTARELLI et al., 2004). As contribuições do metabolismo anaeróbio e aeróbio do presente estudo diferem acentuadamente do encontrado por Laffite et al. (2004). Segundo os autores, a contribuição do metabolismo aeróbio em um esforço de 400m é de aproximadamente 80%. Esse achado concorda com estudos que mostram a grande importância do metabolismo aeróbio mesmo em esforços de distâncias menores (200m) (FIGUEIREDO et al. 2011).

Apesar das diferenças entre as variáveis fisiológicas investigadas (C_{eALA} , C_{eAER} , C_{eLAT} , $MAOD_{RED}$ e VO_{2PICO}) somente a C_{eALA} foi significativamente diferente para os dois ergômetros (VO2000 e Quark). O desempenho nos 400m não foi diferente e apresentou significativas correlações ($r = 0,94$; $p < 0,05$), assim como a C_{eLAT} ($r=0,76$), que foi a única variável fisiológica a apresentar associação. A ausência de relação entre os índices fisiológicos avaliados no Quark e VO2000 evidenciam que, a não diferença entre as variáveis não é o único ponto a ser levado em consideração, haja vista que na média não foram encontradas diferença, porém atletas com maior C_{eAER} mensurada no Quark não apresentaram, necessariamente, maior C_{eAER} no VO2000. As variáveis calculadas a partir das análises ventilatórias não apresentaram correlações significativas, evidenciando a interferência do analisador nos valores de contribuição alática e aeróbia. Dessa forma, novos estudos são necessários para aprimorar a técnica e sua validação durante protocolos diversos.

7.2. Discussão do Estudo 2

O estudo 2 teve como objetivo verificar a influência da maturação biológica na contribuição energética, $MAOD_{RED}$, VO_{2PICO} , parâmetros mecânicos e desempenho nos 100, 200 e 400m. Os principais achados do presente estudo foram as diferenças observadas na Ce_{LAT} e no $MAOD_{RED}$ entre os grupos menos maduro comparado ao grupo mais maduro. O desempenho nos 100, 200 e 400m também diferiram entre os mais maduros e menos maduros. Da mesma forma, a massa muscular e, alguns parâmetros de braçadas também apresentaram diferença.

Quando a análise foi realizada de acordo com a idade cronológica os resultados foram semelhantes aos observados na maturação biológica apresentando diferença na Ce_{LAT} e no $MAOD_{RED}$ entre os grupos mais novos comparados aos grupos mais velhos. O desempenho nos 100, 200 e 400m também diferiram entre os mais velhos e mais novos, assim como, a massa muscular e alguns parâmetros de braçadas.

A maturação biológica, concentração de lactato sanguíneo, medidas antropométricas, custo energético e utilização de substratos estão entre os aspectos determinantes no desempenho na natação em crianças e adolescentes (CABRAL, et al., 2008; FERNANDES et al. 2005; JURIMAE et al., 2007; ZAMPARO et al., 2011; DUCAN e HOWLEY, 1999; FIGUEIREDO et al., 2011, STEPHENS et al., 2006). O desempenho dos atletas de P4 e P5 nos 100, 200 e 400m foram superiores ao de P2 e apenas P5 diferiu de P3 nos 100 e 400m. O desempenho de 100, 200 e 400 metros na idade cronológica de todos os grupos Ginf, Gjv e Gsen foram superiores ao Gpet e foram encontradas diferenças significativas entre o desempenho no Gpet com o Ginf e Gsen, no entanto, o Ginf apresentou-se melhor desempenho que o Gjv. Para todas as parciais nas distâncias investigadas (100, 200, 400m) todos os grupos foram superiores ao Gpet, apenas na última parcial dos 400m Gjv foi superior ao Gsen.

Os resultados do presente estudo estão de acordo com os relatos da literatura, evidenciando a melhora do desempenho em função do avanço da idade cronológica e essa melhora pode ser explicada devido ao aumento das dimensões corporais, pois Latt et al. (2009) observaram que fatores biomecânicos foram o melhores preditores de performance em nadadores jovens. Além disso, Jürimäe et al. (2007) verificaram que o IB e o VO_{2PICO} são os fatores que mais influenciam o desempenho de adolescentes e Latt et al. (2010) observaram que o IB foi o melhor preditor de desempenho de 100m

em garotos com 15 anos de idade. O IB apresentou diferença entre os grupos mais novos comparados com os mais velhos na divisão por categorias. Todavia, na prova mais curta de 100 e 200m a diferença nos IB entre os grupos foi maior, enquanto que nos 400m apenas o Gsen diferiu de Gpet.

Em relação à maturação biológica o presente estudo observou que apenas o IB apresenta diferença entre os grupos mais maduros comparados com os de menores estágios maturacionais. Todavia, na prova mais curta (100m) a diferença nos IB entre os grupos foi maior, enquanto que nos 400m apenas o P5 diferiu de P2, o que pode evidenciar que, em provas mais curtas o parâmetro de nado exerce maior influência na diferenciação dos grupos, enquanto que em provas mais longas a contribuição energética pode ser mais determinante. O maior desempenho do grupo P5 e, em alguns casos, P4, também refletiu da velocidade por parcial, esses grupos obtiveram parciais de 400, 200 e 100m mais rápidas do que principalmente o P2. Apenas no 100m e nas duas primeiras parciais de 400m que P5 diferiu de P3. Em relação ao desempenho, parece que a maturação sofre interferência até o estágio 3 de Tanner, a partir desse momento, o desempenho e parciais de cada esforço são semelhantes com o estágio maturacional maior (P5).

A contribuição energética é caracterizada pela duração e intensidade do nado, o que define o fornecimento de energia para realização de um evento, ou seja, o quanto é advinda de fontes aeróbias ou anaeróbias (CAPELLI et al. 1998; di PRAMPERO., 2003; ZAMPARO et al., 2000). O sistema de produção de energia é um dos fatores determinantes do desempenho na natação e a contribuição relativa destes sistemas é influenciada pela idade e maturação (TOUSAINT e HOLLANDER, 1994; ARMSTRONG e McMANUS, 2011). Capelli et al. (1998) avaliando nadadores de elite encontraram Ce_{AER} de 58%, Ce_{ALA} de 24% e Ce_{LAT} de 13,8% na distância de 400 metros no nado livre, esses valores diferem dos observados por Rodrigues e Mader, (2003) (Ce_{AER} de 83,2%, Ce_{ALA} de 5,8% e Ce_{LAT} de 10,2%). O presente estudo apresentou uma contribuição próxima à de Capelli et al. (1998) (Ce_{AER} , Ce_{ALA} e Ce_{LAT} de aproximadamente de 48,3%, 31,48% e 20,28%, respectivamente), contudo diferiu dos achados de Laffite et al. (2004) que verificaram contribuição aeróbia de 80% em um esforço de 400m.

Quando são observados os grupos de acordo com estágio maturacional (Figura 12) nenhuma diferença é encontrada e os valores ficam próximo do avaliado pelo grupo

todo. Todavia, existiu uma tendência de apresentar maior contribuição láctica em porcentagem para o grupo P5, porém, tal fato foi observado apenas na Ce_{LAT} absoluta (L). A Ce_{LAT} apresentou aumento progressivo com o avanço do estágio maturacional evidenciando uma diferença significativa ente os grupos P2, P3, P4 para P5 (tabela 5). Cronologicamente a Ce_{LAT} (L e Kj) apresentou resultados semelhantes aumentando progressivamente com o avanço da idade cronológica evidenciando uma diferença significativa ente os grupos Gpet, Ginf, Gjuv para Gsen (tabela 10).

Para Gastin (2001) e Figueiredo et al. (2011) essa diferença de contribuição energética pode ser atribuída pelo método pela qual a medida é realizada, sendo necessário novos estudos para verificar se existe diferença na contribuição aeróbia e anaeróbia avaliada por um equipamento de telemetria durante o nado.

No presente estudo o aumento progressivo observado na Ce_{LAT} com o avanço do estágio maturacional e da idade cronológica, está de acordo com os relatos na literatura que crianças e adolescentes são menos dependentes de fontes glicolíticas para ressintetizar ATP durante o exercício quando comparadas a adulto (BAR-Or, 1983; DUCAN e HOWLEY, 1999). Essa diferença foi atribuída, por alguns autores, a uma menor atividade das enzimas glicolíticas como a lactato desidrogenase e a piruvato quinase (ERIKSSON, 1972; KACZON et al., 2005; ZWINEN, 1989; BERG e KEUL, 1986). Stephens et al. (2006) avaliando sujeitos com idade entre 9 a 27 anos de idade observaram uma maior capacidade de utilizar gordura e menor capacidade de utilizar carboidratos como substrato em indivíduos biologicamente menos maduros quando comparados a indivíduos púberes mais maduros e a adultos jovens, o que pode ser um dos fatores que pode explicar a melhor capacidade oxidativa apresentada por crianças e adolescentes em relação a adultos (BOISSEAU e DELAMARCHE, 2000; MARTINEZ e HAYMES, 1992). A maior Ce_{LAT} em P5 do que em P4 pode ser explicada na maior capacidade de produção de lactato em indivíduos mais treinados (SIEGLER e GLEADALL-SIDDALI, 2010), todavia, essa maior capacidade de produção e, tolerância, não refletiu em maior desempenho para P5 comparado à P4.

Em relação a estímulos anaeróbios, as crianças apresentam menores desempenhos quando comparados a adolescentes e adultos (BAR-OR,1983). Relatos na literatura têm observado melhora na capacidade anaeróbia de crianças e adolescentes com o avanço da idade (MATSUDA e PEREZ, 1986; TANAKA,1986), sendo mais evidenciado na puberdade (PETERSON 1986,IULIANO et al., 2004; ZEFERINO et al.,

2003). Os resultados do presente estudo evidenciaram um aumento progressivo na capacidade anaeróbia ($MAOD_{RED}$) nesses nadadores com o avanço dos estágios maturacionais (tabela 6) e com a idade cronológica (tabela 11) apresentando diferenças significativas entre os grupos Gpet, Ginf, Gjuv para Gsen, quando expressos em valores absolutos (L) e em Kj apresentou diferença entre Gpet e Gsen. A explicação para esse aumento progressivo da C_{ANA} também pode estar relacionado ao aumento dos níveis de testosterona, hormônio que aumenta a massa muscular e com isso aumenta a capacidade anaeróbia (TOURINO et al., 1998; FOURNIER et al., 1982; BERG et al., 1986). O $MAOD_{RED}$ parece ser uma boa ferramenta para avaliação da capacidade anaeróbia, porém não leva o indivíduo até a exaustão, limitando o presente estudo, contudo, devido ao tempo de esforço e característica máxima da prova, acredita-se que exista o esgotamento das fontes anaeróbias lácticas e aláticas (VANHATALO et al., 2007). Apesar da análise estatística não ter apresentado diferença entre P5 e P2 no $MAOD_{RED}$, o número de atletas em P2 também pode ter interferido na comparação, haja vista a grande tendência ($p = 0,05$) de essa diferença existir.

Outro fator que influencia o desempenho na natação e é alterado pela maturação biológica é o custo energético definido como a quantidade de energia metabólica total gasta para locomover um indivíduo por unidade de distância (DI PRAMPERO, 1986). Estudos têm demonstrado valores de custo energético menores em nadadores pré-púberes (11-12 anos) do que os encontrados em púberes (14 anos) e adultos, sendo semelhantes em adolescentes e adultos, quando expressos por metros percorridos e em valores absoluto de consumo de oxigênio (POUJADE et al., 2002; KJENDLIE et al., 2004; CHATARD et al. 1990). Latt et al. (2009) não verificaram diferença no custo energético em nadadoras femininas com idade de 12,7 e 13,6 anos observando um aumento a partir de 14 para 16 anos de idade, esses resultados são semelhantes ao do presente estudo onde foi evidenciado um aumento no CE acompanhando o avanço dos estágios da maturação (tabela 3). Entretanto, no estudo de Kjendlie et al. (2004), os autores observaram que as crianças eram mais econômicas quando comparadas aos adultos, mas quando os valores foram expressos pela área de superfície corporal (ASC) e estatura não foram evidenciadas essas diferenças. No presente estudo foram encontrados aumentos no CE com o avanço da idade cronológica apresentando diferença significativa de Gpet e Ginf para Gsen. Esses resultados foram os mesmos apresentados Kjendlie et al. (2004a) que encontraram CE mais baixos em garotos com

12 anos de idade que em homens aos 21 anos. Ratel e Poujade (2009) também observaram valores de CE menores em um grupo de garotos entre 12- 13 anos quando comparados a adultos de 18-22 anos. Embora fossem observados aumentos no CE semelhantes aos relatados na literatura no presente estudo os valores de CE não foram normatizados pela ASC ou medidas antropométricas nesses nadadores. Assim, por ser a CE a soma de todas as contribuições, no presente estudo os metabolismos anaeróbios parecem ter exercido maior influência para essa diferenciação, pois nenhuma diferença foi encontrada entre a Ce_{AER} , mesmo apresentando valores maiores para os grupos mais maduros e mais velhos cronologicamente.

Tanaka (1986), Stephens et al. (2006) e Armstrong e McManus (2011) relataram concentrações de lactato sanguíneos menores em crianças e adolescentes quando comparados a adultos e em indivíduos menos maduros quando comparados com sujeitos mais maduro biologicamente. Tanaka e Shindo (1985) observaram concentrações de lactato no músculo 35% menores em meninos pré- púberes em relação a adultos. No estudo de Stephens et al. (2006) foram avaliados sujeitos púberes com diferentes estágios de maturação e adultos jovens e foi observado concentrações sanguíneas de lactato menores em sujeitos menos maduros, entretanto, esses autores não observaram diferença desse metabólito entre indivíduos classificados como puberal precoce e médios puberal. Wirth et al. (1978) também não encontraram diferenças nas concentrações de lactato de púberes e pré-púberes, mas encontrou concentrações maiores em adultos quando comparados a crianças. Os resultados das concentrações de lactato do presente estudo são consistentes com esses relatados na literatura, onde foi observado valores de concentração de lactato sanguíneo maiores em P5 quando comparados a P2 e entre P2, P3, não foram observadas diferenças significativas. No entanto, em relação à idade cronológica foi observado aumentado na concentração de lactato sanguíneo com o avanço da idade e apresentou diferença significativa entre os grupos de Gpet, Ginf, Gjun para Gsen, esses resultados estão de acordo com os observados por Latt et al. (2009) e Jürimäe et al. (2007) e Poujade et al. (2002) que observaram menor acúmulo de lactato em crianças e adolescentes mais novos cronologicamente e menos maturados. De acordo com Ericksson et al. (1973) e Berg et al. (1986) essa diferença pode ser atribuída a baixa atividade das enzimas chave da via glicolítica (PFK, piruvato quinase e LDH).

Os valores de VO_{2PICO} estão de acordo com os que a literatura apresenta evidenciando um aumento progressivo com a idade quando expressos em valores absolutos ($L \cdot \text{min}^{-1}$) e não apresentando diferenças em valores relativos ($\text{mL} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) (MIRWALD et al., 1981 e ARMSTRONG et al., 2011). De acordo com Armstrong e Baker (2011) o único componente de aptidão aeróbia que traz informações suficientes para analisar treinamento de resistência em atletas jovens é o consumo de oxigênio tendo seus valores aumentados com a idade, isto, é ao longo da segunda infância, apresentando maiores nos meninos em relação às meninas a partir dos 12 anos. Esses achados suportam os resultados do estudo de Armstrong e Welsman, (1994) que observaram um aumento quase linear no VO_{2PICO} dos meninos em relação ao avanço da idade cronológica e um comportamento semelhante foi observado nas meninas embora menos consistente, sendo mais evidenciado por volta dos 14 anos de idade. Esses mesmos autores relataram que o VO_2 aumenta de oito aos 16 anos em 150% e 80% em meninos e meninas, respectivamente. O presente estudo apresentou o comportamento nos valores de VO_{2PICO} semelhantes aos apresentados na literatura sendo menores no grupo P2 e apresentando diferença significativa com o grupo P5 quando expresso em valores absoluto, no entanto em valores relativos não foram apresentadas diferenças significativas entre os grupos (tabela 5). Esses resultados são suportados por Kjendlie et al. (2003), que observaram menor valor absoluto de VO_2 em crianças quando comparados a adultos em função de uma dada velocidade. No grupo cronológico encontraram menores valores no grupo Gpet que no Ginf, Gjun e Gsen em valores relativos e absolutos, contraditoriamente a análise maturacional, a idade cronológica não apresentou diferença significativa entre os grupos em valores absolutos (Figura 23 e 24). De acordo com esses resultados parece haver uma influência da maturação biológica nos valores de consumo de oxigênio desses nadadores.

Os parâmetros técnicos de braçadas foram analisados a cada esforço (100, 200 e 400m) de nado. Latt et al. (2009) avaliando nadadores jovens por um período de 3 anos no esforço de 400m, verificou que o IB e o VO_2 foram os melhores preditores de desempenho e encontraram diferenças significativas no CB e IB acompanhados pelo avanço da idade cronológica e da maturação biológica e não observaram essa diferença na FB. No presente estudo, somente o IB apresentou diferença significativa entre o grupo P2 e P5, de acordo com a idade cronológica o IB apresentou diferença significativa entre o grupo Gpet e Gsen e a FB diferiu significativamente entre os Gpet e

Ginf para o Gsen indicando uma melhor eficiência mecânica nos 400m para os nadadores mais velhos e mais maduros biologicamente. No entanto no estudo de Latt et al. (2009) os valores de CB ($0,94 \pm 0,12$ a $0,99 \pm 0,11$), IB ($0,99 \pm 0,22$ a $1,09 \pm 0,20$), FB ($67,8 \pm 5,3$ a $67,9 \pm 4,9$) foram menores que os valores do presente estudo (CB; $1,48 \pm 0,22$ m; IB; $1,84 \pm 0,49$ u.a; e FB; $0,84 \pm 0,12$ Hz) e os nadadores do presente estudo eram mais velhos cronologicamente. Zamparo (2006) observou que CB nas crianças eram menores que nos nadadores mais maduros e que CB aumenta em função da idade durante a infância e a puberdade e a FB não altera com a idade. Estes resultados são consistentes com os do presente estudo nas distâncias avaliadas (100, 200 e 400m) onde foi observado um aumento no NB, CB, e IB com o aumento da idade cronológica (Gpet, Ginf, Gjuv, Gsen) e com aumento do estágio maturacional (P2, P3, p4, P5). No entanto, a FB diferiu do estudo de Zamparo (2006), apresentando diferença significativa de Gpet e Ginf para Gsen essa diferença pode ser atribuída a uma melhor habilidade técnica apresentada pelos nadadores mais experientes. Foi possível observar no presente estudo que, conforme a velocidade da prova aumenta (provas curtas) existe um aumento na diferença dos parâmetros mecânicos. Como não foram avaliadas as contribuições energéticas nas provas de 100 e 200m, pode-se especular que as diferenças de desempenho em provas mais curtas são mais associadas aos parâmetros mecânicos do que provas mais longa (400m), onde a contribuição energética exerce ação mais efetiva. Isso pode ser justificado pelo menor coeficiente de correlação dos parâmetros de nado com a velocidade de 400m, enquanto que a prova de 200m, especificamente apresentou coeficientes elevados com NB, CB e IB. Além disso, outros fatores que não foram avaliados devem ser levados em consideração como a influência da capacidade aeróbia (limiar anaeróbio), que, mesmo em provas de média distância (200m) apresenta elevada correlação ($r = 0,97$; $p < 0,05$) (SIMÕES et al., 2000).

Outra variável que apresentou diferença em função do avanço da maturação biológica e da idade foi à massa muscular. De acordo com Jürimäe et al. (2007) os parâmetros de composição corporal foi um dos fatores que mais contribuíram (45,4%) para o desempenho de nadadores jovens. Siervogel et al. (2003) relataram um aumento progressivo na massa magra com o avanço da idade. Esses resultados foram os mesmos apresentados no presente estudo onde foram observadas diferenças significativas na MMT, MM_Brs e MM_Tr do Gpet, Ginf, Gjuv para o Gsen, e a MM_Pers do Gpet diferiu significativamente de Ginf e Gsen. Para maturação biológica, a MMT, MM_Tr

e MM_Pers de P2 para P4 e de P2 e P3 para P5; MM_Brs de P2, P3, P4 para P5. Thorland et al. (1983) verificaram menores valores de massa magra em nadadores mais jovens e maior % de G em nadadores mais velhos, no entanto no presente estudo não foi observada diferença significativa na massa gorda total ou nos membros dos grupos de acordo com estágio maturacional e com a idade cronológica.

As alterações da composição corporal parecem acompanhar as modificações no desempenho e contribuição energética. Apesar de pouco estudada, pode ser uma ferramenta simples para comparação de atletas de diferentes níveis biológicos e desempenho. A massa muscular foi altamente associada com o desempenho em todas as distâncias (tabela 8), demonstrando ser outro fator que, com a maturação biológica e alterações hormonais (TOURINO et al. 1988) interfere na alteração no desempenho.

Recentemente Mauger et al. (2012) analisaram a estratégia de uma prova de 400m em atletas de elite. A prova foi analisada levando em consideração a velocidade média da prova (ABBISS and LAURSEN, 2008). Segundo os autores, a estratégia de uma prova de 400m varia em seis tipos: parábola, saída rápida, positiva, negativa, constante e variada. Mauger et al. (2012) verificaram que a saída rápida (i.e. atleta é mais rápido nos primeiros 100m da prova e, posteriormente mantém a velocidade constante) e a parábola (ou seja, atleta sai rápido e diminui até o meio da prova, a partir desse ponto existe um novo aumento, forma de U) são as estratégias predominante em atletas de elite. O presente estudo observou que no desempenho de 100m a estratégia em forma de U foi a predominante, principalmente por se tratar de uma prova rápida. O esforço de 200m apresentou uma variação entre os grupos maturacionais e cronológicos. Apenas o P2 e o Gpet apresentaram a estratégia como forma de U, enquanto os grupos com maior classificação nos estágios maturacionais e mais velhos se assemelharam à uma estratégia de saída rápida. O esforço de 400m, apesar de ter sido semelhante entre os grupos, apresentou a mesma distribuição do esforço de 200m. Além da análise visual, a ANOVA para medidas repetidas, levando em consideração o fator grupo (estágio maturacional) também detectou estratégia nos 100, 200 e 400m diferentes entre o P2 com os dois grupos mais maduros. Contudo, uma análise mais robusta se faz necessária assim como um acompanhamento longitudinal para analisar as alterações das estratégias em consequência da maturação, alterações musculares e metabólicas.

Todas as variáveis fisiológicas foram correlacionadas com o desempenho nos 400m. Esses resultados colaboram com outros estudos (ALTIMARI et al. 2007 e

LAFFITE et al. 2004). Contudo, esse foi o primeiro estudo que utilizou a retro extrapolação para estimativa da capacidade anaeróbia ($MAOD_{RED}$) de nadadores em nado livre. Tal ferramenta parece ser importante para o controle do treinamento e diagnóstico de atletas. Sendo a técnica da retro extrapolação eficiente em avaliar variáveis ventilatórias na natação sem a utilização de equipamentos que interferem na técnica de nado e estratégia da prova.

8. CONCLUSÕES

Através da análise dos resultados obtidos nessa presente dissertação, podemos concluir que:

As variáveis respiratórias mensuradas por meio do VO₂000 e Quark não são diferentes, porém não são significativamente associados. Desse modo, as comparações dos dados provenientes desses dois analisadores de gases devem ser realizadas com cautela.

Para os nadadores investigados, o VO₂PICO absoluto foi sensível aos estágios maturacionais e idade cronológica e foi capaz de prever a performance de 400m.

O MAOD_{RED} foi sensível aos estágios maturacionais e a idade cronológica, tendo seus valores absolutos e em quilojoules aumentados com o avanço da maturação e da idade cronológica.

Em esforços mais curtos (100 e 200m) os parâmetros mecânicos passam a ter papel fundamental no desempenho.

Tanto as performances quanto variáveis fisiológicas (especialmente as anaeróbias) e parâmetros mecânicos de nado são dependentes da maturação biológica; sendo essas alterações também observadas quando é levada em consideração a idade cronológica.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBISS, C. R.; LAURSEN, P. B. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Medicine**, v. 38, p. 239–252, 2008.

AHNERT, J., & SCHNEIDER, W. Development and stability of motor skills from preschool age to early adulthood: Findings of the Munich Longitudinal Study LOGIK. **Zeitschrift fur Entwick lungs psychologie und Padagogische Psychologie**, v. 39, p. 12-24, 2007.

ALMEIDA, A. G.; CUNHA, F. A. P.; ROSA, M. R. R.; KOKUBUN, E. Força crítica em nado atado: relações com o lactato sanguíneo e consumo de oxigênio. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2002.

ALTIMARI, J. M.; ALTIMARI, L. R.; GULAK, A.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T. Correlações entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio e o desempenho aeróbio em nadadores adolescentes. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, v. 13, p. 245-250, 2007.

ARMSTRONG, N. and Mc MANAUS, A.M. Physiology of Elite Young Male Athletes. **Medicine Sport Science**, vol. 56, pp. 1- 22, 2011.

ARMSTRONG, N.; TOMKINSON, G. R.; EKELUND, U. Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise training and habitual physical activity during youth. **Journal Sports Medicine**. V 45, p. 849–858. 2011.

ARMSTRONG, N. WELSMAN, J.R.; CHIA, M. Y. H. Short term power output in relation to growth and maturation. **Journal Sports Medicine**, v 35, p. 118–124, 2001.

ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. R. Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17- year- old humans. **European Journal Applied Physiology**, v. 85, p. 546– 551, 2001.

ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. R. Developmental aspects of aerobic fitness in children and adolescents. In: **Holloszy J. O. Exercise and Sport Sciences Reviews**. Baltimore (MD): **Williams & Wilkins**, p. 435-76, 1994.

ARMSTRONG, N.; BARKER, A. R. Endurance training and elite young athletes. **Medicine Sport Science**, v. 56 p. 59–83, 2011.

ANDERSON, M. E.; HOPKINS, W. G.; ROBERTS, A. D.; PYENE, D. B. Monitoring seasonal and long-term changes in test performance in elite swimmers. **European Journal Sport Science**, v. 6, p. 145-154, 2006.

BANGSBO, J.; GOLLNICK P. D.; GRAHAM, T. E.; JUEL, C.; KIENS, B.; MIZUNO, M.; SALTIN, B. Anaerobic energy production and O₂ deficit debt relationship during exhaustive exercise in humans. **Journal of Physiology**, v. 422 p. 539–559, 1990.

- BARBOSA, T.; FERNANDES, R.; KESKINEN, K. L.; COLAÇO, P.; CARDOSO, C.; SILVA, J.; VILAS-BOAS, J. P. Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. **International Journal Sport Medicine**, v. 27, p. 894-899, 2006.
- BARBOSA, T. M.; KESKINEN, K. L.; FERNANDES, R.; COLAÇO, P. LIMA, J. P. VILAS-BOAS, J. P. Energy cost and intracyclic variation of the velocity of the center of mass in butterfly stroke. **European Journal Applied Physiology**, v. 93, p. 519-23, 2005.
- BARBOSA, T. M.; KESKINEN, K. L.; FERNANDES, R.; COLAÇO, P.; CARMO, C.; VILAS-BOAS, J. P.; Relationships between energetic, stroke determinants, and velocity in butterfly. **International Journal Sports Medicine**, v. 26, p. 841-6, 2005.
- BARBOSA, T. M.; FERNANDES, R. J.; KESKINEN, K. L.; VILAS-BOAS, J. P. The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. **European Journal Applied Physiology**. v. 103, p. 139–149, 2008.
- BAR-OR, O. Pediatric sports medicine for the practitioner: from physiologic principles to clinical applications. **New York: Springer-Verlag**, 1983.
- BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test: An update on methodology, reliability and validity. **Sports Medicine**, v.50, p.273-282, 1987.
- BASSET, Jr. D. R.; HOWLEY, E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science and Sports Exercise**, v. 32, p. 70-84, 2002.
- BAXTER-JONES A. D. G.; EISENMANN, J. C.; SHERAR, L. B. Controlling for maturation in pediatric exercise science, **Pediatric Exercise Science** v. 17, p. 18–30, 2005.
- BENEKE, R.; BEYER, T.; JACHNER, C.; ERASMUS, J.; HUTLER, M. Energetics of karate kumite. **European Journal Applied Physiology**, v. 92, p. 518–523, 2004.
- BENEKE, R.; POLLMANN, C.; BLEIF, I.; LEITHAUSER, R. M.; HUTLER, M. How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? **European Journal Applied Physiology**, v. 87, p. 388- 392, 2002.
- BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state- implications for performance testing. **European Journal Applied Physiology**, v. 89, p. 95-99, 2003.
- BERG, A.; KIM, S. S. and KEUL, J. Skeletal muscle enzyme activities in healthy young subjects. **International Journal Sports Medicine**, v.7, p. 236-239, 1986.
- BERTUZZI, R. C. M; FRANCHINI, E; UGRINOWITSCH, C; KOKUBUN, E; LIMA-SILVA, A. E; PIRES, F.O; NAKAMURA, F. Y; KISS, M. A. P. D. M. Predicting MAOD using only a supramaximal exhaustive test. **International Journal Sports Medicine**, v. 31, p. 477-81, 2010.

BERTUZZI, R. C. M.; FRANCHINI, E.; KOKUBUN, E.; KISS, M. A. P. D. M. Energy system contributions in indoor rock climbing. **European Journal Applied Physiology** v.101, p. 293–300, 2007.

BERTUZZI, R. C. M.; SILVA, A. E. L.; PIRES, F.O.; KISS, M. A. P. D. M. Déficit acumulado de oxigênio: uma breve revisão histórica e metodológica. **Revista de Educação Física/UEM**. v.19, p. 131-44, 2008.

BEUNEN, G. P.; R. M. MALINA, J.; LEFEVRE, A. L.; CLAESSENS, R. and J. SIMONS. Prediction of adult stature and noninvasive assessment of biological maturation. **Medicine and Science and Sports Exercise**, v. 29, p. 225–230, 1997.

BEUNEN, G.P.; ROGOL, A. D. & MALINA, R. M. Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. **Food and Nutrition Bulletin**, 27(4 Suppl Growth Standard), S244-256, 2006.

BÖHME, M.T.S.; KISS, M.A.P.D.M.; MANSOLDO, A.C.; FRANCHINI, E.; MATTOS, E.; MASSA, M.; GREGUOL, M.; COSTA, R.F. The influence of chronological age, sexual maturation, adiposity, muscularity, physical growth and type of sport on physical fitness of young female athletes. In: **YOUTH SPORTS IN THE 21TH CENTURY**, Michigan. Abstracts. Michigan: [s.n.], p. 64, 1999.

BÖHME, M. T. S. Resistência aeróbia de jovens atletas mulheres com relação à maturação sexual, idade e crescimento. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 6, p. 27-35, 2004.

BOISSEAU, N. and P. DELAMARCHE. Metabolic and hormonal responses to exercise in children and adolescents. **Sports Medicine**, v. 30,4p. 05-422, 2000.

BOJIKIAN, L. P.; MASSA, M.; MARTIN, R.H.C.; TEIXEIRA, C. P., KISS, M. A. P. D.M.; BOEME, M. T. S. Auto-avaliação puberal feminina por meio de desenhos e fotos. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.2, (2), p. 24-34, 2002.

BOMPA, T. O. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento**. 4ª ed. São Paulo: Phorte, 2002.

BONEN A.; WILSON B. A.; YARKONY M.; BELCASTRO A. N. Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. **Journal Applied Physiology**, 48(2), p. 232-235, 1980.

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

BORGES, F.S.; MATSUDO, S.M.M.; MATSUDO, V.K.R. Perfil antropométrico e metabólico de rapazes pubertários da mesma idade cronológica em diferentes níveis de maturação sexual. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.12 (4), p. 7-12, 2004.

BORTOLOTTI, H.; ALTIMARI, L. R.; NAKAMURA, F.Y.; FONTES, E. B.; OKANO, A. H.; MIKAHIL, M. P. T. C.; MORAES, A. C.; CYRINO, E. S. Determinação do Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio: Efeito da Duração dos Testes Submáximos para Predição da Demanda de Oxigênio. **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, v. 16 (6) – Nov/Dez, 2010.

BROOKS, G. A. and MERCIER, J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the “crossover” concept. **Journal Applied Physiology**, v.76, p. 2253-2261, 1994.

CABRAL, V.; MANSOLDO, A.C.; PERROUT, J. Maturação sexual e desempenho físico em nadadores de 11 a 14 anos de idade. **Lecturas: Educación Física y Deportes**, Revista Digital. Buenos Aires, ano 12, n.116, Jan 2008.

CAMERON, N. Assessment of maturation. In N. Cameron (Ed.) **Human. Growth and development**. San Diego: Cademic Press., p. 363-388, 2000.

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

CASTRO, F.A.S.; GUIMARÃES, A.C. S.; MORÉ, F.; LAMMERHIRT, H.; MARQUES, A. Cinemática do nado “crawl” sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v.19, (3), p.223-32, 2005.

CHATAGNON, M.; POUILLY, J. P.; THOMAS, V.; BUSSO, T. Comparison between maximal power in the power-endurance relationship and maximal instantaneous power. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.94, (5-6), p. 711-717, 2005.

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

CHOLLET, D.; TOUMY, C.; GLEIZES. R.; SIDNEY, M. and PELAYO, P. Comment les nageurs experts structurent le 100m nage libre [How expert swimmers structure the 100m freestyle]. **Science and Sports**, v. 12, p. 232-240, 1997.

CAPELLI, C.; PENDERGAST, D. R.; TERMIN, B. Energetics of swimming at maximal speeds in humans. **European Journal Applied Physiology**, v.78, p. 385-93, 1998.

CAPELLI, C. Physiological determinants of best performance in human locomotion. **European Journal Applied Physiology**, v. 80, p. 298-307, 1999.

CARRÉ, F.; DASSONVILLE, J.; BEILLOT, J.; PRINGENT, J.Y.; ROCHCONGAR, P. Use of oxygen uptake recovery curve to predict peak oxygen uptake in upper body exercise. **European Journal Applied Physiology**, v. 69, p. 258-261.1994.

CARTER, H.; JONES, A. M.; DOUST, J. H. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Medicine and Sports and Exercise**, 73; 5: 248-52, 1999.

CHATARD, J.C., LAVOIE, J.M., LACOUR, J.R. Energy cost of front-crawl swimming in women. **European Journal Applied Physiology**, 63, p. 12-16, 1991.

COSTILL, D. L, KOVALESKI, J., PORTER, D., KIRWAN, J., FIELDING, R., KING, D. Energy expenditure during front crawl swimming: Predicting success in middle-distance events. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 6(5), p. 266–270, 1985.

CRAIG, A. B. & PENDERGAST, D. R. Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 11 (3), p. 278-283, 1979.

CRAIG, A. B. Jr.; SKEHAN, P. L. Jr.; PAWELCZYK, J. A.; and BOOMER, W. L. Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition, **Medicine Science and Sports and Exercise**, v. 17, p. 625-634, 1985.

CYRINO, E. S.; OKANO, A. H.; SILVA, K. E.S.; ALTIMARI, L. R.; DÓREA, V. R.; ZUCAS, S. M. Aptidão aeróbia e sua relação com os processos de crescimento e maturação. **Revista de Educação Física da UEM**, v.13, p. 17-26, 2002.

DAVIS, H. A.; GASS, G. C.; Blood lactate concentrations during incremental work before and after maximum exercise. **Br Journal Sports Medicine**, v. 13, p. 165-9, 1979.

DE CAMPOS MELLO, F; DE MOARES BERTUZZI, R.C; GRANGEIRO, P. M; FRANCHINI, E. Energy systems contributions in 2,000 m race simulation: a comparison among rowing ergometers and water. **European Journal Applied Physiology**, v. 107, p. 615-619, 2009.

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

DEKERLE, J. ; WILLIAMS, C. A. ; MCGAWLEY, K. ; CARTER, H. Is critical power attained at the end of a 90-sec isokinetic test in children? **Journal of Sports Science**, 15;27(4):379-85, 2009.

DELAMARCHE, P. M.; MONNIER, A.; GRATAS-DELAMARCHEL, H. E.; KOUBI, M. H. and FAVIER, R. Glucose and free fatty acid utilization during prolonged exercise in prepubertal boys in relation to catecholamine responses. **European Journal Applied Physiology**, v. 65, p. 66-72, 1992.

DEMINICE, R.; PRADO, J.R.M.V.; PAPOTI, M.; ZAGATTO, A. M. Utilização de métodos não-invasivos como indicador da capacidade aeróbia e da performance em natação competitiva. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento** (Suplemento), 130, 2003.

DEMINICE, R.; GABARRA, L.; RIZZI, A. & BALDISSERA, V. Série de treinamento intervalado de alta intensidade como índice de determinação da tolerância à acidose na predição da performance anaeróbia de natação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, p. 185-189, 2007.

DEMIRJIAN, A.; GOLDSTEIN, H.; TANNER, J. M. A new system of dental age assessment, **Humanan. Biology**, v.45, p. 211–227, 1973.

DEMIRJIAN, A. Dentition. **In F. Falkner & J.M. Tanner (Eds.)**, Human growth: a comprehensive treatise (2nd ed., Vol. 2, pp. 269-298). New York: Plenum Press, 1986.

DESMANGLES, J. C.; LAPPE, J. M.; LIPACZEWSKI, G. & HAYNATZKI, G. Accuracy of pubertal Tanner staging self-reporting. **Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism**, v.19 (3), p. 213-21, 2006.

DI FIORI, J. P. Overuse injuries in children and adolescents. **The physician and sports medicine** - v. 17, n^o1, Jan. 1999.

DI PRAMPERO, P. E.; PENDERGAST, D. R.; WILSON, D. W.; RENNIE, D. W. Energetic of swimming in man. **Journal Applied Physiology**, v. 37, p.1-5, 1974.

DI PRAMPERO, P. E.; CORTILI, G.; MOGNONI, P.; SAIBENE, F. Energy cost of speed skating and efficiency of work against air resistance. **Journal of Applied Physiology**, v.4 (4), p. 584-591, 1976.

DI PRAMPERO, P. E.; Energetics of muscular exercise. **Review Physiology Biochemistry Pharmacology**, v. 89, p.144–222, 1981.

DI PRAMPERO, P. The energy cost of human locomotion on land and in water. **International Journal Sports Medicine**, v. 7, p.55–72, 1986.

DI PRAMPERO, P. E.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respiratory Physiology**, v. 118, p. 10-115, 1999.

DI PRAMPERO, P. E.; PENDERGAST, D.; ZAMPARO, P. Swimming economy (energy cost) and efficiency. **Nova Science Publisher, The world book of swimming**, p. 297–312, 2011.

DI PRAMPERO, P. E. Factors limiting maximal performance in humans. **European Journal Applied Physiology**, v. 90, p. 420–429, 2003.

DI PRAMPERO, P. E.; DAVIES, C.; CERRETELLI, P.; MARGARIA, R. An analysis of O₂ debt contracted in submaximal exercise. **Journal Applied Physiology**, v. 29, p. 547–551, 1970.

DOHERTY, M. The effects of caffeine on the maximal accumulated oxygen deficit and short term running performance. **International Journal Sports Nutrition**, v.8, n.2, p.95-104. 1998.

DOS SANTOS, I. L. G.; PAPOTI, M.; GOBATTO, C. A.; ZAGATTO, A. M. Utilização de protocolos não- invasivos para estimar a performance de 200 e 400 metros em natação. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. (Edição especial): S 200, 2004.

DUNCAN, G. E. and HOWLEY, E. T. Substrate metabolism during exercise in children and the crossover concept. **Pediatric Exercise Science**, v. 11, p. 12-21, 1999.

DUKE, P. M.; LITT, I. F. & GROSS, R. T. Adolescent's self-assessment of sexual maturation. **Pediatrics**, v.66, p. 918-920, 1980.

EKLOF, O. & RINGERTZ, H. A method for assessment of skeletal maturity. **Annales de Radiologie**, v.10(3), p. 330-336, 1967.

ERIKSSON, B. O. Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11–13-year old boys. **Acta Physiologica Scandinavica**, Suppl. 384, p.1-48, 1972.

ERIKSSON, B. O.; GOLLNICK, P. D.; SALTIN, B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.87, p.485-97, 1973.

ERIKSSON, B.O. Muscle metabolism in children—a review. **Acta Paediatric Scandinavica**, Suppl. 283, p. 20-28, 1980.

ERIKSSON, B. O., and SALTIN, B. Muscle metabolism during exercise in boys aged 11 to 16 years compared to adults. **Acta Paediatric Belgic**, suppl. 28, p. 257-265, 1974.

ERIKSSON, B. O.; GOLLNICK, P.D., and SALTIN, B. The effect of physical training on muscle enzyme activities and fiber composition in 11-year-old boys. **Acta Paediatric Belgic**, suppl, 28, p. 245-252, 1974.

ERICKSSON, B. O.; KARLSSON, J. and B. SALTIN. Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. **Acta Paediatric Scandinavica**, Suppl. 217, v. 154-157, 1971.

ETO, L. F. Correlação entre os estágios de mineralização dentária na arcada inferior e a idade esquelética. 2001. **Dissertação (Mestrado em Ortodontia)-Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2001.

FERNANDES, R.; BARBOSA, T.; VILAS BOAS, J. P. Fatores cineantropométricos determinantes em natação pura desportiva. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.4, n.1, p. 30-34, 2005.

FERNANDES, R.; BILLAT, V.; CRUZ, A.; COLAÇO, P.; CARDOSO, C.; VILAS-BOAS, J. P. Does net energy cost of swimming affect time to exhaustion at the individual's maximal oxygen consumption velocity? **Journal Sports Medicine Physiology**, v. 46, p.373–380, 2006.

FERNANDES, R. J.; SOUSA, M.; PINHEIRO, A.; VILAR, S.; COLAÇO, P.; VILAS-BOAS, J. P. Assessment of individual anaerobic threshold and stoking parameters in swimmers aged 10-11 years. **European Journal Applied Physiology**, v.10 (5), p. 311-317, 2010.

FIGUEIREDO, P.; ZAMPARO, P.; SOUSA, A.; VILAS BOAS, J. P.; FERNANDES, R. An energy balance of the 200 m front crawl race. **European Journal Applied Physiology**, v. 111, p. 767–777, 2011.

FLOR-CISNERO, A., ROEMMICH, J. N., ROGOL, A. D., & BARON, J. Bone age and onset of puberty in normal boys. **Molecular and Cellular Endocrinology**, 202-6, 2006.

FOURNIER, M.; RICCI, J.; TAYLOR, A. W.; FERGUSON, R. J. Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 14, p.453-456, 1982.

FRANCHINI, E. Teste anaeróbio de wingate: Conceitos e aplicação. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v.1(1), p.11-27, 2002.

FRANCHINI, E.; TAKITO, M.Y.; BERTUZZI, R.C.M.; KISS, M.A.P.D.M. Solicitação fisiológica e metabólica do exercício intermitente anaeróbio com membros superiores. **Motriz, Rio Claro**, v.9 (1), p.33-40, 2003.

GANDINI, P. et al. Dental age and skeletal age: correlation study. **Mundo Ortodontic**, v.14, n.2, p.207-10. Mar-Apr 1989.

GARDNER, A.; OSBORNE, M.; D'AURIA, S.; JENKINS, D.A. A comparison of two methods for the calculation of accumulated oxygen deficit. **Journal Sports Science**, v.21, (3), p.155-62. 2003.

GASTIN, P. B. Quantification of anaerobic capacity. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Copenhagen, v. 4, p. 91-112, 1994.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sport Medicine**, v. 231(10), p.725–741, 2001.

GRAVE, K. C. & BROWN, T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. **American Journal of Orthodontics**, v. 69(6), p. 611-619, 1976.

GREEN, S.; DAWSON, B. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. **Sports Medicine**, v.15, p. 312 – 327, 1993.

GREEN, S. Measurement of Anaerobic Work Capacities in Humans. **Sports Medicine**, v. 19, p. 32-42, 1995.

GREULICH, W. W. & PYLE, S. I. Radiographic atlas of skeletal development of hand and wrist. **California: Stanford University Press (2nd, ed.)**, 1959.

GUGLIELMO, L.G.A.; DENADAI, B. S. Assessment of anaerobic power of swimmers: the correlation of laboratory tests on an arm ergometer with field tests in a swimming pool. **Journal Strength Conduction Research**, v. 14, p. 395-398, 2000.

HÄGG, U.; TARANGER, J. Dental development assessed by tooth counts and its correlation to somatic development during puberty. **European Journal. Orthodontic**, v.6, p.55-64, 1984.

HAITER-NETO, F.; ALMEIDA, S.M.; LEITE, C.C. Estudo comparativo dos métodos de estimativa da idade óssea de Greulich & Pyle e Tanner & Whitehouse. **Pesquisa Odontologia. Brasileira**, v. 14, (4), p. 378-384, out./nov., 2000.

HARLAN, W. R.; CORNONI-HUNTLEY, J.; LEAVERTON, P. E. Blood pressure in childhood: The national health examination survey. **Hypertension**, v. 1, p. 559-565, 1979.

HAUSPIE, R.; CHRZASTEK-SPRUCH, H. Growth Models: Possibilities and Limitations. In **FE Johnston, PB Eveleth, B Zemel (eds), Human Growth in Context**, London: Smith- Gordon, p. 15-24, 1999.

HAWLEY, J. A., and WILLIAMS, M. M. Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. **International Journal Sports Medicine**, v. 12, p. 1- 5. 1991.

HEBESTREIT, H.; BENEKE, R. Testing for aerobic capacity. In **H. Hebestreit, & O. Bar-Or (Eds.)**, The young athlete (p.443-452).Malden, MA: Blackwell Publishing, 2008.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **International Journal Sports Medicine**, v. 6, p.117-30, 1985.

HERNANDEZ, M., SANCHEZ, E., SOBRADILLO, B., RINCON, J. Skeletal Maturation and Height Prediction: **Atlas and Scoring Methods**. Ediciones Diaz de Santos, S.A. Madrid, 1991.

HILL, D. W.; SMITH, J.C. A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. **Journal Sports Medicine Physiology Fitness**, v. 34 (1), p. 23-37, 1994.

HILL, D. W. Determination of accumulated O₂ deficit in exhaustive short-duration exercise. **Canadian Journal Applied Physiology**, v. 21, p. 63-74, 1996.

HOEFELMANN, L. P.; HOELEMANN, C. P.; VIEIRA, G.; LUCAS, R. D.; GUGLIELMO, L. G. A. Comparação de diferentes métodos para identificação do limiar anaeróbio em nadadores. **Revista de Educação Física/UEM Maringá**, v. 22, (2), p. 297-305, 2011.

HOLMER, I. Physiology of Swimming. **Exercise and Sport Science Review**, v. 7, p. 87-123, 1979.

HOUT-MARCHAND, F.; NESI, X.; SIDNEY, M.; ALBERTY, M.; PELAYO, P. Variations of stroking parameters associated with 200m competitive performance improvement in top-standard front crawl swimmers. **Sports Biomechanics**, v. 4, p. 89-99, 2005.

IKUTA, Y.; WAKAYOSHI, K. NOMURA, T. determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimmers. In P Troup, a P. Hollander, D. Strasse, S W. Trappe, J. M. Cappaert and T. A. Trappe (Eds) **Biomechanics and Medicine in Swimming**, v. 2, p. 147-151, London, 1996.

IMBAR, O.; BAR-OR, O. Anaerobic characteristics in male children and adolescents. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.18, p.264-9, 1986.

IMBAR, O.; BAR-OR, O. & SKINNER, J. S. The Wingate anaerobic test. **Champaign, IL: Human Kinetics**, 1996.

IULIANO, B. A.; FRUTUOSO, M. F. P.; GAMBARDELLA, A. M. D. Anemia em adolescentes segundo maturação sexual. **Revista de Nutrição**, v.17, p. 37-43, 2004.

JACOBS, I.; BLEUE, S.; GOODMAN, J. Creatine ingestion increases anaerobic capacity and maximum accumulated oxygen deficit. **Canadian Journal Applied Physiology**, v. 22, p. 231-243, 1997.

JALAB, C.; ENEA, C.; DELPECH, N.; BERNARD, O. Dynamics of oxygen uptake during a 100 m front crawl event, performed during competition . **Applied Physiology Nutrition Metabolic**, v. 36, p. 219 – 225, 2011.

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

JENKINS, D.; QUIGLEY, B. The Y- intercept of the critical power function as a measure of anaerobic capacity, **Ergonomic**, v. 34(1), p.13-22, 1991.

KACZOR, J.J., W. ZIOLKOWSKI, J. POPINIGIS, and M.A. TARNOPOLSKY. Anaerobic and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults. **Pediatric Research**, v.57, p.331-335, 2005.

KESKINEN, K. L. & KOMI, P. V. Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. **Journal of Applied Biomechanics**, v.9, p. 219-226, 1993.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal Applied Physiology**, v. 42(1), p. 25-34, 1979.

KJENDLIE, P. L.; STALLMAN, R. K.; STRAY-GUNDERSEN, J. Comparison of swimming techniques of children and adult swimmers. In: **Chatard JC (ed) Biomechanics and medicine in swimming IX**. Université de Saint-Etienne, Saint-Etienne, pp 139-143, 2003.

KJENDLIE, P. L.; INGJER, F.; MADSEN, O.; STALLMAN, R. K.; STRAY-GUNDERSEN, J. Differences in the energy cost between children and adults during front crawl swimming. **European Journal Applied Physiology**, v.91, p. 473-80, 2004a.

KJENDLIE, P.L.; INGJER, F.; STALLMAN, R. K.; STRAY-GUNDERSEN, J. Factors affecting swimming economy in children and adults. **European Journal Applied Physiology**, v. 93, p.65-74, 2004b.

KJENDLIE, P. L, HALJAND, R.; FJORTOFT, O.; STALLMAN, R. K. Stroke frequency strategies of international and national swimmers in 100-m races. In: Vilas-Boas JP, Alves F, Marques A (eds) **Biomechanics and medicine in swimming X**. **Port Journal Sport Science, Porto**, p. 52–54, 2006.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 10, p. 5-20, 1996.

KONSTANTAKI, M.; SWAINE, I. L. Lactate and Cardiopulmonary Responses to Simulate Arm-Pulling and Leg-Kicking in Collegiate and Recreational Swimmers. **International Journal Sports Medicine**, v. 20, p. 118-121, 1999.

KREIPE, R.E.; GEWANTER, H.L. Physical maturity screening for participation in sports. **Pediatrics, Elk Grove Village**, v.75, (6), p.1076-80, 1985.

KROTKIEWSKI, M.; KRAL, J. G.; KARLSSON, J. Effects of castration and testosterone substitution on body composition and muscle metabolism in rats. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 109, p. 233-7, 1980.

LAFFITE, L. P.; VILAS-BOAS, J. P.; DEMARLE, A.; SILVA, J.; FERNANDES, R. Changes in physiological and stroke parameters during maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. **Canadian Journal Applied Physiology**, Suppl. 29, p. 17-31, 2004.

LÄTT, E.; JÜRIMÄE, J.; HALJASTE, K.; CICHELLA, A.; PURGE, P. and JÜRIMÄE, T. Physical development and swimming performance during biological maturation in young female swimmers. **Collegium Antropologicum**, v. 1, p. 177-122, 2009.

LÄTT, E.; JÜRIMÄE, J.; MAESTU, J.; PURGE, P.; RAMSON, R.; HALJASTE, K.; JÜRIMÄE, T. Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 9, p. 398-404, 2010.

LEBLANC, H.; SEIFERT, L.; BAUDRY, L. and CHOLLET, D. Arm-leg coordination in flat breaststroke: a comparative study between elite and non-elite swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, p.787-797, 2005.

LEGER, L. A.; SELIGER V. and BRASSARD, L. Backward extrapolation of VO_2 max values from the O_2 recovery curve. **Medicine Science Sports Exercise**, v.12, (1), p. 24-27, 1980.

LEWIS, A. B. Comparisons between dental and skeletal ages. **Angle Orthodontic**, v.61, p.87-92, 1991.

LINDEN, V. D. **Crescimento e Ortopedia Facial**. 1. ed. São Paulo: Editora Santos. Cap.2: Crescimento físico geral, p. 17-39, 1990.

LOFTIN, M.; WARREN, B. L.; ZINGRAF, S.; BRANDON, J. E.; SKUDLT, A.; SCULLY, B. Peak Physiological function and performance of recreational triathletes. **Journal Sports Medicine Physiology Fitness**, v. 28, p. 330-335, 1988.

MACHADO, A. M.; GUGLIEMO, L. G. A.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Efeito do modo no pico do consumo de oxigênio e resposta ao lactato sanguíneo em meninos de 11-12 anos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 8 (3), p.11-15, 2006.

MADER, A.; HECK, H. A. Theory of the metabolic origin of anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v. 7, p. 45 – 65, 1986.

MADSEN, O.; LOHBERG, M. The lowdon on lactates. **Swimming Technique**, v. 24, p. 21-26, 1987.

MAUGER A. R.; NEULOH, J.; CASTLE, P. C. Analysis of Pacing Strategy Selection in Elite 400m Freestyle Swimming. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 44(11), p. 2205 -12, 2012.

MAHON, A. D.; DUNCAN, G. E.; HOWE, C.A. and DEL CORRAL, P. Blood lactate and perceived exertion relative to ventilatory threshold: boys versus men. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 29, p. 1332-1337, 1997.

MAHON, A. D.; ROGOWSKI, M. P.; GUILKEY, J. P.; STEPHENS, B. R.; COLE, A. S. The Influence of Maturation on the Oxygen Uptake Efficiency Slope. **Pediatric Exercise Science**, v. 24, p. 347-356, 2012.

MAGLISCHO, E. W. **Nadando Ainda Mais Rápido**. São Paulo, Editora Manole, 1999.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Crescimento Maturação e Atividade Física**, São Paulo: Phorte, 2009.

MALINA, R. M., and C. BOUCHARD. Growth, Maturation, and Physical Activity. **Champaign, IL: Human Kinetics**, p. 501–502, 1991.

MALINA R. M. Normal Weight Gain in Growing Children. **Healthy Weight Journal**, v. 13, p. 37-38, 1999.

MALINA, R. M.; DOMPIER, T. P.; POWELL, J. W.; BARRON, M. J. & MOORE, M. T. Validation of a noninvasive maturity estimate relative to skeletal age in youth football players. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v.17(5), p. 362-368, 2007.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C. & BAR-OR, O. Biological Maturation: Concepts and Assessment Growth, maturation and physical activity. **Champaign, IL: Human Kinetics**. 2nd. ed., p. 277-306, 2004.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C. **Atividade Física do Atleta Jovem: do Crescimento à Maturação**, São Paulo, Roca, 2002.

MARINHO, D. A.; VILAS-BOAS, J.P.; KESKINEN, K. L.; RODRIGUES, F. A.; SOARES, S. M.; CARMO, C. M.; VILAR, S. O.; FERNANDES, R. J. The Behaviour of Kinematic Parameters During a Time to Exhaustion Test at VO_{2MAX} in Elite Swimmers. **Journal of Movement Studies**, S1, p. 001-010, 2006.

MARSHALL, W. A. Inter relationships of skeletal maturation sexual development and somatic growth in man. **Annals of Human Biology**, v.1, p. 29-40, 1974.

MARTINEZ, L. R. and E. M. HAYMES. Substrate utilization during treadmill running in prepubertal girls and women. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 24, p. 975-983, 1992.

MATSUDO, V. C. R.; PERES, S. M. Testes de corrida de quarenta segundos: características e aplicação. In: Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul .**CELAFISCS: dez anos de contribuição as Ciências do Esporte. São Caetano do Sul, CELAFISCS, P.151.1986.**

MATSUDO, S. M. MATSUDO, V. K. R. Validade da auto-avaliação na determinação da maturação sexual. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, 18-35, 1991.

MATSUDO, S. M.; MATSUDO, V. K. R. Self-assessment and physician assessment of sexual maturation in Brazilian boys and girls: concordance and reproducibility. **American Journal of Human Biology**, New York, v.6, p.451-5, 1994.

MARUBINI, E. Mathematical Handling of Long-term Longitudinal Data. In **Falkner, JM Tanner (eds), Human Growth, v. 1. Principles and Prenatal Growth**. New York: Plenum , p. 209-225, 1979.

MAXWELL, N. S.; NIMMO, M. A. Anaerobic capacity: a maximal anaerobic running test versus the maximal accumulated oxygen deficit. **Canadian Journal Applied Physiology**, v.21 (1), p. 35-47, 1996.

- MEDBO, J. I.; MOHN, A. C.; TABATA, I.; BAHR, R.; VAAGE, O.; SEJERTEST, O. M. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. **Journal Applied Physiology**, v. 64 (1), p. 50-60, 1998.
- MINAHAN, C.; CHIA, M.; INBAR, O. Does power indicate capacity ? 30s Wingate anaerobic test vs. maximal accumulated O₂ deficit . **International Journal Sports Medicine**, v. 28, p. 836-843, 2007.
- MIRWALD, R. L.; BAILEY, D. A.; CAMERON, N. & RASMUSSEN, R. L. Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7·0 to 17·0 years. **Annals' of Human Biology**, v. 8, (5), p. 405-414, 1981.
- MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, v. 8, p. 329-38, 1965.
- MONTPETIT, R. R.; LEGER, L. A.; LAVOIE, J. M.; CAZORLA, G. VO₂ peak during free swimming using the backward extrapolation of the O₂ recovery curve. **European Journal Applied Physiology**, v. 47, p. 385-91, 1981.
- MONTPETIT, R. R.; CARZOLA, G.; LAVOIE, J. M. Energy expenditure during front crawl swimming: a comparison between males and females. In: **Ungerechts BE, Wilke K, Reischle K, editors. Swimming science. Champaign, IL: Human Kinetics**, v. 5, p. 229-35, 1988.
- MOORREES, C. F.; FANNIN, E. A.; & HUNT, E. E. Formation and resorption of three deciduous teeth in Children. **American Journal of Physical Anthropology**, 19, p.99-108, 1963.
- MORGAN D.; DANIELS J.; CARLSON P.; FILARSKI, K. and LANDLE, K. Use of recovery VO₂ to predict running economy. **European Journal Applied Physiology**, v. 62, p. 420-423, 1991.
- MORIHISA, O.; FERES R.; VASCONCELOS M. H. F.; SANNOMIYA, E. K. Avaliação da maturação esquelética: Uma revisão comparativa do método carpal e da imagem das vértebras cervicais. **Ortodontia SPO**, v. 38, (3), p.70-77, 2005.
- MORRIS, N. M.; & UDRY, J. R. Validation of a self-administered instrument to assess stage of adolescent development. **Journal of Youth and Adolescence**, v. 9, p. 271-280, 1980.
- MUSCH, J.; GRONDIN, S. Unequal competition as an impediment to personal development: a review of the relative age effect in sport. **Developmental Review**, v. 21, p. 147-167, 2001.
- NAKAMURA, F.Y.; FRANCHINI, E. Máximo déficit acumulado de oxigênio como preditor de capacidade anaeróbia. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.8, (1), p.88-95. 2006.

NAKAMURA, F. Y. Validade e significado fisiológico dos parâmetros do modelo de potência crítica. [Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Motricidade]. Rio Claro (SP): Universidade Estadual Paulista; 2005.

NOLLA, C. M. The development of the permanent teeth, **Journal Dentistic Children**, v.27 , p. 254–266, 1960.

OBERT, P.; FALGAIRETTE, G.; BEDU, M.; COUDERT, J. Bioenergetic characteristics of swimmers determined during an arm-ergometer test and during swimming. **International Journal Sports Medicine**, v. 13, p.298-303, 1992.

OLBRECHT, J.; MADSEN, O.; MADER, A.; LIESEN, H.; HOLLMANN, W. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. **International Journal of Sports Medicine**, v. 2, p. 74-77, 1985.

PATERSON, D. H.; CUNNINGHAM, D. A.; and L. A. BUMSTEAD. Recovery O₂ and blood lactic acid: longitudinal analysis in boys aged 11 to 15 years. **European Journal Applied Physiology**, v. 55, p.93-99, 1986.

PAPOTI, M.; JUNIOR, P. B.; DENADAI, B. S.; LIMA, M. C. S.; SILVA, A. S.; SANTHIAGO, V.; GOBATTO, C. A. Adaptação da máscara do analisador de gases VO₂₀₀₀ para mensuração de parâmetros cardiorrespiratórios em natação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.13(3), p.34-56, 2007.

PAPOTI, M.; MARTINS, L.; CUNHA, S.; ZAGATTO, A.; GOBATTO, C. A. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando células de carga. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 3, (3), p. 36–42, 2003.

PAPOTI, M.; VITÓRIO, R.; ARAÚJO, G. G.; MARTINS, L. E. B.; CUNHA, S. A.; GOBATTO, C. A. Força crítica em nado atado para avaliação da capacidade aeróbia e predição de performances em nado livre. **Revista Brasileira Cineantropometria Desempenho Humano**, v. 12(1), p. 14-20, 2010.

PAPOTI, M.; ZAGATTO, A. M.; FREITAS, P. B.; CUNHA, S. A.; MARTINS, L. E. B.; GOBATTO, C. A. Use of the y-intercept in the evaluation of the anaerobic fitness and performance prediction of trained swimmers . **Revista Brasileira Medicina do Esporte**, v. 11, p. 126 – 130, 2005.

PAPOTI, M.; da SILVA, A. S.; ARAÚJO, G. G.; SANTIAGO, V.; MARTINS, L. E.; CUNHA, S. A.; GOBATTO, C. A. Aerobic and anaerobic performances in tethered swimming. **International Journal Sports Medicine**, v. 34 (8), p. 712-9, 2013.

PELAYO, P.; MUJIKÁ, I.; SIDNEY, M.; CHATARD, J. Blood lactate recovery measurements, training, and performance during a 23-week period of competitive swimming. **European Journal of Applied Physiology**, v. 74, p. 107- 113, 1996.

- PEREIRA, R. R.; PAPOTI, M.; ZAGATTO, A. M.; GOBATTO, C. A. Validação de dois protocolos para determinação do limiar anaeróbio em natação. **Motriz**, v.8, p. 63-8, 2002.
- PENDERGAST, D. R.; DI PRAMPERO, P. E.; CRAIG, A. B. Jr.; WILSON, D. R.; RENNIE, D.W. Quantitative analysis of the front crawl in men and women. **Journal Applied Physiology**, v. 43, p. 475-9, 1977.
- PENDERGAST, D.; ZAMPARO, P.; DI PRAMPERO, P. E.; CAPELLI, C. CERRETELLI, P.; TERMIN, A. Energy balance of human locomotion in water. **European Journal Applied Physiology**, v. 90, p. 377- 86, 2003.
- POUJADE. B.; HAUTIER, C. A.; ROUARD, A. Determinants of the energy cost of front crawl swimming in children. **European Journal Applied Physiology**, v. 87, p.1-6, 2002.
- POUJADE, B.; HAUTIER, C.; ROUARD, A. Influence de la morphologie, de VO₂max et du coût énergétique sur La performance en natation chez de jeunes nageurs. **Science & Sports**, v.18, p. 182-187, 2003.
- PRIOUX, J.; AYOUB, J.; HOUEL, N.; BERGER, M.; RAMONATXO, M.; PRÉFAUT, C. Effets de l'entraînement sur les potentials aérobie et anaérobie de jeunes nageurs. Exercice realizeavec les bras. **Science & Sports** v.16, p. 306-314, 2001.
- PYLE, S. I.; HOERR, N. L.; Radiographic atlas of skeletal development of the knee. **Springfield: Charles C. Thomas Publisher**, 1955.
- PYLE, S. I.; HOERR, N. L.; Radiographic Standard of Reference for the Growing Knee. **Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher**; 1969.
- PYNE, B. D.; LEE, H. E.; SWANWICK, K. M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, p. 291 – 297, 2001.
- RAPKIN, A. J.; TSAO, J. C.; TURK, N.; ANDERSON, M.; ZELTZER, L. K. Relationships among self-rated tanner staging, hormones, and psychosocial factors in healthy female adolescents. **Journal Pediatric Adolescence Gynecology**, v.19, p. 181-7, 2006.
- RATEL, S.; POUJADE, B. Comparative analysis of the energy cost during front crawl swimming in children and adults. **European Journal Applied Physiology**, v. 105, p.543–549, 2009.
- RÉ, A. H. N. Crescimento, maturação e desenvolvimento na infância e adolescência: Implicações para o esporte. **Motriz**, v. 7(3), p. 55-67, 2011.
- REIS, V. M.; CARNEIRO, A. L. Metodologia de estimativa do déficit de oxigênio acumulado. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 13(2), p.7-15, 2005.

REYNOLDS, E. L.; & WINES, J. V. Individual Differences in Physical Changes Associated with Adolescence in Girls. **American Journal of Diseases of Children**, v.75, p. 329-350, 1948.

RIBEIRO, J. P.; CADAVID, E.; BAENA, J.; MANSALVETE, E.; BARNA, A.; DE ROSE, E. H. Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. **Br Journal Sports Medicine**, v. 24(3), p. 196-206, 1990.

RIBEIRO, L.; BALAKIAN, P.; MALACHIAS, P.; BALDISSERA, V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. **Journal Sports Medicine Physiology Fitness**, v. 43, p. 312-8, 2003.

ROCHE, A.; CHUMELEA, W.; & THISSEN, D. Assessing the skeletal maturity of the hand wrist - FELS method. **Springfield, Illinois. C C Thomas**, 1988.

ROCHE, A.; WAINER, H.; & THISSEN, D. The RTW Method for the Prediction of Adult Stature. **Pediatrics**, v.56 (1), p. 1026-1033, 1975.

ROCHE, A. F.; DAVILA, G. H.; EYMAN, S. L. A comparison between Greulich-Pyle and Tanner-Whitehouse assessment of skeletal maturity. **Radiology**, v. 98(2), p. 273-280, 1971.

RODRIGUES, F. A.; MADER, A. Energy metabolism during 400 and 100-m crawl swimming: computer simulation based on free swimming measurement. In: **Chatard J (ed) Biomechanics and medicine in swimming ix. University of Saint-Etienne, Saint-Etienne**, p. 373–378, 2003.

SAITO, M. I. Maturação sexual: auto-avaliação do adolescente. **Pediatric (São Paulo)**, v. 6, p.111-5, 1984.

SANGALI, E. B. Relação entre parâmetros fisiológicos aeróbios e anaeróbios com o desempenho de ciclistas -**Dissertação (mestrado)** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia , 2012.

SANTOS, I. L. G.; PAPOTI.; GOBATTO, C. A.; ZAGATTO, A. M. Relações entre o lactato mínimo e performance de nado crawl. **Revista Brasileira Ciência Movimento**, v.13, (Supl 1), p.72, 2005.

SANTHIAGO V.; SILVA, A. S. R.; GUGLIELMO, L. G. A.; HIGINO, W. P. Influência da forma de indução à acidose na determinação da intensidade de lactato mínimo em corredores de longa distância. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Jul/Ago, v. 14(4), 2008.

SCOTT, G. B.; ROBY. F. B.; LOHMAN, T. G.; BUNT, J.C. The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 23 (5), p. 618-24, 1991.

SIEGLER, J.C.; GLEADALL-SIDDALL, D. O. Sodium bicarbonate ingestion and repeated swim sprint performance. **Journal Strength Condition Research**, 24(11), p. 3105-11, 2010.

SEMPÉ, M. Analyse De la Maturation Squelettique. **A Pediatrie au Quotidien**. Paris: Les Editions Inserm, 1987.

SHARP, R. L.; TROUP, J. P.; COSTILL, D. L. Relationship between power and sprint freestyle swimming. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, p. 53- 56, 1982.

SHARKEY THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. Research methods in physical activity. **Champaigns, Illinois, Human Kinetics Publishers**, 1996.

SEMPE, M.; PAVIA, C. Maduracion Ossea – metodo auxorradiografico. **Madrid: Ediciones Diaz de Santos, S.A**, 1994.

SIERVOGEL, R. M.; DEMERATH, E. W.; SCHUBERT. C.; REMBERG, K. E.; CHUMELA, W. C.; SUN, S. Puberty and body composition. **Hormone Research**, v. 60 (1), p. 36-45, 2003.

SILVA, C. C.; GOLDBERG, T. B. L.; TEIXEIRA, A. S.; MARQUES, I. O exercício físico potencializa ou compromete o crescimento longitudinal de crianças e adolescentes? Mito ou verdade? **Revista Brasileira de Medicina Esporte**, v.10 (6), p. 520-28, 2004.

SILVA, R.J. S.; SILVA JÚNIOR, A.; G.; CABRAL, O. A. C. Crescimento em crianças e adolescentes: um estudo comparativo. **Revista Brasileira Cineantropometria Desempenho Humano**, v. 7(2), p.55-61, 2005.

SIMÕES, H. G.; CAMPBELL, C. S. G.; TANGO, M. H.; MELLO, F.; MAZIERO, D. C. & BALDISSERA, V. Lactate minimum test in swimming: relationship to performance and maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, p. S161, 2000.

SLEIVERT G. and MACKINNON, L. T. The validation of backward extrapolation of submaximal oxygen consumption from the oxygen recovery curve. **European Journal Applied Physiology**, v.63, p. 135-139, 1991.

SMITH, M. F.; BALMER, J.; COLEMAN, D. A.; BIRD, S. R.; DAVISON, R. C.; Method of lactate elevation does not affect the determination of the lactate minimum. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 34, p. 1744-9, 2002.

SINCLAIR, D. & DANGERFIELD, P. **Human growth after birth (6th ed)**. New York: Oxford University Press, 1998.

SOBRAL, F. **Adolescente atleta**. Lisboa, Livros Horizonte, 1988.

SOUSA, A.; FIGUEIREDO, P.; ZAMPARO, P.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. Anaerobic alactic energy assessment in middle distance swimming. **European Journal Applied Physiology**, v.13, p. 2646-3, April 2013.

STEGMANN, H; KINDERMANN, W.; SCHINABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal Sports Medicine**, v. 2 p.160-5, 1981.

STEPHENS, B. R.; COLE, A. S. and MAHON, A. D. The Influence of biological maturation on fat and carbohydrate metabolism during exercise in males international. **Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v.16, p. 166-179. Human Kinetics, Inc.2006.

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

SVENSSON, M.; DRUST, B. Testing soccer players. **Journal of Sports Science**, London, n. 23, p. 601-618, 2005.

TAKAHASHI, S.; WAKAYOSHI, K.; HAYASHI, A.; SAKAGUCHI, Y.; KITAGAWA, K. A method for determining critical swimming velocity. **International Journal Sports Medicine**, v. 30, p. 119-123, 2009.

TANNER J. M. **Growth and adolescent**. Oxford: Blackwell Scientific, 1962.

TANNER, J. M.; HEALY, M. J. R.; GOLDSTEIN, H.; CAMERON, N. Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW3 Method). **WD Saunders**, London, 2001.

TANNER, J. M.; WHITEHOUSE, R. H.; MARSHAL, W. A.; HEALY, M. J. R. & GOLDSTEIN, H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 Method). **Academic Press**. London: 1975.

TANNER, J. M., WHITEHOUSE, R. H., CAMERON, N., MARSHALL, W. A., HEALY, M. J. R., & GOLDSTEIN, H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method). **Academic Press Limited**. London, 1983.

TANAKA, H.; SHINDO, M. Running velocity at blood lactate threshold of boys aged 6-15 years compared with untrained and trained young males. **International Journal of Sports Medicine**, v.6, p.90-4, 1985.

TANAKA, H. Predicting running velocity at blood lactate threshold from running performance tests in adolescents boys. **European Journal of Applied Physiology**, v. 55, p. 344-48, 1986.

TAYLOR, W.; HINDMARSH, L.; ODOKI, C. Performance of a new pubertal self-assessment questionnaire: a preliminary study. **Paediatric and Perinatal Epidemiology**, v.15, p. 88-94, 2001.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M. W.; BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 25, p. 620-7,1993.

THORLAND, W.; JOHNSON, G. O.; HOUSH, T. J.; REFSSELL, M. J. Anthropometric characteristics of elite adolescent competitive swimmers. **Human Biology**, v. 55(4):735-748, 1983.

TOURINHO FILHO, H.; RIBEIRO, L. S. P.; ROMBALDI, A. J.; SAMPEDRO, R. M. F. Velocidade de corrida no limiar anaeróbio em adolescentes masculinos. **Revista Paulista Educação Física**, v. 12, p. 31-41, 1998.

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

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

TOUSSAINT, H.M.; WAKAYOSHI, K.; HOLLANDER, A. P, OGITA, F. Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. **Medicine Science Sports Exercise**, v.30, p. 144-51, 1998.

VANDEWALLE, H.; PERES, G.; MONOD, H. Standard anaerobic exercise tests. **Sports Medicine**, v.4, p.268-289, 1987.

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

VAN WIERINGEN, J. C.; WAFELBAKKER, F.; VERBRUGGE, H. P. & DE HASS, J. M. Growth Diagrams, 1965, Netherlands. Leiden: **Netherlands Institute of Preventive Medicine**, 1971.

VIEIRA, F. e FRAGOSO, I. **Morfologia e Crescimento**. 2a Edição. Cruz Quebrada: FMH – UTL, 2006.

VILLAR, R.; ZÜHL, C. A. Efeitos da idade cronológica e da maturação biológica sobre a aptidão física em praticantes de futebol de 13 a 17 anos. **Motricidade**, v. 2 (2), p. 69-79, 2006.

VOLTARELLI, F. A.; MELLO, M. A. R.; GOBATTO, C. A. Limiar Anaeróbio determinado pelo Teste do Lactato Mínimo em Ratos: Efeito dos Estoques de Glicogênio Muscular e do Treinamento Físico. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 4 (3), p.16-25, 2004.

WAKAYOSHI, K.; D' AQUISTO, L.J.; CAPPAERT, J. M.; TROUP, J. P. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. **International Journal Sports Medicine**, v. 16, p. 19-23, 1995.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; HARADA, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? **European Journal Applied Physiology**, v. 66(1), p. 90-95, 1993.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; KASAI, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **International Journal Sports Medicine**, v. 13, p. 367-71, 1992.

WEBER, C. L.; SCHNEIDER, D. A.; Increases in maximal accumulated oxygen deficit after high-intensity interval training are not gender dependent. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 92, (5), p. 1795-801, 2002.

WELSMAN, J. R.; ARMSTRONG, N. Interpreting exercise performance data in relation to body size; in **Armstrong N, Van Mechelen W (eds): Pediatric Exercise Science and Medicine**, ed. 2. Oxford, Oxford University Press, p. 13–22, 2008.

WILLIAMS, J. R.; ARMSTRONG, N. The influence of age and sexual maturation on children's blood lactate responses to exercise. **Pediatric Exercise Science**, v.3, p.111–20, 1991.

WIRTH, A. E.; TRAGER, K.; SCHEELE, D.; MAYER, K.; DIEHM, K.; REISCHLE; and WEICKER, H. Cardiopulmonary adjustment and metabolic response to maximal and submaximal physical exercise of boys and girls at different stages of maturity. **European Journal Applied Physiology**, Occup. Physiol., v. 39, p.229-240, 1978.

ZAGATTO, A. M.; REDKVA, P. E.; LOURES, J. P.; KALVA- FILHO, C. A.; FRANCO, V. H.; KAMINAGAKURA, E. I.; PAPOTI, M. Anaerobic contribution during maximal anaerobic running test: correlation with maximal accumulated oxygen deficit. **Scandinava Journal Medicine Science Sports**, v. 7, 2011.

ZAMPARO. P.; BONIFAZI, M.; FAINA, M. Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers. **European Journal Applied Physiology**, v.94, p.697-704, 2005.

ZAMPARO ,P.; CAPELLI, C.; PENDERGAST, D. Energetics of swimming: a historical perspective. **European Journal Applied Physiology** doi: 10.1007/ s00421-010-1433-7, 2010.

ZAMPARO, P.; LAZZER, S.; ANTONIAZZI, C.; CEDOLIN, S.; AVON, R.; LESA, C. The interplay between propelling efficiency, hydrodynamic position and energy cost of front crawl in 8 to 19-year-old swimmers. **European Journal Applied Physiology**, v. 104, p.689–699, 2008.

ZAMPARO, P.; CAPELLI, C.; CAUTERO, M.; DI NINO, A. Energy cost of front-crawl swimming at supra-maximal speeds and underwater torque in young swimmers. **European Journal Applied Physiology**, v.83, p.487-91, 2000.

ZAMPARO, P.; PENDERGAST, D. R.; TERMIN, B.; MINETTI, A. E. How fins affect the economy and efficiency of human swimming. **Journal Exp Biology**, v.205, p. 2665-76, 2002.

ZAMPARO, P. Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke. **European Journal Applied Physiology**, v. 97, p.52–58, 2006.

ZAMPARO, P.; DALL'ORA, A.; TONEATTO, A.; CORTESI, M.; GATTA, G. The determinants of performance in master swimmers: a cross-sectional study on the age-related changes in propelling efficiency, hydrodynamic position and energy cost of front crawl. **European Journal Applied Physiology** , DOI 10.1007/s00421-012-2376-y, 2012.

ZEFERINO, A. M .B.; BARROS FILHO, A. A.; BETTIOL, H.; BARBIERI, M. A. Acompanhamento do crescimento. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 79, p. S23-S32, Suplemento 1, 2003.

ZWIREN, L. Anaerobic and aerobic capacities of children. **Pediatric Exercise Science**, v. 1, p. 31-44, 1989.

Apêndice 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96)

Olá, meu nome é Maria de Souza Silva, RG 20377738, sou aluna do Curso de Mestrado, na área de Educação Física, tendo como orientador o Prof. Dr. Marcelo Papoti, e convido seu filho a participar de uma pesquisa sob minha responsabilidade que objetiva analisar os efeitos da maturação biológica sobre o custo energético, que reflete a técnica de nado, a capacidade do organismo de seu filho (a) realizar exercícios de média (potência aeróbia máxima) e curta duração (capacidade anaeróbia) duração além do desempenho em provas de 100, 200 e 400m utilizando somente o nado crawl.

A participação de seu filho é de grande importância, pois, por meio das informações colhidas, a pesquisa poderá auxiliar pesquisadores e técnicos desportivos na prescrição de intensidades e monitoramento de treinamento e fornecer possíveis parâmetros que poderão auxiliar na melhora do desempenho sem prejudicar a rotina dos treinamentos. Além disto, seu filho conhecerá seu nível maturacional e todos os resultados relacionados ao seu desempenho.

Os riscos da participação no estudo são semelhantes aos encontrados em sua rotina diária de treinamento, como pequeno desconforto devido ao esforço físico, que serão minimizados por utilização de equipamentos e instalações apropriados e orientação presencial adequada de seu treinador e avaliadores, durante e após a realização dos testes.

Todas as avaliações serão conduzidas no Parque Aquático da Associação Prudentina de Esportes Aquáticos (APEA) na cidade de Presidente Prudente – SP.

Antes e após o esforço máximo de 400m quantidades mínimas de sangue do lóbulo da orelha (uma gota) serão coletadas por perfuração com material específico,

esterilizado, de uso único e descartável, minimizando assim o risco de infecção. Esse procedimento será necessário para determinação das concentrações sanguíneas de lactato.

As informações pessoais contidas nos questionários serão utilizadas exclusivamente para controle e caracterização dos participantes. Desse modo, tais informações serão mantidas em sigilo preservando a intimidade de seu filho (a) e apenas serão divulgados em publicações científicas, não sendo mencionados dados pessoais, pois serão divulgados por meio de médias e desvio padrão, ou outras medidas de tendência central. Destacamos ainda que após o processamento dos dados e término do estudo as informações pessoais serão incineradas.

A avaliação da maturação biológica, será realizada por meio da auto avaliação das Pranchas de Tanner. Para isso será entregue a seu filho (a) imagens de genitálias em diferentes estágios maturacionais. Seu filho (a) será instruído (a) a assinalar por meio da auto verificação a imagem mais próxima a dele. É importante destacar que as instruções para as meninas serão explicadas por uma pesquisadora enquanto e para os meninos por um pesquisador. É importante destacar que a auto avaliação será realizada de modo individual em uma sala e exclusiva para essa finalidade de modo a garantir a total privacidade dos participantes.

Caso você autorize a participação de seu filho, ele será solicitado a responder um questionário, sobre seus dados pessoais e outro sobre sua idade biológica e a realizar esforços máximos nas distancias de 100, 200 e 400m em nado livre com um período mínimo entre os esforços de 24 horas. Após o esforço máximo de 400m seu filho (a) irá respirar durante cinco minutos em uma máscara para coleta dos gases expirados. A análise desses gases será utilizada para determinação do custo energético, potência aeróbia e a capacidade anaeróbia. Os esforços máximos nas distâncias de 100 e 200m serão utilizados para avaliação do desempenho e da técnica de nado (parâmetros mecânicos de braçada).

Após as explicações e leitura deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, se alguma dúvida ainda persistir ou se você julgar necessárias outras informações sobre qualquer aspecto do estudo de pesquisa sinta-se à vontade para entrar em contato com o pesquisador responsável, em qualquer momento da pesquisa.

A participação de seu filho é voluntária e a eventual recusa em participar ou se retirar do estudo em qualquer momento não provocará qualquer prejuízo a você ou a ele.

Se você sentir-se suficientemente esclarecido a respeito dos procedimentos que serão realizados no estudo acima descrito, convido-o a assinar duas vias desse termo de consentimento, autorizando seu filho a participar do Projeto de Pesquisa acima descrito. Uma via ficará com o senhor (a) enquanto que a outra ficará em posse dos pesquisadores.

Dados do (a) participante da pesquisa:

Nome: _____

RG: _____ Data de Nascimento: ____/____/____

Telefone: () _____

Endereço: _____

Bauru, ____ de _____ de 20____.

Assinatura do (a) responsável

Maria de Souza Silva

Pesquisador Responsável

Título do Projeto: Uso da Técnica da Retro Extrapolação para Determinação do Custo Energético, Potência Aeróbia, Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio e Performance de Nadadores com Diferentes Níveis Maturacionais.

Pesquisador Responsável: Maria de Souza Silva. Cargo/Função: mestranda. Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP – Rio Claro, AV: 24^a –1515 - Telefone: (18) 97419635. E-mail: mariasouza123@yahoo.com.br

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Papoti

Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP – Campus de Rio Claro, Av. 24 A n° 1515 – Telefone: (16) 36020347. E-mail: mpapoti@yahoo.com.br.

Apêndice 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96)

Olá, meu nome é Maria de Souza Silva, RG 20377738, sou aluna do Curso de Mestrado, na área de Educação Física, tendo como orientador o Prof. Dr. Marcelo Papoti, e convido você a participar de uma pesquisa sob minha responsabilidade que objetiva analisar os efeitos da maturação biológica sobre o custo energético, que reflete a técnica de nado, a capacidade do seu organismo de realizar exercícios de média (potência aeróbia máxima) e curta duração (capacidade anaeróbia) duração além do desempenho em provas de 100, 200 e 400m utilizando somente o nado crawl.

A sua participação é de grande importância, pois, por meio das informações colhidas, a pesquisa poderá auxiliar pesquisadores e técnicos desportivos na prescrição de intensidades e monitoramento de treinamento e fornecer possíveis parâmetros que poderão auxiliar na melhora do desempenho sem prejudicar a rotina dos treinamentos. Além disso, você conhecerá seu nível maturacional e todos os resultados relacionados ao seu desempenho.

Os riscos da participação no estudo são semelhantes aos encontrados em sua rotina diária de treinamento, como pequeno desconforto devido ao esforço físico, que serão minimizados por utilização de equipamentos e instalações apropriados e orientação presencial adequada de seu treinador e avaliadores, durante e após a realização dos testes.

Todas as avaliações serão conduzidas no Parque Aquático da Associação Prudentina de Esportes Aquáticos (APEA) na cidade de Presidente Prudente – SP.

Antes e após o esforço máximo de 400m quantidades mínimas de sangue do lóbulo da orelha (uma gota) serão coletadas por perfuração com material específico, esterilizado, de uso único e descartável, minimizando assim o risco de infecção. Esse

procedimento será necessário para determinação das concentrações sanguíneas de lactato.

As informações pessoais contidas nos questionários serão utilizadas exclusivamente para controle e caracterização dos participantes. Desse modo, tais informações serão mantidas em sigilo preservando a sua intimidade e apenas serão divulgados em publicações científicas, não sendo mencionados dados pessoais, pois serão divulgados por meio de médias e desvio padrão, ou outras medidas de tendência central. Destacamos ainda que após o processamento dos dados e término do estudo as informações pessoais serão incineradas.

A avaliação da maturação biológica, será realizada por meio da auto avaliação das Pranchas de Tanner. Para isso será entregue a você imagens de genitálias em diferentes estágios maturacionais. Você será instruído (a) a assinalar por meio da auto verificação a imagem mais a próxima a sua. É importante destacar que as instruções para as meninas serão explicadas por uma pesquisadora enquanto e para os meninos por um pesquisador. É importante destacar que a auto avaliação será realizada de modo individual em uma sala e exclusiva para essa finalidade de modo a garantir a total privacidade dos participantes.

Caso você queira participar, você será solicitado a responder um questionário, sobre seus dados pessoais e outro sobre sua idade biológica e a realizar esforços máximos nas distâncias de 100, 200 e 400m em nado livre com um período mínimo entre os esforços de 24 horas. Após o esforço máximo de 400m você irá respirar durante cinco minutos em uma máscara para coleta dos gases expirados. A análise desses gases será utilizada para determinação do custo energético, potência aeróbia e a capacidade anaeróbia. Os esforços máximos nas distâncias de 100 e 200m serão utilizados para avaliação do desempenho e da técnica de nado (parâmetros mecânicos de braçada).

Após as explicações e leitura deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, se alguma dúvida ainda persistir ou se você julgar necessárias outras informações sobre qualquer aspecto do estudo de pesquisa sinta-se à vontade para entrar em contato com o pesquisador responsável, em qualquer momento da pesquisa.

A sua participação é voluntária e a eventual recusa em participar ou se retirar do estudo em qualquer momento não provocará qualquer prejuízo a você .

Se você sentir-se suficientemente esclarecido a respeito dos procedimentos que serão realizados no estudo acima descrito, convido-o a assinar duas vias desse termo de consentimento, confirmando sua participação do Projeto de Pesquisa acima descrito. Uma via ficará com você enquanto que a outra ficará em posse dos pesquisadores.

Dados do (a) participante da pesquisa:

Nome: _____

RG: _____ Data de Nascimento: ____/____/____

Telefone: () _____

Endereço: _____

Bauru, ____ de _____ de 20____.

Assinatura do (a) responsável

Maria de Souza Silva
Pesquisador Responsável

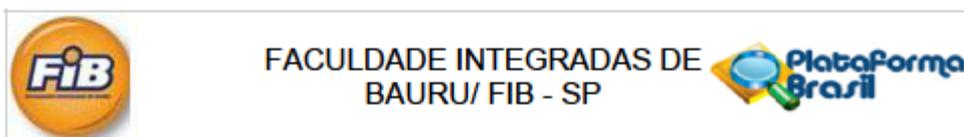
Título do Projeto: Uso da Técnica da Retro Extrapolação para Determinação do Custo Energético, Potência Aeróbia, Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio e Performance de Nadadores com Diferentes Níveis Maturacionais..

Pesquisador Responsável: Maria de Souza Silva. Cargo/Função: mestranda. Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP – Rio Claro, AV: 24^a –1515 - Telefone: (18) 97419635. E-mail: mariasouza123@yahoo.com.br

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Papoti

Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP – Campus de Rio Claro, Av. 24 A n° 1515 – Telefone: (16) 36020347. E-mail: mpapoti@yahoo.com.br.

Anexo 1



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Uso da técnica de retro extrapolação para determinação do Custo Energético, Potência Aeróbia, Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio e Performances de Nadadores com diferentes níveis maturacionais

Pesquisador: Marcelo Papoti

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 23703813.7.0000.5423

Instituição Proponente: Faculdades Integradas de Bauru/ FIB - SP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 442.887

Data da Relatoria: 13/11/2013

Apresentação do Projeto:

Adequado.

Objetivo da Pesquisa:

Adequado.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Adequados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto elaborado com clareza, bem detalhado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos foram apresentados.

Recomendações:

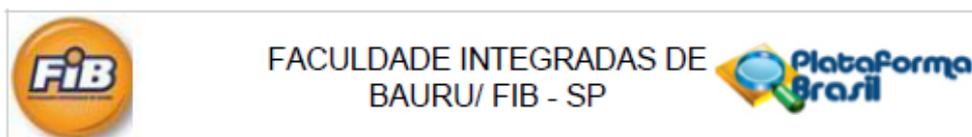
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências.

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Rua José Santiago, 16-50
 Bairro: Vila São João do Ipiranga CEP: 17.056-120
 UF: SP Município: BAURU
 Telefone: (14)2109-6213 Fax: (14)2109-6213 E-mail: cepfib@fibbauru.br



Continuação do Parecer: 442.887

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

BAURU, 31 de Outubro de 2013

Assinador por:
Olga de Castro Mendes
(Coordenador)

Endereço: Rua José Santiago, 16-50
Bairro: Vila São João do Ipiranga CEP: 17.056-120
UF: SP Município: BAURU
Telefone: (14)2109-6213 Fax: (14)2109-6213 E-mail: cepfio@fbbauru.br

Anexo 2**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO**

NOME:.....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE..... SEXO: M () F ()

DATA DE NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO:Nº APTO.....

BAIRRO: CIDADE:

CEP: TELEFONE: (.....)

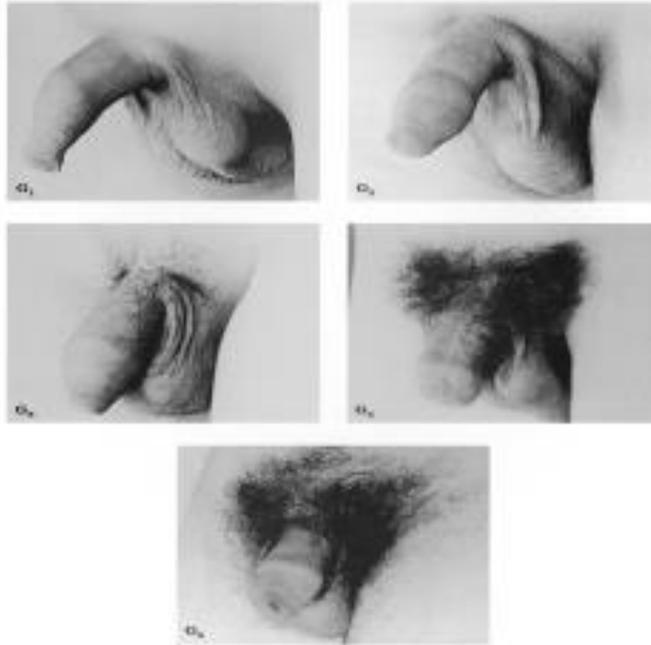
EMAIL:

TEMPO DE NATAÇÃO: PRINCIPAL ESTILO:

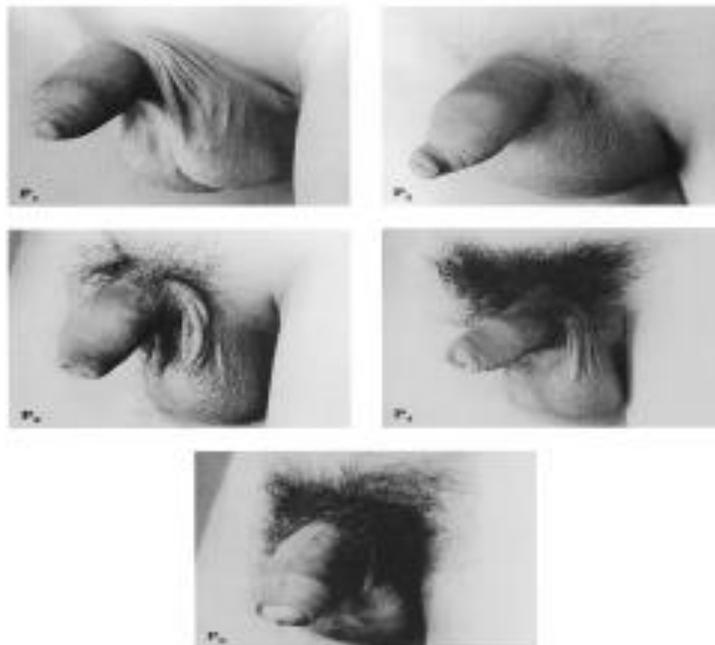
IDENTIFICAÇÃO DA IDADE BIOLÓGICA (MASCULINO)

Nome:

Assinalar a foto que mais se assemelha com a sua aparência (Tanner, 1962)



Estágios da maturação sexual masculino – genitais



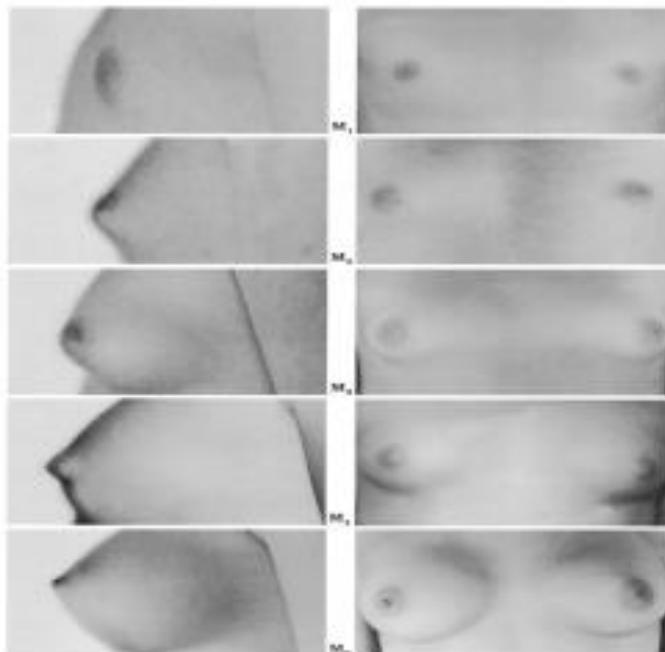
Estágios da maturação sexual masculina – pêlos púbicos

Anexo 4

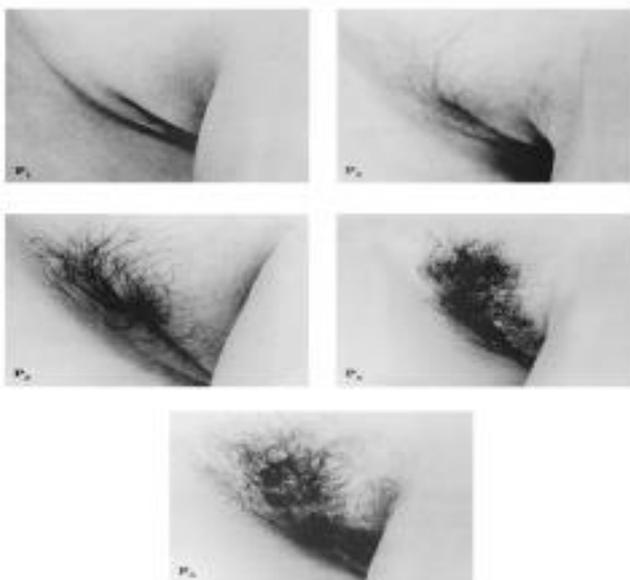
IDENTIFICAÇÃO DA IDADE BIOLÓGICA (FEMININO)

Nome:

Assinalar a foto que mais se assemelha com a sua aparência(Tanner, 1962)



Estágios da maturação sexual feminino – mamas



Estágios da maturação sexual feminino – pêlos púbicos