

U. PORTO



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

**Avaliação Indirecta da Funcionalidade Anaeróbia de Nadadores de Diferente
Estatuto Maturacional com Recurso a Testes Laboratoriais e de Terreno**

Susana Maria Soares Ribeiro

Outubro 2007

Porto, Outubro de 2007

Universidade do Porto

Faculdade de Desporto

Avaliação Indirecta da Funcionalidade Anaeróbia de Nadadores de Diferente Estatuto Maturacional com Recurso a Testes laboratoriais e de Terreno

Autor: Susana Maria Soares Ribeiro

Orientador: João Paulo Vilas-Boas Soares Campos

Co-Orientador: José António Ribeiro da Maia

Dissertação apresentada às provas de doutoramento no ramo de Ciências do Desporto, nos termos do Decreto-Lei n.º 216/92, de 13 de Outubro.

Àqueles que eu mais Amo
e que se encerram no meu círculo familiar mais íntimo.

Agradecimentos

A realização de uma tese é, para mim, um acto profundamente solitário. São muitas horas roubadas à vida em frente ao ecrã do computador. Se muitos momentos são de profunda alegria, outros são de crise, de angústia, de sensação de incapacidade. Ajuda-nos quem nos traça o caminho e nos orienta durante a jornada, quem nos ensina, quem nos apoia nos momentos mais fáceis e mais difíceis, quem nos dá amor, carinho e amizade, quem nos anima e nos faz sorrir...

Não sei o que considero mais importante no final deste trabalho: os resultados e conclusões, o ter conseguido, a noção de dever cumprido?

Não...

O mais importante foi, sem dúvida, descobrir o vasto leque de gente boa e amiga que me rodeia. E se incógnitas subsistirem nalgém, aqui registo nomes e passagens de quem e das quais muito dificilmente esquecerei.

Porque as teses têm momentos, geração e era, quero mesmo transcrever um e-mail que há tempos recebi, o qual apenas readaptei no final para servir os meus propósitos. Revejam-se nele todos os que listei abaixo e perdoem-me todos os que, por questões de língua ou de contexto, o não entenderem. Sei que um dia esta graça perderá o seu sentido, mas a mensagem, essa será sempre caracteristicamente anacrónica!

Sabes onde é que estão os amigos fixes? Mas mesmo, mesmo fixes? Mesmo, mesmo?

- Epah fixes?

- Aqueles amigos que tu olhas para eles e dizes: "Epah estes amigos são mesmo fixes!"

- Sabes onde é que eles estão, esses amigos tão fixes que até chateiam, porque são fixes, os marotos? Sabes onde é que eles estão? Sabes, sabes, SABES?

- Sei...

- Eu também! Estão nas linhas abaixo desta mensagem!

Um agradecimento profundo e emocionado:

Aos "três mais" desta tese: ao Professor Doutor. João Paulo Vilas-Boas, o professor que me ensinou a nadar e que, mais tarde, me ensinou tudo sobre saber nadar; ao Professor Doutor José Maia, que me deu o primeiro elogio "estatístico" no meu 1º ano de Curso e que, mais tarde, me mostrou o quanto ainda tenho que aprender sobre a matéria; ao Professor Doutor Leandro Machado, o segundo co-orientador desta tese, que me aliviou das angústias da matemática e me ensinou qualquer coisita do *MatLab* (parece que o tal programa é um bocadinho difícil...).

À avó Mila, sem a qual esta tese nunca teria sido possível, o "pilar" da minha casa, a verdadeira segunda mãe dos meus filhos.

À tia Lola, que nunca me sabe dizer que não!

A outras pessoas muito, muito especiais: ao Ricardo Silva, o Ricardo “de Vila-Real”, que se juntou a mim com o intuito de fazer o seu trabalho e que acabou por se envolver de alma e coração no meu, tendo-me oferecido uma ajuda tão pura e altruísta, reflexo da sua pessoa, que acabou por o transformar num dos meus mais queridos amigos. Por falar em altruísmo, à Inês Aleixo nem sei como agradecer! Foram tantas as horas partilhadas de dia e de noite (e o portátil dela, que se fez meu durante umas semanas), que lhe sinto a falta quando não a vejo durante muito tempo; à Sónia Vidal, que acumulou horas de *babysitting* (de extrema qualidade!) do meu filho e cuja frase mais dita era “se precisar de alguma coisa...” e, sempre que foi preciso, lá esteve ela!; ao José Magalhães e ao António Ascensão, de quem muito me orgulho de ser colega e amiga, que, incrivelmente, sempre tiveram tempo para mim, fosse para as inúmeras ajudas técnicas de que precisei, fosse simplesmente para um mimo de encorajamento; ao “grande” Lima, cujo “invento” desde cedo lhe “apanhei”, e que foi um amigo e colaborador inestimável no decurso deste trabalho; à Catarina, que também agarrou o invento do Lima e se tornou a minha mão direita na velocimetria; ao Paulo Colaço, um amigo que parece ter sempre tempo para tudo, o amigo do “lactato”; à Suzana Pereira, que mal teve tempo de pousar o pé em Portugal e já andava de câmara em punho a filmar os meus nadadores. Daí até à nossa amizade, foi “um saltinho de pardal”...; à Carla Carmo, a sempre preocupada Carlinha, um agradecimento por anos de mimo e amizade; ao Pedro Gonçalves, um Engenheiro muito disponível para todas as minhas dúvidas, das mais legítimas às mais “patetas”; à Jeanne Dekerle pela correcção do meu *resumé*; à Inês Monteiro, uma “aluna-amiga” que verificou, de fio a pavio, as minhas referências bibliográficas; à Roberta Bgeginski, por umas quantas horas partilhadas; ao Sr. Marinho e ao Nuno, da reprografia – “que paciência!”; ao André e ao Michel, que seria de mim sem os meus informáticos!

E ao meu amigo Ricardo Fernandes agradeço, entre tudo (muitoxmuito!), uma serena tarde de Domingo que se transformou num capítulo desta tese.

Um agradecimento pela colaboração: Ao “Tonas”, do Vilacondense; ao Pedro “Paços”, da GESPAÇOS; aos colegas da fisiologia e da bioquímica, Professor Doutor José Soares, Professor Doutor José Alberto Duarte e Eduardo; aos colegas da cineantropometria, André Seabra e Rui Garganta; à Filipa e ao Filipe, da Biomecânica e do Atletismo; ao João Carvalho, o colega da Física; ao Rui Faria, o *big boss* das nossas instalações; ao Zé Virgílio, do meu gabinete e à Eunice; à Sofia Canossa, da “Piscina de Lamas”; à Daniela, da especial, e ao Andrés; ao Fernando Capitão, ao João Sousa, à Ana Querido, à Ana Balonas, à Iara, à Guida e à Anabela, à Lien Raes, Eveline van Delsen, Willem Van Delsen e Jon Heylen; à Roberta Bgeginski; ao Sr. Rui Biscaia, ao Serafim e ao Sr. Teixeira; aos pais de todos os nadadores mais jovens que participaram neste trabalho.

Um grato agradecimento às Instituições:

Ao FCP, querendo nomear o Eng^o Luís Fernandes, o Sr. Lino Pinheiro, o Zé Silva, o Zé *china*, o Miguel Pinheiro, a Sónia Vilar e a Rita Fernandes, agradeço por sempre me fazerem sentir em casa, porque a ela já só pertença, efectivamente, em coração. Não podendo, por razões éticas, nomear os nadadores e os muitos pais que se dispuseram a participar e colaborar, respectivamente, neste estudo, mas sabendo eu que todos eles sabem quem são, remeto um MUITO OBRIGADA, que muito menos do que por obrigação, aqui deixo com toda a convicção. Não quero deixar de

agradecer, também, aos alunos da FCDEF/FADEUP que, nos vários momentos de recolha de dados, cumpriam o seu centro de treino neste clube e se deixaram usar e abusar para tudo o que foi preciso.

À Globus Itália, particularmente à Barbara De Zan, o meu maior agradecimento pela forma incondicional como me assistiram na resolução de um grave problema de software informático.

À UTAD, particularmente aos Professores Doutores Jorge Campaniço e António José Silva (o Tó Zé para mim!) e ao Eng^o Boaventura, que me prestaram uma ajuda preciosa e amiga e me porporcionaram uma colaboração absolutamente excepcional no tocante à avaliação do nado simulado em *swim bench*.

À Varzim Lazer, S. A., que, pela mão da sua então coordenadora técnica, Dra. Carla Carmo, me abriu as portas em momentos particularmente difíceis da minha recolha de dados.

À ANNP, particularmente ao Sérgio Souto, pelo apoio fantástico com nadadores e questões logísticas mais problemáticas. Via ANNP agradeço a todos os treinadores que tiveram nadadores em estágios e com quem tive que contactar para a resolução de problemas mais ou menos graves. Excepto um, que não esquecemos, todos colaboraram com particular boa vontade.

Ao Instituto Politécnico de Bragança, particularmente ao meu insubstituível amigo Tiago Barbosa, que me colocou à disposição, de forma incondicional, o transdutor de força que utilizei na recolha de todos os dados de nado amarrado.

À Sportester e particularmente ao João Razoilo, que esteve sempre do outro lado da linha do telefone, com um apoio, mais do que pronto e responsável, profundamente cúmplice e amigo.

À CMP, mais concretamente à Associação Gabinete de Desporto do Porto, particularmente ao Professor Doutor Armando Oliveira e ao Dr. Filipe Peixoto, que me disponibilizaram a piscina de Campanhã, imprescindível para a realização dos testes de velocimetria. Também à Assunção Pinto.

E à minha Faculdade... terei que lhe ir sempre agradecendo!

Resumo

A avaliação do potencial individual para o desempenho anaeróbio de sujeitos em diferente estado de desenvolvimento maturacional tem sido alvo de várias tentativas. Do conjunto de métodos e procedimentos utilizados, no seu grosso indirectos, o teste *Wingate* parece ter reunido algum consenso quanto à superioridade da sua capacidade informativa em relação aos demais. No historial da investigação nesta área não são muitos os trabalhos onde se comparam métodos, instrumentos e procedimentos diferentes e os estudos em que se utilizaram amostras de desportistas não adultos são em número claramente inferior, particularmente se nos focarmos no escalão pré-pubertário. Sendo a natação, na sua vertente competitiva, uma modalidade de forte intervenção do sistema metabólico anaeróbio e onde, muitas vezes, o resultado desportivo de forte expressão surge antes do nadador atingir da idade adulta, o melhor conhecimento do potencial individual de desempenho anaeróbio de nadadores e a influência que o seu estado maturacional tem sobre o mesmo reveste-se de particular relevo. Neste sentido, foram objectivos gerais da presente dissertação (1) comparar cinco testes de avaliação do desempenho anaeróbio de especificidade crescente em relação à natação, distinguindo-se os resultados produzidos por nadadores em diferente estado de desenvolvimento maturacional, e (2) despistar a possível ocorrência de mudanças no perfil de variação da velocidade de nado e no regime de produção de força e potência musculares que possam evidenciar a existência de eventuais “limiares de fadiga anaeróbios”. O protocolo experimental consistiu na realização de cinco testes de 30s de duração (nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro). Foram ainda realizadas duas avaliações adicionais, uma para determinação do valor da ordenada na origem da função da variação da distância com o tempo de nado (valor de *b*) e outra para determinação da possibilidade de ocorrência de um “limiar de fadiga” metabólico observável a partir da eventual alteração do regime de acumulação de lactato sanguíneo em função do tempo e da distância de nado. Os nadadores avaliados subdividiram-se em três grupos de estado de desenvolvimento maturacional crescente (pré-púberes, púberes e pós-púberes). Para além dos parâmetros específicos associados a cada teste, salientando-se a velocidade e a força e potência musculares, foram ainda determinados parâmetros metabólicos (concentrações de La^-), cardíacos (FC) e biomecânicos (FG e IF). Os principais resultados salientam a dificuldade em destacar, de forma óbvia, um dos testes enquanto portador de capital informativo superior, relativo ao potencial individual para o desempenho anaeróbio de nadadores. A comparação dos diferentes testes entre si permitiu observar alguma afinidade nos resultados relativos aos testes de nado livre, nado amarrado e teste *Wingate* realizado em cicloergómetro, por um lado, e aos testes de nado simulado em *swim bench* e teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços, por outro. A diferenciação das respostas de cada grupo maturacional a cada teste mostrou-se coerente com os resultados evidenciados na literatura relativos à evolução da velocidade e da força e potência musculares com a maturação. Foi possível determinar um ou dois “limiares de fadiga” a partir das funções da variação da velocidade, força e potência com o tempo, que ocorreram aproximadamente aos 13s (limiar único) e aos 8 e 18s de esforço (dois limiares). Observaram-se evidências, ainda que ténues, da ocorrência de um limiar de fadiga metabólico próximo dos 15s de esforço. O valor da ordenada na origem da função que expressa a variação da distância com o tempo de nado não se correlacionou de forma evidente com nenhum dos parâmetros relativos a cada teste, levando a suspeitar da sua utilidade enquanto indicador indirecto da capacidade anaeróbia de nadadores.

Palavras chave: natação, funcionalidade anaeróbia, maturação, limiares de fadiga, lactatemia

Abstract

Evaluations of the individual potential of subjects of different maturational status to perform anaerobic efforts have been already tried for several times. *Wingate Test* is considered as the better between all the others methods and procedures that have been tried. An historical approach shows a low number of works where several methods, instruments and procedures have been compared. The studies who have used children evolved in training are in a low number too, especially pre-pubertal children. Although, swimming competition evolves a great intervention of anaerobic system and sportive result arrives many times before the swimmers becomes adult. Thus, to better know the individual potential to perform anaerobic tasks under the influence of the maturational status is rather important. The main purposes of the present work were (1) to compare five anaerobic tests with growing specificity in relation to swimming, considering the influence of the maturational status and (2) to look for possible changes in swimming velocity profile and in muscular force and power production who can eventually evidence the existence of "anaerobic fatigue thresholds". Experimental procedures consisted in five 30sec anaerobic tests (free swimming, tethered swimming, simulated swimming using *swim bench* and *Wingate* test performed in adapted arm crank and cycle ergometer). In addition, two other evaluations were performed. One was the determination of the y-intercept value of the function that expresses the swimming velocity-time relationship. The other was used to determine the possible occurrence of a metabolic "fatigue threshold" observed through an eventual alteration in blood lactate accumulation profile over time and distance swam. Swimmers evaluated were pre-pubertal, pubertal and post-pubertal. In each test were measured specific parameters as swimming velocity and muscular force and power production. Other metabolic (L_a concentration), cardiac (heart rate) and biomechanical (stroke rate and fatigue index) parameters have been measured too. Main results showed the difficulty in clearly choose the test who produces the better information related with individual anaerobic potential. The comparison of the tests performed allowed observing a large proximity between free swimming, tethered swimming and *Wingate* test performed in cycle ergometer, by one side, and simulated swimming using *swim bench* and *Wingate* test performed in adapted crank ergometer, by the other. Differences observed in velocity, force and power in function of maturation mainly matched literature related to the evolution of those physical qualities for subjects under training effect. It has been possible to determine one or two "fatigue thresholds" in velocity-time, force-time and power-time curves. Thresholds were observed at approximately 13sec (unique threshold), and 8 and 18sec (two thresholds). Slight evidences showed the possible occurrence of a metabolic "fatigue threshold" around 15sec. Y-intercept value doesn't essentially correlate with any of the parameters measured in each anaerobic test and seems to not be adequate to use as an indicator of swimmers anaerobic capacity.

Key words: swimming, anaerobic function, maturation, fatigue thresholds, blood lactate

Resumé

L'évaluation du potentiel individuel pour la réalisation d'efforts anaérobies de sujets de différents niveaux de maturation a déjà fait l'objet de recherches scientifiques. Parmi l'ensemble des méthodes et procédures utilisées, presque toutes indirectes, le teste *Wingate* semble privilégié du fait du plus grand nombre d'informations qu'il fournit. Dans l'histoire de la recherche dans ce domaine, il n'y a pas beaucoup de travaux où différentes méthodes, instruments et procédures ont été comparées; et les études sur les sujets sportifs jeunes sont encore moins nombreuses, particulièrement chez l'enfant pré-pubertaire. La natation de compétition est une activité qui sollicite fortement le système métabolique anaérobie où, plus d'une fois, le résultat sportif vient avant même que le nageur arrive à l'âge adulte. La meilleure connaissance du potentiel individuel des nageurs pour réaliser des efforts anaérobies et l'influence de son état de maturation, sont de grande importance. Ainsi, les objectifs principaux de ce travail étaient (1) de comparer cinq tests d'évaluation du potentiel anaérobie de spécificité croissant en natation, en différenciant les résultats produits par des nageurs de niveaux de maturation différents; et (2) d'observer la possibilité d'apparition de changements dans les profils de variation de vitesse de nage, dans le régime de production de force et de puissance musculaire qui peut révéler l'existence d'éventuels « seuils de fatigue anaérobies ». La procédure expérimentale a consisté en la réalisation de cinq tests de 30 secondes (nage libre, nage attachée, nage simulée sur *swim bench* et teste *Wingate* réalisé sur ergomètre à bras adapté et sur cyclo-ergomètre). Deux autres évaluations ont permis de déterminer la valeur de l'ordonnée à l'origine de la relation entre distance et temps de nage, et la possibilité d'apparition d'un « seuil de fatigue » métabolique, observable à partir de l'éventuel changement du régime d'accumulation de lactate sanguin en fonction du temps et de la distance de nage. Les nageurs évalués ont été séparés en trois groupes en fonction de leur état de maturation (pré-pubertaires, pubertaires et post-pubertaires). En Plus des paramètres spécifiques associés à chaque test, en faisant ressortir la vitesse et la force et puissance musculaire, des paramètres métaboliques (concentration du La^-), cardiaques (fréquence cardiaque) et biomécaniques (fréquence gestuelle et index de fatigue) ont aussi été déterminés. Les principaux résultats sont la difficulté de détacher, de façon évidente, un des tests comme transporteur de capital informatif supérieur relatif au potentiel individuel du nageur pour réaliser des efforts anaérobies. La comparaison des différents essais entre eux a permis d'observer quelques affinités sur les résultats relatifs aux essais de nage libre, nage attachée et teste *Wingate* réalisé sur cyclo-ergomètre, d'un côté, et aux testes de nage simulée en *swim bench* et teste *Wingate* réalisé sur ergomètre de bras adapté, d'un autre côté. La différenciation de la réponse entre chaque groupe en maturation pour chaque test s'est montrée cohérente avec les résultats avancés dans la littérature relatifs à l'évolution de la vitesse et de la force et puissance musculaire avec la maturation. Il a été possible de déterminer un ou deux « seuils de fatigue » à partir des variations de la vitesse, force et puissance avec le temps, qui se sont produites approximativement à la 13^{ème} seconde (seuil unique), et à la 8^{ème} et 18^{ème} seconde d'effort (deux seuils). Un seuil de fatigue métabolique proche des 15 secondes d'effort a été mis en évidence. La valeur de l'ordonnée à l'origine de la relation distance - temps, n'est pas corrélée avec chacun des paramètres relatifs à chaque test, soulignant son inutilité comme indicateur direct de la capacité anaérobie des nageurs.

Mots clé: natation, métabolisme anaérobie, maturation, seuils de fatigue, lactatémie

Índice

Índice de Figuras.....	XXI
1. Introdução.....	1
2. Revisão da literatura.....	7
2.1. Processo de crescimento, maturação e desenvolvimento humanos.....	7
2.1.1. Terminologia no processo de crescimento, maturação e desenvolvimento.....	8
2.1.2. Regulação geral do crescimento e da maturação.....	11
2.1.2.1. Processo de crescimento e maturação e suas relações com o desenvolvimento da velocidade e da força e potência musculares e do sistema anaeróbio.....	11
2.1.2.2. Factores que influenciam o desenvolvimento biológico normal.....	15
2.1.2.3. Processo de crescimento e maturação e treinabilidade das capacidades motoras e sistemas fisiológicos anaeróbios.....	16
2.1.3. Determinação do estado de maturação biológica.....	20
2.1.3.1. Metodologia, problemas e limitações da determinação do estado de maturação biológica a partir do estado de maturação morfológica.....	21
2.1.3.2. Metodologia, problemas e limitações da determinação do estado de maturação biológica a partir do estado de maturação sexual.....	22
2.1.3.3. Metodologia, problemas e limitações da determinação do estado de maturação biológica a partir do estado de maturação óssea.....	26
2.2. Bioenergética.....	28
2.2.1. Determinantes fisiológicos e bioquímicos do metabolismo anaeróbio e sua relação com exercícios de intensidade máxima.....	28
2.2.2. Outros determinantes do sistema metabólico anaeróbio.....	34
2.2.3. Metabolismo anaeróbio: conceito de potencial anaeróbio, potência anaeróbia e capacidade anaeróbia.....	36
2.3. Fadiga.....	40
2.3.1. Fadiga associada a esforços intensos e de curta duração.....	40
2.3.2. Limiar de fadiga.....	47
2.3.3. Manifestações de fadiga.....	48
2.3.3.1. Alterações do perfil de velocidade de nado.....	49
2.3.3.2. Alterações da força aplicada durante o nado.....	56
2.3.3.3. Alterações da frequência gestual e da distância de ciclo durante o nado.....	58
2.3.4. Recuperação.....	59
2.4. O processo de treino.....	61
2.4.1. O processo de treino em natação.....	61
2.4.2. O treino <i>bioenergético</i>	63
2.4.2.1. O treino do sistema anaeróbio em natação.....	66
2.4.3. O processo de treino de crianças em geral e de nadadores em particular.....	74
2.4.3.1. Assumpções relativas ao treino com crianças.....	78
2.4.3.2. Indicações para o treino dos processos bioenergéticos anaeróbios em crianças.....	83
2.5. Controlo do treino.....	87
2.5.1. Indicadores de capacidade de desempenho anaeróbio.....	87

2.5.1.1.	Turnover de fosfatos de elevado potencial energético e actividade glicolítica.....	88
2.5.1.2.	Deficit de oxigénio.....	89
2.5.1.3.	Dívida de oxigénio.....	90
2.5.1.4.	Lactatemia.....	91
2.5.1.5.	Frequência cardíaca.....	93
2.5.2.	Métodos mais directos e indirectos de determinação do potencial anaeróbio na actividade desportiva em geral e na natação em particular.....	94
2.5.2.1.	Ergometria.....	100
2.5.2.1.1.	Ergometria em natação.....	101
2.5.2.1.2.	Testes em cicloergómetro.....	101
2.5.2.1.2.1.	Teste Wingate.....	102
2.5.2.1.2.1.1.	Descrição do teste.....	102
2.5.2.1.2.1.2.	Informação obtida com o teste <i>Wingate</i>	105
2.5.2.1.2.1.3.	Limitações do teste <i>Wingate</i>	107
2.5.2.1.2.2.	Teste força-velocidade.....	108
2.5.2.1.3.	Ergómetro de braços de pedal.....	109
2.5.2.1.4.	Nado amarrado.....	111
2.5.2.1.5.	Banco simulador de nado.....	116
2.5.2.2.	Métodos aplicados em nado livre.....	123
2.5.2.3.	Ordenada na origem da função distância-tempo de nado.....	124
2.6.	Objectivos e hipóteses.....	131
3.	Material e Métodos.....	135
3.1.	Amostra dos seis primeiros estudos.....	135
3.1.1.	Características da amostra.....	137
3.1.1.1.	Idade e medidas antropométricas.....	137
3.1.1.2.	Anamnese do treino.....	138
3.1.1.3.	Composição corporal e IMC.....	140
3.1.1.4.	Maturação.....	142
3.1.2.	Número de sujeitos dos grupos amostrais.....	143
3.2.	Amostra do sétimo estudo.....	143
3.3.	Instrumentos e procedimentos.....	144
3.3.1.	Protocolos de avaliação dos estudos um a seis.....	144
3.3.1.1.	Registo da anamnese do treino e determinação da altura, peso e composição corporal.....	145
3.3.1.2.	Determinação do estágio de desenvolvimento maturacional.....	147
3.3.1.3.	Determinação da lactatemia de repouso e pós-esforço.....	147
3.3.1.4.	Determinação da frequência cardíaca de repouso, da frequência cardíaca máxima de esforço e da recuperação e da frequência cardíaca máxima estimada.....	149
3.3.1.5.	Recolha de imagens vídeo.....	150
3.3.1.6.	Estudo um – Registo velocimétrico em nado livre.....	151
3.3.1.7.	Estudo dois – Registo da força em nado amarrado.....	155
3.3.1.8.	Estudo três - Registo da força em nado simulado em <i>swim bench</i>	157
3.3.1.9.	Estudos quatro e cinco – Determinação da potência em testes <i>Wingate</i> realizados em ergómetro de braços adaptado e em cicloergómetro.....	161
3.3.1.10.	Estudo seis – Cálculo da regressão linear entre a distância e o tempo de nado.....	165

3.3.2. Estudo sete – Perfil de acumulação de lactato num teste incremental	166
3.4. Tratamento dos dados e procedimentos estatísticos	168
3.4.1. Tratamento dos dados dos seis primeiros estudos	168
3.4.1.1. Nado livre, nado amarrado e nado simulado em <i>swim bench</i>	168
3.4.1.2. Teste <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e cicloergómetro	179
3.4.1.3. Delimitação do valor da ordenada na origem da função da variação da distância com o tempo de nado	182
3.4.2. Tratamento dos dados do estudo sete	182
3.4.3. Procedimentos estatísticos	183
4. Resultados	187
4.1. Processo de validação dos testes concorrentes do teste <i>Wingate</i> realizado em cicloergómetro	187
4.2. Comparação da resposta a cada teste considerando o estado de desenvolvimento maturacional e o género dos nadadores	199
4.2.1. Resposta láctica máxima pós-esforço e <i>net</i>	199
4.2.2. Frequência cardíaca máxima de esforço e frequência cardíaca máxima quando incluídos 30s de recuperação	201
4.2.3. Frequência cardíaca média de esforço	202
4.2.4. Incremento da frequência cardíaca	204
4.2.5. Perfis de variação da frequência cardíaca máxima de esforço e da frequência cardíaca máxima quando incluídos 30s de recuperação	205
4.2.6. Resposta cardíaca ao esforço em percentagem da frequência cardíaca máxima	206
4.2.7. Índice de fadiga	207
4.2.8. Frequência gestual	208
4.3. Variáveis de pré-teste e variáveis comuns a todos os testes com capital informativo capaz de distinguir nadadores de diferentes estados de desenvolvimento maturacional e géneros	210
4.3.1. Lactatemia e frequência cardíaca de repouso	210
4.3.2. Lactatemia máxima pós-esforço e <i>net</i>	211
4.3.3. Frequência cardíaca máxima de esforço e frequência cardíaca máxima quando incluídos 30s de recuperação	213
4.3.4. Frequência cardíaca média de esforço	215
4.3.5. Incremento da frequência cardíaca	216
4.3.6. Perfis de variação da frequência cardíaca de esforço e da frequência cardíaca quando incluídos 30s de recuperação	217
4.3.7. Resposta cardíaca ao esforço em percentagem da frequência cardíaca máxima	219
4.3.8. Índice de fadiga	220
4.3.9. Frequência gestual	221
4.4. Variáveis de cada teste com capital informativo capaz de distinguir nadadores de diferentes estados de desenvolvimento maturacional e géneros	223
4.4.1. Nado livre	223
4.4.1.1. Velocidades máxima, média e mínima e coeficiente de variação da velocidade média	223
4.4.1.2. Número de ciclos, tempo de ciclo, distância e índice de ciclo	225
4.4.2. Nado amarrado	226
4.4.2.1. Valores absolutos e relativos das forças máxima, média e mínima e coeficiente de variação da força média	226
4.4.2.2. Número de ciclos e tempo de ciclo	230

4.4.3. Nado simulado em <i>swim bench</i>	230
4.4.3.1. Nível de resistência aplicada e velocidade das braçadas.....	231
4.4.3.2. Valores absolutos e relativos das forças máxima, média e mínima e coeficiente de variação da força média.....	232
4.4.3.3. Número de ciclos e tempo de ciclo.....	235
4.4.4. Teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços.....	236
4.4.4.1. Valores absolutos e relativos das potências máxima, média e mínima obtidos com teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços.....	236
4.4.5. Cicloergometria.....	240
4.4.5.1. Valores absolutos das potências máxima, média e mínima obtidos em cicloergometria.....	240
4.5. Determinação de limiares de fadiga.....	243
4.5.1. Curva de declínio da velocidade em nado livre.....	243
4.5.2. Curva de declínio da força em nado amarrado.....	251
4.5.3. Curva de declínio da força em nado simulado.....	257
4.5.4. Curva de declínio da potência obtida em ergómetro de braços adaptado.....	263
4.5.5. Curva de declínio da potência obtida em cicloergómetro.....	266
4.5.6. Comparação dos momentos de ocorrência dos limiares de fadiga dos diferentes testes.....	269
4.5.7. Acumulação sanguínea de lactato num teste incremental de 30s.....	272
4.6. O valor de <i>b</i> enquanto indicador de potencial anaeróbio.....	277
5. Discussão.....	285
5.1. Discussão da metodologia.....	285
5.1.1. Problemas e limitações do teste de velocimetria de nado.....	285
5.1.2. Problemas e limitações do teste de nado amarrado.....	287
5.1.3. Problemas e limitações do teste de nado simulado em <i>swim bench</i>	288
5.1.4. Problemas e limitações dos testes <i>Wingate</i> realizados em ergómetro de braços adaptado e em cicloergómetro.....	290
5.2. Discussão dos resultados.....	293
5.2.1. Características da amostra.....	293
5.2.2. Validação dos testes concorrentes do teste <i>Wingate</i> realizado em cicloergómetro.....	294
5.2.3. Comparação da resposta a cada teste considerando o estado de desenvolvimento maturacional e o género dos nadadores.....	299
5.2.4. Influência do desenvolvimento maturacional na resposta a cada teste e pré-teste.....	304
5.2.5. Limiares de fadiga.....	319
5.2.6. Valor da ordenada na origem da recta de relação entre a distância e o tempo de nado enquanto indicador de potencial anaeróbio.....	344
6. Conclusões.....	351
7. Perspectivas futuras.....	357
Bibliografia.....	359
Anexos.....	407

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Descrição
%	Porcentagem
[]	Concentração ou concentrações
³¹ P-MRS	Ressonância magnética nuclear do fósforo 31
ADP	Adenosina difosfato
AMP	Adenosina monofosfato
ATP	Adenosina trifosfato
bpm	Batimentos por minuto
C	Creatina
Ca ²⁺	Cálcio
CG	Centro de Gravidade
CK	Creatina quinase
CP	Creatina fosfato ou fosfocreatina
CV	Coefficiente de variação
D	Direito
d	Distância
dB	Décibéis
DC	Distância de ciclo
E	Esquerdo
FAD ⁺	Flavina adenina nucleotídeo
FADH ₂	Flavina adenina dinucleotídeo
FC	Frequência cardíaca
FCmax	Frequência cardíaca máxima
FCmaxE	Frequência cardíaca máxima do período de esforço
FCmaxR	Frequência cardíaca máxima considerando o período de recuperação
FCmed	Frequência cardíaca média
FCmin	Frequência cardíaca mínima
FG	Frequência gestual
Fmed	Força média
H ⁺	Hidrogenião
H ₂ O	Água
IB	Índice de braçada
IC	Índice de ciclo
IF	Índice de fadiga
IMC	Índice de massa corporal
IMP	Inosina monofosfato
IncrFC	Incremento de frequência cardíaca
Int	Intervalo
k	Constante
K ⁺	Potássio
La ⁻	Lactato
Lamax	Lactato máximo ou lactatemia máxima
LAN	Limiar anaeróbio
Lanet	Lactato <i>net</i> ou lactatemia <i>net</i>
Larep	Lactato de repouso ou lactatemia de repouso
LDH	Lactato desidrogenase
LF	Limiar de fadiga ou limiares de fadiga
Mg ²⁺	Magnésio
MI	Membro inferior ou membros inferiores
min	Minutos

MK	Mioquinase
mmol.l ⁻¹	Milimoles por litro
MS	Membro superior ou membros superiores
NA	Nado amarrado
Na ⁺	Sódio
NAD ⁺	Nicotina adenina nucleotídeo
NADH ₂	Nicotina adenina dinucleotídeo
NL	Nado livre
NPD	Natação pura desportiva
O ₂	Oxigénio
PFK	Fosfofrutoquinase
pH	Equilíbrio ácido-base
Pi	Fósforo inorgânico
Pmax	Potência máxima
Pmed	Potência média
Pmin	Potência mínima
Pós-púb	Pós-púberes
Pré-púb	Pré-púberes
Púb	Púberes
RPM	Rotações por minuto
SNC	Sistema nervoso central
SSR	<i>Swim speed recorder</i>
SWb	<i>Swim bench</i>
t	Tempo
UM	Unidades Motoras
VC	Velocidade crítica
Vmax	Velocidade máxima
Vmed	Velocidade média
Vmin	Velocidade mínima
VO ₂	Consumo de oxigénio
VO ₂ max	Consumo máximo de oxigénio
W	Watts
Wb	<i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços
Wc	<i>Wingate</i> realizado em cicloergómetro

Índice de Figuras

Figura 1. Representação esquemática dos potenciais mecanismos responsáveis pela fadiga muscular.....	42
Figura 2. Conveniência do treino aeróbio (a), anaeróbio láctico (b) e aláctico (c) (Navarro e Arsenio, s.d.).....	85
Figura 3. Valores médios e respectivos desvios padrão da idade(a), peso (b) e altura (c), em cm, dos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional.....	137
Figura 4. Valores médios e respectivos desvios padrão do tempo de treino, em anos, realizado até à data da pesquisa, pelos nadadores do sexo masculino (M) e feminino (F) de cada grupo maturacional.....	139
Figura 5. Valores médios e respectivos desvios padrão do número total de UT (a) semanais e do número de UT realizadas em seco (b) e na água (c), por semana, pelos nadadores do sexo masculino (M) e feminino (F) de cada grupo maturacional.....	140
Figura 6. Valores médios e respectivos desvios padrão da percentagem de massa gorda dos nadadores do sexo masculino (M) e feminino (F) de cada grupo maturacional.....	141
Figura 7. Valores médios e respectivos desvios padrão do IMC dos nadadores do sexo masculino (M) e feminino (F) de cada grupo maturacional.....	142
Figura 8. Valores médios e respectivos desvios padrão do estágio de <i>Tanner</i> determinado para cada um dos marcadores sexuais que estiveram na base da divisão da amostra de nadadores nos três grupos maturacionais. *Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$	142
Figura 9. Determinação do peso e da composição corporal dos nadadores: a) <i>input</i> dos dados do nadador, b) colocação do nadador sobre a balança, c) <i>exemplo de output</i> e d) impressão do <i>output</i>	146
Figura 10. recolha de sangue para determinação da lactatemia por punção no lóbulo da orelha (a) e análise com <i>Lactate Pró</i> (b); tiras reactivas (c).....	148
Figura 11. Constituintes cinto emissor (a) e relógio receptor (b) do cardiofrequencímetro.....	149
Figura 12. Velocímetro electromecânico (Lima et al., 2006).....	152
Figura 13. Vara de alumínio utilizada para elevação do fio de nylon.....	152
Figura 14. Caixa exterior (a) e componentes internos (b) do velocímetro electromecânico.....	153
Figura 15. Painel de introdução de dados para configuração do ensaio e ecrã de início do ensaio.....	154
Figura 16. Dispositivo de nado amarrado.....	155
Figura 17. Representação da célula de carga (<i>Globus, Itália</i>).....	155
Figura 18. Esquema representativo da conexão entre o sistema de aquisição de dados <i>ergometer</i> e os dois periféricos: célula de carga e computador.....	156
Figura 19. Sistema de aquisição de dados em nado amarrado, à esquerda, e ecrã do computador onde se pode visualizar um exemplo de uma curva de força, à direita.....	157
Figura 20. <i>Biometer Isokinetic Trainer</i> utilizado na recolha de dados do nado simulado (<i>Sport Fahnmann, Germany</i>).....	158
Figura 21. Sistema de funcionamento da swim bench (<i>Sport Fahnmann, Germany</i>).....	158
Figura 22. Representação das possibilidades de output do display do <i>Biometer</i> (Fahnmann, 1996).....	159
Figura 23. Placa de conversão analógico digital (esquerda, em baixo), caixa de derivação (esquerda em cima) e fonte de alimentação (direita) [a] e forma de conexão com o computador e com a <i>swim bench</i> [b].....	160
Figura 24. Imagens ilustrativas de algumas das representações gráficas produzidas no final do teste realizado em <i>swim bench</i> . No gráfico de cima está representada a força e no de baixo a velocidade relativa ao MS direito.....	161

Figura 25. Bicicleta ergométrica e sistema de interface com o computador.	161
Figura 26. Adaptação do cicloergómetro para a realização de medidas de potência dos membros superiores.	165
Figura 27. Curvas da velocidade instantânea (a) e da força instantânea obtida em nado amarrado (b) em testes máximos de 30s.	169
Figura 28. Exemplos de corte (→) das velocidades instantâneas de nado livre correspondentes à partida, deslize e chegada à parede (a) e do pico de força inicial resultante do impulso na parede no teste de nado amarrado (b). Delimitação exacta dos 30s de esforço na curva obtida em nado amarrado.	170
Figura 29. Exemplo de gráficos de contorno obtidos a partir da análise das <i>wavelets</i> de uma curva da velocidade instantânea. É possível observar uma zona de alteração do comportamento da frequência no primeiro diagrama, sensivelmente aos 8 s de esforço (↓), e no terceiro diagrama, sensivelmente aos 12 s (↓).	171
Figura 30. Exemplo de gráficos de contorno obtidos a partir da repetição da análise das <i>wavelets</i> de uma curva da velocidade instantânea. Observam-se fracções inferiores (1%, 10%, 20%, 30%, 45% e 60%, em vez de 40%, 50%, 60%, 70%, 80% e 90%) do coeficiente da <i>wavelet</i> com a máxima amplitude.	172
Figura 31. Exemplo de gráfico onde os limiares de fadiga determinados a partir da análise da transformada contínua de <i>wavelets</i> estão assinalados sobre o traçado velocimétrico correspondente, ao qual, por se tratar de velocimetria, já foram removidos a partida, o deslize e a chegada.	173
Figura 32. Exemplo de um periodograma com três intervalos de tempo definidos por dois limiares de fadiga previamente determinados. As atenuações, da amplitude máxima, de 5 e 10 dB estão assinaladas pelas linhas horizontais.	174
Figura 33. Exemplo de representação gráfica da velocidade instantânea do intervalo de tempo considerado para análise, com a velocidade filtrada a 1.0 e a 2.0Hz sobreposta e os limiares de fadiga assinalados.	175
Figura 34. Solicitação pelo programa, da informação relativa à utilização, ou não, das braçadas. Se o pretendido é apenas a determinação dos limiares de fadiga, estas não se utilizam. Utilizam-se se a intenção é realizar a análise da variação intracíclica da velocidade de nado em função dos limiares de fadiga já determinados previamente.	176
Figura 35. Exemplo de traçado da velocidade instantânea de nado com as braçadas assinaladas.	176
Figura 36. Sequência de procedimentos do programa MatLab desenvolvido: traçado da velocidade instantânea de nado com os limiares de fadiga previamente determinados sobrepostos (em cima, à esquerda) e com a entrada e saída das braçadas direitas e esquerdas discriminadas (em cima à direita), periodograma (ao meio, à esquerda), traçado da velocidade instantânea de nado com os traçados correspondentes a velocidade filtrada a 1.0 e 2.0 Hz sobrepostos (ao meio, à direita) e com a contagem do número de braçadas discriminada (em baixo, ao centro).	177
Figura 37. Exemplo de ciclos médios de nado e respectiva variabilidade, calculados sobre um traçado velocimétrico, correspondentes a cada zona temporal definida pelos pontos de fadiga previamente determinados. Os gráficos à esquerda correspondem ao 1º intervalo temporal, os gráficos centrais ao 2º intervalo temporal e os gráficos à direita ao 3º intervalo temporal definidos por 2 limiares de fadiga.	178
Figura 38. Imagem representativa do primeiro passo da rotina MatLab aplicada aos dados obtidos com os testes <i>Wingate</i> . Na imagem gráfica de cima podem observar-se as potências expressas em cada segundo. No gráfico inferior observa-se a representação gráfica da diferença entre valores de potência adjacentes.	180
Figura 39. Imagem representativa do segundo e último passo da rotina MatLab aplicada aos dados obtidos com os testes <i>Wingate</i> . Na imagem de cima os limiares de fadiga estão assinalados sobre a linha contínua representativa da variação da potência. No gráfico de baixo observa-se o ajuste de uma recta à nuvem de pontos correspondentes a cada intervalo temporal.	181
Figura 40. Dados obtidos no final do tratamento das curvas correspondentes ao comportamento da potência durante os testes <i>Wingate</i> . Pode ler-se, na janela principal, a equação da recta de melhor ajuste aos valores de potência contidos em cada intervalo temporal e respectivo valor de R^2 , bem como a potência média e número médio de rpm também referentes a cada intervalo temporal.	181

Figura 41. Exemplos de modelação dos valores de L_a acumulado em função do tempo de nado em cada patamar. No gráfico a apresenta-se uma modelação de valores individuais de um sujeito da amostra e em b apresentam-se os gráficos médios da modelação dos valores de todos os sujeitos.....	183
Figura 42. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de L_{amax} acumulados após 30s de nado livre (LAMAXNL) e teste <i>Wingate</i> realizado em cicloergómetro (LAMAXWC), pelos nadadores pós-púberes (1), púberes (2) e pré-púberes (3).....	187
Figura 43. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de L_{amax} acumulados após 30s de nado livre (LAMAXNL) e teste <i>Wingate</i> realizado em cicloergómetro (LAMAXWC), pelos nadadores do sexo masculino (1) e do sexo feminino (2).....	188
Figura 44. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de L_{amax} acumulados após 30s de nado livre (LAMAXNL) e teste <i>Wingate</i> realizado em cicloergómetro (LAMAXWC), independentemente da maturação e do sexo dos nadadores ($r^2= 67\%$).....	189
Figura 45. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de L_{amax} acumulados após 30s de nado livre (LAMAXNL), nado amarrado (LAMAXNA) e nado simulado em <i>swim bench</i> (LAMAXSWB) e após teste <i>Wingate</i> em ergómetro de braços (LAMAXWB) e em cicloergómetro (LAMAXWC).....	190
Figura 46. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de L_{anet} relativos aos testes de 30s de nado livre (LAMAXNL), nado amarrado (LAMAXNA) e nado simulado em <i>swim bench</i> (LAMAXSWB) e ao teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços (LAMAXWB) e em cicloergómetro (LAMAXWC).....	191
Figura 47. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de FC_{maxE} relativos aos testes de 30s de nado livre (FCMAXENL), nado amarrado (FCMAXENA) e nado simulado em <i>swim bench</i> (FCMAXEWB) e ao teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços (FCMAXEWB) e em cicloergómetro (FCMAXEWC).....	193
Figura 48. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de FC_{maxR} relativos aos testes de 30s de nado livre (FCMAXRNL), nado amarrado (FCMAXRNA) e nado simulado em <i>swim bench</i> (FCMAXRSWB), e ao teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços (FCMAXRWB) e em cicloergómetro (FCMAXRWC).....	194
Figura 49. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de FC_{med} relativos aos testes de 30s de nado livre (FCMEDNL), nado amarrado (FCMEDNA) e nado simulado em <i>swim bench</i> (FCMEDSWB), e teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços (FCMEDWB) e em cicloergómetro (FCMEDWC).....	195
Figura 50. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de $IncFC$ relativos aos testes de 30s de nado livre (INCRFCNL), nado amarrado (INCRFCNA) e nado simulado em <i>swim bench</i> (INCRFCSWB), e teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços (INCRFCWB) e em cicloergómetro (INCRFCWC).....	196
Figura 51. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de IF relativos aos testes de 30s de nado livre (IFNL), nado amarrado (IFNA) e nado simulado em <i>swim bench</i> (IFSWB), e teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços (IFWB) e em cicloergómetro (IFWC).....	197
Figura 52. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de FG relativos aos testes de 30s de nado livre (FGNL), nado amarrado (FGNA) e nado simulado em <i>swim bench</i> (FGSWB) e teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços (FGWB) e em cicloergómetro (FGWC).....	198
Figura 53. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da L_{amax} obtida, pelos nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.....	200
Figura 54. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da L_{amax} obtida, pelas nadadoras de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.....	200

Figura 55. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da FCmax de esforço (a) e da FCmax considerando o período da recuperação (d) registada para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.	202
Figura 56. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da FCmed (bpm) registada para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.	203
Figura 57. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do IncrFC (bpm) observado nos nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.	205
Figura 58. Curvas médias de variação da FC (bpm) de esforço e dos primeiros 30s de recuperação, dos nadadores pré-púberes, púberes e pós-púberes, correspondentes a cada um dos cinco testes constituintes do protocolo de avaliação.	206
Figura 59. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da %FCmax calculada para os nadadores de cada escalão maturacional e referente aos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.	207
Figura 60. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do IF registado para os nadadores de cada escalão maturacional após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.	208
Figura 61. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da FG registada, para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.	209
Figura 62. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da FG registada para os nadadores masculinos e femininos após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.	210
Figura 63. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores individuais da lactatemia de repouso (Larep) e da frequência cardíaca de repouso (FCrep, bpm) dos nadadores de cada grupo maturacional. .	211
Figura 64. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores individuais absolutos de Lamax pós-esforço dos nadadores de cada grupo maturacional, obtidos após 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.	212
Figura 65. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores individuais absolutos de Lamax pós-esforço das nadadoras de cada grupo maturacional, obtidos após 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.	213
Figura 66. Comparação dos valores da FC (bpm) máxima de exercício (FCmaxE) e da FC máxima incluindo os 30s iniciais da recuperação (FCmaxR) dos nadadores pré-púberes (a), púberes (b) e pós-púberes (c), do sexo masculino (à esquerda) e feminino (à direita).	214
Figura 67. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da FCmaxE (esquerda) e da FCmaxR (direita), obtida, em nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, pelos nadadores de cada escalão maturacional. Valores de FC em bpm. .	215
Figura 68. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores individuais de FCmed (bpm) dos nadadores de cada grupo maturacional, obtidos após 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.	216
Figura 69. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do IncrFC (bpm) calculado para os nadadores de cada grupo maturacional e correspondentes aos testes de 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.	217

Figura 70. Curvas médias de variação da (bpm) de esforço (até 30s) e da recuperação (pós 30s), dos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e correspondentes aos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.	218
Figura 71. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da %FCmax estimada correspondentes aos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, para os nadadores de cada grupo maturacional.	219
Figura 72. Expressão gráfica dos valores médios do IF e respectivos desvios padrão, obtidos pelos nadadores de cada grupo maturacional, nos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.	220
Figura 73. Expressão gráfica dos valores da FG média e respectivos desvios padrão, registada para os nadadores de cada grupo maturacional, nos testes nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.	222
Figura 74. Expressão gráfica dos valores da frequência gestual média e respectivos desvios padrão, registada para os nadadores (pré e pós-púberes) de ambos os sexos, nos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.	222
Figura 75. Valores médios e respectivos desvios padrão da velocidade máxima (Vmax), da velocidade média (Vmed) e da velocidade mínima (Vmin), obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de nado livre. Para o CV apresentam-se apenas as médias de cada grupo.	224
Figura 76. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos (nº ciclos), tempo de ciclo (tciclo), distância de ciclo (DC) e índice de ciclo (IC) registados para os nadadores de cada grupo maturacional no teste de nado livre. No caso do IC discriminam-se os valores do sexo masculino (M) e feminino (F)..	226
Figura 77. Valores médios absolutos (abs) e respectivos desvios padrão da força máxima (Fmax), da força média (Fmed) e da força mínima (Fmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de nado amarrado. Para o CV apresentam-se apenas as médias de cada grupo...	228
Figura 78. Valores médios relativos (rel) e respectivos desvios padrão da força máxima (Fmax), da força média (Fmed) e da força mínima (Fmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de nado amarrado.	229
Figura 79. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos e tempo de ciclo registados para os nadadores de cada grupo maturacional no teste de nado amarrado.	230
Figura 80. Nível de resistência do <i>swim bench</i> (níveis 1 a 9 de resistência decrescente) aplicada aos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional.	231
Figura 81. Valores médios absolutos (abs) e respectivos desvios padrão (X±SD) da força máxima (Fmax), da força média (Fmed) e da força mínima (Fmin), obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) pré e pós-púberes e referentes ao teste de nado simulado em <i>swim bench</i> . Para o CV apresentam-se apenas as médias de cada grupo.	233
Figura 82. Valores médios relativos (rel) e respectivos desvios padrão (X±SD) da força máxima (Fmax), da força média (Fmed) e da força mínima (Fmin), obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) pré e pós-púberes e referentes ao teste de nado simulado em <i>swim bench</i>	235
Figura 83. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos (nº ciclos) e tempo de ciclo (tciclo) registados para os nadadores pré e pós-púberes no teste de nado simulado em <i>swim bench</i>	236
Figura 84. Valores médios absolutos (abs) e respectivos desvios padrão da potência máxima (Pmax), da potência média (Pmed) e da potência mínima (Pmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste <i>Wingate</i> de braços.	238

Figura 85. Valores médios relativos (rel) e respectivos desvios padrão da potência máxima (Pmax), da potência média (Pmed) e da potência mínima (Pmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de <i>Wingate</i> de braços.....	239
Figura 86. Valores médios absolutos (abs) e respectivos desvios padrão da potência máxima (Pmax), da potência média (Pmed) e da potência mínima (Pmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de cicloergometria.....	241
Figura 87. Valores médios relativos (rel) e respectivos desvios padrão da potência máxima (Pmax), da potência média (Pmed) e da potência mínima (Pmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de cicloergometria.....	242
Figura 88. Frequência relativa de curvas de velocidade com 1, 2 e 3 limiares de fadiga, por grupo maturacional e por sexo.....	244
Figura 89. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pré-púberes (n=3). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.....	246
Figura 90. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pré-púberes (n=12). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.....	247
Figura 91. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2), terceiro (3) e quarto (4) intervalos temporais definidos em curvas com três limiares de fadiga de nadadores pré-púberes (n=4). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala. Esta figura é apresentada apenas a título ilustrativo, uma vez que a existência dos limiares de fadiga não pode ser confirmada através do conteúdo das frequências das curvas de velocidade.....	247
Figura 92. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores púberes (n=5). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto.....	248
Figura 93. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores púberes (n=11). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.....	248
Figura 94. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pós-púberes (n=7). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.....	248
Figura 95. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pós-púberes (n=16). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.....	249

Figura 96. Percentagem de curvas de força, produzida em nado amarrado, com 1 e 2 limiares de fadiga, por grupo maturacional e por género.	252
Figura 97. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em nado amarrado com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pré-púberes (n=16). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.	254
Figura 98. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em nado amarrado com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pré-púberes (n=9). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.	255
Figura 99. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em nado amarrado com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pós-púberes (n=26). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto.	255
Figura 100. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em nado amarrado com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pós-púberes (n=4). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto.	256
Figura 101. Percentagem de curvas de força, obtidas em <i>swim bench</i> , com 1 e 2 limiares de fadiga, por grupo maturacional e por género.	258
Figura 102. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em <i>swim bench</i> com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pré-púberes (n=23). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.	260
Figura 103. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em <i>swim bench</i> com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pré-púberes (n=3). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.	260
Figura 104. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em <i>swim bench</i> com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pós-púberes (n=25). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.	261
Figura 105. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em <i>swim bench</i> com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pós-púberes (n=5). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.	261
Figura 106. Percentagem de curvas de potência, obtidas com o teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços adaptado, com 1, 2 e 3 limiares de fadiga, por grupo maturacional e por género.	263

Figura 107. Percentagem de curvas de potência, obtidas com o teste <i>Wingate</i> realizado em cicloergómetro, com 1, 2 e 3 limiares de fadiga, por grupo maturacional e por género.....	266
Figura 108. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos momentos de ocorrência dos limiares de curvas com um limiar, em função do grupo maturacional (a) e do teste realizado (b). Foram adicionadas linhas de tendência de potência de grau 2 (a) e 4 (b) para melhor se perceber a variação dos resultados em ambos os casos.....	270
Figura 109. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos momentos de ocorrência dos primeiros (a,b) e segundos (c,d) limiares de curvas com dois limiares, em função do grupo maturacional (a,c) e do teste realizado (b,d). Foram adicionadas linhas de tendência baseadas em potências de grau 2 (a) e 4 (b) para melhor se perceber a variação dos resultados em ambos os casos.....	271
Figura 110. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do La^- de repouso e dos valores máximos absolutos encontrados após cada patamar de nado. Está assinalado a negrito o maior valor da diferença no La^- acumulado entre patamares adjacentes.....	273
Figura 111. Diagramas de expressão dos melhores resultados individuais do ajuste de duas funções lineares (modelação considerando a origem no valor zero) aos gráficos individuais de expressão do La^- máximo absoluto acumulado em função do tempo de nado. Na caixa (abaixo, à direita) encontram-se duas opções de ajuste para os valores médios do grupo.....	274
Figura 112. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores de La^- acumulado por segundo de nado ($mmol.l^{-1}.s^{-1}$) em cada patamar, à excepção do primeiro.....	275
Figura 113. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do incremento de La^- acumulado, por segundo ($mmol.l^{-1}.s^{-1}$), entre patamares ($\Delta La^- \Delta t^{-1}$).....	276
Figura 114. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do incremento de La^- acumulado, por metro ($mmol.l^{-1}.m^{-1}$), entre patamares ($\Delta L^- \Delta d^{-1}$). *diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$	277
Figura 115. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores de b (m) obtidos a partir das rectas individuais da $VCaer6$ e do correspondente valor em tempo de nado (tempo de b , em s).....	278
Figura 116. Exemplo de traçado velocimétrico em que o fio de <i>nylon</i> é puxado em várias pernadas realizadas pelo sujeito testado.....	286
Figura 117. Representação esquemática da solução possível de implementar para impedir a interferência de qualquer movimento oscilatório do fio na determinação da velocidade instantânea de nado.....	287
Figura 118. Flutuação da velocidade referente aos ciclos de nado simulado realizados durante os primeiros 5s de teste. A contínuo pode ver-se o padrão medido de variação da velocidade e a tracejado o padrão que seria de esperar em função da mecânica da braçada simulada.....	290

Índice de Quadros

Quadro 1. Definição genérica de conceitos associados ao processo de crescimento, maturação e desenvolvimento humanos (Malina et al., 2004).....	10
Quadro 2. Principais vantagens e desvantagens dos métodos de determinação indirecta da idade biológica.....	27
Quadro 3. Valores percentuais de participação das diferentes vias energéticas nas distâncias competitivas olímpicas em NPD (Maglischo, 2003; Rodríguez e Mader, 2003; Troup, 1984) e noutros tipos de esforço (Gastin, 2001).....	65
Quadro 4. Propostas apresentadas por vários autores para a elaboração de séries de treino da potência anaeróbia aláctica.....	67
Quadro 5. Propostas apresentadas por vários autores para a elaboração de séries de treino da capacidade anaeróbia aláctica.....	67
Quadro 6. Propostas apresentadas por vários autores para a elaboração de séries de treino da potência anaeróbia láctica.....	70
Quadro 7. Propostas apresentadas por vários autores para a elaboração de séries de treino da capacidade anaeróbia láctica (treino da tolerância láctica).....	71
Quadro 8. Treino desportivo intensivo precoce: síntese das principais conclusões de alguns estudos, de acordo com distintas áreas temáticas.....	75
Quadro 9. Quadro sinóptico, cronológico, de alguns estudos realizados com ergómetro de braços de pedal, contendo os objectivos, o tipo de ergómetro utilizado e as principais conclusões dos mesmos.....	110
Quadro 10. Quadro sinóptico, cronológico, de estudos realizados com sistemas de nado amarrado ou semi-amarrado.....	114
Quadro 11. Quadro sinóptico, cronológico, de estudos realizados com banco biocinético.....	118
Quadro 12. Idade, aspectos da anamnese do treino, dados antropométricos, composição corporal e estado maturacional dos nadadores avaliados.....	136
Quadro 13. Idade, dados antropométricos e aspectos da anamnese do treino de nadadores infantis participantes no protocolo de avaliação da variação das concentrações máximas de La ⁻ em função da distância e tempo de nado.....	144
Quadro 14. Plano da avaliação dos nadadores púberes realizado durante o estágio de nadadores pré-juniores da ANNP.....	145
Quadro 15. Valor de resistência, em % da massa corporal (kg), aplicado no teste <i>Wingate</i> de 30s realizado em cicloergómetro, em função do pré-teste.....	164
Quadro 16. Valor de resistência, em % da massa corporal (kg), aplicado no teste <i>Wingate</i> de 30s realizado em ergómetro de braços adaptado, em função do pré-teste.....	164
Quadro 17. Valores de lactatemia de repouso e valores de lactatemia obtidos 15 min após o término do aquecimento.....	167
Quadro 18. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e teste <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável Lamax.....	190
Quadro 19. Solução factorial do modelo que melhor representa a noção de capacidade anaeróbia com base nos indicadores utilizados.....	191

Quadro 20. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável Lanet.....	192
Quadro 21. Solução factorial do modelo que melhor representa a noção de capacidade anaeróbia com base nos indicadores utilizados.....	192
Quadro 22. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável FCmaxE.....	193
Quadro 23. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável FCmaxR.....	194
Quadro 24. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável FCmed.....	195
Quadro 25. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável INCRFC.....	196
Quadro 26. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável IF.....	197
Quadro 27. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável FG.....	198
Quadro 28. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da Lamax obtida, pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.....	200
Quadro 29. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da Lanet calculada, para os nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.....	201
Quadro 30. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) das FCmax de esforço (FCmaxE) e da FCmax considerando o período da recuperação (FCmaxR) registada, para os nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro. Valores de FC em bpm.....	202
Quadro 31. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da FCmed (bpm) registada para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.....	203
Quadro 32. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do IncrFC (bpm) observado para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.....	204
Quadro 33. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da %FCmax estimada calculada para os nadadores de cada escalão maturacional e referente aos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.....	206
Quadro 34. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do IF registado para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.....	207
Quadro 35. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da FG registada para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.....	209
Quadro 36. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da FG registada para os nadadores masculinos (M) e femininos (F) após nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> , <i>Wingate</i> em ergómetro de braços e <i>Wingate</i> em cicloergómetro.....	209

Quadro 37. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) dos valores individuais absolutos da lactatemia (mmol.l^{-1}) e da FC (bpm) de repouso dos nadadores de cada grupo maturacional.....	211
Quadro 38. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) dos valores individuais absolutos e <i>net</i> de L_{amax} pós-esforço dos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional, obtidos após 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.....	212
Quadro 39. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da FC_{maxE} e da FC_{maxR} obtidas nos testes de 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, pelos nadadores de cada grupo maturacional. Valores de FC em bpm.....	215
Quadro 40. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da FC_{med} (bpm) obtida pelos nadadores de cada grupo maturacional e correspondentes aos testes de 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.....	216
Quadro 41. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do IncrFC (%) calculado para os nadadores de cada grupo maturacional e correspondentes aos testes de 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.....	217
Quadro 42. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da $\%FC_{\text{max}}$ estimada correspondentes aos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, para os nadadores de cada grupo maturacional.....	219
Quadro 43. IF médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$), obtidos pelos nadadores de cada grupo maturacional, nos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.....	220
Quadro 44. Frequência gestual média e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$), registada para os nadadores de cada grupo maturacional, nos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.....	221
Quadro 45. FG média e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$), registada para os nadadores (pré e pós-púberes) de ambos os sexos, nos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em <i>swim bench</i> e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.....	222
Quadro 46. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do número de ciclos, tempo de ciclo, distância (DC) e índice de ciclo (IC) registados para os nadadores de cada grupo maturacional no teste de nado livre. No caso do IC discriminam-se os valores do sexo masculino (M) e feminino (F).....	225
Quadro 47. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do número de ciclos e tempo de ciclo registados para os nadadores de cada grupo maturacional no teste de nado amarrado.....	230
Quadro 48. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do tempo total, número de ciclos e tempo de ciclo registados para os nadadores pré e pós-púberes no teste de nado simulado em <i>swim bench</i>	235
Quadro 49. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondentes aos limiares de fadiga das curvas de velocidade.....	244
Quadro 50. Valores médios e respectivos desvios padrão dos valores de frequência (Hz) com a máxima amplitude das curvas de velocidade, por intervalo temporal (int), para atenuação de 0dB. A análise foi feita considerando curvas com 1, 2 e 3 limiares de fadiga (LF).....	245
Quadro 51. Valores médios e respectivos desvios padrão da frequência (Hz) de valor máximo das curvas de velocidade, por intervalo temporal (int), para intervalos de atenuação de 0-5 e de 5-10dB. A análise foi feita considerando curvas com 1, 2 e 3 limiares de fadiga (LF).....	245
Quadro 52. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, distância (d) total de nado, tempo médio de ciclo, distância média de ciclo (DC), frequência gestual (FG), índice de ciclo (IC), velocidade média (V_{med}) e coeficiente de variação (CV) da velocidade média, nos diferentes intervalos	

temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de velocidade obtidas com velocímetro, para os nadadores pré-púberes.....	249
Quadro 53. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, distância (d) total de nado, tempo médio de ciclo, distância média de ciclo (DC), frequência gestual (FG), índice de ciclo (IC), velocidade média (Vmed) e coeficiente de variação (CV) da velocidade média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de velocidade obtidas com velocímetro, para os nadadores púberes.....	250
Quadro 54. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, distância (d) total de nado, tempo médio de ciclo, distância média de ciclo (DC), frequência gestual (FG), índice de ciclo (IC), velocidade média (Vmed) e coeficiente de variação (CV) da velocidade média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de velocidade obtidas com velocímetro, para os nadadores pós-púberes.....	251
Quadro 55. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondentes aos limiares de fadiga de todos os tipo de curvas de força, obtidas em nado amarrado.....	252
Quadro 56. Valores médios e respectivos desvios padrão dos valores da frequência (Hz) com a máxima amplitude das curvas de força produzidas em nado amarrado, por intervalo temporal (int), para atenuação de 0dB. A análise foi feita considerando curvas com 1 e 2 limiares de fadiga (LF).....	253
Quadro 57. Valores médios e respectivos desvios padrão da frequência (Hz) de valor máximo das curvas de força produzidas em nado amarrado, por intervalo temporal (int), para intervalos de atenuação de 0-5 e de 5-10dB. A análise foi feita considerando as curvas com 1 e 2 limiares de fadiga (LF).....	253
Quadro 58. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, tempo médio de ciclo, frequência gestual (FG), força média (Fmed) e coeficiente de variação (CV) da força média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de força obtidas em nado amarrado, para os nadadores pré-púberes.....	256
Quadro 59. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, tempo médio de ciclo, frequência gestual (FG), força média (Fmed) e coeficiente de variação (CV) da força média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de força obtidas em nado amarrado, para os nadadores pós-púberes.....	257
Quadro 60. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondentes aos limiares de fadiga de todos os tipo de curvas de força, obtidas em nado simulado em <i>swim bench</i>	258
Quadro 61. Valores médios e respectivos desvios padrão dos valores da frequência (Hz) com a máxima amplitude das curvas de força produzidas em <i>swim bench</i> , por intervalo temporal (int), para atenuação de 0dB. A análise foi feita considerando curvas com 1 e 2 limiares de fadiga (LF).....	259
Quadro 62. Valores médios e respectivos desvios padrão da frequência (Hz) de valor máximo das curvas de força produzidas em <i>swim bench</i> , por intervalo temporal (int), para intervalos de atenuação de 0-5 e de 5-10dB. A análise foi feita considerando as curvas com 1 e 2 limiares de fadiga (LF).....	259
Quadro 63. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, tempo médio de ciclo, frequência gestual (FG), força média (Fmed) e coeficiente de variação (CV) da força média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de força obtidas em <i>swim bench</i> , para os nadadores pré-púberes.....	262
Quadro 64. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, tempo médio de ciclo, frequência gestual (FG), força média (Fmed) e coeficiente de variação (CV) da força média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de força obtidas em <i>swim bench</i> , para os nadadores pós-púberes.....	262
Quadro 65. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondentes aos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas com o teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços.....	264

Quadro 66. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R^2 , potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em ergómetro de braços adaptado, para os nadadores pré-púberes.	264
Quadro 67. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R^2 , potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em ergómetro de braços adaptado, para os nadadores púberes.	265
Quadro 68. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R^2 , potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em ergómetro de braços adaptado, para os nadadores pós-púberes.	265
Quadro 69. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondentes aos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas com o teste <i>Wingate</i> realizado em cicloergómetro.	267
Quadro 70. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R^2 , potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em cicloergómetro, para os nadadores pré-púberes.	267
Quadro 71. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R^2 , potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em cicloergómetro, para os nadadores púberes.	268
Quadro 72. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R^2 , potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em cicloergómetro, para os nadadores pós-púberes.	268
Quadro 73. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondente ao limiar de fadiga de curvas com 1 limiar, obtidas em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em <i>swim bench</i> (SWb), <i>Wingate</i> braços (Wb) e cicloergometria (Wc).	269
Quadro 74. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondente ao primeiro e segundo limiares de fadiga de curvas com 2 limiares, obtidas em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em <i>swim bench</i> (SWb), <i>Wingate</i> braços (Wb) e cicloergometria (Wc).	270
Quadro 75. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do La^- ($mmol.l^{-1}$) de repouso e pós-esforço, expresso em termos absolutos e <i>net</i>	272
Quadro 76. Valores médios e respectivos desvios padrão dos valores de ΔLa^- acumulado por segundo de nado ($mmol.l^{-1}.s^{-1}$) em cada patamar.	275
Quadro 77. Valores médios e respectivos desvios padrão do incremento de La^- por segundo ($mmol.l^{-1}.s^{-1}$), entre patamares ($\Delta La^- \Delta t^{-1}$).	276
Quadro 78. Valores médios e respectivos desvios padrão do incremento de La^- acumulado, por metro ($mmol.l^{-1}.m^{-1}$), entre patamares ($\Delta La^- \Delta d^{-1}$).	276
Quadro 79. Valores médios e respectivos desvios padrão do tempo (s) dispendido a nadar cada uma das distâncias utilizadas no teste da VC referente ao estudo 6, calculados para os grupos de nadadores pré-púberes (Pré-púb), púberes (Púb) e pós-púberes (Pós-púb).	277
Quadro 80. Valores médios e respectivos desvios padrão dos valores de b (m) obtidos através das rectas individuais da VC_{aer6} e correspondente valor em tempo de nado (tempo de b , em s).	278
Quadro 81. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) de b e do respectivo tempo (tempo b), calculados a partir da recta da VC_{aer6} , da distância total e do limiar de fadiga correspondentes a nadadores com curvas de nado livre com 1 limiar.	279

Quadro 82. Valores de correlação entre a distância total percorrida no teste de nado livre (m) e o valor b (m), calculado a partir da recta da V_{Caer6} , e entre o tempo de b e o tempo correspondente ao limiar de fadiga de nadadores com curvas de nado livre com 1 limiar.....	279
Quadro 83. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) de b e do respectivo tempo (tempo b), calculados a partir da recta da V_{Caer6} , da distância total e do limiar de fadiga correspondentes a nadadores com curvas de nado livre com 2 limiares.....	279
Quadro 84. Valores de correlação entre a distância total percorrida no teste de nado livre (m) e o valor b (m), calculado a partir da recta da V_{Caer6} , e entre o tempo de b e o tempo correspondente ao limiar de fadiga de nadadores com curvas de nado livre com 2 limiares.....	279
Quadro 85. Matriz de correlação entre os valores de b , expressos em m e em tempo de nado (tempo de b , em s), calculados para cada sexo e grupo maturacional, e os valores máximos (max), médios (med) e mínimos (min) de velocidade (V), em $m \cdot s^{-1}$, força (F), em N , e potência (P), em W , obtidos em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em <i>swim bench</i> (S_b) e teste <i>Wingate</i> realizado em <i>Wingate</i> braços (W_b) e em cicloergometria (W_c)...	280
Quadro 86. Matriz de correlação entre os valores de b , expressos em m e em tempo de nado (tempo de b , em s), calculados para cada sexo e grupo maturacional, e os valores máximos (Max) e <i>net</i> de La^- ($mmol \cdot l^{-1}$), obtidos em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em <i>swim bench</i> (S_b) e teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços (W_b) e em cicloergómetro (W_c).....	281
Quadro 87. Matriz de correlação entre os valores de b , expressos em m e em tempo de nado (tempo de b , em s), calculados para cada sexo e grupo maturacional, e os valores percentuais de índice de fadiga (IF) e de frequência gestual (FG), em $cic \cdot s^{-1}$, correspondentes aos testes de nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em <i>swim bench</i> (S_b) e <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços (W_b) e em cicloergómetro (W_c).....	281
Quadro 88. Matriz de correlação entre os valores de b , expressos em m e em tempo de nado (tempo de b , em s), calculados para cada sexo e grupo maturacional, e os valores de frequência cardíaca (FC, em bpm) máximos, correspondentes aos 30s de esforço (maxEs) e incluindo os primeiros 30s do tempo de recuperação (maxR), médios (med) e mínimos (min), obtidos em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em <i>swim bench</i> (S_b) e teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços (W_b) e em cicloergómetro (W_c).....	282
Quadro 89. Matriz de correlação entre os valores de b , expressos em m e em tempo de nado (tempo de b , em s), calculados para cada sexo e grupo maturacional, e os valores de incremento da frequência cardíaca (IncrFC, em bpm), correspondentes aos 30s de esforço (E) e incluindo os primeiros 30s do tempo de recuperação (R), obtidos em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em <i>swim bench</i> (S_b) e teste <i>Wingate</i> realizado em ergómetro de braços (W_b) e em cicloergómetro (W_c).	283
Quadro 90. Valores médios e respectivos desvios padrão do tempo dispendido a nadar cada uma das distâncias utilizadas no teste da V_{Caer7} , do valor b (m) e correspondente valor em tempo de nado (tempo de b , em s).	283
Quadro 91. Valores médios das distâncias (m) nadadas em cada patamar do teste incremental referente ao estudo 7 e utilizadas no cálculo da recta da V_{Canaer} e do respectivo valor b (m) e correspondente valor em tempo de nado (tempo de b , em s).	284
Quadro 92. Matriz de correlação entre os valores de b , expressos em m e em tempo de nado (tempo de b , em s), obtidos através das rectas individuais da V_{Caer7} e da V_{Canaer} , e os valores máximos de La^- ($mmol \cdot l^{-1}$) correspondentes a cada patamar do teste incremental do estudo 7.	284

Índice de Anexos

Anexo 1. Fotografia, ilustrações esquemáticas e critérios descritivos dos estádios maturacionais descritos por Tanner (1962).....	407
---	-----

1. Introdução

Determinar a função anaeróbia de desportistas, entendida, ou não, como o somatório dos processos fisiológicos alácticos e lácticos, não é uma tarefa fácil. Isto deve-se, em parte, à inexistência de uma medida directa válida como, por exemplo, o consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}) para a potência aeróbia. O uso de métodos indirectos para recolher dados relativos à *performance* anaeróbia é quase uma imposição, quer para investigadores, quer para treinadores. Os poucos métodos existentes, considerados como os mais directos, tais como a biopsia muscular (Bangsbo, 1998; Houston et al., 1983; Jacobs et al., 1982) e a ressonância magnética nuclear (Degroot et al., 1993; Hancock et al., 2005; Miller et al., 1988; Petersen et al., 1999), por exemplo, são característica e invariavelmente muito dispendiosos e/ou invasivos. Estes métodos, apesar de directos, são, ainda assim, limitados no que concerne ao fornecimento de informação relativa à produção total de energia anaeróbia em exercícios que envolvam mais do que um músculo ou grupo muscular. Neste sentido, parece ainda não ter sido possível quantificar, com o rigor desejado, a energia produzida em regime anaeróbio (Bangsbo, 1998). A determinação da capacidade anaeróbia de desportistas tem recaído na interpretação de *outputs* mecânicos, particularmente da potência mecânica, relativos a esforços de carácter marcadamente anaeróbio, esforços energeticamente sustentados por aqueles recursos bioenergéticos.

As limitações impostas no âmbito da determinação da função anaeróbia, quer na investigação em geral, quer no controlo do treino em particular, enquanto elemento regulador do processo de treino desportivo, parecem complicar-se um pouco mais quando os sujeitos avaliados são crianças ou jovens no período circum-pubertário. Este facto deve-se não só a constrangimentos de ordem ética, relacionados com o carácter invasivo de alguns procedimentos de avaliação, mas também às particularidades da forte variação interindividual no crescimento somático e na maturação biológica e da sua relação com a resposta ao treino desportivo, revestindo-se de muito interesse a determinação de competências de desportistas muito jovens e a eventual comparação dos dados com resultados de desportistas adultos.

Dada a já referida dificuldade em avaliar a funcionalidade anaeróbia, o corpo de conhecimentos relativos àquela temática parece não ser, assim, satisfatoriamente consistente (Bangsbo, 1998;

Green e Dawson, 1993), nomeadamente porque as conclusões dos trabalhos estão sempre muito dependentes da metodologia utilizada. Vai persistindo, pois, a busca de melhores instrumentos e métodos de mensuração, no sentido da obtenção de resultados mais fiáveis. As limitações metodológicas apontadas têm impulsionado a investigação e os estudos delineados podem ter dois propósitos, apenas aparentemente distintos: (i) produzir um corpo geral de conhecimentos no âmbito da prestação anaeróbia de desportistas e/ou (ii) auxiliar os treinadores na importantíssima tarefa do controlo do treino, enquanto elemento de aferição do processo de treino e do resultado desportivo perspectivado etapa a etapa.

Sabemos, pela literatura disponível, que a avaliação de várias capacidades físicas e da função anaeróbia em particular devem ser realizadas, preferencialmente, nas condições reais de execução de cada modalidade em particular (Alves, 1996; Green, 1995b). Contudo, nem sempre é possível, ou mesmo desejável, evitar as pesquisas de âmbito laboratorial. Os desportos aquáticos, como, por exemplo, a natação e o pólo aquático, constituem um bom exemplo deste facto. Efectivamente, nem sempre é possível anular o efeito negativo que a água tem sobre os instrumentos utilizados em medidas terrestres, quer no tocante à sua impermeabilização, quer no que respeita a interferências no seu correcto funcionamento.

Na natação de competição, todas as provas que se situam entre os 50 e os 200 metros, que constituem a maioria dos eventos dos calendários mundial e olímpico, traduzem esforços de aparente domínio anaeróbio (Bar-Or et al., 1994; Trappe, 1996; Troup, 1999), pelo menos em adultos treinados. Neste sentido, a avaliação do desempenho anaeróbio de nadadores assume particular importância, quer no âmbito do controlo do treino, quer para um melhor entendimento da *performance* competitiva. Esta tarefa assume uma dificuldade acrescida quando se lida com crianças e jovens de diferentes níveis maturacionais e categorias competitivas.

No âmbito da avaliação de esforços de domínio anaeróbio, o teste *Wingate* (Inbar et al., 1996), um teste laboratorial habitualmente realizado em cicloergómetro, mas também já aplicado, várias vezes e com desportistas de várias modalidades, em ergómetro de braços (Hawley e Williams, 1991; Koutedakis e Sharp, 1986; Nindl et al., 1995; Patton e Duggan, 1987), parece reunir um corpo suficientemente sólido de conhecimentos para poder ser tomado como teste de referência na

avaliação da capacidade anaeróbia (Armstrong, 2001; Bar-Or, 1996; Van Praagh, 1998). O teste *Wingate*, de certa forma, valida a afirmação de que, no domínio da investigação científica, a utilização do laboratório pode ser, nalguns casos, uma opção claramente otimizada. Contudo, dado o meio específico onde decorre o nado, o teste *Wingate* não pode deixar de ser considerado como um teste inespecífico para nadadores. É hoje quase absolutamente fundamental que os dados sejam facilmente colectáveis na água (Alves, 1996), quer para desenvolvimento do conhecimento relativo à resposta fisiológica de nadadores ao esforço, quer para processamento do controlo do treino ou, ainda, para avaliação do esforço em competição.

Devido às condições particulares da natação, os investigadores desenvolveram, basicamente a partir da década de 70, verdadeiros laboratórios aquáticos. Encontramos, na literatura, os mais diversos trabalhos realizados com nado livre (Issurin et al., 2001), com nado estacionário, quer amarrado (*tethered swimming*) (Cabri et al., 1988), quer semi-amarrado (*semi-tethered swimming*) (Swaine e Doyle, 1999), quer em “tapete rolante” (ergómetro) de água (*Swimming flume*) (Holmér e Haglund, 1978; Wakayoshi et al., 1992b), ou com nado simulado (dispositivos de resistência acomodada ou *Biokinetic Swim benches*) (Swaine, 2000). Também foram desenvolvidas outras pesquisas com outros ergómetros, mais ou menos relacionados com os padrões de movimento reais dos nadadores, tal como os ergómetros de braços (*crank ergometers*) ou os cicloergómetros e tapetes rolantes, respectivamente. Um pouco mais recentemente foi tentada a avaliação indirecta da capacidade de *performance* anaeróbia utilizando um procedimento também utilizado por alguns treinadores para determinar a velocidade crítica (VC), ou velocidade correspondente ao limiar anaeróbio (LAN). A determinação da função ($y = ax + b$) da relação distância/tempo, $d(t)$, num teste de duas ou mais velocidades, foi sugerida, para a natação, por Wakayoshi e colaboradores (1992a; 1993; 1992b). Alguns autores tentaram perceber a utilidade do valor de b daquela função como indicador da capacidade anaeróbia de nadadores, sendo que o valor de a , o declive da recta, foi apontado como indicador possível da velocidade correspondente ao LAN de cada nadador (e. g. Dekerle et al., 2002). Os resultados produzidos, apesar de pouco animadores, não foram ainda aceites como conclusivos.

Na literatura (Green, 1995b; Green e Dawson, 1993; Simoneau et al., 1983; Vandewalle et al., 1987) podem encontrar-se não só diferentes métodos de avaliação da função anaeróbia, mais ou menos indirectos, mas também uma particular variedade de protocolos de avaliação. As diferenças entre eles não estão, habitualmente, na intensidade do exercício realizado, que é sempre máxima, mas no tipo de esforço (contínuo ou intermitente) e na sua duração (muito curta e curta). A manipulação da duração total do esforço está, usualmente, relacionada com tentativas de determinação distinta das capacidades anaeróbia aláctica e láctica. Dada a dificuldade da avaliação daquelas, o estabelecimento de um limiar aláctico-láctico, por analogia ao LAN, parece ainda não ter sido conseguida. Aliás, o reconhecimento da existência de um limiar que marque a transição de um regime de fornecimento energético predominantemente aláctico para um regime láctico não é evidente na literatura. A posição da fisiologia de âmbito não aplicado é, mais do que isso, mesmo adversa ao próprio reconhecimento de uma componente aláctica no metabolismo anaeróbio.

De facto, todos os métodos de medida e protocolos encontrados na literatura têm revelado, individualmente, maior ou menor utilidade para explicar a *performance* anaeróbia na natação e para monitorizar algumas alterações que possam ir decorrendo ao longo do processo de treino, para vários tipos de nadadores. O que ainda não se percebeu foi se existe um método e/ou protocolo capaz de fornecer informação qualitativamente superior neste domínio. Para resolver esta questão, torna-se necessário comparar diferentes métodos, encontrando um protocolo tão comum quanto possível, e perceber se há, de facto, um método melhor, se esse método é efectivamente capaz de medir o esforço anaeróbio e se é capaz de dar informações concretas sobre a *performance* anaeróbia de crianças, discriminando nadadores com níveis de rendimento e de maturação distintos. O contributo particular de cada método, que o distingue dos demais e que se traduz nas variações mecânicas associadas a diferentes tipos de movimento, parece, também, carecer ainda de um melhor entendimento.

Com o presente estudo pretendemos concretizar dois grandes objectivos. O primeiro foi o da comparação de cinco testes de avaliação do desempenho anaeróbio de especificidade crescente em relação à natação, no sentido de os distinguir entre si, bem como os resultados produzidos por nadadores de níveis maturacionais distintos. O segundo foi o do despiste da possível ocorrência de

mudanças no perfil de variação da velocidade de nado e no regime de produção de força e potência musculares que possam sugerir a existência de eventuais “limites de fadiga anaeróbios”.

2. Revisão da literatura

Os sub-capítulos constituintes da revisão da literatura que se segue foram pensados de forma a tocarem três áreas fundamentais de conhecimento inerentes ao desenvolvimento do presente estudo: crescimento e maturação, fisiologia e treino desportivo. Alguns sub-capítulos são de ordem mais generalista e neles procurou-se reunir, de forma muito sucinta, aquilo que, em relação ao assunto, é o conhecimento mais actual e genericamente aceite pela comunidade científica. Podem entender-se estes sub-capítulos enquanto conjunto de conhecimentos necessários ao entendimento da totalidade do assunto, onde posições contraditórias ou pequenos contrasensos só foram levemente abordados. Nos sub-capítulos que tratam directamente da avaliação da *performance* anaeróbia, a revisão da literatura fez-se de forma mais aprofundada, procurando-se clarificar e fundamentar o estado actual da arte directamente relacionado com a explicação dos fenómenos que nos propusemos observar, seguindo uma perspectiva de evolução histórica e evidenciando quer consensos, quer opiniões divergentes.

2.1. Processo de crescimento, maturação e desenvolvimento humanos

O conhecimento e compreensão da natureza biológica e dos processos maturacionais são fundamentais para a condução de pesquisas relacionadas com a resposta ao exercício (Rowland, 1996a), sendo que o entendimento do crescimento e da maturação, enquanto entidades simultaneamente influenciadoras (Stephens et al., 2006) e influenciadas pela prática de exercício físico (Borer, 1995) e pelo treino desportivo (Georgopoulos et al., 1999), remete para um vasto conjunto de questões que autores da actualidade continuam a referir estarem em discussão (Matthews et al., 2006). Quanto é que o crescimento e a maturação determinam o resultado desportivo e quanto influencia o treino desportivo o crescimento e a maturação são questões para as quais ainda não temos respostas satisfatórias. Os resultados da literatura, neste capítulo, são muitas vezes discordantes (Malina, 1994; Rogol et al., 2000), obstando à construção de um corpo de conhecimentos estável, o que não é, de todo, surpreendente, dada a complexidade desta relação entre o crescimento, a maturação e o treino.

2.1.1. Terminologia no processo de crescimento, maturação e desenvolvimento

Desde que nasce, o ser humano entra num processo integrado que envolve o crescimento e maturação biológicas e o desenvolvimento em vários domínios comportamentais, processo este que atravessa vários grupos de idades e que não tem uma ligação absoluta com a idade cronológica do mesmo (Malina et al., 2004). Os termos crescimento, maturação e desenvolvimento são, muitas vezes, utilizados como sinónimos, mas, se bem que estejam relacionados entre si, cada conceito apresenta diferenças fundamentais e semânticas (Baxter-Jones et al., 2005; Malina et al., 2004).

O crescimento é geralmente entendido, pelo senso comum, como sendo o aumento das medidas da altura e do peso. O feto, a criança ou o adolescente crescem se ficam mais altos ou mais pesados. Contudo, numa abordagem mais científica, o crescimento é um processo que envolve outras alterações corporais, nomeadamente ao nível das proporções, ou seja, da relação de dimensões entre várias partes do corpo. As alterações sistémicas como, por exemplo, o tamanho de vários órgãos, e da composição corporal, como sejam as diferentes proporções dos vários tecidos orgânicos, são também parte integrante deste processo de crescimento.

O processo de maturação decorre em paralelo com o crescimento, mas não pode ser confundido com o mesmo. É hoje mais do que claro que dois sujeitos que se encontram na mesma fase de crescimento não estão, obrigatoriamente, no mesmo estado de maturação biológica. O estado de maturidade ou imaturidade pode ser definido a partir do desenvolvimento ósseo, sexual, somático, dentário ou neuromuscular, sendo o desenvolvimento sexual o mais comumente utilizado na investigação para classificação de sujeitos, particularmente por ser o mais prático dos métodos (Faulkner, 1996). Num processo normal de maturação biológica, todas as crianças seguem curvas de evolução que podem ser muito diferentes entre si, traduzindo ritmos de crescimento e desenvolvimento distintos, o que pode ser facilmente observado em qualquer estudo que envolva crescimento (e.g. Eisenmann e Malina, 2002), e chegam a um estado de maturação completa que, para muitas características fisiológicas (e.g. capacidades aeróbia e anaeróbia) e anatómicas (e.g., altura e peso) é também variável (Rowland, 1996a).

O desenvolvimento pode ser entendido, em sentido lato, como o conjunto de etapas pelas quais o sujeito passa, desde a sua identificação enquanto feto, até atingir a idade adulta. Neste sentido, o termo desenvolvimento significa exclusivamente evolução, numa perspectiva psicológica, biológica ou social. Num contexto exclusivamente biológico, o termo desenvolvimento é muitas vezes utilizado em substituição dos termos crescimento e maturação. O verdadeiro conceito de desenvolvimento circunscreve-se ao domínio do comportamento humano, sendo o processo de evolução pelo qual o ser humano passa no âmbito cognitivo, emocional, social, moral e motor, distinguindo-se, como tal, claramente, do conceito biológico afim (Rowland, 1996a).

A criação de grupos de idade no estudo do desenvolvimento humano é uma espécie de *mal necessário* à tipificação de características médias de grupos padrão. Duas crianças com a mesma idade cronológica e pertencentes ao mesmo grupo de idade passam por um processo de crescimento, maturação e desenvolvimento comum, mas o estado de crescimento, maturação ou desenvolvimento em que se encontram num dado momento do tempo pode ser claramente diferente, bem como pode ser notoriamente díspar o ritmo a que as alterações se estão a processar nesse mesmo momento. Trata-se do fenómeno característico de variabilidade humana, a qual caracteriza o caminho que leva o feto ao bebé, o bebé à criança, a criança ao adolescente e o adolescente até ao estado adulto. Este fenómeno resulta da influência de vários factores ambientais (e.g., alimentação, doenças, envolvimento em actividade física) que interferem com o desenvolvimento do indivíduo, aqui entendido em sentido lato. Dada esta notória variabilidade humana, o método utilizado no agrupamento de crianças por idades tem implicações sérias nas comparações realizadas entre grupos em diferentes estudos experimentais, pelo que o mais sensato é utilizar os grupos de idade universalmente aceites na literatura relativa ao desenvolvimento humano e respeitar as suas relações com os processos de crescimento e maturação. Se, do ponto de vista teórico, a perspectiva que acabamos de apresentar é facilmente entendível, no domínio prático é, muitas vezes, complexo distinguir estados, fases e períodos associados ao crescimento, maturação e desenvolvimento humanos, particularmente porque a definição de conceitos pode não ser a mesma em contextos distintos. Por isso apresentamos no Quadro 1 uma clarificação genérica daqueles conceitos e a relação com o intervalo cronológico a

que alguns se referem (Malina et al., 2004). Dado que a maioria da literatura consultada nesta área usa a língua inglesa como forma de escrita, optamos por colocar, entre parêntesis, as designações anglo-saxônicas de alguns dos conceitos. Como se pode observar, existe um estado de crescimento, um estado de maturação e um estado de desenvolvimento e é no crescimento que se consideram fases e períodos com os quais se tenta estabelecer uma dada relação com a idade cronológica.

Quadro 1. Definição genérica de conceitos associados ao processo de crescimento, maturação e desenvolvimento humanos (Malina et al., 2004).

Conceitos	Definição
Estado* de crescimento	Crescimento físico e sistêmico, em tamanho, proporções e composição. Reconhece-se crescimento pré e pós natal. Fala-se em feto (estado pré-natal) e em recém-nascido e bebê (estado pós-natal).
Fases de crescimento pós-natal	Reconhece-se a primeira infância (<i>Infancy</i>), a segunda infância (<i>Childhood</i>), a adolescência (<i>adolescence</i>) e a idade adulta (<i>adulthood</i>). Fala-se em bebê, na primeira infância, em criança, na segunda infância, em adolescente e em adulto.
Períodos de crescimento pós-natal	Reconhecem-se os períodos perinatal, neonatal e pós-natal. Reconhecem-se uma fase inicial (<i>Early childhood</i>) e final (<i>late childhood</i>) na segunda infância.
Relação entre as fases e períodos de crescimento pós-natal e a idade cronológica	A primeira infância corresponde ao primeiro ano de vida. Nesta, o período perinatal decorre à volta do nascimento até à primeira semana de vida; o período neonatal corresponde ao 1º mês de vida; o período pós-natal decorre entre o fim do 1º mês até ao primeiro aniversário, sem o incluir. A fase inicial da segunda infância decorre do 1º aniversário até aos 5 anos, sem o incluir; a fase final da segunda infância decorre dos 5 anos até ao início da adolescência. Adolescência não tem idade definida e decorre, em termos médios, entre os 8/10 e os 18/22 anos para as raparigas e os 10 e os 22 anos para os rapazes.
Estado* maturacional	Reconhecem-se maturação óssea, sexual, somática, dentária e neuromuscular. A passagem do estado imaturo para maduro ou maturo, a nível sexual, tem início com as primeiras alterações neuro-endócrinas.
Estado* de desenvolvimento	Reconhecem-se desenvolvimento cognitivo, emocional, social, moral e motor.

*Entende-se **estado** como o nível alcançado de crescimento, maturação ou desenvolvimento, num dado ponto no tempo.

2.1.2. Regulação geral do crescimento e da maturação

O crescimento e a maturação ocorrem em função da acção integrada de genes, hormonas, nutrientes e tipo de ambiente respeitantes a um dado indivíduo. A regulação deste fenómeno complexo ainda não está completamente entendida, particularmente porque múltiplos factores estão envolvidos no desenvolvimento e interagem entre si, desde o momento da concepção até à idade adulta. Malina et al. (2004), numa obra dedicada à temática da relação entre o crescimento, a maturação e a actividade física, referem o estado nutricional como sendo o factor ambiental mais importante na regulação do crescimento e da maturação, interagindo com o genótipo e com a actividade hormonal. De facto, não é difícil encontrar na literatura estudos que demonstram claramente o efeito do estado nutricional, particularmente do estado de sub-nutrição, no desenvolvimento, crescimento e maturação (Jouaville et al., 2006), bem como análises detalhadas das alterações hormonais (Boisseau e Delamarche, 2000). A partir do reconhecimento da importância deste factor, não é difícil aceitar que o padrão de actividade física da criança será outro dos factores ambientais importantes, na medida em que afecta o equilíbrio entre o *input* e o *output* energético.

2.1.2.1. Processo de crescimento e maturação e suas relações com o desenvolvimento da velocidade e da força e potência musculares e do sistema anaeróbio

O desenvolvimento da força é um assunto focado na maioria das obras que abordam as temáticas do crescimento, maturação e desenvolvimento. Num artigo de revisão muito recente, De Ste Croix (2007) refere que o conhecimento relativo às alterações da força, associadas à idade e ao sexo, que ocorrem durante a infância e a adolescência são muito limitadas, embora os estudos disponíveis se mostrem relativamente consistentes, particularmente no que se refere à alteração da força dos membros inferiores (MI). Estender o conhecimento relativo aos MI a grupos musculares de outras regiões corporais é algo que requer um cuidado particular, uma vez que o desenvolvimento da força parece ser dependente da acção muscular e da respectiva articulação envolvida (Gaul, 1996). De uma maneira geral, pode dizer-se que a força aumenta linearmente com a idade até,

aproximadamente, aos 13 a 15 anos, quer em rapazes, quer em raparigas (Zauner et al., 1989). Esta capacidade parece aumentar rapidamente durante o período pubertário, tanto em rapazes como em raparigas. As diferenças de género são reduzidas neste período, com várias sobreposições de resultados de rapazes e raparigas, ainda que os rapazes tenham médias de força consistentemente mais elevadas do que as raparigas (Blimkie e Sale, 1998). Este aumento voluntário da força que ocorre durante o período pubertário foi atribuído preferencialmente a adaptações neurais, em detrimento da hipertrofia do músculo-esquelético (Gaul, 1996). Com a entrada na adolescência, observa-se uma fase de estabilização nas raparigas e uma aceleração do seu desenvolvimento nos rapazes (Blimkie e Sale, 1998; Gaul, 1996). Esta aceleração pode estar relacionada com o pico de velocidade de crescimento, uma vez que a estatura parece ter um papel chave no desenvolvimento da força, maior até do que apenas a área de secção transversal do músculo, parâmetro considerado de particular importância na capacidade de produção de força (Gaul, 1996) e também com as alterações hormonais características deste período, particularmente no que se refere ao aumento dos níveis de testosterona (Fellmann e Coudert, 1994). A idade exacta em que os níveis de força dos rapazes e das raparigas se diferenciam parece ser também específica do grupo e acção musculares considerados, ainda que se aponte para que a diferenciação entre sexos na força dos MS ocorra primeiro que a dos MI (De Ste Croix, 2007).

A forma de evolução da velocidade e da potência muscular parece não ser muito diferente da já expressa para a força, ainda que os mecanismos envolvidos, pelo menos aqueles que têm maior predominância sobre o fenómeno, possam não ser exactamente os mesmos. O desenvolvimento da velocidade a partir do nascimento está muito relacionado com o desenvolvimento do sistema nervoso, que acontece desde cedo (Mero, 1998). A discriminação da melhor competência velocimétrica dos rapazes, em relação às raparigas, ocorre, tal como a força, por volta dos 13-14 anos, com a entrada na adolescência (Mero, 1998). A potência muscular tem sido largamente utilizada como indicador em estudos da capacidade de desempenho anaeróbio de sujeitos treinados e não treinados e, neste âmbito, a ela voltaremos um pouco mais à frente. Enquanto capacidade motora avaliada por si mesma, sendo um produto da velocidade e da força, parece seguir o mesmo padrão de desenvolvimento com a maturação daquelas duas capacidades, pelo que os níveis

superiores de potência muscular dos rapazes, em relação às raparigas, acontece, também, por volta da entrada na adolescência (Mero, 1998).

Em jeito de síntese, em termos das capacidades motoras velocidade, força e potência, enquanto produto das duas anteriores, parece notar-se a ocorrência, nas raparigas, de uma estabilização no desenvolvimento não coincidente com parâmetros antropométricos e de composição corporal, que continuam a aumentar de forma significativa, mesmo durante o período de um ano durante a puberdade (Jürimäe et al., 2001).

No que se refere ao desenvolvimento do sistema anaeróbio, as estimativas relativas à *performance* anaeróbia que decorrem durante o crescimento e a maturação são escassas (Armstrong, 2001) e muito baseadas em resultados de estudos transversais. O primeiro estudo longitudinal relativo às alterações que ocorrem, não exactamente na potência anaeróbia, mas na potência mecânica anaeróbia, determinada com base no teste Wingate, foi realizado, em 1993, por Falk e Bar-Or (1993). De uma forma geral, reunindo os vários resultados da literatura, não se reconhece a ocorrência de grandes alterações no potencial de desempenho anaeróbio durante a fase pré-pubertária (Riner et al., 1997) e é vastamente referida a imaturidade dos processos metabólicos anaeróbios lácticos em crianças (Fellmann e Coudert, 1994; Hebestreit et al., 1996). Durante a puberdade os processos lácticos começam a desenvolver-se de forma mais evidente (Falgairrette et al., 1991), a par com o aumento da massa muscular e sob a influência de factores de crescimento e hormonas como a testosterona, nos rapazes, e o estrogénio, nas raparigas. A potência anaeróbia máxima medida em crianças, através de testes de força-velocidade ou do teste *Wingate*, é sempre inferior à dos adultos, sejam os resultados expressos em função da massa corporal total ou apenas da massa isenta de gordura [para refs. ver Bar-Or.(1996)]. Em termos de género, no que toca aos períodos da infância e da adolescência alguns autores referem a escassez de resultados, particularmente para raparigas adolescentes, que permitam a compreensão das diferenças entre a *performance* anaeróbia de rapazes e de raparigas (Armstrong et al., 2000). Ainda assim, de uma forma geral, é frequentemente referido que aquela diferença é mínima antes da puberdade e que durante a adolescência os rapazes apresentam melhores desempenhos do que as raparigas, um avanço que se mantém nos anos subsequentes (Armstrong e Welsman, 1997a; Armstrong et al.,

2000). Petersen et al. (1999), num estudo realizado com nadadoras de natação sincronizada, obtiveram resultados perturbadores das tendências, mais ou menos unanimemente aceites, acima apresentadas. Utilizando as potencialidades oferecidas pela ressonância magnética nuclear do fósforo 31 (^{31}P -MRS), estudaram, *in vivo* e em crianças, o metabolismo do músculo esquelético relacionado com esforços curtos e de elevada intensidade. Os autores reconhecem que a pesquisa relacionada com a possível relação entre a actividade enzimática e a maturação indicia o conceito de que a capacidade anaeróbia das crianças é limitada. Reconhecem, ainda, que os resultados que suportam aquela constatação foram tão amplamente citados que o conceito se tornou um verdadeiro paradigma da literatura referente ao exercício realizado em idades pediátricas. Contudo, os resultados do seu trabalho sugerem que o metabolismo glicolítico de crianças fisicamente activas não está dependente da maturação e apontam os estudos em que foram utilizadas biopsias e em que não foi possível demonstrar a relação entre a maturação e a actividade enzimática glicolítica [para refs. consultar Petersen et al. (1999)]. Apesar deste resultado ser particularmente interessante, dado que utiliza uma metodologia directa para o estudo do metabolismo celular, contrariamente ao uso tendencial de esforços mecânicos não invasivos, particularmente o teste de força-velocidade e o teste *Wingate*, a sua leitura tem de ser feita com algum cuidado antes de se colocar em questão o paradigma acima enunciado. Primeiro, estes autores utilizaram um esforço supra-máximo de 2min de duração, um esforço que está, certamente, muito próximo da capacidade total do sistema anaeróbio, mas que não deixa de incluir uma forte participação aeróbia, particularmente a partir dos 90s, o qual é, aliás, consideravelmente mais longo do que o utilizado normalmente em esforços realizados em cicloergómetro (30 a 60s). Segundo, o paradigma acima parte do pressuposto de que não são apenas factores de ordem metabólica a influenciar a capacidade de desempenho anaeróbio, cuja análise não foi considerada no trabalho de Petersen et al. (1999). Por fim, o estudo é feito num grupo muscular pequeno, localizado na parte posterior da perna, enquanto estudos realizados com outras metodologias habitualmente abarcam massas musculares de maior dimensão (e. g. MI). Neste âmbito cabe referir que a aceitação dos resultados fornecidos pelo método da ressonância magnética passa pelo reconhecimento da sua principal limitação, que é a da impossibilidade de controlo das diferenças morfológicas entre sujeitos, o que leva a repensar o seu uso em conjunto com outros métodos (Naughton et al., 2000). Aliás, apesar

do parco uso da ^{31}P -MRS, já é possível encontrar na literatura resultados contraditórios no âmbito da avaliação do metabolismo muscular em esforços predominantemente anaeróbios. Zanconato et al. (1993), utilizando um protocolo diferente, estudaram o metabolismo da perna durante exercício realizado por crianças e adultos, obtendo resultados mais concordantes com o esperado para a capacidade de desempenho anaeróbio. Estes autores sugeriram que as crianças são menos hábeis do que os adultos em ressintetizar ATP através das vias anaeróbias durante esforços de intensidade elevada.

2.1.2.2. Factores que influenciam o desenvolvimento biológico normal

A considerável correlação existente entre os diferentes marcadores de maturação biológica, sobre os quais falaremos mais à frente, sugere uma responsabilidade partilhada no tocante à influência dos factores, quer intrínsecos, quer extrínsecos, de ordem genética e ambiental, na maturação morfológica, sexual e óssea (Rowland, 1996a). Consideram-se determinantes da maturação biológica os factores de ordem genética, endócrina, nutricional e a actividade física, bem como as condições sociais, incluindo o estatuto sócio-económico, o tamanho da família e o envolvimento social (Rowland, 1996a). Do ponto de vista genético, assume-se que a criança que herdou informação genética dos seus pais será semelhante a eles quer no tamanho, quer nas características físicas. Apesar das várias excepções ao princípio anterior, a influência genética na maturação parece ser mais notória na altura do que no peso. Do ponto de vista endócrino, sabe-se que o funcionamento hormonal óptimo é necessário para otimizar a maturação biológica. Disfunções ao nível da produção da hormona de crescimento, paratormonas e esteroides anabolizantes e da tiróide, alteram o crescimento normal. É importante a noção de que, dada a influência hormonal, parecem haver dois períodos separados de crescimento biológico, nomeadamente o crescimento pré-pubertário, particularmente influenciado pela hormona de crescimento, e o crescimento pós-pubertário, sob influência maior das hormonas reprodutoras. O estado nutricional é, provavelmente, o factor de maior influência no decurso de uma maturação biológica normal. Um *input* calórico inadequado, seja pela falta de nutrientes na alimentação, seja por falta de compensação das exigências associadas, por exemplo, à actividade física diária, afecta

directamente o crescimento. A actividade física parece não ter uma influência directa na altura do indivíduo, na medida em que incrementa a mineralização óssea, mas pode ser decisiva em relação ao peso.

2.1.2.3. Processo de crescimento e maturação e treinabilidade das capacidades motoras e sistemas fisiológicos anaeróbios

No processo de desenvolvimento humano, o crescimento, a maturação e o rendimento desportivo interagem mutuamente (Williams, 2007). Se, por um lado, existe a possibilidade do nível de actividade física de uma criança poder afectar ou potenciar os processos de crescimento e maturação, por outro, esses mesmos processos condicionam o rendimento desportivo, ou seja, o potencial estado de *performance* dessa mesma criança.

Uma das maiores dificuldades do estudo da treinabilidade das capacidades motoras e dos sistemas fisiológicos reside no facto dos processos de medida se operarem sobre organismos em crescimento funcional. Por isso mesmo, a evolução das capacidades motoras e a análise da resposta fisiológica ao exercício, uma das componentes do rendimento desportivo, tem de contemplar, sempre, o processo maturacional e o efeito do treino, sendo a quantificação dos contributos particularmente difícil, uma vez que o crescimento e a maturação mimetizam os efeitos do treino. Um dos grandes desafios na interpretação de dados referentes a parâmetros motores ou a respostas fisiológicas ao exercício está na dificuldade em interpretar aquilo que é uma adaptação ao treino e aquilo que é variação própria do desenvolvimento e crescimento humanos (Rowland, 1996a). De qualquer forma, é de esperar que as alterações fisiológicas que decorrem durante a infância encontrem um padrão de alteração similar na resposta fisiológica ao exercício (Rowland, 1996a). A pediatria oferece-nos uma série de tabelas fiáveis, normativas do crescimento e desenvolvimento da criança não desportista. Porém, estes dados são de pouca valia no estudo da criança desportista, dado que não é possível dizer, peremptoriamente, que as diferenças encontradas entre ambas na resposta fisiológica ao exercício se devem ao treino, apesar de sabermos, actualmente, que o treino parece condicionar o crescimento da criança e interferir com o

desenvolvimento da funcionalidade do organismo (Malina et al., 2004), ainda que possam encontrar-se afirmações contrárias, nomeadamente quando há referência a aspectos particulares do desenvolvimento humano. Por exemplo, Navarro e Arsénio (s.d.) referem, numa obra dedicada ao treino de natação, que não existe prova experimental que permita crer que o treino desportivo regular acelere ou retarde a maturação esquelética das crianças. Neste sentido, o mais importante que importa reter, então, é que uma coisa é uma criança com um processo normal de maturação biológica, outra é uma criança cujo mesmo processo está constantemente a ser submetido ao *stress* do treino, o que nos conduz à necessidade de explicitar um primeiro conceito fundamental, o conceito de fisiologia do exercício associada ao desenvolvimento [*Developmental exercise physiology*; Rowland (1996a)], o qual se reporta ao conjunto de alterações das funções fisiológicas que se processam durante o desenvolvimento humano em condições de *stress*. Este *stress* é induzido pelo exercício físico realizado de uma forma sistematizada e está subjacente a um processo de optimização designado por *processo de treino*, o qual pode ou não estar associado a estruturas competitivas.

Atendendo ao processo de desenvolvimento humano e à sua relação com a actividade física ou desportiva, antes da realização de qualquer tentativa de classificação morfo-funcional da criança é, pois, necessário considerar que a idade cronológica das crianças não permite, pelo menos do ponto de vista do estudo da resposta fisiológica ao exercício, o seu agrupamento em escalões etários perfeitamente definidos. Sabemos hoje que o estado de desenvolvimento biológico esperado em crianças do mesmo escalão etário é largamente divergente (Rowland, 1996a), embora continuemos a utilizar tabelas de classificação baseadas na idade cronológica das crianças, o que levanta sérias dificuldades às comparações entre grupos. Um bom exemplo é a expressão gráfica da variação do peso, altura e perímetro cefálico, em função da idade cronológica, utilizadas na pediatria. Apesar do conhecimento da labilidade da idade cronológica enquanto marcador de desenvolvimento, a perpetuação do seu uso tem subjacentes duas explicações, lógicas e aceitáveis. Por um lado, a determinação da idade biológica exige procedimentos metodológicos e técnicos complexos, dispendiosos e/ou invasivos, os quais vão muito além do simples registo da data de nascimento. Por

outro, no âmbito da actividade desportiva constata-se que os escalões competitivos, em quase todas as modalidades desportivas, estão organizados em função da idade cronológica.

No âmbito particular das capacidades motoras, Matos e Winsley (2007) referiram, num artigo de revisão muito recente, que os mais jovens parecem responder de forma diferente da dos adultos (estudados muito mais extensivamente) a exercícios de treino de força. Um dos factores que influencia o maior desenvolvimento da força da criança treinada parece ser o aumento da testosterona, dado que o treino aumenta os níveis desta hormona (Mero et al., 1990a). Se bem que no passado o treino de força com crianças tenha sido contraindicado, devido ao risco de lesão dos pratos epifisários e também porque se acreditava que as crianças não eram capazes de aumentar os seus níveis de força (Myer e Wall, 2006), há estudos que mostram claramente o aumento daquela capacidade com o treino [e. g. (Blimkie e Sale, 1998; Myer e Wall, 2006)]. Os ganhos típicos de força muscular em crianças foram relatados como sendo 13 a 30% superiores aos esperados apenas sob o efeito do crescimento e da maturação (Falk e Tenenbaum, 1996), ganhos estes que aparentam ser similares para rapazes e raparigas (Myer e Wall, 2006).

A velocidade é uma capacidade física cuja apreciação isolada do desenvolvimento em termos de crescimento e maturação, como já referimos, não tem tido a mesma atenção que a força. Em termos do efeito do treino, ela acaba por ser estudada em associação, quer à força, quer à potência (Mero, 1998). O desenvolvimento da potência por efeito do treino, por sua vez, tem sido estudado em associação com o desenvolvimento dos processos anaeróbios, dado que muitos destes testes usam a potência mecânica, máxima ou média, como critério (Bar-Or, 1996). Neste sentido, a análise do desenvolvimento da potência muscular enquanto entidade isolada não é muito comum.

No âmbito da funcionalidade dos sistemas energéticos, focando aqui apenas o que nos interessa particularmente, o sistema anaeróbio, parece notar-se, também, uma diferença notória, em relação aos adultos nas adaptações das crianças aos exercícios de treino anaeróbios. Tal como já referimos para as capacidades motoras, estas foram também estudadas de forma mais extensiva em adultos (Bar-Or, 1996; Gratas-Delamarche e Delamarche, 1990; Matos e Winsley, 2007), ainda que, mesmo dentro deste grupo, pouca atenção tenha sido dada ao desenvolvimento da capacidade de desempenho anaeróbio em desportos específicos (Taylor et al., 2001). Falgairrette et al. (1993)

fizeram uma aproximação a esta questão em nadadores pré-púberes, mas ficaram pelo estudo das características bioenergéticas, usando indicadores mecânicos (potência máxima) obtidos com os testes de força-velocidade e o teste *Wingate* e concluindo que a actividade desportiva não induz grandes alterações nas mesmas. A treinabilidade do sistema anaeróbio em crianças não recebeu tanta atenção do meio científico como o sistema aeróbio, havendo, contudo, alguns resultados, não só interessantes como por vezes algo contraditórios. Contradizendo, de certa forma, a afirmação de que o sistema anaeróbio se vai desenvolvendo lentamente nas idades pré-púberes e que o treino tem um efeito potenciador do mesmo (Bar-Or, 1996; Gratas-Delamarche e Delamarche, 1990), Mero et al. (1990b), por exemplo, não conseguiram identificar o efeito do treino nas características anaeróbias de crianças treinadas e não treinadas de idade cronológica muito próxima (10.2 e 11.3 anos). Se, por um lado, as técnicas utilizadas para medir a actividade glicolítica muscular são ora muito complexas, ora muito invasivas, por outro perpetua-se até hoje a ideia de que as crianças não estão tão preparadas para responder a esforços de domínio anaeróbio porque terão este sistema menos desenvolvido. O principal responsável pela descoberta anterior é o ainda hoje amplamente citado estudo de Eriksson et al. (1973), em que os autores mediram níveis inferiores de fosfofrutoquinase (PFK), uma enzima chave da glicólise, em crianças. A par, estão também estudos em que se constataram níveis mais baixos de lactato desidrogenase (LDH) e menor conteúdo em glicogénio (Boisseau e Delamarche, 2000). No entanto, alguns estudos, como o de Rotstein et al. (1986), já da década de 80, foram capazes de mostrar aumentos na potência máxima de crianças obtida, fundamentalmente, através do teste *Wingate*. Este último autor registou ganhos de 14,2%, e Matos e Winsley (2007), no seu estudo de revisão, referem ganhos entre os 4 a 20%. Kuno et al. (1995) foram também incapazes de mostrar diferenças na resposta metabólica anaeróbia de rapazes treinados e não treinados utilizando ^{31}P -MRS, ainda que tenham conseguido mostrar uma competência inferior em crianças, comparativamente com os adultos. Curiosamente, a literatura parece estar carenciada de referências relativas à diferenciação entre género (Matos e Winsley, 2007), parecendo não se saber concretamente qual a magnitude das melhorias no sistema anaeróbio conseguidas por rapazes e raparigas em fases pré-pubertárias. Ainda assim, de uma forma geral, as raparigas têm prestações anaeróbias inferiores às dos rapazes de idade cronológica

idêntica, ainda que a diferença tenda a desaparecer quando a potência é calculada em função da massa isenta de gordura (Bar-Or, 1996).

Da revisão da literatura realizada resta ainda ressaltar o parco conhecimento relativo aos mecanismos responsáveis pela melhoria da funcionalidade anaeróbia, nomeadamente no tocante às alterações que se processam, em crianças treinadas, no tamanho do músculo, no tipo de fibras e noutros parâmetros neurológicos e bioquímicos (Bar-Or, 1996; Matos e Winsley, 2007). O conhecimento destes mecanismos torna-se fundamental para o entendimento da globalidade do fenómeno e para a interpretação de resultados como sejam a melhoria da potência máxima desenvolvida por crianças com o treino, por um lado, e a observação de que, pelo menos aparentemente, os processos bioenergéticos dessas mesmas crianças não se modificam por acção do mesmo, por outro.

2.1.3. Determinação do estado de maturação biológica

Uma dada variável fisiológica inclui uma grande variedade de componentes, cada uma das quais com a sua própria curva de maturação (Rowland, 1996a) e influenciável pelos mais variados factores extrínsecos. Como consequência, ainda não somos capazes de determinar, directamente, o nível de maturação de determinado factor fisiológico, ficando-nos por aqueles marcadores de maturação que podem ser reconhecidos mais facilmente, nomeadamente os morfológicos, sexuais e ósseos (Rowland, 1996a), acrescendo o desenvolvimento dentário e neuromuscular. O problema da utilização destes marcadores centra-se, muitas vezes, no facto de os mais fiáveis no capítulo da determinação da maturação biológica serem, também, os mais invasivos. Neste capítulo, o recurso aos marcadores morfológicos, peso e altura, seria muito vantajoso, mas é reconhecida a sua insuficiência enquanto marcos de maturação biológica. Ainda assim, Malina et al. (2005) ainda muito recentemente tentaram a utilização da percentagem da altura prevista na idade adulta para determinar maturação biológica de futebolistas utilizando medidas de peso e altura dos jogadores. Os autores consideraram os resultados obtidos satisfatórios, mas referem que o método carece ainda de validação.

A escolha do método a utilizar quando é necessário marcar o nível de maturação de sujeitos tem que passar, obviamente, pela ponderação das vantagens e limitações de cada um, tocando factores como a validade e fiabilidade da informação fornecida, a praticidade, a invasibilidade, a disponibilidade dos instrumentos e o custo, alguns dos quais analisaremos no seguimento da presente revisão da literatura. É necessário ainda partir do pressuposto de que a escolha de um entre os demais é possível porque deverá existir uma ligação muito grande entre os ritmos de maturação morfológica, sexual e esquelética. Por exemplo, durante a fase pubertária, espera-se que as alterações hormonais associadas à maturação sexual também estimulem o crescimento ósseo e o aumento do volume muscular, ocorrências com reflexo directo na altura e peso dos sujeitos. Neste domínio, Rowland (1996a) e Malina et al. (2004) reuniram informação suficiente para mostrar que os coeficientes de correlação observados entre variáveis relacionadas com os diferentes procedimentos de mensuração da maturação biológica são geralmente moderados a elevados (0.60 a 0.80). A ausência de uma correlação perfeita mostra, obviamente, que há aspectos particulares da maturação morfológica, sexual e óssea que introduzem alguma variabilidade nos *timings* relacionados com aquelas diferentes formas de maturação. No entanto, a correlação existente é suficientemente elevada para mostrar, por exemplo, que um sujeito que mostra um avanço maturacional num dos indicadores também o mostrará nos outros.

2.1.3.1. Metodologia, problemas e limitações da determinação do estado de maturação biológica a partir do estado de maturação morfológica

A determinação do estado de maturação morfológica realiza-se a partir da análise dos indicadores peso e altura das crianças, os indicadores mais óbvios de maturação da criança (Rowland, 1996a). As curvas de crescimento do peso e da altura apresentam um desenho pouco variável para crianças do mesmo grupo de idades, mas não constituem, por si só, bons indicadores de maturidade. Para a determinação do estado de maturação morfológica, mais importante do que as altura e peso que a criança tem num dado momento do tempo é o ritmo a que está a crescer e o período (pico maturacional), que se prolonga por cerca de 1 a 1.5 anos, em que ocorre o pico do ritmo do crescimento (*growth spurt*). Apesar da atractividade da determinação do peso e da altura como

marcadores de maturação, devido à simplicidade das técnicas, na realidade, através deles, conseguimos apenas detectar marcas de variabilidade nos picos de maturação. Se o que verdadeiramente nos interessa é saber como é que a criança está do ponto de vista maturacional, isto é, qual o seu estado maturacional e quanto falta para terminar a maturação, o melhor é optar por outro tipo de indicadores. Também o uso da velocidade máxima de crescimento (*peak height velocity*) permite realizar comparações interindividuais ou inter-grupais com níveis de maturação somática semelhantes. Contudo, a sua determinação exige estudos longitudinais e inviabiliza o uso dos marcadores altura e peso em estudos transversais.

A criança em crescimento apresenta, também, para além das alterações na altura e no peso, modificações ao nível das proporções corporais (Rowland, 1996a). A mais evidente é o crescimento acentuado dos MI em comparação com o tronco, o que se reflecte numa diminuição da razão entre a altura sentado e a altura total à medida que a criança cresce. Contudo, esta medida parece pouco utilizável, uma vez que foram observadas poucas diferenças no comprimento relativo dos MI de crianças envolvidas em testes físicos com idade superior a 8 anos (Rowland, 1996a). Tal como acontece com as medidas de altura e peso, o estudo das alterações das proporções corporais também não serve para determinar estados de maturação em estudos transversais.

2.1.3.2. Metodologia, problemas e limitações da determinação do estado de maturação biológica a partir do estado de maturação sexual

A determinação do estado de maturação sexual faz-se a partir de vários indicadores, cujos mais comumente utilizados são o desenvolvimento da mama e da pilosidade púbica, nas raparigas, e o desenvolvimento da genitália e pilosidade púbica, nos rapazes. Fazendo uma relação algo audaz com a idade cronológica e apenas para conhecimento de um padrão genérico, podemos referir que o despontar do processo de maturação sexual começa mais cedo nas raparigas, com o desenvolvimento da mama a ocorrer sensivelmente entre os 10,5 e os 11 anos. Nos rapazes, só entre os 11 e os 12,5 anos é que começa a dar-se o crescimento da genitália (Rowland, 1996a).

Como indicadores de maturação sexual de utilização menos comum, podemos referir outros caracteres sexuais secundários, como a pilosidade axilar, mudança de voz e pilosidade facial (Baxter-Jones et al., 2005; Sherar et al., 2004). Contudo, estes marcadores revelaram-se pouco populares, devido ao facto de serem eventos pouco precisos e, geralmente, tardios no processo maturacional. Alguns autores utilizaram, também, doseamentos de hormonas reprodutoras como marcadores do estado pubertário, nomeadamente das produzidas pela glândula pituitária – hormona folículo estimulante e luteinizante, e pelas gónadas – estrogénio, progesterona e testosterona (Weimann et al., 2000; Welsman et al., 1994). O uso das hormonas reprodutivas como marcadores do estado pubertário encontra, contudo, limitações relacionadas como facto de ser um método pouco prático, algo dispendioso, particularmente para elevado número de análises, e invasivo. Implica a desconfortável colecta de sangue na veia antecubital e a sua posterior análise em laboratório. O sangue recolhido tem que passar, previamente por um processo de centrifugação e o doseamento é efectuado na componente serosa, utilizando kits de análise comercialmente disponíveis (Maimoun et al., 2003). As flutuações diurnas destas hormonas e as diferenças interindividuais também concorrem negativamente para a opção pelo seu uso. No caso particular da testosterona, já foi tentado o seu doseamento na saliva, evitando, assim, com algum sucesso, as dificuldades anteriores (Armstrong et al., 1997; Falgairrette et al., 1991; Fellmann et al., 1987).

Na marcação do estado de maturação sexual de sujeitos participantes em estudos experimentais, nomeadamente no *Fels Longitudinal Study* (Roche et al., 1995), têm sido muito utilizadas fotografias (van Wieringen et al., 1971) acompanhadas por ilustrações esquemáticas e critérios descritivos (Alex F. Roche, Lifespan Health Research Center), os quais se baseiam nos estádios maturacionais há muito descritos por Tanner (1962). Segundo este autor, durante o processo de maturação sexual é possível marcar, em 5 ou 6 estádios, por género, a evolução dos três caracteres sexuais secundários acima referidos. Existem várias formas de utilização dos estados maturacionais de *Tanner*. A observação directa do desenvolvimento dos marcadores, realizada por um (amostras de género único) ou dois (amostras dos dois géneros) membros da equipa de investigação, é considerado como sendo o método de avaliação mais fiável, ainda que possa levantar objecções de ordem ética. Em alternativa, pode ser utilizado o método da auto-classificação. Neste caso, são os

próprios sujeitos constituintes da amostra experimental que, com base na visualização de fotografias dos diferentes estádios de *Tanner*, acompanhadas por um pequeno texto descritivo, e com a ajuda, ou não, do investigador, apontam o seu estágio de desenvolvimento maturacional. Neste caso, as principais limitações são a probabilidade da resposta ser dada em função daquilo que o sujeito pensa que deveria ser o seu estado de desenvolvimento sexual, ou a dificuldade em decidir entre estádios de maturação contíguos. Importa salientar, também, que é um método dificilmente aplicável com crianças pequenas, para as quais o conceito de desenvolvimento nem sequer possa ser bem compreendido. Para estas últimas, ou para jovens em fase pubertária particularmente controversa, a classificação maturacional pode, opcionalmente, ser realizada pelos pais. Neste caso poder-se-ão utilizar as mesmas fotografias e descritivos sumários dos estádios de *Tanner*, ou o investigador explica aos pais o que visualizar directamente nos seus filhos. A investigação revela que este método nem sempre é muito fiável, particularmente porque os pais tendem a exacerbar o estado inicial de desenvolvimento dos seus filhos e a subestimar o final (Baxter-Jones et al., 2005).

Rowland (1996a) descreve que o marcador de maturação sexual mais significativo para as raparigas é, talvez, a ocorrência da menarca, um marcador quase final da maturação sexual. Contudo, este marcador serve, apenas, para determinar se o sujeito está, ou não, em fase pubertária, uma vez que quando a menarca surge, o estado pré-púbere já foi abandonado há algum tempo. A idade da menarca torna-se, assim, quase irrelevante nos casos em que se pretende determinar, mais concretamente, o estado de desenvolvimento pubertário, ou a determinação do estado pré-púbere. De acordo com resultados de investigação, a menarca parece ocorrer, em Portugal entre os 12,32 e os 12,67 anos (Padez, 2003) e, nesta idade, a mama e a pilosidade púbica já estão quase no estado de maturação completa.

Para definir uma criança como pré-púbere é necessário cumprir quatro requisitos fundamentais: (i) a criança tem de estar no estágio 1 de *Tanner* no que reporta aos três marcadores de maturação sexual (genitália, pilosidade púbica e desenvolvimento mamário); (ii) é também fundamental que não tenha entrado no pico de crescimento. Este factor, como pressuposto, é bastante discutível, na medida em que a sua determinação só é possível *a posteriori*, ou seja, após a sua ocorrência; (iii)

outro requisito é a observação de baixos níveis de estrogénio ou testosterona e, finalmente, (iv) é obviamente obrigatório, para o sexo feminino, a ausência de menstruação. Neste âmbito, será importante realçar a diferença entre pré-menarcal e prépubertal, uma vez que uma criança pré-púbere é, obrigatoriamente, pré-menarcal e uma criança pré-menarcal não será necessariamente pré-púbere, porque já estará em estados de *Tanner* superiores a 1, pode já ter entrado no pico de crescimento e pode apresentar níveis serosos das hormonas sexuais aumentados.

O uso do método de Tanner na determinação da maturação sexual, apesar da sua popularidade, levanta alguns problemas. Aparentemente apenas cerca de 60% das crianças seguem o desenvolvimento linear apresentado por *Tanner*, dado que a puberdade pode ter uma duração tão curta como 18 meses e tão longa como 8 anos (Rowland, 1996a). Por outro lado, os estádios de desenvolvimento dos marcadores não são necessariamente correspondentes. Uma criança pode estar no estágio 1 para um marcador e no 2 ou 3 para outro, mas este problema será ultrapassável se, como medida de segurança, se utilizarem sempre dois marcadores em simultâneo. A ausência de balizamento entre os 5 ou 6 estádios maturacionais de *Tanner* constituiu outra das limitações impostas a este método. Por exemplo, um indivíduo marcado no estágio 2 pode estar a entrar ou a sair do mesmo, o que é significativamente diferente do ponto de vista do nível de maturação sexual. Como já foi referido, o método implica, ainda e sempre, alguma invasão de privacidade, dada a sensibilidade da informação a recolher, o que se tem tentado minimizar utilizando, sempre que possível, a auto-classificação por meio de fotografia. Contudo, a fiabilidade deste último método tem ainda de ser comprovada, particularmente se considerarmos que há estudos que revelam, para determinadas populações, grandes diferenças entre a auto-percepção da imagem corporal e a forma real que o corpo assume (Vasconcelos, 1995). Extensivamente, uma auto-imagem distorcida do desenvolvimento da genitália, pilosidade e mama pode interferir negativamente no momento da decisão por um determinado estágio de desenvolvimento maturacional.

2.1.3.3. Metodologia, problemas e limitações da determinação do estado de maturação biológica a partir do estado de maturação óssea

O esqueleto ósseo cresce progressivamente durante a infância e esse crescimento constitui um indicador facilmente identificável de maturação biológica, sendo mesmo considerado o melhor indicador de entre os vários possíveis (Baxter-Jones et al., 2005) e a sua correlação com os indicadores morfológicos e sexuais é elevada.

Os métodos original (TW1) e otimizado (TW2) de Tanner-Whitehouse, baseados na radiografia do pulso e da mão, têm sido utilizados na determinação do estado de maturação óssea (Falk e Bar-Or, 1993), particularmente nos países europeus [para resultados comparativos entre os dois métodos consultar Malina e Little (1981)]. Os estudos referentes a esta matéria têm tentado estabelecer valores de referência para diferentes populações, de forma a possibilitar a comparação entre as mesmas (Beunen et al., 1990; Freitas et al., 2004; Hagg e Taranger, 1980; Malina et al., 1986; Murata, 1997; Taranger et al., 1987). A popularidade da radiografia óssea parece dever-se ao elevado número de ossos passíveis de examinar e à mínima exposição à radiação (Rowland, 1996a). O estado de ossificação (tamanho do osso, forma e densidade óssea), observados no raio-X, permite determinar um índice de maturação biológica, com base em atlas como o de Greulich e Pyle (1959), por exemplo, que é muito utilizado em Portugal, e a posterior comparação com tabelas de valores de referência. Estas tabelas atribuem a diferentes características ósseas uma determinada idade cronológica, o que permite saber se o esqueleto de uma criança está aquém ou além do desenvolvimento esperado para a sua idade.

As principais limitações apontadas à determinação da maturação biológica através de marcadores ósseos residem na exposição às radiações (Williams, 2007), e nos custos associados à realização do raio-X, neste caso quando se pretendem utilizar amostras de grande dimensão. É um exame que carece quase sempre da autorização expressa dos pais e, em muitos casos, quanto a equipa de investigação não dispõe de meios próprios para o realizar, de um médico que o solicite. Há ainda a considerar um outro aspecto importante para estudos científicos, que é o da necessidade do exames radiográficos serem analisados pelo mesmo indivíduo (radiologista ou endocrinologista pediátrico, de preferência), de forma a anular ao máximo as variações relacionadas com a

individualidade de cada observação. Apesar desta ser uma regra comum e aplicável a qualquer campo da investigação, a sua relevância é maior quando se trata de exames radiográficos, dado que estes são realizados em gabinetes de radiologia e, como tal, poderão ser analisados por um qualquer radiologista indiferenciado.

A título de síntese, o Quadro 2 mostra uma revisão da literatura referente aos principais métodos de determinação indirecta da idade biológica através de marcadores morfológicos, sexuais e ósseos, incluindo as principais vantagens e desvantagens de cada um.

Quadro 2. Principais vantagens e desvantagens dos métodos de determinação indirecta da idade biológica.

Marcadores	Método de determinação	Vantagens	Desvantagens	Estudos de referência
Morfológicos				
a) altura b) peso	Determinação da percentagem da altura máxima prevista na idade adulta (não validado).	Medidos com facilidade e precisão. Sem custos.	Variabilidade interindividual elevada; isoladamente não têm capacidade informativa relativa ao estado maturacional.	Malina et al. (2005)
Sexuais				
	Estádios de <i>Tanner</i> .	Sem custos. Boas estimativas quando a observação é directa.	Invasivo, quando a observação é directa; menos fiável quando há auto-classificação ou avaliação pelos pais.	Roche et al.(1995) Tanner (1962) van Wieringen et al. (1971)
Ósseos				
	Métodos TW1 e TW2 de <i>Tanner-Whitehouse</i> , acompanhados por atlas de Greulich e Pyle.	Muito fiável.	Exposição às radiações; custo; desajuste entre os valores médios da amostra estudada e os valores da população de referência.	Tanner et al. (1983; 1962; 1975)

2.2. Bioenergética

Avaliar o potencial individual para o desempenho anaeróbio, seja para perceber as alterações decorrentes do crescimento e da maturação humanas, seja para melhor planejar e controlar o processo de treino desportivo, pressupõe um vasto conhecimento relativo aos processos energéticos que decorrem em função dos vários tipos de esforço. Entender os mecanismos responsáveis pela produção de energia para a contracção muscular e os seus factores de regulação é fundamental, mesmo quando se utilizam métodos de avaliação indirectos, uma vez que se espera encontrar e entender algumas pontes entre os *outputs* mecânicos e os processos bioenergéticos que lhe estão subjacentes. Foi exactamente neste sentido que se decidiu incluir este capítulo na presente dissertação, colocando a ênfase da revisão nos sistemas energéticos anaeróbios, seus determinantes e conceitos associados.

2.2.1. Determinantes fisiológicos e bioquímicos do metabolismo anaeróbio e sua relação com exercícios de intensidade máxima

Quando se fala de conversão de energia química em energia mecânica, o composto químico central e nuclear é a adenosina trifosfato (ATP). A hidrólise do ATP ($ATP + H_2O \leftrightarrow ADP$) é a reacção exergónica que, do ponto de vista energético, vai possibilitar o fenómeno da contracção muscular e permitir a função muscular. Esta reacção é catalizada pela actomiosina ATPase. Na fibra muscular em repouso não há muito ATP armazenado, o que é compensado pelo facto do ATP ser uma molécula energética intermediária, na medida em que, apesar de fornecer energia a compostos de baixa energia, as suas formas desfosforiladas voltam a recebê-la de compostos energeticamente mais fortes. Num exercício anaeróbio de curta duração, como, por exemplo, uma corrida de 100m no atletismo ou um *sprint* de 50m na natação, a hidrólise do ATP disponível a nível muscular assegura as primeiras contracções. Para garantir a continuidade do esforço, o principal produto da hidrólise do ATP, a adenosina difosfato (ADP) é fosforilada por um composto de mais alta energia, a creatina fosfato (CP). O músculo em repouso armazena uma grande quantidade de energia sob a forma de CP, comparativamente com a reserva de ATP. Num exercício de grande intensidade, à

medida que o músculo usa ATP como fonte imediata para a contração, o ADP resultante é imediatamente fosforilado pela CP ($ADP + CP \leftrightarrow ATP + C$), numa reacção catalizada pela enzima creatina quinase (CK). Esta é a via de ressíntese imediata do ATP, usualmente designada como “sistema” ATP-CP (McMahon et al., 2002) ou *shuttle* C-CP (Greenhaff, 2001). O ATP-CP constitui uma via energética cíclica, entendendo a CP como um composto de armazenamento de energia imediata proveniente do sistema oxidativo (Vilas-Boas e Duarte, 1994; Walsh et al., 2001). É possível encontrar na literatura as designações de sistema, via de ressíntese ATP-CP, ou simplesmente via ATP-CP e *shuttle* C-CK (Bessman e Carpenter, 1985), de certa forma reconhecendo-se que a CP utilizada na fosforilação do ATP é ressintetizada nas mitocôndrias, em situação de grande (exercício) ou pequena (repouso) carência energética, a partir da reacção de síntese inversa à hidrólise do ATP (Vilas-Boas e Duarte, 1994; Walsh et al., 2001). No fundo, o *shuttle* C-CP, ou a via do ATP-CP, funciona como um translocador de energia que funciona como fornecedor imediato de ATP para a contração muscular e como sinalizador ou sensor dos gastos energéticos através das [ADP], garantindo a estabilidade dos níveis de [ATP]/[ADP] na fibra muscular. Enquanto as reacções anteriores ocorrem processa-se também, ainda que em pequena escala para a supressão das carências energéticas musculares, a fosforilação das moléculas de ADP ($ADP + ADP \leftrightarrow ATP + AMP$), por acção da enzima muscular mioquinase (MK), particularmente na fase inicial de esforços supramáximos.

Quando se entende a via ATP-CP como processo de translocação energética entre a fibra muscular e a mitocôndria e se reconhece uma participação quase imediata da glicólise nos momentos iniciais do esforço, torna-se difícil reconhecer a existência de um tempo de duração do esforço durante o qual o *shuttle* ATP-CP mantém a sua dominância enquanto via principal de fornecimento de energia, pensando agora no músculo e não na fibra muscular isolada. Contudo, a literatura direccionada para a aplicação dos conceitos bioenergéticos ao treino está repleta de esforços no sentido da determinação do potencial de participação aláctica no fornecimento energético total e do estabelecimento de tempos máximos de duração do esforço em função desse percentual. Powers e Howley (1997) referem que a via do ATP-CP pode suprimir grande parte da energia necessária para o trabalho muscular em esforços máximos de 1 a 5s. Skinner e Morgan (1985), Maughan et al.

(1997) e Guyton e Hall (2002) apontam para esforços até 7 a 10s e Brooks et al. (2000) para 5 a 15s. Gastin (2001) vai um pouco mais longe e aponta para uma participação significativa da via aláctica, em esforços realizados à intensidade máxima, até aos 10 a 20 s de esforço.

Continuando na perspectiva da bioenergética aplicada ao treino desportivo, a partir dos 8 a 12s, tentando apontar para uma duração média do esforço realizado à intensidade máxima, face à falta de consenso existente na literatura, as vias de produção de energia anteriormente descritas deixam de ser capazes de sustentar, em regime de predominância, as necessidades energéticas musculares. Acredita-se, então, que para garantir a continuidade do esforço muito próximo da intensidade máxima, vai ser necessário o aumento da contribuição do sistema anaeróbio láctico, numa transição gradual, não abrupta, da via aláctica para uma maior dependência da glicólise anaeróbia (Powers e Howley, 1997).

A denominada via glicolítica ocorre no citosol celular e parece conseguir suportar demandas energéticas máximas até aos 1 a 2 min de contracção muscular à intensidade máxima (Gastin, 2001; Guyton e Hall, 2002; Maughan et al., 1997; Wilmore e Costill, 1999). Malina et al. (2004) referem, neste âmbito, que aos 90s de esforço máximo o sistema anaeróbio láctico já só consegue suprir cerca de 50% das necessidades de ATP do músculo esquelético. A glicólise consiste na degradação da glicose, a hexose mais importante decorrente da digestão dos hidratos de carbono ingeridos na alimentação, até piruvato ou lactato (La^-), processo altamente potente, cujo balanço final são 2 a 3 moléculas de ATP, dependendo se a proveniência do substrato metabolizado é o próprio músculo ou se é captado do espaço intersticial, proveniente do fígado, respectivamente. A glicólise desencadeada sobre uma molécula de glicose muscular produz 4 ATP totais, mas degradam-se 2 ATP durante dois dos passos de transformação molecular, um na passagem de glicose a glicose-6-fosfato e outro na passagem de frutose-6-fosfato a frutose-1,6-difosfato.

A glicose é um açúcar simples que se pode encontrar no músculo sob a forma fosfatada (glicose-6-fosfato) ou armazenado em depósitos de glicogénio, uma molécula grande de cadeia ramificada. A quebra de grânulos de glicogénio até glicose-6-fosfato, catalizada inicialmente pela enzima fosforilase, é um processo denominado glicogenólise. Os grânulos de glicogénio não são exclusivos do músculo, sendo o fígado um grande depósito daquele composto. A nível hepático, a acção da

hormona glucagina dá origem a um mecanismo em cascata, catalizado pela enzima fosforilase, através do qual as ligações das moléculas de glicogénio se vão quebrar originando moléculas de glicose-6-fosfato, que, por sua vez, por acção da glicose-6-fosfatase, dão origem a moléculas de glicose. Estas últimas atravessam a membrana hepática e passam para o plasma sanguíneo, sendo assim transportadas até ao músculo. A sua passagem através da membrana capilar para o líquido intersticial ocorre por um processo de difusão simples. Contudo, para atravessar a membrana da fibra muscular precisa de um transportador. Para se dar o transporte, a hormona insulina liga-se a um receptor de membrana e inicia um complexo processo de transporte facilitado, na medida em que se dá em favor do gradiente de concentração. A via glicolítica vai ter início com a transformação da molécula de glicose novamente numa molécula de glicose-6-fosfato.

Um dos passos mais importantes da via da degradação da glicólise é, exactamente, o destino final das moléculas de piruvato. Em função da intensidade do exercício, o piruvato, que tende a ser transportado para a mitocôndria para seguir uma via de degradação aeróbia, pode ser produzido a um ritmo muito superior à potência de metabolização daquele organelo celular. A aceleração da glicólise tem como consequência a acumulação de NADH_2 (nicotina adenina dinucleotídeo) e o eventual comprometimento da funcionalidade da via glicolítica, o que, por sua vez, acelera dois processos de regeneração do NAD^+ (nicotina adenina nucleotídeo), ou seja, a activação dos mecanismos de transporte mitocondriais, vulgarmente designados de *shuttles* mitocondriais e, aquando da saturação destes, o incremento do processo de formação de ácido láctico. A utilização dos *shuttles* mitocondriais permite obter, por molécula de glicose, um suplemento energético de mais 4 ATP (músculo esquelético) a 6 ATP (músculo cardíaco, rim e fígado). Existem dois mecanismos de transporte mitocondriais, um preponderante no músculo esquelético, o *shuttle* Glicerolfosfato, e outro preponderante no coração, no rim e no fígado, o *shuttle* Malato-Aspartato. O primeiro dos dois sistemas de transporte mitocondriais referidos utiliza como molécula transportadora de hidrogénio para a cadeia respiratória, o composto FAD^+ (flavina adenina nucleotídeo), que se transforma em FADH_2 (Flavina adenina dinucleotídeo) ao receber os 2 hidrogénios do transportador, o que dará potencialmente origem, na cadeia respiratória, a 2

moléculas de ATP. O segundo sistema transportador utiliza o NAD^+ , que se transforma em $NADH_2$, o que dará potencialmente origem a 3 moléculas de ATP.

O processo de síntese de ácido láctico é catalizado por uma das isoenzimas (LDH_1 a LDH_5) da LDH, uma das enzimas decisivas para a manutenção do funcionamento da glicólise sem oxidação do piruvato. Para se transformar em La^- , uma molécula de piruvato recebe dois hidrogénios cedidos pelo composto $NADH_2$ ($NADH + H^+ + \text{piruvato} \leftrightarrow NAD^+ + \text{lactato}$). O NAD^+ regenerado vai permitir que a glicólise se possa continuar a processar, já que é aquela molécula que condiciona a metabolização de gliceraldeído-3-fosfato na cadeia de metabolização dos açúcares e, como tal, constitui-se como um factor limitante do esforço. A produção de La^- é directamente proporcional à intensidade de esforço, pelo que quanto maior é a “velocidade” da glicólise, maior é a formação de La^- .

Enquanto decorrem as sequências de eventos anteriormente descritos, a continuação do esforço a intensidades ainda muito próximas da máxima vai estar dependente da capacidade de remoção do La^- produzido, ou seja, da vulgarmente designada *clearance* do La^- . Cerca de 50% do La^- produzido é removido no próprio músculo. O metabolito sai das fibras musculares rápidas e segue um processo que o leva à entrada nas fibras lentas para ser, de novo, reconvertido em piruvato, cujo destino final é a oxidação nas mitocôndrias. O La^- restante passa para a corrente sanguínea, juntamente com algum do piruvato produzido nas fibras brancas que não foi remetabolizado nas mitocôndrias, e segue em direcção ao fígado, principal órgão que também trata da sua remoção. Uma muito pequena percentagem de La^- também é removida no coração, no rim e na musculatura inactiva. O processo de remoção dá-se por nova transformação do La^- em glicose, segundo uma cascata de acções denominadas ciclo de Cori.

Em termos de produção de energia, a partir de um determinado valor de acumulação de La^- e perto dos 2 min de esforço máximo, o sistema aeróbio ou oxidativo tem uma participação superior à das vias anaeróbias. A partir deste momento, uma cadeia de reacções associada aos designados ciclo de *Krebs* e cadeia respiratória, funcionantes ao nível da mitocôndria, adquirem uma responsabilidade maior na continuação do fornecimento energético para a contracção muscular.

Será importante ressaltar, ainda que já no fim deste capítulo, que apesar de se afirmar, no contexto do treino desportivo, que as vias metabólicas anaeróbias englobam duas vias de produção de energia (a via aláctica, ou via de ressíntese ATP-CP, e a láctica, ou sistema glicolítico), que em esforços anaeróbios máximos, a via aláctica entra e mantém-se em funcionamento máximo produzindo energia até, sensivelmente, os 8 a 12s de exercício e que o sistema láctico estende o seu funcionamento até aos 1-2 min de exercício, de facto, na perspectiva puramente fisiológica, o que acontece é um funcionamento integrado dos sistemas anaeróbio e aeróbio na produção de energia para alimentar a contracção, funcionamento este regulado pelo *shuttle* ATP-CP. A entrada em funcionamento das vias anaeróbias e aeróbias de produção de energia não acontece por sistema de “interruptor”, ou seja, uma via ou sistema entra em falência, desliga e activa-se outra. Na verdade, a intensidade e duração do esforço condicionam e são condicionadas pela via de ressíntese ATP-CP e pelas duas vias metabólicas de produção de energia, a glicólise e a via metabólica aeróbia ou oxidativa. É exactamente esta actuação simultânea dos sistemas anaeróbio e aeróbio que dificulta os cálculos do contributo energético relativo de cada via num dado esforço. Apesar de existir uma perspectiva do treino que distingue condições alácticas e lácticas de produção de energia, alguns autores não deixam de referir que parece haver uma probabilidade grande destas contribuírem simultaneamente para a produção de energia alguns segundos após o início do exercício (Gaitanos et al., 1993; Jacobs et al., 1983). Continuando na perspectiva do treino, a distinção entre os sistemas de energia anaeróbio e aeróbio é também complicada, na medida em que os processos anaeróbios contribuem significativamente para a suplementação de energia em esforços supramáximos curtos (30s) [~28-40%, de acordo com valores reunidos na literatura por Gatin (1994)]. Nesta linha, Calbet et al. (2003) referem que esforços máximos de duração superior a 30s são suportados com elevada participação de ambos os tipos de metabolismo aeróbio e anaeróbio. Gatin (1994) refere uma participação aeróbia de cerca de 50% em esforços com 60s de duração. Contribuições aeróbias da ordem dos 65% foram observadas por Medbø e Tabata (1989) durante esforços isolados de dois minutos de duração e de elevada intensidade, ou seja, em esforços à volta do limite geralmente apontado para a actuação dominante dos processos energéticos anaeróbios. Os mesmos autores registaram, ainda, contributos 5% superiores para esforços repetidos. Serresse et al. (1988) estimaram uma participação relativa dos 3 processos de

produção de energia, em esforços de 30s, de 23 (via do ATP-CP), 49 (via glicolítica) e 28% (vias oxidativas).

Em síntese, apesar de no treino desportivo ainda se considerar a participação de um sistema aláctico produtor de energia, alguns resultados de estudos realizados no âmbito da fisiologia do treino já vão apontando para um funcionamento integrado do sistema ATP-CP e da glicólise logo após os primeiros segundos de esforço. Aparentemente, parece ainda não se ter chegado, no âmbito do treino, ao conceito fisiológico de *shuttle* ATP-CP, funcionante não como sistema produtor de energia, mas como regulador das [ATP/ADP].

2.2.2. Outros determinantes do sistema metabólico anaeróbio

Além dos determinantes bioquímicos relacionados com a produção de energia anaeróbia, o sistema anaeróbio é ainda influenciado por várias outras ordens de factores, como sejam os genéticos, hormonais, metabólicos e morfológicos e o próprio treino (Gastin, 1994; Van Praagh e Dore, 2002).

Gastin (1994) refere que a hereditariedade parece poder determinar significativamente até que ponto um indivíduo está mais predisposto para esforços aeróbios ou anaeróbios e até que nível responde ao treino. Van Praagh (2000) e Van Praagh e Dore (2002) afirmam, contudo, que apesar dos progressos mais ou menos recentes, não é claro que haja uma maior ou menor contribuição dos factores genéticos na habilidade em realizar esforços máximos anaeróbios, comparativamente com outros de ordem ambiental, havendo mesmo alguns resultados conflituosos (Simoneau e Bouchard, 1998). Neste sentido, no campo da genética parece haver ainda um vasto trabalho a desenvolver, não só decorrente das descobertas mais recentes relacionadas com o genótipo humano, mas também da complexidade do seu estudo.

As influências endócrinas na capacidade de desempenho anaeróbio reflectem-se na maior potência observada em esforços mecânicos, como a pedalagem em cicloergómetro. São frequentemente citadas hormonas como a somatotrofina, a testosterona e os estrogénios (Van Praagh, 2000; Van Praagh e Dore, 2002).

Os determinantes morfológicos da capacidade de desempenho anaeróbio foram claramente mais estudados do que os factores genéticos, existindo referências várias a factores como a massa muscular total e as dimensões do músculo, associados a conceitos como os de hipertrofia e hiperplasia das fibras e relacionados com as características das fibras musculares e as suas propriedades contrácteis. As características das fibras musculares parecem ser um factor particularmente importante para o desempenho anaeróbio. As fibras de contracção rápida (tipo II) são maiores e têm uma maior capacidade glicolítica que as fibras lentas (tipo I) (Gastin, 1994; Van Praagh e Dore, 2002). Do ponto de vista metabólico, vários autores realizaram estudos com biopsias no sentido de determinar o conteúdo de vários substratos e enzimas em fibras de tipologia diferente, tendo-se percebido um maior conteúdo enzimático associado a vias anaeróbias nas fibras de tipo II, comparativamente com as de tipo I (Essen et al., 1975). As crianças parecem ter uma menor percentagem de fibras tipo II, atingindo as proporções atribuídas aos adultos na fase final da adolescência, principalmente devido a fenómenos de hipertrofia, uma vez que a hiperplasia parece estar particularmente acometida a processos de desenvolvimento pré-natais (Van Praagh, 2000). Contudo, este resultado, de certa forma paradigmático, já foi contrariado por autores como Bell et al. (1980), que observaram um padrão comum na distribuição de fibras musculares, bem como de ultraestruturas do músculo esquelético, em crianças de 6 anos e em adultos. A quantidade de massa muscular total, o tamanho dos músculos e as propriedades contrácteis das fibras musculares são factores importantes quando o potencial de desempenho anaeróbio é avaliado por via de esforços mecânicos. Nas manifestações da potência muscular, é mais ou menos lógica a relação entre o maior potencial anaeróbio dos adultos e a maior quantidade (maior conteúdo proteico, nomeadamente miofibrilar) e tamanho do músculo (medida maior da circunferência muscular por maior área de secção transversal das fibras), bem como a maior velocidade de encurtamento-relaxamento das fibras (Van Praagh, 2000).

Os efeitos do treino no desenvolvimento do potencial anaeróbio são pouco conhecidos e prevalece um pouco, até hoje, a ideia de que serão mais observáveis a nível das competências aeróbias, sendo o sistema anaeróbio pouco ou nada treinável. Alguns estudos tentaram quantificar o efeito do treino anaeróbio na alteração do perfil das fibras musculares, debate que continua ainda em aberto

(Gastin, 1994). Os estudos realizados com animais foram e são ainda, por razões óbvias, mais frequentes, havendo poucos com humanos que tenham demonstrado um decréscimo de fibras tipo I e um aumento das fibras tipo II em função do treino (Jacobs et al., 1987). Neste âmbito, os resultados da literatura parecem ainda bastante ambíguos (Van Praagh, 2000). Num estudo realizado com nadadores, Bar-Or et al. (1994) concluíram que, aparentemente, não terá sido o treino a afectar o crescimento e a maturação dos nadadores, que mostraram ser mais altos que outros sujeitos não nadadores. A hipótese mais provável pareceu ser a de que houve uma pré-selecção natural dos nadadores em função das características da modalidade.

Dado que a avaliação da função anaeróbia acontece maioritariamente através da análise de *outputs* mecânicos, há ainda uma outra ordem de factores que são muitas vezes apontados como responsáveis pelo aumento da capacidade de desempenho nesta área e que são os factores neurológicos (Van Praagh e Dore, 2002) ou neuromotores (Malina et al., 2004). As melhorias na capacidade anaeróbia associada a este factor serão particularmente decorrentes de melhorias na coordenação motora.

2.2.3. Metabolismo anaeróbio: conceito de potencial anaeróbio, potência anaeróbia e capacidade anaeróbia

A definição de alguns termos relacionados com o metabolismo anaeróbio já foi revista e discutida por Green (1994). Este autor salientou a necessidade de se distinguir os conceitos de potencial anaeróbio (*anaerobic potential*), capacidade anaeróbia (*anaerobic capacity*) e capacidade de trabalho anaeróbio (*anaerobic work capacity*). Curiosamente, não evocou o conceito de potência anaeróbia (*anaerobic power*), contariamente a outros autores (Van Praagh, 2000) talvez, por um lado, pelo facto deste conceito estar bastante associado a esforços mecânicos e, por outro, por aquele termo ser mais familiar no treino desportivo de algumas disciplinas, como a natação e o atletismo, ainda que decorra do reconhecimento de que cada sistema energético é caracterizado pelas suas potência e capacidade (Bouchard et al., 1982; Bouchard et al., 1991).

A potência de um sistema refere-se à quantidade máxima de energia produzida por unidade de tempo, durante um exercício máximo, enquanto a capacidade se refere à quantidade total de energia disponibilizável, por esse mesmo sistema, para realizar exercícios máximos (Armstrong e Welsman, 1997b; Van Praagh, 2000). A potência de um sistema produtor de energia está relacionada, em grande escala, com o volume e a funcionalidade das enzimas responsáveis pela catálise dos substratos utilizados nos passos sucessivos de processamento bioenergético, por cada sistema fornecedor de energia. Ainda que em menor escala, está relacionada, também, com a sensibilidade aos factores inibidores do metabolismo. A capacidade de um sistema produtor de energia está maioritariamente dependente da quantidade de substrato disponível, pelo que é também condicionada pela sensibilidade aos factores inibidores do metabolismo, nomeadamente pela lei de acção de massa (na presença do substrato inibe-se a sua produção) e pelo efeito da acumulação de catabolitos promotores da inospitalidade do meio. Contudo, um sistema pode atingir a sua capacidade máxima antes de esgotar o substrato, quando, por exemplo, o funcionamento da via metabólica é desacelerado por qualquer substância entretanto acumulada. Bouchard et al. (1982) sugeriram que, em teoria, é necessário determinar a potência e capacidade de cada um dos três sistemas de energia (ATP-CP aqui considerado enquanto sistema) para avaliar o potencial energético de um músculo.

Em termos genéricos podemos afirmar que uma fracção de tempo de esforço comporta medidas de potência e de capacidade anaeróbia, que, no seu conjunto, podem ser assumidas como potencial anaeróbio ou funcionalidade anaeróbia. Nesta perspectiva, o conceito de potencial só faz sentido quando aplicado previamente ao exercício, significando simplesmente disponibilidade para uso. Capacidade e potencial não descrevem, pois, o mesmo fenómeno, mas a verdade é que, em termos de literatura, algumas vezes, estas designações confundem-se entre si (Green, 1994). Parece-nos, inclusivamente, não existir um critério aceitável que defina, claramente, o que caracteriza, dentro do potencial anaeróbio total, as componentes potência e capacidade. O conflito terminológico conduz, grosso modo, a uma falta de consonância nas conclusões dos diferentes trabalhos e dificulta a comparação de resultados.

No âmbito do conceito específico de capacidade anaeróbia, Green (1994) encontrou uma diversidade tal de conceitos que concluiu não existir uma definição clara daquela capacidade. Mais do que isso, mostrou ainda existir alguma tendência para confundir o conceito de capacidade anaeróbia com o conceito de capacidade de trabalho anaeróbio. Tal confusão decorre do facto de muitos dos estudos realizados no âmbito da avaliação da participação anaeróbia optarem por *outputs* mecânicos correspondentes a diversos tipos de esforços, em detrimento de indicadores metabólicos mais directos, como o La^- muscular, a hidrólise da CP, o pH e a depleção de substratos ou o aparecimento de determinados metabolitos, por exemplo. A capacidade de trabalho anaeróbio pode ser definida como a quantidade total de trabalho mecânico externo realizada durante um tipo específico de exercício exaustivo, com duração suficiente para promover uma libertação quase máxima de ATP de origem anaeróbia, atendendo a que este ATP libertado excede aquele que deriva do metabolismo oxidativo. A capacidade anaeróbia, por seu turno, é a quantidade máxima de ATP ressintetizado, via metabolismo anaeróbio, pela totalidade do organismo, durante um tipo específico de exercício máximo de curta duração.

A utilização do termo “máxima” associado ao conceito de capacidade anaeróbia (*maximal anaerobic capacity*) levanta uma outra questão terminológica que importa aclarar. Para que a capacidade anaeróbia determinada seja tida como máxima é necessário que o esforço escolhido para a determinar tenha sido suficiente para estimular totalmente o sistema anaeróbio e esgotar as suas reservas. O tempo de duração exacta do esforço necessária para a ocorrência anterior é muito difícil de determinar, até porque é variável com o próprio tipo de esforço escolhido (corrida, nado, pedalagem, etc.). Esforços até ao minuto têm associada, naturalmente, uma determinada capacidade anaeróbia, que não é, contudo, a máxima do sistema. Neste contexto, em alternativa a capacidade anaeróbia máxima, fala-se antes em libertação de ATP anaeróbio (*anaerobic ATP yield*). O mesmo termo “máximo” também pode surgir associado ao conceito de potência anaeróbia (*maximal anaerobic power*) (Marsh et al., 1999), ainda que a discussão acerca da sua pertinência seja semelhante à anterior.

Em síntese, podemos dizer que a determinação da capacidade anaeróbia máxima não é possível de realizar sem considerar a participação do sistema aeróbio e a determinação do contributo de cada

um dos sistemas, aeróbio e anaeróbio, para um dado esforço, é tanto mais difícil quanto menor a duração desse mesmo esforço (Inbar et al., 1996).

2.3. Fadiga

A total compreensão dos processos energéticos associados ao exercício passa, também, pela compreensão do fenómeno da fadiga, que revimos particularmente na sua associação com esforços intensos e de curta duração. A fadiga foi também revista atendendo ao momento da sua ocorrência em função de diversas formas de expressões motora, de apelo preferencial a capacidades motoras individualizadas, como sejam a velocidade e a força, ou na sua forma combinada, como seja a potência. O processo de recuperação foi também revisto no sentido de complementar a informação relativa à fadiga e conduzir ao processo de treino desportivo, capítulo agregador de todos os anteriores.

2.3.1. Fadiga associada a esforços intensos e de curta duração

A contracção muscular é o resultado de uma cadeia de acontecimentos que começa com o processo de transformação da energia química potencial dos nutrientes em energia mecânica disponível para o trabalho muscular. Se considerarmos o estado metabólico basal, a eficiência destes processos está dependente dos fenómenos de entropia. Em situação de esforço, a eficiência da transformação de energia química (ATP) em energia mecânica está dependente dos mecanismos de fadiga associados quer ao metabolismo energético que alimenta a contracção (produção de energia aeróbia e anaeróbia para a contracção muscular), quer à contracção muscular propriamente dita (funcionamento neuromuscular).

Podemos definir fadiga, de uma forma generalista, como a incapacidade de manter uma determinada intensidade de esforço. O seu conceito clássico concentra-se, contudo, na incapacidade, específica, de produzir e manter um determinado nível de força ou potência musculares durante a realização do exercício (Ascensão et al., 2003). A definição mais global da fadiga como perda de capacidade ou incapacidade de manter uma determinada intensidade de exercício permite avaliar outros domínios do esforço que não só a força. Saliente-se a título de exemplo, no domínio da natação, o declínio da velocidade de nado. A fadiga trata-se de um

fenómeno benigno dependente do tipo, duração e intensidade do exercício, da tipologia das fibras musculares recrutadas, do nível de treino do sujeito e das condições ambientais de realização do exercício (Enoka e Stuart, 1992; Roberts e Smith, 1989).

As causas apontadas para o aparecimento da fadiga podem ser de localização central (fadiga central) ou periférica (fadiga periférica). Contudo, os mecanismos precisos associados à sua etiologia, nomeadamente os agentes e locais, encontram-se ainda por determinar (Ascensão et al., 2003; Green, 1995a; McLester, 1997). Ambos os tipos de fadiga têm sido associados a exercícios intensos de curta duração. Vandewalle et al. (1991) encontraram evidências da ocorrência de fadiga central, utilizando electromiografia, na sequência de um teste *Wingate* de 45s.

A localização quase tríplice da fadiga parece indiciar o funcionamento de mecanismos isolados. Na verdade, existem três grandes zonas de interface e as alterações numa delas podem induzir alterações numa ou nas outras duas. De uma forma esquemática, podemos ilustrar o fenómeno de fadiga como na Figura 1. A fadiga central caracteriza-se pelo decréscimo da actividade nervosa cerebral e, como tal, pela redução do impulso nervoso que percorre os nervos motores. O impulso nervoso diminuído, na sua velocidade e frequência de condução, reduz a frequência do disparo dos motoneurónios. Há unidades motoras (UM) que deixam de ser recrutadas e as que se mantêm activas estão menos aptas a desencadear o potencial de acção, o que concorre para a diminuição da capacidade do músculo se contrair. A fadiga central termina na redução da frequência de disparo dos motoneurónios, não incluindo a falência na propagação do estímulo do motoneurónio para a fibra. A nível prático, sabe-se que a fadiga é de origem central porque, após a aplicação de uma carga eléctrica no nervo motor fatigado obtém-se uma restauração parcial da força muscular.

A revisão dos estudos da fadiga permite observar que parece ainda não se ter percebido até que ponto a redução da actividade nervosa cerebral é um fenómeno que tem origem no próprio cérebro, nomeadamente ao nível do córtex motor, ou se é um fenómeno reflexo a informações oriundas das zonas de junção neuromuscular ou do próprio músculo. A hipótese de ambas as teses anteriores serem verdadeiras também não pode ser descartada. Estudos que utilizaram contracções interpoladas (comparação entre a força máxima produzida voluntariamente e a força máxima produzida supramaximalmente por electroestimulação exógena do nervo motor ou do próprio músculo) (e. g. Stackhouse et al., 2000) e o método não invasivo de estimulação magnética

transcraniana (e. g. Benwell et al., 2006; Hollge et al., 1997; Tergau et al., 2000) revelaram que o défice na condução do impulso a partir das regiões superiores do cérebro, ou, dito de outra forma, o decréscimo da excitabilidade dos circuitos interneuronais dentro do córtex motor (diminuição da actividade cortical e da activação de áreas cerebrais conducentes à maior produção do neurotransmissor dopamina e diminuição da condução corticoespinal do impulso nervoso) parece ser uma causa plausível de fadiga central.

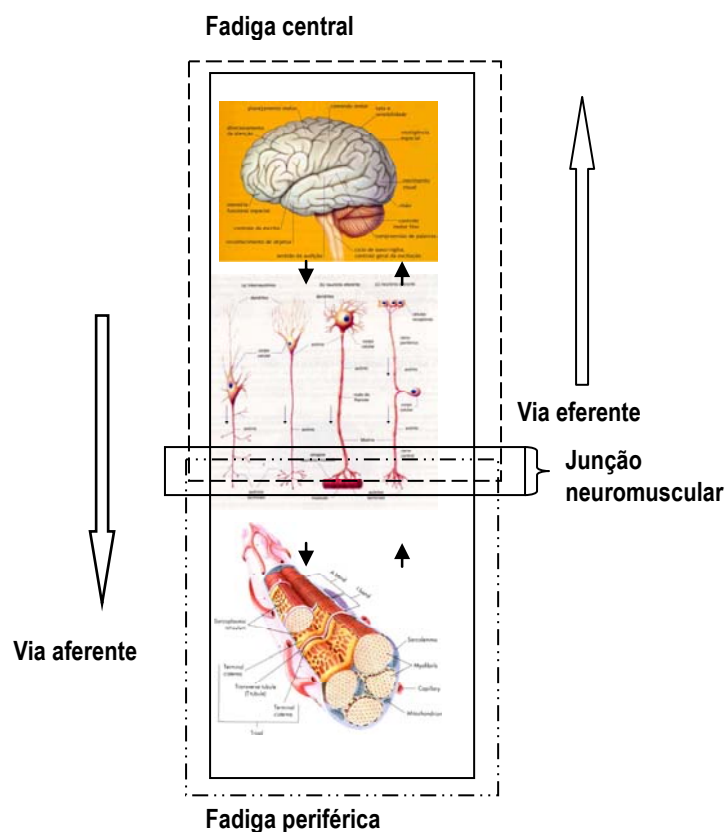


Figura 1. Representação esquemática dos potenciais mecanismos responsáveis pela fadiga muscular.

Estudos mais recentes indicam, paralelamente, que o desencadeamento do processo aferente inibidor da contracção muscular parece poder ter origem em informação eferente proveniente da própria musculatura activa ou da zona de junção neuromuscular. Os mecanorreceptores, como os fusos musculares e órgãos tendinosos de Golgi, ou as terminações nervosas do tipo III e IV, que

são sensíveis a alguns metabólitos acumulados a nível celular durante o exercício (e. g. K^+), enviam às regiões superiores do cérebro informação que, durante o exercício, é responsável pela alteração do funcionamento do córtex motor, nas suas regiões corticais e sub-corticais, e pela diminuição da actividade cortical.

Seja o mecanismo causador das alterações cerebrais desencadeado no próprio cérebro, com o objectivo de manter um *output* sub-óptimo do córtex motor (Gandevia et al., 1996), ou um mecanismo de *feedback* reflexo (contrações musculares fatigadas acompanhadas pela diminuição da descarga dos motoneurónios), a alteração do funcionamento cerebral manifesta-se pela activação dos sistemas noradrenérgico, dopaminérgico e serotoninérgico, localizados ao nível do tronco cerebral, os quais são responsáveis pela síntese e libertação de alguns neurotransmissores, como a serotonina, a dopamina e a acetilcolina, sendo esta última ainda bastante discutível (Spector et al., 1995). A serotonina é um neurotransmissor cuja redução o senso-comum relaciona facilmente com estados depressivos [em geral, os indivíduos deprimidos têm níveis baixos de serotonina no sistema nervoso central (SNC)], tendo o treino um efeito positivo na sua libertação a nível cerebral (Chaouloff, 2000). Parise et al. (2001) estudaram o efeito de sujeitos à exposição aguda e crónica a inibidores selectivos da reabsorção de serotonina e concluíram que as mesmas não afectam a produção de força ou a *performance* em exercícios de elevada intensidade e curta duração (*Wingate* teste), o que, para os autores e contrariamente ao que é mais recorrentemente descrito na literatura, parece dissociar este neurotransmissor e aqueles esforços no processo de fadiga central. A dopamina é um neurotransmissor precursor natural da adrenalina e da noradrenalina e tem como função a actividade estimulante do sistema nervoso central. A acetilcolina é um composto orgânico libertado na corrente sanguínea pela acção dos nervos parassimpáticos.

A informação aferente inibitória dos potenciais de acção (amplitude e frequência do sinal eléctrico) vai ter como primeira zona de impacto a junção neuromuscular. Quando falamos de falhas na junção neuromuscular estamos já a referir-nos aos fenómenos de fadiga de natureza periférica, ainda que esta esteja relacionada com factores neurais (Powers e Howley, 1997). É importante sublinhar que a relação causal entre possíveis alterações ocorridas na zona de junção neuromuscular e a deterioração da propagação do impulso motoneuronal não está estabelecida. Há autores que descartam, inclusivamente, esta possibilidade, referindo que no processo de fadiga a

junção neuromuscular não parece estar em questão (Sesboüé e Guinestre, 2006). Como tal, a discussão da fadiga periférica centra-se à volta dos fenómenos que ocorrem já na própria fibra muscular.

A utilização de biopsias musculares realizadas de forma rápida antes e após o final do exercício (Houston et al., 1983), o recurso à ressonância magnética nuclear (Degroot et al., 1993; Hancock et al., 2005; Miller et al., 1988) e a utilização da electromiografia (Billaut et al., 2006; Desbrosses et al., 2006) são as técnicas que têm permitido o estudo de indicadores de fadiga de origem periférica.

Na fadiga periférica ocorre um conjunto de processos que têm como consequência a alteração da actividade eléctrica da membrana celular e as consequentes diminuições da amplitude e da duração do potencial de acção que se propaga pelas fibras musculares e assegura a contracção. Esta alteração na actividade eléctrica da membrana é o primeiro sinal de falência que explica a fadiga de alta frequência.

Nas membranas sarcoplasmáticas das fibras musculares estão localizadas as bombas de sódio (Na^+) e potássio (K^+), as quais funcionam em desfavor do gradiente iónico, por transporte activo. Estas bombas colocam o Na^+ no exterior do sarcoplasma e o K^+ no seu interior, gastando energia armazenada sob a forma de ATP.

Qualquer disfunção que ocorra ao nível das bombas de Na^+ e K^+ vai ter como consequência a acumulação de Na^+ e com ele água, no interior da fibra muscular, com afectação da despolarização da membrana e dos túbulos T. Como tal, menor quantidade de Ca^{2+} é libertada do retículo sarcoplasmático para o sarcoplasma, o que limita o número de pontes acto-miosínicas e desacelera a resposta muscular. A falência das bombas de Ca^{2+} vai contribuir, posteriormente, para o aumento da tendência para a ocorrência de tetanização. Por sua vez, o K^+ vai acumular-se fora das fibras musculares e, para além de bloquear os canais de Na^+ , vai estimular as fibras nervosas sensitivas do grupo III e IV, sendo apontado, pois, como responsável pela fadiga em exercícios intensos de curta duração. A inibição ao nível cortical e dos nervos motores na espinal medula são duas outras consequências do acumular deste ião nos espaços intersticiais. Com a saída do K^+ da fibra muscular verifica-se uma entrada de iões hidrogénio (H^+), facto que poderá diminuir significativamente o pH intracelular, que, por sua vez, pode diminuir a actividade e a eficiência metabólica das várias ATPases.

A afectação do mecanismo acima descrito em exercícios de curta duração pode estar relacionada com a ausência de substratos, nomeadamente de glicose sanguínea, fosfocreatina (CP) e glicogénio, que por sua vez dá origem à menor disponibilização de energia e concorre para a falência do transporte activo. A diminuição de energia afecta também o funcionamento das bombas de Ca^{2+} e o funcionamento das miofibrilas, cujos processos químicos são catalizados pelas ATPases miofibrilares (Dutka e Lamb, 2004).

Ainda que os processos anteriores estejam vastamente descritos na literatura e que a depleção de substratos energéticos seja a hipótese clássica colocada por alguns autores para justificar a fadiga (para refs. ver Ascensão et al., 2003), não é claro que a depleção de ATP e CP musculares sejam factores predisponentes para a ocorrência da fadiga muscular, uma vez que não há coincidência entre a ressíntese do ATP e CP e a recuperação da força. Contudo, Kreider (2003), num estudo de revisão relativo ao efeito da suplementação de creatina (C), que englobou cerca de 300 estudos, refere que a maioria (cerca de 70%) demonstrou um claro efeito ergogénico e ganhos significativos na *performance*, o que mostra que a fadiga parece poder ser retardada se os depósitos de substratos forem aumentados. Alguns estudos também referem um melhor relaxamento muscular na sequência da suplementação com creatina (para refs. ver Hespel et al., 2001). Os mecanismos subjacentes ao efeito ergogénico da creatina parecem estar relacionados com o aumento dos depósitos musculares de CP, com a mais rápida regeneração de CP durante a recuperação do esforço, com a melhoria da produção de ATP via glicólise, a par do aumento da capacidade de tamponamento do hidrogenião (H^+) e com o possível encurtamento do tempo de relaxamento muscular pós-contracção (para refs. ver Lemon, 2002). Num outro estudo de revisão, Juhn e Tarnopolsky (1998), após uma pesquisa realizada na *MEDLINE*, categorizaram um pouco melhor os resultados da pesquisa já realizada no âmbito da relação entre a suplementação de creatina e o rendimento desportivo. Segundo aqueles autores, a creatina demonstrou ter um papel ergogénico em *sprints* repetidos, com 6 a 30s de duração, mas os resultados relativos a *sprints* únicos mostraram-se inconsistentes. Estes autores categorizaram também os resultados para modalidades cujo rendimento desportivo está dependente do peso corporal, como a corrida e a natação, e concluíram que o efeito ergogénico da creatina não é convincente, provavelmente devido ao ganho de massa corporal decorrente da retenção de água no tecido muscular. Por fim, os mesmos autores

concluíram que a resposta ergogénica resultante da suplementação com creatina pode variar consideravelmente. A juntar às conclusões dos estudos de revisão anteriores, a revisão de Williams e Branch (1998) é também clara quanto ao facto do efeito ergogénico do uso da creatina e seu efeito sobre a *performance* ser um capítulo ainda longe de encerrar no domínio da investigação em Ciências do Desporto. Os resultados dos estudos que revelaram ausência de efeitos positivos decorrentes da suplementação com creatina sobre a *performance* foram encontrados em populações de adultos e jovens de várias modalidades (e. g. Finn et al., 2001; Gilliam et al., 2000; McKenna et al., 1999) e nadadores em particular (e. g. Mendes et al., 2004; Mujika et al., 1996). Também apontados como possíveis agentes responsáveis pelo aparecimento da fadiga, os produtos da hidrólise do ATP e dos substratos subsequentes [ADP, Adenosina monofosfato (AMP) e Inosina monofosfato (IMP)] e o próprio fósforo inorgânico (Pi), cuja entrada para o retículo sarcoplasmático e a precipitação sob a forma de fosfato de cálcio inibe a saída do mesmo para o sarcoplasma, também não reúnem o consenso da literatura (Ascensão et al., 2003). Um outro metabolito, o magnésio (Mg^{2+}), parece poder afectar a libertação de Ca^{2+} e afectar o mecanismo da contracção (Blazev e Lamb, 1999), pelo facto de a maior parte da ATPase, numa fibra em repouso, existir ligada ao Mg^{2+} (Mg-ATP), dado que o Mg^{2+} estabiliza aquela molécula. No âmbito deste processo, parece ainda razoável que a fadiga surja sob a afectação de factores como a variação das concentrações intracelulares de Ca^{2+} . As reduções nas concentrações mioplasmáticas de Ca^{2+} , que comprometem a tensão gerada pelas fibras durante contracções musculares induzidas por estímulos de frequência elevada, parecem ser outro factor determinante de fadiga periférica. Este é o factor explicativo da fadiga periférica que tem encontrado maior aceitação na literatura (Ascensão et al., 2003).

Seja qual for a forma de exercício, a fadiga é sempre, a nível periférico, também um problema de acumulação de metabolitos, ainda que, como já percebemos atrás, este fenómeno não seja claramente entendido (Sesboüé e Guincestre, 2006). As alterações nas concentrações de H^+ (baixa de pH), apesar de tomadas como menos determinantes, são, a nível metabólico, as mais frequentemente evocadas (Ascensão et al., 2003). A menor consideração do efeito da baixa do pH na indução da fadiga foi colocada em causa, principalmente, após as descobertas associadas à doença de McArdle. Os pacientes de McArdle não possuem forma de recorrer à glicólise, nem de

produzir La^- , pelo que o seu pH se mantém sempre mais alcalino. No entanto, revelam manifestações de fadiga semelhantes a indivíduos saudáveis (Haller et al., 1998). A literatura é controversa em relação à existência de uma relação directa entre fadiga e baixa de pH e entre fadiga e os iões H^+ e La^- por si mesmos (Ascensão et al., 2003).

Em síntese, apesar dos mecanismos associados ao aparecimento da fadiga periférica não serem, ainda, completamente conhecidos, ela parece ocorrer em consequência não de uma mas da conjugação possível de três causas vastamente apontadas na literatura:

- Causa 1: A depleção energética (falta de ATP e CP) afecta as bombas de Na^+/K^+ e de Ca^{2+} , inibindo a propagação do potencial de membrana e a recaptação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático;
- Causa 2: A alteração dos processos de tamponamento do Ca^{2+} e o acumulo de Mg^{2+} , que diminui a eficácia dos sensores de voltagem dos túbulos T, concorrem para a tetanização e inibição da libertação do Ca^{2+} .
- Causa 3: Acumulação de metabolitos, nomeadamente H^+ , que contribui para a diminuição do pH e, conseqüentemente, para a desregulação dos processos celulares, de entre os quais o da contracção.

2.3.2. Limiar de fadiga

O conceito de limiar tem sido vastamente aplicado no âmbito de estudos de variáveis fisiológicas associadas a esforços de dominância aeróbia. São muito conhecidos, por exemplo, os conceitos de LAN metabólico e de LAN ventilatório. A existência de um limiar pressupõe a evidência de um momento ou pequeno intervalo temporal a partir do qual o regime de funcionamento anterior muda claramente. Trata-se, no fundo, de uma situação de ruptura. Por exemplo, Matsumoto et al. (1991) aplicaram o conceito de limiar de fadiga (LF) muscular ao limiar obtido, por método electromiográfico, em exercício realizado em cicloergómetro. Para os autores, o LF consistia na maior intensidade de esforço sustida sem evidência electromiográfica de fadiga neuromuscular.

A associação do conceito de limiar a esforços de carácter marcadamente anaeróbio não é evidente na literatura. A transição de um regime de dominância aláctica para um regime de dominância

láctica e o reconhecimento da probabilidade da existência de um limiar aláctico-láctico é algo que não foi possível encontrar nos estudos consultados. Gaitanos et al. (1993) conseguiram perceber, usando biopsia muscular e esforços repetidos de 6s (10x6s), que logo após o início da primeira repetição, quer o sistema aláctico, quer o sistema láctico parecem funcionar de forma integrada, assegurando a produção de energia necessária para alimentar a contracção muscular. Próximo dos 60s de esforço, na décima repetição, os autores encontraram já indicadores de uma forte participação do metabolismo aeróbio, mas não sugeriram, para as repetições intermédias, qualquer limiar de falência do sistema ATP-CP e muito menos o relacionaram com qualquer indicador, fisiológico ou mecânico, de fadiga. Aliás, um limiar aláctico-láctico, a existir, poderia não estar associado exactamente a uma falência daquela via. Ainda que o sistema anaeróbio seja apontado como tendo uma capacidade finita (Gastin, 1994), no que toca à componente aláctica parece não existir depleção de qualquer substrato, pelo que a via dever-se-ia poder manter indefinidamente em funcionamento, podendo um eventual limiar estar associado ao seu funcionamento máximo e não à sua não funcionalidade. Em síntese, a determinação de limiares de fadiga (LF) é, de uma forma geral, decorrente da incapacidade de manter uma determinada intensidade de esforço, mas a sua associação a acontecimentos de ordem biológica, nomeadamente a esforços anaeróbios, não parece ser ainda clara.

2.3.3. Manifestações de fadiga

O estudo da sensação subjectiva de fadiga e de outras manifestações relacionadas com declínios de capacidades físicas revelam-se de particular importância, não só para compreender a fadiga associada a contracções dinâmicas, complexas e características do movimento desportivo, como também para poder usar este entendimento em prol do desenvolvimento de treino desportivo, nomeadamente no que se reporta ao controlo do efeito de cargas. Neste contexto, a fadiga também pode ser identificada pelo declínio da velocidade máxima, da força ou da potência relativas a um determinado movimento, por exemplo, havendo alguma literatura disponível, associada a esta temática, no contexto da natação.

Nos sub-capítulos seguintes realizaremos uma revisão relativa às alterações do perfil de velocidade e de força, em esforços de nado, com a fadiga, começando por uma contextualização histórica da avaliação daquelas capacidades.

2.3.3.1. Alterações do perfil de velocidade de nado

As alterações do perfil da velocidade de nado foram e são alvo de considerável atenção no âmbito da avaliação de nadadores. O controlo da velocidade das distâncias nadadas é quase histórico e os factores que podem influenciar negativamente a velocidade de deslocamento do nadador sempre foram estudados. As flutuações intracíclicas da velocidade, que ocorrem durante percursos de nado reuniram e reúnem também uma atenção particular, na medida em que o seu entendimento é fundamental para perceber a qualidade do desempenho técnico de nadadores de vários escalões e níveis competitivos, nomeadamente sob condições de fadiga, para, posteriormente, se intervir no domínio do treino.

A velocidade média (V_{med}) de deslocamento do nadador pode ser avaliada simplesmente por via cronométrica, dividindo o número de metros nadados pelo tempo dispendido, mas este procedimento nada informa acerca das alterações que se vão procedendo metro a metro. A velocidade de nado avaliada tendo como referencial a velocidade de deslocamento de um ponto móvel, como o centro de gravidade (CG), ou a anca por aproximação ao primeiro, permite a obtenção de um traçado velocimétrico muito mais completo. A análise do deslocamento do CG ou da anca pode ser realizada por via de processamento de imagens. A qualidade do registo velocimétrico vai estar dependente da velocidade de captação da câmara utilizada, ou seja, do número de imagens capturadas por segundo, e do rigor do processo de digitalização. Em alternativa, é possível utilizar outro tipo de instrumentos, como os velocímetros ou *speedmeters*, que analisam apenas a velocidade de deslocamento da anca ou de outro ponto anatómico onde o cabo seja fixado. Estes segundos, apesar de muito mais práticos, têm a particularidade de ser difícil obter, de forma directa, dados relativos às flutuações intracíclicas da velocidade de nado, particularmente das técnicas alternadas, na medida em que o início e o fim de cada ciclo têm de ser

registados manualmente, durante (Alberty, 2006; Kjendlie, 2006, dados não publicados) ou após (Pedersen e Kjendlie, 2006; Schnitzler et al., 2006a; Schnitzler et al., 2006b; Soares et al., 2006; Tella et al., 2006b) a recolha dos sinais de velocidade. No entanto, parecem apresentar, em relação ao primeiro e pelo menos do ponto de vista teórico, a vantagem da qualidade do registo depender apenas da capacidade de captação do sinal velocimétrico do instrumento utilizado.

Em estudos muito antigos da natação encontramos tentativas importantes para medir a velocidade instantânea de nado e as suas flutuações intracíclicas, ainda que a grande produção de trabalhos tenha acontecido, fundamentalmente, a partir da década de 70. As preocupações com as variações intracíclicas da velocidade de nado deveram-se, inicialmente, à intuição dos investigadores de que um nadador capaz de manter uma velocidade mais uniforme durante o nado deveria ser capaz de realizar um nado mais eficiente. Neste âmbito, em 1978, Kornecki e Bober estabeleceram um critério biomecânico segundo o qual se assume que “(...) *as técnicas de nado são mais eficazes e mais económicas, em termos de movimento, se a diferença entre as velocidades instantânea e média, dentro do ciclo de nado, for mínima.*” (Kornecki e Bober, 1978, p. 402).

Nos estudos velocimétricos realizados em natação, a análise da velocidade instantânea já foi efectuada utilizando *speedometers* e *swim-meters* por cabo (Costill et al., 1987; Craig Jr e Pendergast, 1979; Lima, 2006; Pedersen e Kjendlie, 2006), *swim speed recorders* (e. g. Atha, 1990; Kent e Atha, 1975), foto-optimetria recorrendo ao método das luzes tracejantes intermitentes (e. g. Vilas-Boas, 1993a; e. g. Vilas-Boas, 1993b) e processamento de imagens vídeo ou filme (e. g. Alberty et al., 2003; e. g. Klauck e Daniel, 1990). Dependendo do instrumento utilizado, a medição da velocidade é realizada a partir de um ponto móvel, o CG do nadador, ou, a partir de um ponto fixo, que pode ser a anca ou a cintura do mesmo.

Os *speedometers* são caracterizados pela ligação directa do nadador a um dispositivo de medida da velocidade, através de um cabo. Uma das principais limitações do *speedometer* é talvez o incómodo decorrente da ligação mecânica estabelecida entre o nadador e o sistema de registo, o que impede a realização da viragem. Os *speedometers* tiveram origem no sistema *Natograph*, desenvolvido, em

1930, por Karpovich (cit. por Kent e Atha, 1975)¹. Este sistema operava segundo o princípio de que uma linha puxada de um tambor à volta do qual está enrolada faz com que o tambor rode a uma velocidade que está linearmente relacionada com a velocidade de reboque. A partir da medição do tempo necessário para o tambor rodar numa dada distância é possível determinar uma série de velocidades médias, que, quando expressas graficamente em função do tempo, permitem observar as flutuações da velocidade num ciclo de nado. No início da década de 70, o mesmo autor (Karpovich e Karpovich, 1970) e Miyashita (1971), da Universidade de Nagoya, no Japão, introduziram algumas melhorias neste sistema. O dispositivo de Miyashita (1971) foi posteriormente utilizado nas pesquisas de Bober e Czabanski (1975) e Kornecki e Bober (1978). Antes da utilização destes dispositivos e ainda durante os inícios da década de 70, a obtenção de dados cinemáticos de um único ciclo de nado era realizada por outros instrumentos, envolvendo tanto métodos de transdução mecânicos como ópticos e uma variedade de métodos de registo. A título de exemplo, podemos citar os métodos cinefotográficos ou cinematográficos de De Vries (1959) (McElroy e Blanksby, 1976)², para análise de um ciclo da braçada de mariposa, de Dal Monte (1971), para o movimento de nado em geral, de Miyashita (1974), para cálculo da potência mecânica do nado livre na técnica de bruços e o método cronociclográfico de Counsilman (1971), para análise dos trajectos da mão no ciclo de nado. Kent e Atha (1975) apresentaram, em 1975, o *swim speed recorder* (SSR), um instrumento de análise da velocidade de nado baseado num dispositivo desenvolvido e patenteado em 1949 e conhecido como *Popham*. Sumariamente, trata-se de um cilindro conectado a uma hélice que é fixado na cintura do nadador e que realiza o registo da velocidade (sistema tipo polígrafo). O uso síncrono de um *speedometer* e de uma técnica de ciclofotografia foi utilizado por Kornecki e Bober (1978). O estudo indirecto da variação intracíclica da velocidade foi ainda realizado, em *swimming flume*, por Holmér (1979), que usou um acelerómetro linear para captar os valores da aceleração, os quais posteriormente integrou para obter os sinais de velocidade.

¹ Karpovich, P. V. (1930). Swimming speed analyzed. *Sci. Amer*, 142:224-225. [referência retirada de Kent e Atha (1975), pelo facto de constituir uma referência inacessível pelas vias de pesquisa regulares]

² De Vries, H. A. (1959). A cinematographical analysis of the dolphin swimming stroke. *Research Quarterly*, 30(4), 413-422. [referência retirada de McElroy e Blanksby (1976), pelo facto de constituir uma referência inacessível pelas vias de pesquisa regulares]

Craig e colaboradores (Craig Jr et al., 1979; Craig Jr e Pendergast, 1979; Craig Jr e Pendergast, 1980) introduziram no estudo da velocimetria de nado os *swim-meters*, dispositivos de funcionamento muito semelhante aos *speedometers*. Os *swim-meters* vieram, mais tarde, a ser utilizados por Costill et al. (1987), numa análise integrada com sistema de vídeo-computador.

Em 1976, McElroy e Blanksby já haviam apontado a cinematografia como método que permite controlar as flutuações de velocidade do CG do nadador, aspecto que havia sido negligenciado por Miyashita (1974) e por Kent e Atha (1975). McElroy e Blanksby (1976) usaram fotografia subaquática de elevada velocidade para estudar as flutuações intracíclicas da velocidade de nadadores brucistas, usando o método de digitalização de imagens para obter as flutuações de velocidade do CG. Uma curiosa conclusão deste trabalho, que ainda é tema de trabalhos actuais (Capitão et al., 2006), foi a de que a velocidade do CG, quando expressa em função do tempo, revela um padrão muito similar ao da velocidade do tronco *versus* tempo, mas com as flutuações extremas atenuadas. Dado que usar o CG como ponto anatómico de referência é, na prática, muito mais complicado, porque implica um processo moroso e complexo de digitalização de imagens e porque a qualidade da digitalização é muito dependente do nível de precisão do sujeito que a realiza, a possibilidade do uso mais ou menos indiferenciado da velocidade de deslocamento de pontos anatómicos fixos, como a anca ou a cintura do nadador, é uma mais valia para a análise intracíclica da velocidade de nado e um ponto claramente a favor dos métodos mais actuais de velocimetria por cabo.

O uso dos métodos velocimétricos no controlo de treino em natação tem acontecido mais ou menos na sequência do trabalho de Costill et al. (1987), ou seja, continuou-se a tentar caracterizar a variação intracíclica da velocidade de nado utilizando *speedometers* acoplados com sistemas mais ou menos síncronos de recolha de imagens (Alberty et al., 2003; Alberty et al., 2005; Tella et al., 2006a). O estudo de Costill et al. (1987) revelou-se particularmente importante por permitir colmatar um outro inconveniente da velocimetria por cabo, que é o da necessidade de, nesta, se recorrer à monitorização da cinemática de um ponto fixo, a anca ou a cintura. A utilização de um ponto fixo para avaliar as flutuações intracíclicas da velocidade de nado permite, efectivamente, avaliar o deslocamento do nadador, mas não traduz a acção global das forças que actuam sobre o seu corpo durante o nado. Isso só se consegue avaliando o deslocamento do CG, dado que este é reactivo às forças que actuam sobre o corpo, alterando a sua posição, por exemplo, em função das posições

relativas dos vários segmentos corporais. Já a anca e a cintura não, pelo que parece mais adequado usar o CG.

Actualmente reconhece-se a validade da análise das flutuações intracíclicas da velocidade instantânea durante cada ciclo na caracterização da técnica de nado, flutuações essas que resultam da aplicação das forças propulsivas e resistivas actuantes sobre o corpo do nadador (Alberty et al., 2005). Se os primeiros estudos da variação intracíclica da velocidade se centraram, fundamentalmente, na análise de um ciclo de nado isolado, os seguintes permitiram já avaliar o comportamento intracíclico da velocidade em ciclos de nado sucessivos.

Neste capítulo, a análise da V_{med} de deslocamento da mão, em relação ao corpo do nadador, e da velocidade de deslocamento do corpo (Barbosa et al., 2003), permite desenhar pictogramas que constituem uma ferramenta importante de análise e, eventualmente, correcção técnica. De entre vários autores a preocuparem-se com o perfil intracíclico de deslocamento da mão encontraram-se Counsilman (1968; 1971), Barthels e Adrian (1975) e Schleihauf (e. g. 1974) e Schleihauf et al. (1983; 1988). De acordo com Schleihauf et al. (1983), nadadores bem treinados mostram valores mais elevados de velocidade de deslocamento da mão em relação ao corpo nas fases dos ciclos de braçada em que os movimentos são mais diagonais. Segundo Maglisho (2003), a variação intracíclica da velocidade de deslocamento, quer da mão em relação ao corpo, quer do corpo, na técnica de crol, pode ser caracterizada por perfis de um ou dois picos de velocidade, ou seja, um ou dois momentos de aceleração positiva. No perfil de um pico de velocidade parece não ocorrer qualquer tipo de desaceleração entre as acção lateral interior e acção ascendente de uma braçada, mas, aparentemente, tal acontece à custa de um encurtamento daquelas duas acções, o que se reflecte numa menor velocidade de deslocamento do nadador. Este tipo de perfil parece ser característico de nadadores com braçadas predominantemente contínuas, com poucas mudanças de direcção. No perfil de dois picos de velocidade de deslocamento ocorre um breve período de desaceleração entre um primeiro pico, correspondente à acção lateral interior e um segundo pico, correspondente à acção ascendente. Este tipo de perfil parece ser característico de nadadores com braçadas com mudanças de direcção evidentes. Apesar do impulso propulsivo proporcionado em

cada fase ser maior, existe uma conseqüentemente maior diferença entre os valores máximo e mínimo da velocidade de deslocamento do nadador.

A associação da velocimetria a estudos da qualidade técnica do movimento do nadador tem sido bastante utilizada em estudos recentes. Em 2000, Chollet e colaboradores introduziram o conceito de índice de coordenação, o qual tem vindo a mostrar algum potencial no domínio da avaliação técnica de nadadores (Chollet et al., 2000). O índice de coordenação, através do estudo das diferentes acções da braçada, expressa as três modalidades principais de sincronização entre os MS, designadas sobreposta, semi-sobreposta e alternada. A associação da velocimetria a este método parece poder permitir perceber quais as fases dos ciclos de nado mais e menos propulsivas, facultando uma ferramenta importante de apoio ao treino técnico (Schnitzler et al., 2006a).

Os estudos velocimétricos centrados na análise de vários ciclos de nado constituem, também, uma adenda importante ao estudo de outros parâmetros de nado utilizados como indicadores mais macroscópicos de competência técnica, tais como a frequência gestual (FG - número de braçadas realizadas por segundo), a distância de ciclo (DC - número de metros percorridos em cada ciclo de nado) e o índice de braçada (IB – produto da velocidade pela DC). As alterações do comportamento da FG e da DC (confr. 2.3.3.3), a par do decréscimo da velocidade, têm vindo a ser analisadas desde há várias décadas (Craig Jr e Pendergast, 1979; Potdevin et al., 2003; Sidney et al., 1999; Weiss et al., 1988), embora pareça ainda não haver um entendimento suficiente dos mecanismos bioenergéticos que lhes estão subjacentes. Neste capítulo, a velocimetria está, aparentemente, carenciada do mesmo tipo de abordagem. Parece existir uma relação positiva entre a V_{med} de nado e a variação intracíclica da velocidade, sendo que quanto mais baixa for a V_{med} , menores serão também as flutuações intracíclicas da velocidade (Alberty et al., 2005). Vilas-Boas (1997) mostrou que, para a técnica de bruços, a minimização das flutuações intracíclicas da velocidade de nado tem como consequência um aumento do aproveitamento dos recursos energéticos, o que permite augurar a possibilidade de associar o perfil energético de determinados tipo de esforço às alterações mecânicas do gesto de nado.

No âmbito da análise das alterações intracíclica do padrão de nado realizada em estudos mais recentes, tem sido utilizada quer a velocidade, quer as acelerações (Ichikawa et al., 1999; Ohgi et al., 1999; Tella et al., 2007) produzidas pelos nadadores durante cada ciclo de nado. As pesquisas mais recentes relacionam-se não só com o estudo do perfil velocimétrico das braçadas com vista ao estabelecimento da sua relação com a *performance* (D'Acquisto e Costill, 1998) ou a economia de nado (Barbosa et al., 2006; Kjendlie et al., 2004a), mas também com o estudo das alterações induzidas pela fadiga nesse mesmo perfil intracíclico (Alberty et al., 2003; Alberty et al., 2005; Tella et al., 2006a; Tella et al., 2006b; Tella et al., 2007). Alberty et al. (2003) induziram fadiga usando um esforço anaeróbio e, apesar da diminuição significativa da *Vmed*, não observaram o esperado aumento das variações na velocidade [coeficiente de variação (CV) estável]. Verificaram, no entanto, alterações na técnica da braçada conducentes à manutenção da FG. Os mesmos autores, num estudo posterior semelhante, observaram uma diminuição da DC e na FG, mas as variações intracíclicas da velocidade não foram significativas (Alberty et al., 2005). Tella et al. (2006a; 2006b) mostraram os efeitos negativos da fadiga na *performance* induzidos pela modificação das variáveis espaço-temporais do ciclo de nado, usando o índice de coordenação de Chollet et al. (2000). Num trabalho recentemente aceite para publicação, estes últimos autores encontraram também um decréscimo significativo da *Vmed* e da FG com a fadiga e a manutenção da DC e dos valores do índice de coordenação. Os efeitos da fadiga na alteração da DC e da FG serão revisto de forma mais cuidada mais à frente (confr. 2.3.3.3).

Em síntese, os avanços recentes relativos ao desenvolvimento ou optimização de metodologias de avaliação da velocidade de nado permitem antever a possibilidade de uma elevada produção científica no âmbito do estudo dos efeitos da fadiga sobre a capacidade de deslocamento do nadador. Nomeadamente, é legítimo prever a possibilidade da utilização da velocimetria, associada ou não a outras técnicas de diagnóstico, na optimização da técnica de nado.

2.3.3.2. Alterações da força aplicada durante o nado

Vários estudos analisaram os efeitos do treino de força na *performance* de nado e concluíram que, dependendo do nível técnico do nadador, nem sempre os aumentos de força corresponderam a melhorias na prestação de nado (Costill, 1999; Tanaka et al., 1993). Neste sentido, dada a importância do factor coordenação, a análise da distribuição da força durante os ciclos de nado (flutuações intracíclicas da força) parece revestir-se de particular importância (Petriaev et al., 1999).

A força média (F_{med}) aplicada durante esforços de nado máximos é passível de ser medida ou estimada através do tratamento de imagens vídeo de nado livre (Cappaert et al., 1995; Schleihauf, 1979; Schleihauf et al., 1988), através de luvas de medição da pressão (Takagi e Wilson, 1999) usando várias formas de nado semi-amarrado (Strojnik et al., 1999; Wirtz et al., 1999) ou amarrado, como sejam, nado amarrado com cabo, roldana e peso como carga resistente (Schleihauf, 1979), com sistema de roldanas (Magel, 1970) ou com elásticos com nível de elasticidade conhecido (Kjendlie e Thorsvald, 2006). A força é ainda passível de ser medida com nado simulado em banco biocinético (Neufer et al., 1987). Uma revisão detalhada dos sistemas de nado amarrado e de nado simulado será apresentada, respectivamente, nos pontos 2.5.2.1.4 e 2.5.2.1.5 desta revisão. Em 1986, Peter Hollander e colaboradores apresentaram um sistema inovador de mensuração do arrasto activo em natação denominado *Measurement of Active Drag System [MAD system]* (Hollander et al., 1986)]. Este sistema permitiu estimar o arrasto activo a partir da força propulsiva aplicada durante o nado, parecendo constituir-se como o único sistema que, até hoje, permitiu medir directamente a força durante ciclos de nado sucessivos. O *Mad System* foi posteriormente alterado por Toussaint et al. (1988). Utilizando este sistema para estimar os efeitos da fadiga em parâmetros de braçada, Toussaint et al. (2006) observaram uma diminuição da FG durante 100m de nado crol apenas com os MS. Os autores apontaram, como causa provável, uma diminuição da força propulsiva necessária para vencer o arrasto.

Do ponto de vista das flutuações intracíclicas da força, Monteil et al. (1994), investigando a evolução de parâmetros cinéticos e cinemáticos durante esforços máximos, observaram que os nadadores não são capazes de manter uma intensidade de força elevada ao longo de um teste de 400m de nado de crol em *swimming flume*. De acordo com Schleihauf et al. (1983; 1988), na técnica de crol

os nadadores aplicam um padrão de braçada curvilíneo, encontrando-se os maiores valores de força aplicada no último terço da braçada, perto do final da acção subaquática da braçada ou acção ascendente. Petriaev et al. (1999) referem, de forma similar, que o modelo ideal de aplicação da força, para o nadador, se caracteriza por um aumento lento da força na primeira terça parte da braçada, com o pico a acontecer, num curto período de tempo, no final da braçada. Alberty et al. (2003; 2005) mostraram que, em condições de fadiga, os nadadores despendem mais tempo nas fases propulsivas da braçada, adoptando padrões de coordenação MS/MS menos sobrepostos, que não deixam, no entanto, de ser acompanhados por uma diminuição da V_{med} . Esta ocorrência parece poder ser explicada, segundo Alves (1999), pela diminuição da velocidade de deslocamento da mão nas fases propulsivas e, segundo Deschodt (1999) pela alteração da trajectória do deslocamento da mão. Esta alteração de trajectórias foi também observada por Cappaert et al. (1995), ainda que fora do âmbito da fadiga. Estes autores compararam nadadores de diferente nível competitivo e concluíram que os nadadores de elite usam forças da mão menores para manter uma mais elevada eficiência propulsiva. Os autores sugeriram que o que distingue os nadadores de elite é o facto dos padrões de braçada serem mais eficientes e a posição corporal mais hidrodinâmica.

Comparativamente com a velocidade, o estudo do comportamento da força, nomeadamente nas suas flutuações intracíclicas, parece ainda estar à espera de desenvolvimento tecnológico que permita ultrapassar muitas das dificuldades da sua mensuração em situação de nado real, associadas às diferenças na posição corporal, nos padrões de recrutamento motor e pela própria água (Taylor et al., 2003). Até ao momento presente, o nado amarrado parece continuar a ser o método mais apropriado para usar com nadadores (Rohrs et al., 1990). Este método, contudo, não permite determinar a potência mecânica de nado, pelo facto de não existir uma velocidade de deslocamento frontal. Os sistemas de nado semi-amarrado vieram resolver parcialmente esta questão, mas têm associada a necessidade da determinação de uma carga de resistência que, quando variada, induz diferenças nos resultados da potência passíveis de alterar a expressão real do resultado (Wirtz et al., 1999).

2.3.3.3. Alterações da frequência gestual e da distância de ciclo durante o nado

Na natação, a velocidade de deslocamento depende da FG e da DC adoptadas pelo nadador em função da intensidade associada à distância a percorrer, factores desde há muito examinados como influenciadores da *performance* de nado (Craig Jr e Pendergast, 1979). Os nadadores têm de encontrar um compromisso óptimo entre aqueles dois parâmetros no sentido de obter e manter a velocidade máxima requerida numa determinada prova, sendo que a sua combinação é diferente para diferentes nadadores que nadam à mesma velocidade (Chollet et al., 1997; Pai et al., 1984). A DC e a FG são apontados como indicadores de qualidade técnica de nado, podendo ser utilizados enquanto ferramenta de controlo de treino (Chollet et al., 1997), e são passíveis de sofrer alterações com a instalação da fadiga durante esforços máximos.

Desde há um tempo considerável que se realizam vários estudos relativos à variação da DC e da FG, quer em esforços competitivos, quer usando esforços máximos simuladores do esforço competitivo (Alberty et al., 2003; Arellano et al., 1994; Craig Jr e Pendergast, 1979; Letzelter e Freitag, 1983; Pai et al., 1984). De uma forma geral, pode dizer-se que à medida que a fadiga se instala durante uma prova, a V_{med} tende a decrescer e a DC acompanha esse decréscimo, enquanto a FG se mantém constante ou aumenta ligeiramente (Chollet et al., 1997; Craig et al., 1985; Craig Jr e Pendergast, 1979; Keskinen e Komi, 1988; Keskinen e Komi, 1993; Letzelter e Freitag, 1983; Sidney et al., 1999). Sidney et al. (1999) mostraram uma tendência para a diminuição da DC nas fases finais de um evento competitivo e Chollet et al. (1997) mostraram que a capacidade para manter a velocidade de nado depende mais da capacidade para manter a DC do que da FG no decurso de uma prova. Marinho et al. (*in press*) estudaram a variação da DC e da FG associada a um teste incremental de para a determinação do VO_2max (patamares de 200m com incrementos de $0.05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Os autores puderam notar a mesma tendência, já observada noutra tipo de esforços, para o aumento da FG e para o decréscimo da DC na transição de patamar para patamar. Os mesmos autores usaram também a velocidade correspondente ao VO_2max para realizar um teste de tempo limite e notaram o mesmo comportamento das variáveis cinemáticas. Quer a FG aumentou, quer a DC diminuiu significativamente com a fadiga aos 25, 50 e 87.5% de duração total do teste de tempo limite ao VO_2max .

Quando várias provas são comparadas entre si, a DC tende a ser tanto maior quanto maior é a distância da prova nadada e a FG tende a diminuir, para as mesmas circunstâncias, a par com a Vmed (Arellano et al., 1994; Pai et al., 1984; Silva, 1999). A DC de ciclo tende, ainda, a ser superior nos nadadores, comparativamente com as nadadoras (Pai et al., 1984).

Nadadores com níveis de *performance* superiores apresentam maiores valores de velocidade, DC e FG e parecem conseguir manter esses parâmetros mais constantes no decurso de uma prova. As diferenças no nível de *performance* parecem estar mais relacionadas com a DC do que com a FG (Cappaert, 1999). Kjendlie et al. (2004c) encontraram valores de FG inferiores em crianças, comparativamente com adultos, para nado a velocidades submáximas. Em nado à velocidade máxima (25m), a DC foi superior para os adultos (Kjendlie et al., 2002).

Keskinen e Komi (1993) atribuíram a redução da DC à fadiga local, nomeadamente à acumulação de La^- . Weiss et al. (1988), que estudaram a relação entre as alterações da FG e da DC e as concentrações de La^- sanguíneo, referiram que a fadiga muscular que ocorre durante trabalho anaeróbio leva à perda da técnica óptima de nado, entendendo técnica óptima de nado como sendo aquela que é a melhor para cada nadador avaliado. Alberty et al. (2003) especificaram as perdas e examinaram a influência da fadiga nas características da braçada, detectando as alterações técnicas que ocorrem na FG e DC. Estes últimos autores encontraram um decréscimo da DC com a fadiga, paralelo a uma diminuição de 10.6% na Vmed. Num trabalho posterior, Alberty et al. (2003) observaram uma diminuição da DC e da FG, com a fadiga. Toussaint et al (2006) estudaram também os efeitos da fadiga em 100m crol nadados apenas com o MS e observou uma diminuição da FG, provavelmente relacionada com uma redução da força propulsiva para vencer o arrasto.

2.3.4. Recuperação

O conhecimento relativo aos processos de recuperação é de importância fundamental, não só quando se aplicam protocolos de avaliação intervalados, mas também para o treino, particularmente em modalidades de forte incidência bioenergética, como o atletismo e a natação. Habitualmente o tempo de recuperação é definido em função dos processos metabólicos operados no esforço

anterior. A necessidade de recuperação de esforços de domínio anaeróbio, a nível metabólico, está associada essencialmente à diminuição das concentrações de substratos como a CP e o glicogénio muscular, ao La^- acumulado na musculatura activa e transportado para o sangue e à baixa de pH. No período mais imediato da recuperação, uma elevada taxa de funcionamento do metabolismo aeróbio é requisitada para restaurar o processo de retorno do organismo à sua condição anterior ao exercício, repondo os fosfatos de alta energia e reutilizando o ácido láctico (McArdle et al., 1994) que havia afectado o estado regulado do pH. De acordo com Grosser (1992), a reposição dos depósitos de CP segue um comportamento exponencial. Numa primeira fase, até aos 10 a 20s, a reposição é mais rápida e numa segunda fase, que pode ir até aos cerca de 3 min, é mais lenta. A realização de exercício aeróbio moderado durante a recuperação (recuperação activa) de exercícios intensos facilita o processo de recuperação, reflectindo-se numa remoção mais rápida de La^- (McArdle et al., 1994). Durante a recuperação passiva existe também um consumo de La^- sanguíneo por parte de órgãos como o coração, o fígado e o rim, mas esse consumo é maior quando se realiza exercício fraco a moderado (Gladden, 2000). O retorno das concentrações de La^- sanguíneo aos valores de repouso e o restabelecimento do pH muscular após um exercício intenso requerem cerca de 20 a 30min de recuperação (Wilmore e Costill, 1999).

Dada a realização, no presente estudo, de protocolos de avaliação predominantemente contínuos, optamos por não alongar a discussão deste capítulo, ficando apenas pela síntese daquilo que nos parece dever ser do conhecimento geral no domínio desta matéria.

2.4. O processo de treino

O treino constitui uma interface de aplicação de conceitos de várias disciplinas ou áreas disciplinares e a sua orientação está, por isso, muito dependente da análise e da interpretação particulares de cada treinador. A leitura de documentos respeitantes ao treino desportivo é muitas vezes difícil, por nem sempre se encontrarem as devidas congruências com os princípios científicos das disciplinas que o fundamentam ou deveriam fundamentar. O presente capítulo pretende reunir alguma da informação relativa às indicações para o treino do sistema anaeróbio na natação, pegando nalguns exemplos passados e mais actuais de alguns dos mais citados metodólogos da área. Não foi objectivo discutir a maior ou menor pertinência ou adequação científica de cada aconselhamento, mas tão só mostrar um pouco daquilo que é o pensamento de treinador e daquilo que se preconiza para o treino do sistema metabólico anaeróbio com nadadores em diferentes estados de desenvolvimento.

2.4.1. O processo de treino em natação

O rendimento desportivo em Natação é determinado por um conjunto de variáveis mais ou menos manipuláveis através do processo de treino, de entre as quais se salientam as genéticas, as fisiológicas, as psicológicas e as sociológicas, a par de variáveis de contexto, muitas vezes tão mais importantes que as primeiras.

Todas as características dos nadadores que vêm na linha da herança genética são factores invariáveis que determinam o maior ou menor sucesso desportivo. A título de exemplo, parece não ser possível, com o treino, manipular factores como a altura e o comprimento dos membros dos nadadores. Como tal, estes factores são mais importantes na fase da selecção de talentos desportivos e aquando da tomada de decisões no âmbito da carreira desportiva, como seja a orientação do processo de treino de um determinado nadador para uma especialização no fundo, meio-fundo ou velocidade.

No dia a dia do treino a atenção volta-se para determinantes do rendimento manipuláveis, as quais abrangem vários domínios do conhecimento, como sejam a fisiologia, a biomecânica, a psicologia e a

sociologia. O treino pretende, exactamente, potenciar estruturas orgânicas e capacidades funcionais e melhorar a atitude dos nadadores frente ao resultado desportivo, variáveis estas enumeradas meramente a título exemplificativo. Um modelo de programa de treino adequado será, então, aquele que assegure a reacção biológica adequada do nadador mediante um processo apropriado de controlo de variáveis, como o volume e a intensidade do treino, por exemplo.

As variáveis condicionantes do rendimento desportivo com talvez maior expressão e representação no planeamento do treino da natação são as fisiológicas e biomecânicas. As primeiras relacionam-se com os processos de produção de energia química e da sua transformação em energia mecânica (eficiência mecânica) e reflectem sobre o aproveitamento dessa mesma energia química na produção, no caso da natação, de forças propulsivas, as forças que permitem vencer a resistência ao avanço (eficiência propulsiva). As segundas relacionam-se com os processos coordenativos condicionantes do gesto desportivo. No âmbito da produção de energia química, com o treino tenta-se aumentar a produção energética por meio da melhoria dos mecanismos aeróbios e anaeróbios, seja através do aumento das reservas de substratos energéticos, seja através da elevação do número e/ou capacidade funcional das enzimas alostéricas de funcionamento associado às vias metabólicas energéticas, passando, obviamente, pela alteração de algumas estruturas morfológicas, como sejam o número de fibras, o número de capilares por fibra e a densidade mitocondrial, apenas para referenciar alguns exemplos. Contudo, tenta-se, também, que essa produção aumentada de energia seja eficiente, ou seja, que reverta em favor da produção de um esforço mecânico melhorado. Existe uma interacção ou interdependência entre as diferentes capacidades físicas e a técnica específica de uma determinada modalidade. Esta interacção pode ser positiva ou negativa, ou seja, o desenvolvimento de uma determinada capacidade pode potenciar ou condicionar o desenvolvimento de outra. Navarro e Arsénio (s.d.) referem, por exemplo, que o treino da velocidade cíclica máxima e o treino de força combinam bem (interacção positiva), mas há que ter cuidado com os limites do aumento da força. Segundo os autores, quando esta capacidade é excessivamente desenvolvida, a massa corporal aumentada pode comprometer a velocidade (interacção negativa), por inibir a flexibilidade (limitação da amplitude de movimentos) e a coordenação muscular (influência negativa sobre a técnica de nado).

Um pouco à parte da discussão anterior, parece ser consensual que o desenvolvimento da resistência anaeróbia pressupõe a construção de uma ampla base aeróbia. O treino aeróbio tem que ser a base dos treinos mais intensivos e especializados, particularmente porque a capacidade aeróbia é de vital importância para a adaptação geral e para a recuperação depois das cargas e sessões de treino. De acordo com as teorias do treino desportivo, seria impensável, por exemplo, potenciar o rendimento de um nadador velocista apenas com base em séries de treino exclusivamente de dominância anaeróbia.

2.4.2. O treino *bioenergético*

Em natação, as distâncias olímpicas de prova variam entre os 50 e 800m para o sexo feminino e os 50 e 1500m para o sexo masculino. Seja qual for a distância considerada, é indiscutível a necessidade da resistência como capacidade que vai permitir manter uma intensidade de esforço elevada durante o maior tempo possível, aumentar a capacidade de suportar cargas de treino ou competição, recuperar rapidamente entre fases de esforço e estabilizar a técnica desportiva. Assim, a resistência é a capacidade psicofísica que vai permitir ao nadador retardar a fadiga, principal factor que limita o rendimento.

O treino da resistência do nadador não é mais do que o treino dos processos bioenergéticos. As distâncias mais curtas dependem, fundamentalmente, da capacidade de resposta dos sistemas anaeróbios e as distâncias mais longas têm maior suporte na capacidade aeróbia. Desde a década de 70 que se acredita que a maior parte do dispêndio energético dos eventos de nado mais curtos (70 a 90%) é suportada pelo metabolismo anaeróbio (Magel e McArdle, 1970) e se, nessa altura, ainda se olhava para a prova de 200m como um evento de meia-distância, esta já não é a ideia vigente na actualidade.

A capacidade de rendimento de cada nadador tem que ser desenvolvida optimizando a relação entre o treino aeróbio e anaeróbio correspondente à sua distância de nado e reconhecendo que parece haver alguma relação negativa na relação aeróbio-anaeróbio, ou seja, a maximização duma

capacidade parece coincidir com um baixo nível de desempenho na outra (Crielaard e Pirnay, 1981).

Considera-se, no âmbito do treino da natação, que a melhoria da *performance* de nado é proporcional à energia total fornecida pelas 3 vias energéticas, aláctica, láctica e aeróbia, ou simplesmente, de acordo com Olbrecht e Mader (2006), pela via anaeróbia e pela via aeróbia. Porém, considerando a maior parte das provas olímpicas de natação pura desportiva (NPD), as distâncias nadadas são iguais ou inferiores a 200m, ou seja, para nadadores de elite, os tempos de duração de esforço, à intensidade máxima, são inferiores a 2 min. O metabolismo anaeróbio parece tornar-se, assim, preponderante, fazendo da natação uma modalidade eminentemente anaeróbia (Trappe, 1996). Contudo, a melhoria das técnicas de investigação no âmbito da determinação do potencial energético envolvido em esforços de duração diferente (Gastin, 2001) tem levado vários autores a reconhecer que o metabolismo aeróbio contribui de forma importante para o aporte energético total, qualquer que seja a duração do esforço (Gastin, 2001; Olbrecht, 2000; Ring et al., 1996; Rodríguez e Mader, 2003). O reconhecimento do contributo proporcional de cada via energética nos esforços típicos de nado competitivo é fundamental para o planeamento adequado da vertente bioenergética do treino. Contudo, neste capítulo, a literatura não é muito consensual (Quadro 3), uma vez que, para uma mesma distância de nado, a contribuição do metabolismo energético é influenciada pela duração do esforço e pelo nível e características do nadador (Olbrecht e Mader, 2006). Troup (1984) refere que o contributo relativo das diferentes fontes de energia depende da intensidade e duração do exercício, da quantidade de substratos disponíveis, do tamanho dos músculos activos, do tipo de trabalho contínuo ou intermitente e dos intervalos de repouso.

O estudo do contributo proporcional das vias energéticas centrou-se em esforços realizados exclusivamente por nadadores adolescentes ou adultos, parecendo não existir referências similares para crianças.

Quadro 3. Valores percentuais de participação das diferentes vias energéticas nas distâncias competitivas olímpicas em NPD (Maglischo, 2003; Rodríguez e Mader, 2003; Troup, 1984) e noutros tipos de esforço (Gastin, 2001).

Distâncias olímpicas	Tempos de competição	% participação Anaeróbia aláctica	% participação Anaeróbia láctica	% participação do metabolismo aeróbio	Autores
25m	10 a 15s	50	50	negligenciável	Maglischo (2003)
	10s	94		6	Gastin (2001)
50m	19 a 30s	20 98	60 2	20 negligenciável	Maglischo (2003) Troup (1984)
	30s	73		27	Gastin (2001)
100m	40 a 60s	10 80 18.8-20.2	55 15 17.9-26.1	35 5 54.1-61.4	Maglischo (2003) Troup (1984) Rodríguez e Mader (2003)
	1min	55		45	Gastin (2001)
200m	1.30 a 2min	7	40	53	Maglischo (2003)
	2 a 3 min	5 30	40 65	55 25	Maglischo (2003) Troup (1984)
	1.30min 2min	49 37		51 63	Gastin (2001)
400m	4 a 6min	negligenciável 20 5.2-5.8	35 55 8.7-10.2	65 25 83.2-85.5	Maglischo (2003) Troup (1984) Rodríguez e Mader (2003)
	4min	21		79	Gastin (2001)
800m	7 a 10min	negligenciável	25	75	Maglischo (2003)
1500m	14 a 22min	negligenciável 10	20 20	80 70	Maglischo (2003) Troup (1984)

Considerando esta relação mútua entre o treino da resistência e o treino dos processos bioenergéticos, os metodólogos do treino da natação propõem várias orientações que pretendem ajudar os treinadores a realizar séries válidas de treino, ou seja, a determinar cargas de esforço e momentos de recuperação verdadeiramente conducentes ao retardamento do aparecimento do estado de fadiga, particularmente a de origem muscular local. Estas orientações nem sempre são, contudo, muito fiéis aos conceitos da fisiologia e, talvez também por isso, nem sempre são concordantes entre vários metodólogos.

Em termos de treino bioenergético, na natação, usualmente distingue-se o treino da capacidade e da potência anaeróbia aláctica, o treino da capacidade e da potência anaeróbia láctica e o treino da capacidade e potência aeróbia. Neste capítulo, revela-se muito importante a noção de treinabilidade, que será a capacidade de resposta biológica do organismo aos estímulos de treino. Parece reconhecer-se a maior treinabilidade do sistema aeróbio, comparativamente com o anaeróbio, um dos aspectos que justificam a colocação do acento tónico do treino no

desenvolvimento do potencial aeróbio dos nadadores e parece estar arredada a ideia de que o sistema anaeróbio não é, de todo, treinável (Medbø e Burgers, 1990).

De acordo com Villas-Boas (2000), o treino da capacidade anaeróbia aláctica pressupõe o desenvolvimento das reservas dos fosfagénios (CP e ATP), para além de outros importantes objectivos do domínio neuromotor. O treino da potência anaeróbia aláctica orienta-se para o desenvolvimento da actividade enzimática responsável pelo processamento dos fosfagénios (nomeadamente das ATPases, MK e CK). O treino da potência glicolítica pressupõe o desenvolvimento da actividade das enzimas da glicogenólise e da glicólise. O treino da capacidade glicolítica divide-se entre o aumento das reservas musculares de glicogénio e o desenvolvimento da vulgarmente designada tolerância láctica, ou seja, da capacidade de continuar o trabalho em ambientes fisiológicos e celulares cuja omeostase está claramente alterada, reduzindo a sensibilidade das enzimas à acidose metabólica por aumento da capacidade de tamponamento. O treino da potência aeróbia pressupõe o desenvolvimento da actividade enzimática catalizadora das vias oxidativas e da capacidade de disponibilização de oxigénio à célula, ou seja, a potenciação da produção e distribuição de oxigénio e da capacidade mitocondrial. O treino da capacidade aeróbia pressupõe o desenvolvimento da quantidade máxima de energia susceptível de ser disponibilizada por unidade de tempo em equilíbrio metabólico oxidativo, vulgarmente designado treino do LAN, o que se consegue aumentando a capacidade sistémica de oxidação dos ácidos pirúvico e láctico e dos lípidos.

2.4.2.1. O treino do sistema anaeróbio em natação

No âmbito do vulgarmente designado treino fisiológico, ou treino condicional ou bioenergético, particularmente da função aeróbia, os indicadores para a constituição de séries de treino são mais ou menos claros e precisos e consubstanciados em princípios fisiológicos aparentemente pouco controversos. Em relação ao treino da função anaeróbia, a controvérsia parece ser maior, encontrando-se, inclusivamente, alguma incoerência ao comparar várias propostas de séries de nado específicas para o seu desenvolvimento. O interesse da análise das diferentes propostas apresentadas reside no facto de terem subjacentes fundamentações bionergéticas muito

particulares, que importam considerar atentamente, na medida em que é nelas que encontramos explícita a nota mais científica do treino.

Nos Quadro 4 a Quadro 7 encontramos algumas sugestões apresentadas por vários autores para o treino dos pressupostos anaeróbios alácticos e lácticos e descrevemos, a seguir, os principais argumentos justificativos que estão na base das referidas sugestões.

Quadro 4. Propostas apresentadas por vários autores para a elaboração de séries de treino da potência anaeróbia aláctica.

Parâmetros da série	Navarro e Arsenio (s.d.)	Troup e Trappe (1994)	Vilas-Boas (2000)	
Intensidade	Não considerado		Máxima	
Duração		2 a 10min		
Número de repetições		4 a 8	4 a 8	
Intervalo das repetições		105 a 160s	<1min	
Distância das repetições		25 a 150m		
Número de séries			2 a 6	
Intervalo das séries			5min	
Volume total				
FC (bpm)			máxima	Irrelevante
LA (mmol.l ⁻¹)				Irrelevante

Quadro 5. Propostas apresentadas por vários autores para a elaboração de séries de treino da capacidade anaeróbia aláctica.

Parâmetros da série	Navarro e Arsenio (s.d.)	Vilas-Boas (2000)
Intensidade	Máxima e submáxima	Máxima
Duração	Curta (20s) Muito curta (10s)	
Distância	Curta (25 a 40m) Muito curta (15 a 20m)	
Número de repetições		4 a 6
Intervalo das repetições	30s a 3min	2min
Número de séries		2 a 4
Intervalo das séries	3 a 4min	5 a 10s
Volume da série	100m	15 a 25m
Volume total	200 a 400	
FC (bpm)	-----	Irrelevante
LA (mmol.l ⁻¹)	4 a 6 mmol.l ⁻¹	Irrelevante

Regra geral, o treino de qualquer dos sistemas metabólicos pode ser realizado utilizando apenas uma repetição (método contínuo), de duração ligeiramente abaixo (potência) ou no limite

(capacidade) da capacidade de funcionamento do próprio sistema, ou utilizando várias repetições e séries de treino (método intervalado). Neste último caso, em termos de treino da potência há que ter o cuidado das repetições/séries se situarem abaixo da duração total de funcionamento do sistema. No treino da capacidade, pelo contrário, há que exceder ligeiramente a duração teoricamente apontada, no sentido de se garantir a total estimulação do funcionamento desse mesmo sistema. A intensidade, volume e intervalos de recuperação das repetições/séries têm que ser tais que os princípios gerais anteriores sejam garantidos.

Magel e McArdle (1970) referiram, na década de 70, que para obter os melhores resultados no treino dos sistemas anaeróbios o treinador devia realizar treino intervalado com intensidades elevadas, repetindo, por exemplo, 50m e utilizando períodos de repouso curtos, sem, no entanto, evidenciarem diferenças de treino do *sistema* aláctico e do sistema láctico.

O treino da potência anaeróbia aláctica, quando considerada uma repetição máxima, será de duração máxima ligeiramente inferior à do funcionamento do ciclo, usualmente tida entre os 8 a 10s. Este valor temporal corresponderá, para nadadores de elite, a uma repetição correspondente a 25 a 30m de nado. Para nadadores seniores de bom nível, a metragem correspondente são os 15 a 20m. Convém salientar, contudo, que a duração máxima do ciclo do ATP-CP não é alvo de consenso na literatura, o que torna difíceis e incertas as decisões do treino.

Para o treino da capacidade do ciclo da CP pode ser realizada uma repetição máxima de 12s (limite superior de estimulação do sistema) ou várias repetições que, no total, ultrapassem o limiar dos 8 a 10s, sem, no entanto, induzir uma acidose tal que o metabolismo passe para o domínio da potência glicolítica.

Como já se referiu acima, para trabalhar qualquer sistema bioenergético com uma repetição única, o esforço máximo, seja contabilizado em segundos ou em metros, é o correspondente ao esgotamento do sistema. A regra básica para a constituição de séries de treino consubstancia-se na relação inversa entre número de metros a nadar e número de repetições a realizar. Assim, se a opção, para a constituição da série, forem os 15m, por exemplo, 4 repetições esgotarão o sistema. Se a opção forem os 20m, 3 repetições serão mais adequadas. Acima dos 8 a 12s de duração do

esforço, com vista à manutenção da intensidade, entra em dominância uma nova via energética, a qual, por recorrer à glicólise, conduzirá à degradação progressiva do ambiente celular. Se a opção for uma metragem correspondente ao intervalo entre 25 a 30 m de nado, então não haverá lugar para a constituição de séries e sim para a realização de uma repetição única, uma vez que já estamos no limiar superior do sistema e, acima desta metragem, ocorreria uma alteração do sistema metabólico utilizado em regime de predominância.

Em termos de recuperação entre repetições, é necessário assegurar um intervalo de tempo suficiente para repor as reservas de CP, o que demora entre 10 a 20s (Grosser, 1992), e para remetabolizar eventuais metabolitos musculares resultantes do funcionamento da via glicolítica. O conceito de intervalo de série não se coloca para o sistema aláctico. O que existe é a possibilidade de realizar o mesmo grupo de repetições várias vezes durante um treino, intervaladas com exercícios de treino doutras capacidades e nunca de forma sequencial. No fundo, os outros exercícios de treino vão servir como longos intervalos de recuperação, que se pretende tão completa quanto possível.

Uma forma mais atípica de trabalhar esta capacidade, realizando uma série única, consiste na realização de percursos de nado correspondentes ao limite superior da via aláctica, mas realizando apenas parte do percurso à intensidade máxima e dando lugar a um tempo de recuperação suficiente para repor as reservas de CP (e. g., 8x25m crol, metade à intensidade máxima e metade a intensidade média ou fraca, isto é, com recuperação activa incluída na própria série).

No âmbito do controlo da intensidade do treino, é usual os treinadores utilizarem como indicadores de esforço a FC e as concentrações sanguíneas de La-. Apesar da reconhecida labilidade destes dois parâmetros, a facilidade da sua mensuração torna-os bastante apelativos em treino e não raro é aparecerem valores de referência associados a propostas de treino dos pressupostos fisiológicos em natação.

Quadro 6. Propostas apresentadas por vários autores para a elaboração de séries de treino da potência anaeróbia láctica.

Parâmetros da série	Navarro e Arsenio (s.d.)	Maglischo (1986)	Vilas-Boas (2000)	Olbrecht e Mader (2006)*
Intensidade	V alta V submáxima	85-95%	Máxima	Máxima
Duração	Media (45s a 1min) Curta (30s)	15s a 1min	15 a 35s	
Distância	Média (75 a 100m) Curta (50m)	50 a 200m		25-100m
Número de repetições			4 a 8	
Intervalo das repetições	1min30s a min 30s		1 a 4min	10-20s
Número de séries			2 a 4	
Intervalo das séries	8 a 15min	15 a 60s	10 a 15min	
Volume da série	200 a 300 150 a 200	600 a 1000m		
Volume total	600 a 1000			90-110% da distância de competição
FC (bpm)	Máxima	Máxima	Irrelevante	
LA (mmol.l ⁻¹)	>8	12 a 20	Média	

*Olbrecht e Mader (2006) não distinguem potência anaeróbia láctica e aláctica, apenas uma potência anaeróbia única.

No domínio aláctico, o controlo da FC e da lactatemia é usualmente apontado como irrelevante, uma vez que em esforços com cerca de 10s de duração, ou menos, não há tempo suficiente para o organismo realizar uma activação cardíaca notória, nem para o La⁻ passar para a corrente sanguínea em quantidade mensurável pelos instrumentos habitualmente utilizados pelos treinadores (analísadores de La⁻). Como tal, o seu uso para controlo da intensidade da série não é interessante. No domínio láctico, apenas a FC se mantém irrelevante.

Quadro 7. Propostas apresentadas por vários autores para a elaboração de séries de treino da capacidade anaeróbia láctica (treino da tolerância láctica).

Parâmetros da série	Navarro e Arsenio (s.d.)	Maglischo (1986)	Troup e Trappe (1994)	Vilas-Boas (2000)	Olbrecht e Mader (2006)*
Intensidade	Alta	95 a 100%			Próximo do máximo
Duração	Média (1min a 1min30s) Curta (30 a 45s)		4 a 15min	30s a 2min	
Distância	Média (100 a 150) Curta (50 a 75)	50 a 200m	100 a 200m		Muito curta (25-75m)
Número de repetições			6 a 10	4 a 10	
Intervalo das repetições	1 a 3min 10 a 15s		70 a 100s	30s a 5min	Longo ($\geq 2x$ tempo de nado): 35s – 1:30min
Número de séries				2 a 3	
Intervalo das séries	7 a 10min 4 a 8min	5 a 15min		10 a 20min	
Volume da série	400 a 800m 200 a 400m				300 a 600m
Volume total	1000 a 2000m			Moderado (velocistas) Alto (fundistas)	
FC (bpm)	Máxima		180	Máxima	Máxima
LA (mmol.l ⁻¹)	>8			Máxima	6 a 12

*Olbrecht e Mader (2006) não distinguem capacidade anaeróbia láctica e aláctica, apenas uma capacidade anaeróbia única.

A duração total do sistema glicolítico, quando estimulado à intensidade máxima é de cerca de 2min. No momento final do esforço (2min) e o tempo que a partir daí decorre (sensivelmente até aos 3min) a lactatemia está muito elevada e a acidose metabólica está a desequilibrar o ambiente celular interno e externo, fenómenos que o organismo do nadador tem que aprender a tolerar. A partir do limite dos 2min, a glicólise começa a funcionar de forma mais limitada e tem lugar a entrada do funcionamento dos *shuttles* mitocondriais em regime de predominância, passando-se para o domínio da capacidade aeróbia pela sua via mais potente, a da glicólise aeróbia. Nesta medida, apontam-se, para desenvolvimento da potência anaeróbia láctica 45s ($\pm 15s$) de duração e para o desenvolvimento da correspondente capacidade, esforços da ordem dos 2min, o limite superior do sistema. É curioso notar, a nível do treino da natação, uma zona algo nebulosa entre o limite superior de 12s da via aláctica e o limite inferior de 30s da via glicolítica, ou seja, existe aqui um

limiar de transição de cerca de 18s de duração que os treinadores parecem não saber exactamente a que regime metabólico correspondem.

Considerando o treino da potência anaeróbia, o volume total de 45s é considerado como valor temporal de referência para a estimulação do sistema recorrendo à realização de uma repetição. A constituição de séries tem como referência este mesmo valor limite. Uma forma de trabalhar esta capacidade consiste na realização de 3 a 4 repetições de 50m crol (correspondentes a tempos ligeiramente abaixo dos 30s de esforço para seniores de bom nível desportivo), com intervalo não inferior a 3min e preferencialmente de recuperação activa.

Em termos de recuperação entre repetições, é necessário assegurar um intervalo de tempo suficiente para repor as reservas de ATP e CP e alguma glicose, mas fundamentalmente, é necessário limpar os resíduos fortes (metabolitos) do sistema glicolítico, nomeadamente o La^- . Os intervalos têm de ser completos, ou seja, têm de corresponder a um intervalo temporal que permita realizar cada repetição à mesma intensidade que a anterior, acreditando-se serem suficientes os 3min acima referidos.

A constituição de séries de treino da potência glicolítica obedece aos mesmos princípios presentes no momento da definição das repetições. Por exemplo, a realização de 2x (3x37,5m crol, int 2min30s), int 5min permite que o nadador realize um esforço total enquadrado dentro limites superiores apontados para a potência. O intervalo entre repetições é suficiente para recuperar da fadiga induzida pela repetição anterior (e inferior ao utilizado para recuperação de esforços de 50m, pela lógica do menor tempo de esforço, menor fadiga). O intervalo de série é longo que baste para assegurar que a segunda série começa com o organismo em condições fisiológicas muito semelhantes às que tinha quando o nadador deu início à primeira, ou seja, sem fadiga. Como regra de base pode atender-se que, habitualmente, o intervalo de série corresponde ao dobro do tempo do intervalo cumprido entre as repetições. Não é, também, muito aconselhável a utilização de mais de duas séries para o treino da potência anaeróbia, por causa da duração do sistema e na medida em que a recuperação da fadiga se torna particularmente difícil, devido à muito elevada acumulação de metabolitos inibidores do funcionamento do mesmo.

Em termos da utilização da FC enquanto elemento de controlo da intensidade do esforço, pode dizer-se que, basicamente, o pulso não é controlado, não havendo sequer valores de referência. Pode advogar-se, ainda, que o nível de fadiga dos nadadores é de tal forma elevado que também se torna muito difícil o auto-controlo da FC.

O La , por sua vez, já tem um valor de $12\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ como padrão de referência, o que permite a sua utilização para controlo da intensidade de nado ou da resposta à série de treino, ainda que com os devidos cuidados, face à elevada variação manifestada entre diferentes nadadores.

O treino da capacidade anaeróbia, mais tradicionalmente designado como treino da tolerância láctica, face ao tempo mais longo de duração, já obedece a uma subdivisão, ainda que eventualmente não muito comum, em tolerância láctica curta (dos 45 aos 60s), média (dos 60 aos 90s) e longa (dos 90 aos 120s) ou ligeiramente acima dos 2min, no caso do treino intervalado. O desenvolvimento desta capacidade com uma repetição máxima corresponde à realização de, por exemplo, 200m crol, metragem que vai rondar o limite superior de duração do sistema. Também é possível realizar uma série única de treino de $3\times 100\text{m}$, por exemplo. Em termos da constituição de séries de treino, as repetições de 25m estão, usualmente, ligadas ao treino da tolerância láctica curta, os 50 e os 75m à tolerância média e os 100m à tolerância longa, respectivamente.

A constituição de séries de treino da tolerância láctica consiste, basicamente, em utilizar as mesmas séries padrão para desenvolver a potência anaeróbia, cortando-lhes quer ao intervalo entre repetições, que pode diminuir para a ordem dos 30s, quer ao intervalo de série, que pode diminuir para cerca de metade, ou aumentando ligeiramente o volume. O objectivo é permitir que as repetições sejam todas feitas a intensidades muito fortes, para permitir uma grande acumulação de La que o organismo do nadador vai aprendendo a tolerar, e que haja também alguma remetabolização. A diferença entre os intervalos de repetição para o treino da tolerância curta, média e longa não é muito notória, na medida em que a distância a nadar aumenta, mas a intensidade (é sempre pedida a máxima ao nadador), devido à fadiga, que se instala violentamente, diminui. Os intervalos de série são intervalos incompletos, o que significa que o nadador parte para a segunda série em condições fisiológicas claramente inferiores às que tinha quando partiu para a primeira.

Tal como no treino dos sistemas anteriores, também no treino da capacidade anaeróbia o pulso não é controlado, não porque a FC não atinja o seu valor máximo, mas porque a fadiga é de tal ordem que os nadadores têm muita dificuldade em auto-controlar o seu ritmo cardíaco.

O valor de referência da lactatemia, por sua vez, passa, idealmente, para a ordem das 20mmol, devendo o treinador, na análise deste parâmetro, ter os mesmos cuidados já enunciados para o treino da potência anaeróbia.

2.4.3. O processo de treino de crianças em geral e de nadadores em particular

Não raro, competir num nível elevado exige que a criança treine sob regimes que podem ser considerados extremos, mesmo para adultos, o que, muitas vezes, acontece antes da criança terminar os 4 primeiros anos da sua escolaridade básica (American Academy of Pediatrics - Committee on Sports Medicine and fitness, 2000). O treino da criança ou do jovem desportista deve permitir e assegurar o normal e correcto desenvolvimento das várias estruturas orgânicas e preparar o desportista para o máximo rendimento, tendo em conta as suas possibilidades biológicas, o seu talento, a sua motivação e a sua disposição para a obtenção de resultados máximos. Troup (1991) referiu, em relação a jovens nadadores, que se o treino não seguir uma perspectiva desenvolvimentalista, a continuidade da criança na modalidade pode ficar comprometida.

Os efeitos do treino intensivo na criança ou no organismo jovem ainda não são suficientemente conhecidos. Alguns autores, particularmente os encontrados na literatura médica, apontam consequências adversas (American Academy of Pediatrics - Committee on Sports Medicine and fitness, 2000) resultantes do treino intensivo precoce. Por exemplo, estudos relativos às alterações da idade da menarca são bastante conhecidos no âmbito da ginástica (e. g. Tofler et al., 1996) e da natação (e. g. Constantini e Warren, 1995). Contudo, aos estudos que revelam as adversidades do treino intensivo precoce contrapõem-se tantos outros que mostram o impacto positivo do treino. A ausência de resultados definitivamente conclusivos suscitou, por parte da área médica pediátrica, tomadas de posição públicas relativas ao assunto em epígrafe (American Academy of Pediatrics - Committee on Sports Medicine and fitness, 2000; Kemper, 2000).

Uma pesquisa realizada na *PubMed*, de estudos publicados a partir da década de 80, subjacentes à temática do treino intensivo precoce em idades pediátricas, permitiu classificar, à parte dos trabalhos de âmbito mais geral ou de áreas mistas, algumas áreas de estudo mais particulares e realizar uma síntese das principais conclusões de estudos integrados em cada uma delas (Quadro 8).

Quadro 8. Treino desportivo intensivo precoce: síntese das principais conclusões de alguns estudos, de acordo com distintas áreas temáticas.

Treino desportivo intensivo precoce		
Área de estudo	Autores	Síntese das principais conclusões dos estudos
Geral	(Cook e Leit, 1995; Kemper, 2000; Maffulli e Helms, 1988; Naughton et al., 2000; Personne et al., 1983; Van de Loo e Johnson, 1995; Weimann et al., 2000; Zauner e Benson, 1981)	Influência de multifactores, aos quais é necessário estar atento, no treino com idades pediátricas.
Crescimento e maturação	(Baxter-Jones et al., 1994; Eisenmann e Malina, 2002; Frohner et al., 1990; Georgopoulos et al., 1999; Maffulli, 1992; Malina, 1983; Segesser et al., 1995; Theintz et al., 1993; Tonz et al., 1990; Weimann et al., 1998)	Resultados contraditórios: afecta/não afecta o crescimento e a maturação sexual; ausência de efeito sobre a altura esperada e a velocidade de crescimento em estatura e massa corporal; afecta o desenvolvimento pubertário quando combinado com nutrição deficiente; atrasa/não atrasa a menarca; probabilidade de afectação dos discos de crescimento; respostas específicas em função da modalidade praticada (e. g. ginástica vs natação).
Actividade hormonal	(Daly et al., 1998; Jaffre et al., 2002; Jahreis et al., 1991)	Induz diminuição das concentrações urinárias de androstenediona ^d em raparigas e tendência para a ocorrência de alterações noutras substâncias urinárias andrógenas; Induz estado catabólico, em detrimento do anabolismo.
Estrutura óssea	(Heitkamp e Horstmann, 2005; Muschik et al., 1996; Pollahne et al., 1990)	Ausência de relação entre dor e lesão espinal; ausência de efeito negativo em crianças com espondilolistese ^b espondilolítica ^a ; relacionado com osteocondrose ^c juvenil observada antes dos 10 anos;
Composição óssea	(Courteix et al., 1999; Courteix et al., 1998; Jaffre et al., 2001; Nurmi-Lawton et al., 2004)	Induz maior conteúdo e densidade mineral ósseas; estimulação da reabsorção óssea; induz redução da massa óssea craniana; é factor importante para a aquisição de conteúdo mineral durante a fase pré-pubertária.
Função neurológica	(Makarenko et al., 2002)	Induz alterações mais rápidas e mais intensas das funções neuro-dinâmicas.
Função cardíaca	(Auriacombe et al., 1987; Ayabakan et al., 2006; Obert et al., 1998; Triposkiadis et al., 2002; Vinet et al., 2005a)	Resultados contraditórios: induz ausência/diminuição do espessamento da parede posterior do ventrículo esquerdo e ausência/aumento do volume do ventrículo esquerdo; induz ausência de efeito deletério na variabilidade da FC; ausência de efeitos sobre as funções diastólica e sistólica.
Função respiratória	(Courteix et al., 1997)	Induz incremento dos volumes pulmonares estáticos e dinâmicos e das propriedades condutoras das vias aéreas maiores e menores.

Circulação	(Vinet et al., 2005b)	Induz aumento da velocidade da onda de pulso.
Constituintes sanguíneos	(Baxter-Jones e Maffulli, 2002; Lasareishvili Kh e Chakhunashvili, 2005; Nizankowska-Blaz e Abramowicz, 1983; Spodaryk, 2002)	Induz activação das células sanguíneas (eritrócitos e trombócitos); induz prevalência de deficiência não anémica de ferro; induz aumento plasmático das lipoproteínas de alta densidade (HDL) e diminuição dos níveis de triglicérides (TG).
Nutrição	(Schwidergall et al., 1998; Veitl, 1993)	Induz baixo consumo calórico, baixa percentagem de gordura corporal e tendência para desordens alimentares (ginástica); necessidade de controlo nutricional rigoroso de crianças submetidas a treino intensivo.
Sistema imunológico	(Garagiola et al., 1995)	Induz resposta imunológica diversificada para diferentes crianças; induz decréscimo dos níveis de imunoglobulinas ^e
Psicologia	(Rowley, 1987)	Tendência ao abandono precoce da competição, particularmente durante a fase pubertária.

Dos resultados da pesquisa, ressalva-se a particular preocupação com as questões do crescimento e da maturação, sob os quais se teme e, na ausência de certezas, ainda se teme, serem influenciados negativamente pelo treino intensivo precoce. As principais conclusões dos estudos não parecem, contudo, apontar nessa direcção, salientando resultados inconclusivos e paradoxais relativamente à influência que o treino possa ter na afectação do crescimento e da maturação.

Uma das principais questões relativas ao treino desportivo com crianças tem por base o conceito de treinabilidade, ou seja, a capacidade de resposta à prática sistemática. Atendendo aos processos de crescimento e maturação característicos da espécie humana, procura-se, em primeiro lugar, o momento ou momentos ideais para o início do treino regular, com vista à obtenção do máximo resultado desportivo. A indefinição de um momento de partida uno para a prática sistemática é resultante das diferentes vertentes que, no seu conjunto, definem um processo de treino desportivo integral. O treino da técnica, das capacidades físicas, dos sistemas bioenergéticos e das respostas emocionais são exemplos de vertentes para as quais o início do treino sistemático pode não ocorrer no mesmo momento. Segundo alguns autores, no âmbito do treino das capacidades condicionais e coordenativas não é só o início do treino sistemático de uma determinada capacidade que deve ser contemplado para tomar decisões de planeamento. Tão ou mais importante é também o período de tempo durante o qual a treinabilidade dessa mesma capacidade se mantém elevada, ou seja, a fase ou período sensível para o seu desenvolvimento (Troup, 1991). O conceito de período sensível não é, contudo, algo de consensual. Alguns metodólogos do treino aceitam a existência de fases

sensíveis para cada uma das distintas capacidades condicionais, como a velocidade, a resistência, a força e a flexibilidade e também a capacidade técnica, esta última de âmbito coordenativo.

Não particularizando qualquer capacidade específica, entre os 6 e os 11/12 anos parecem reunir-se as condições ideais para o desenvolvimento das estruturas coordenativas básicas. A partir desta idade, parecem iniciar-se as fases sensíveis para o desenvolvimento das capacidades condicionais. Troup (1991) referiu que não fará sentido tentar treinar um sistema ou factor que não tem potencial para melhorar pelo facto de estar nos estádios iniciais do seu desenvolvimento. Contudo, existem opiniões absolutamente adversas a esta relação entre fases sensíveis específicas e maturação, quer motivadas pela impossibilidade de comprovar cientificamente a existência destes períodos sensíveis, quer pelo facto da eventual existência dos mesmos não significar exactamente que a estimulação de uma qualquer capacidade fora do seu período sensível seja extemporânea e destituída de resultados positivos.

Segundo Navarro e Arsénio (s.d.), o treino na natação deve apoiar-se num modelo de referência que tenha presente as questões *o que treinar, como treinar e quanto treinar*, às quais juntaríamos a questão *quando treinar*. Estas questões são ainda mais importantes quando aplicadas às crianças, na medida em que o treino dos nadadores mais jovens é, em muitos casos, do mesmo tipo que o usado para os nadadores mais velhos (Troup, 1991). Troup avaliou, em 1991, uma série de factores determinantes da *performance* na natação e sugeriu uma ordem de abordagem dos mesmos no processo de treino com crianças. De acordo com os resultados observados por aquele autor, a capacidade aeróbia é o primeiro sistema desenvolvido, alcançando o desenvolvimento total por volta dos 12 anos, pelo que o treino deve começar com um condicionamento de resistência geral e específico. Deve ser seguido do treino da velocidade, depois dos 13 anos, combinado com a resistência, até aos 18 anos. O treino da força, para o desenvolvimento da potência não deve, ainda segundo o mesmo autor, começar antes dos 13 anos, para as nadadoras, e dos 14, para os nadadores. Está bem patente no estudo de Troup a tendência ao retardamento da estimulação anaeróbia no processo de formação de um nadador. Aliás, este não era o único autor a formular esta opinião. Gratas-Delamarche e Delamarche também referiram que o treino das qualidades anaeróbias alácticas não parece ser indicado para o período pré-pubertário e que o treino glicolítico

tem que ser introduzido mais tardiamente, no fim da puberdade. Referiram mesmo que o início do treino anaeróbio “(...) *deve ser feito de forma muito progressiva, de forma a evitar os riscos de acidentes ósteo-articulares ou musculares que comporta.*” (Gratas-Delamarche e Delamarche, 1990, p. 44). Estes conceitos relativos ao treino do sistema anaeróbio com crianças parecem ter marcado a sua era e deixado mesmo algumas marcas que passaram até aos dias de hoje (conf. 2.4.3.1).

2.4.3.1. Assumpções relativas ao treino com crianças

Perceber os factores que afectam a *performance* das crianças e o seu bem-estar durante o treino com vista ao alto rendimento e durante a competição é algo a que se atribui particular importância (Bar-Or, 1994; Bar-Or, 1995). As preocupações relativas ao treino podem resumir-se, de forma muito simples, nas seguintes questões: será que o treino, considerado globalmente como o conjunto de estímulos a que a criança é submetida, faz bem ou faz mal à saúde? Haverá tipos de treino que fazem bem e tipos de treino que fazem mal? Haverá tipos de treino que fazem melhor ou pior do que outros?

Os resultados produzidos nos domínios da investigação científica, particularmente quando se trata de investigação fundamental, mas também na investigação de âmbito aplicado, nem sempre correm em paralelo com um conjunto de princípios que vulgarmente se reúnem sob a designação de teoria do treino e, em consequência, nem sempre têm concorrido para uma resposta adequada às questões acima levantadas. Uma das dificuldades com que os cientistas do desporto se debatem é com a disseminação das novas descobertas para os alvos desejados, os treinadores, numa linguagem que se deseja mais amistosa (menos “científica”) e mais facilmente entendível (Gudmundsson e Sanders, 2006). Neste limiar técnico-científico, a informação nem sempre corre de acordo com os princípios científicos que lhe deram origem, tornando-se alvo, muitas vezes fácil, da distorção do seu verdadeiro significado. A nível nacional, podem encontrar-se bons exemplos do que acabamos de referir nalguns artigos relacionados com aquilo a que se chamou “Treino Intensivo Desportivo Precoce”, que parecia fazer mal a tudo e, particularmente, esgotava o potencial de prestação da criança, condicionando o seu futuro desportivo, e do qual a natação seria um bom

modelo (e. g. Marques, 1991). Outro bom exemplo encontra-se nalgumas normas técnicas relativas à orientação do treino anaeróbio com crianças, muitas delas com uma origem algo distante no tempo [e. g. o Manual do Monitor, publicado, em inícios da década de 90, pela então direcção Geral dos Desportos (Lima et al., s.d.)], mas que se perpetuaram até hoje, servindo ainda, para treinadores menos atentos à evolução do conhecimento, como base de orientação do treino desportivo que ministram. Muitos dos mitos relativos ao desenvolvimento das capacidades motoras e ao treino anaeróbio com crianças, domínios que nos interessam em particular, criados no seio técnico, tiveram origem numa leitura, se não errada, pelo menos exagerada, de alguns dos conceitos científicos decorrentes de estudos desenvolvidos no âmbito do crescimento e da maturação, alguns dos quais visitaremos nos parágrafos seguintes.

Conceito 1: Capacidades motoras.

A velocidade é uma capacidade motora que está muito dependente da maturação neurológica, um sistema em actividade crescente logo após o nascimento. O seu desenvolvimento é precoce em relação à força, que apenas atinge a sua máxima expressão perto do final da adolescência, quando as estruturas musculares atingem o auge do seu desenvolvimento (Mitra e Mogos, 1982).

Teoria do treino¹ (Gratas-Delamarche e Delamarche, 1990; Lima et al., s.d.):

Existem períodos sensíveis para o desenvolvimento das capacidades motoras. O treino da velocidade deve começar desde cedo, ainda na fase pré-púber-taria, enquanto o treino da força deve ficar para próximo do final da adolescência. Antes disso os músculos não estão preparados para responder ao tipo de estímulos de força. As possibilidades de força da criança são fracas e o risco de lesões está, por isso, aumentado. Das lesões, as mais graves serão as que se operam sobre os pratos epifisários, havendo sério risco de afectação do crescimento.

Conceito 2: bioenergética.

As crianças têm menor capacidade anaeróbia que os adultos. Têm menores depósitos de glicogénio, valores de PFK mais baixos e apresentam concentrações de La⁻ sanguíneo inferiores às dos adultos. Por outro lado, as crianças têm maior capacidade de recuperação que os adultos (Bar-Or, 1995; Hebestreit et al., 1993; Zanconato et al., 1991).

Teoria do treino 2 (Lima et al., s.d.).

O treino deve incidir, essencialmente sobre a resistência de longa duração, já que o organismo da criança não se mostra receptivo aos estímulos de resistência de curta ou média duração. As crianças têm uma reduzida capacidade anaeróbia, logo, devem fazer um apelo preferencial ao metabolismo oxidativo. Em relação ao La^- , a sua acumulação não é recomendável em idades pediátricas, pela acidose metabólica induzida. A criança não suporta actividades prolongadas em débito de oxigénio.

Deste segundo conceito e das consequências que teve em relação aos princípios do treino em idades pediátricas, particularmente pré-púberes, ressaltam alguns paradoxos importantes, que podem constituir verdadeiros trampolins para a investigação neste domínio. Se, por um lado, as crianças têm menor capacidade glicolítica que os adultos, então, eventualmente, o desenvolvimento do nível de prestação anaeróbia deveria ser induzido com o processo de treino, que se sabe ter um efeito potenciador do mesmo. Se, por um lado, a criança tem menor capacidade glicolítica, utiliza menos glicogénio e acumula menos La^- e menos hidrogeniões nos tecidos, evitando a acidez do meio, então parece estar fisiologicamente protegida, do próprio processo de treino. Se, por um lado, os mecanismos glicolíticos da criança são diferentes, o padrão de recrutamento das fibras é diferente, a capacidade mitocondrial é mais elevada, levam menos tempo a atingir o equilíbrio de O_2 (Bar-Or, 1995), têm uma capacidade aumentada de metabolização de lípidos, uma baixa estimulação simpática, uma diminuição da vasoconstrição periférica, revelando uma melhor aptidão aeróbia, então recupera melhor que o adulto (Bar-Or, 1994) e, recuperando melhor, pode mesmo necessitar de menos tempo para recuperar (Bar-Or, 1995). Hebestreit et al. (1993) mostrou, aliás, que o tempo de recuperação, após a realização de um teste Wingate de 30s, foi menor para crianças (2min) em comparação com os adultos (10 min). Esta melhor recuperação potencial das crianças foi também demonstrada num estudo relativo aos sinais de sobreutilização muscular (alterações funcionais, estruturais e bioquímicas musculares) induzido pelo exercício (Duarte et al., 1999). Em suma, levanta-se a questão de a criança não conseguir obter energia metabólica a partir das vias anaeróbias de forma tão eficiente como os adolescentes e adultos ou de não necessitar de recorrer às vias anaeróbias para realizar esforços de intensidade supramáxima (Bar-Or, 1995). Na

natação em particular, curiosamente, não há evidências de que a menor capacidade de desempenho anaeróbio das crianças implica menor capacidade de desempenho em esforços de *sprint*. Bar-Or et al. (1994) puderam observar que a diferença na *performance* de crianças nadadoras de vários grupos de idade e de adultos, expressa em percentagem da *performance* dos adultos, é semelhante em *sprints* e em esforços de longa distância. Em acréscimo, apesar da baixa capacidade de desempenho anaeróbio da criança, não há, também, dados científicos que suportem a noção frequente de que o esforço anaeróbio faz mal à sua saúde (Bar-Or, 1995).

Como vimos, os mitos do treino podem ter origem na interface técnico-científica sendo, por isso, mais ou menos compreensíveis. Contudo, não só aqueles, mas também os conceitos criados durante os anos de investigação realizados em idades pediátricas, têm de ser observados com cuidado, no sentido de se distinguir o que possa haver de novo no conhecimento relativo a estas idades (Bar-Or, 2000) e até de se resolver um dos paradoxos mais antigos associados à prestação anaeróbia de crianças. Astrand levantou, há muitos anos (1952), o contracenso existente entre os resultado da ciência, indicadores de menor capacidade de prestação anaeróbia, e o perfil de actividade das crianças (Van Praagh, 2000), perfil este que Armstrong e Welsman (1997b) mostraram muito bem representando graficamente a actividade física diária de uma criança (12h de Holter). Estes autores encontraram vários picos cardíacos situados acima do intervalo 140-160bpm e mesmo acima dos 160bpm, o que indicia a probabilidade de ocorrência de vários momentos de esforço que, ao longo do dia, saem do intervalo de dominância do metabolismo oxidativo. Alguma da literatura mais recente tem revelado alguma atenção a este último paradoxo, principalmente devido ao aparecimento de novos métodos de avaliação de aspectos metabólicos relacionados com a prestação anaeróbia, como a ressonância magnética.

São algo comuns, quando se fala de treino com crianças, as discussões relativas à probabilidade de ocorrência de lesões e a afectação do crescimento ósseo e da maturação (Caine, 1990). Com efeito, Baxter-Jones e Helms (1996) referem que há alguns registos pontuais de lesões osteo-articulares decorrentes de sobreutilização, perturbações do crescimento e “queimar” (*burnout*) de potencial físico e psicológico. Estas questões são discutidas na base do envolvimento das crianças em treino intensivo e competições frequentes, considerando-se a possibilidade de virem a sofrer

consequências daqueles a longo prazo, sob a forma de lesões agudas ou de sobreutilização (Helms, 1997). De forma confusa e abusiva, este treino intensivo pode ser, por vezes, associado a treino anaeróbio, realizada a intensidade supramáximas. Este facto decorre da dificuldade em definir claramente o que é treino intensivo, na medida em que a intensidade percebida varia muito entre desportos e mesmo entre treinadores dentro do mesmo esforço (Helms, 1997). Por exemplo, no estudo TOYA (*Training Of Young Ages*) de Baxter-Jones (1996), a intensidade foi definida simplesmente pelo número de horas de treino. Gratas-Delamarche e Delamarche (1990) referiram-se, concretamente, aos potenciais riscos associados ao treino anaeróbio láctico. Apesar de não terem conseguido atribuir uma responsabilidade específica do treino láctico nas patologias situadas ao nível da epífise, da apófise ou da cartilagem articular, reiteraram que é legítimo referir que estão reunidas as condições mecânicas, ao nível do aparelho ósteo-articular, que levam o músculo a desenvolver uma força quase máxima de forma repetida. A tensão muscular e o *stress* mecânico são, contudo e curiosamente, fundamentais para a deposição de Ca^{2+} no osso e, como tal, necessários à maturação óssea (Vicente-Rodriguez, 2006). Gratas-Delamarche e Delamarche (1990) reforçaram ainda a ideia de que uma variação súbita da intensidade do treino é particularmente nociva. DiFiori (1999), por seu lado, referiu-se também apenas em particular às lesões por sobreutilização, referindo que este tipo de lesões ocorre quando um tecido é lesado devido ao efeito repetitivo de cargas submáximas e no conjunto de factores indutores das possíveis lesões por sobreutilização, apontados por aqueles autores, não se encontra especificamente o treino anaeróbio. Encontram-se, sim, variações na frequência, intensidade e duração do treino, numa fraca relação com o repouso.

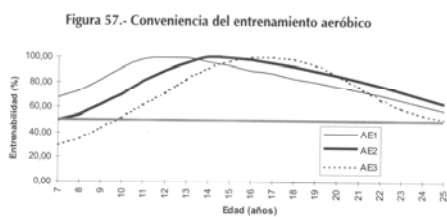
Em jeito de conclusão poderá dizer-se que há ainda a necessidade de proceder a mais investigação relativa aos efeitos do treino de força e do treino anaeróbio com crianças, por forma a clarificar alguns conceitos tipicamente assumidos pelo treino desportivo.

2.4.3.2. Indicações para o treino dos processos bioenergéticos anaeróbios em crianças

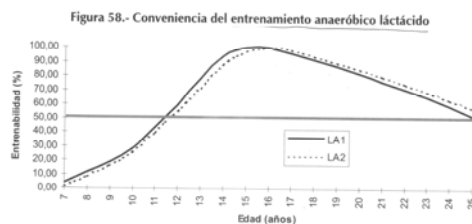
No início da década de 90, Troup et al. (1990) referiam que, geralmente, o treino de jovens nadadores era do tipo utilizado por nadadores mais velhos, diferindo no número de sessões de treino por semana. Costill et al. (1992) referiam a escassez de informação referente à intensidade e volume de treino para jovens nadadores, sugerindo que o treino de jovens era essencialmente baseado em experiências anteriores. Passada pouco mais de meia década Rowland (1996a) o conhecimento sobre o desempenho anaeróbio de crianças e jovens era reduzido, quer na natação, como noutras modalidades desportivas, com a agravante de a natação se desenrolar em meio aquático, tornando mais difícil a avaliação de parâmetros fisiológicos. Referia ainda este último autor que, também pelos factores anteriores, o treino de jovens nadadores era tendencialmente aeróbio. Já em finais da mesma década de 90, Wilmore e Costill (1999) referiam que os programas de treino para crianças e adolescentes devem ser específicos para a respectiva faixa etária, tendo em conta os diferentes factores associados ao crescimento, uma constatação talvez demasiado evidente, particularmente por lhe faltar associar o quando e o como fazê-lo. Parece assim que a entrada no novo século chegou acompanhada das mesmas incertezas relativas ao treino dos pressupostos anaeróbios de há décadas atrás, particularmente no que se refere aos nadadores mais jovens. Uma obra de Navarro e Arsénio (Navarro e Arsenio, s.d.), dedicada à natação e ao seu processo de treino, lançada após 1999 (data do prólogo) reflecte exactamente este pressuposto e mostra a urgência da necessidade de se reflectir seriamente sobre o treino anaeróbio de nadadores, particularmente crianças e jovens. De acordo com aqueles autores, uma das ideias de base do treino desportivo, em geral, é a de que os organismos mais maduros podem ser submetidos a cargas de treino elevadas, mas o mesmo não é conveniente para os mais jovens, uma vez que estes estão a utilizar as suas energias para o seu próprio desenvolvimento. Contudo, as crianças e os jovens possuem uma grande capacidade de adaptação e suportam uma carga de treino relativamente alta. Assim, para assegurar cargas elevadas com jovens, ou seja, cargas suficientes para potenciar o seu rendimento, e compensar um sistema neurovegetativo que parece ser mais propenso a transtornos em idades baixas, o treino deve ser muito variado. São de evitar esforços excessivos nas várias estruturas orgânicas, nomeadamente nas ósteo-articulares, ainda em

crescimento e não totalmente consolidadas. Ainda segundo conceitos da metodologia do treino e de acordo com os mesmos autores, a carga deve ser aumentada em relação com os anos de experiência. Por exemplo, os desportistas talentosos, de entre eles os nadadores, que mostram níveis de rendimento elevados na ausência de um treino sistemático prévio que os justifique, não devem ser submetidos às mesmas cargas (*elevadas*) que os desportistas do seu nível de rendimento que já têm vários anos de experiência de treino. Acredita-se que tal comportamento pode “*queimar*” (termo corrente na linguagem de treinadores e também encontrado na literatura internacional como “*burnout*”) o potencial de desenvolvimento futuro. A American Academy of Pediatrics (2000) refere, inclusivamente, a existência de relatos pontuais que sugerem o risco de “*burnout*” físico e stress emocional decorrentes do treino intensivo precoce de longa duração. A obsessão pela obtenção de resultados antes do tempo obriga à aplicação de cargas de treino demasiado elevadas e exigentes para com o sistema nervoso central e outros órgãos e sistemas do corpo humano, o que pressupõe uma insuficiência dos processos de recuperação e uma possível indução de estados de sobretreino, e a influência negativa das cargas excessivas sobre o organismo em crescimento (diminuição da capacidade de trabalho e degeneração do estado de saúde). Nestes casos, os metodólogos do treino aconselham, ainda, a evitar a tentação de desenvolver um programa de treino que conduza à especialização precoce, uma vez que os êxitos, que se podem multiplicar durante anos, terão inevitavelmente como fim o esgotamento funcional (Navarro e Arsenio, s.d.).

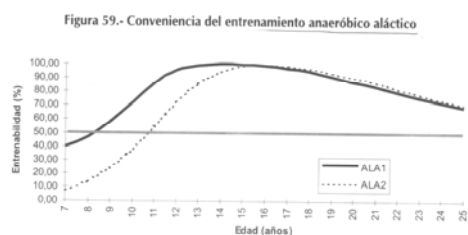
Navarro e Arsenio (s.d.) realizaram uma representação gráfica da tendência dos vários tipos de treino das capacidades físicas. Na Figura 2 podem observar-se os gráficos de tendência relativos ao treino aeróbio e anaeróbio láctico e aláctico. É curioso observar o grande desvio para a direita (idades mais avançadas) dos momentos que assinalam o início das fases sensíveis para o desenvolvimento da capacidade anaeróbia, comparativamente com a aeróbia.



(a)



(b)



(c)

Figura 2. Conveniência do treino aeróbico (a), anaeróbico láctico (b) e aláctico (c) (Navarro e Arsenio, s.d.).

Apesar de vários autores salientarem a existência de um número cada vez maior de crianças envolvidas em regimes de treino de intensidade muito elevada (Rowland, 1996b), um treino especialmente desenhado para sobrecarregar o músculo esquelético e o sistema cardio-pulmonar, os efeitos destes regimes de treino muito vigorosos sobre as funções fisiológicas ainda não são sobejamente conhecidos. As orientações do treino com crianças, nomeadamente do treino em natação, apontam no sentido de alguma protecção dos sistemas biológicos das crianças em prole da manutenção da sua própria saúde.

Os possíveis efeitos negativos do treino intensivo precoce têm sido analisados segundo diferentes prismas. Outros autores estudaram a relação entre o treino intensivo precoce e o crescimento e a maturação. Contudo, a comprovação destes efeitos parece ainda estar longe de ser realizada (American Academy of Pediatrics - Committee on Sports Medicine and fitness, 2000). Rowland (1996b) refere, num âmbito genérico, uma necessidade crítica de aumento do conhecimento referente à resposta fisiológica da criança ao exercício e da relação desta resposta com a saúde e bem-estar da mesma.

Uma das assumpções relativas ao treino de crianças assenta no receio associado ao desenvolvimento da potência e capacidade anaeróbias, na medida em que este exige intensidades de trabalho muito elevadas, muitas vezes associadas a treino intensivo precoce, afectando o desenvolvimento do organismo infantil e comprometendo o rendimento desportivo futuro. O que é curioso é que, paralelamente a este cuidado, alguns metodólogos sugerem, por exemplo, que o treino de velocidade sobre distância de 10 a 15 metros deve começar em idades jovens, no início do treino básico do nadador, antes da fase de especialização (Navarro e Arsenio, s.d.). A justificação assenta na incidência que o esforço de velocidade tem no sistema nervoso central. A fadiga neuromuscular inibe o fenómeno da contracção/relaxamento muscular e fatiga o sistema nervoso central, obrigando-o a adaptar-se.

2.5. Controlo do treino

O controlo do treino constitui um conjunto de processos que visam o diagnóstico da prestação desportiva com vista à sua potencialização e o seu sucesso está fortemente dependente da qualidade dos métodos e instrumentos de avaliação utilizados (Vilas-Boas, 1989). Os melhores métodos de avaliação da capacidade de desempenho anaeróbio serão aqueles que se deverão utilizar no controlo do treino relativo ao desenvolvimento dos processos energéticos anaeróbios. A qualidade de ser o melhor está fortemente dependente da aplicabilidade prática do método, havendo algumas vezes que optar por métodos menos rigorosos que permitam obter informações objectivas fiáveis (Vilas-Boas, 1989). Ser o melhor está dependente, também, da sua adequação ao tipo de movimento realizado por cada desportista em particular e ao seu estado de crescimento e desenvolvimento maturacional, pelo que a ênfase da revisão que se segue foi colocada não só na avaliação de nadadores, mas também na aplicabilidade dos diferentes métodos analisados a crianças. Um bom entendimento da resposta da criança ao exercício físico, contudo, requer técnicas de medida precisas, embora estas, por si só, não sejam suficientes se não tivermos, também, um conjunto de instrumentos válidos que nos permitam interpretar os dados, conjugando e dissociando a influência das mais diversas variáveis.

2.5.1. Indicadores de capacidade de desempenho anaeróbio

A pesquisa efectuada na *PubMed* no âmbito da utilização de três indicadores possíveis de capacidade anaeróbia – débito de oxigénio, dívida de oxigénio e La^- – revelou uma produção científica relativamente escassa no âmbito do desporto em geral e muito escassa no capítulo particular da natação. Os indicadores em questão foram introduzidos de forma isolada no campo de busca, de forma a termos uma ideia geral da abrangência da sua utilização, e ligados a outras palavras-chave (desportos, exercício, desportos e anaeróbio, exercício e anaeróbio, natação, natação e anaeróbio). O La^- revelou ser vastamente utilizado na investigação científica, o que se poderá dever à maior facilidade do seu doseamento, particularmente no sangue, comparativamente com o débito e a dívida de oxigénio. De entre estes dois últimos, o mais popular parece ser a dívida

de oxigénio, o que pode dever-se à falta de consenso entre os investigadores quanto à validade do uso do débito. Directamente relacionados com o estudo da resposta anaeróbia de nadadores, a *PubMed* revelou a existência de apenas 8 pesquisas realizadas com indicadores respiratórios (dívida e débito de O₂) e um número bastante vasto (106) com recurso ao indicador metabólico (La⁻) enunciado. Particularmente desencorajantes foram os resultados da busca de trabalhos realizados com crianças pré-púberes, cuja pesquisa revelou a ausência de resultados para os indicadores respiratórios e apenas 6 estudos com o indicador metabólico.

Os presentes resultados da busca de literatura são concordantes com a afirmação de que o conhecimento relativo às crianças, particularmente o relativo ao potencial de desempenho anaeróbio é muito parco, ainda que tenhamos que ter em consideração que parte da literatura da especialidade pode estar publicada em livros de actas de congressos e seminários.

2.5.1.1. Turnover de fosfatos de elevado potencial energético e actividade glicolítica

A avaliação da produção e metabolização de fosfatos de elevado potencial energético, fosfatos estes metabolizados na via de ressíntese ATP-CP, e a avaliação da actividade enzimática e a produção e depleção de substratos associados à actividade do sistema glicolítico são os indicadores mais directos da contribuição das vias metabólicas anaeróbias para um dado esforço e do seu potencial desenvolvimento (Rowland, 1996b). Contudo, requerem procedimentos invasivos, tais como técnicas de biopsia muscular, por exemplo, que são de difícil implementação e de difícil utilização com crianças. O recurso à ressonância magnética nuclear é já também possível, mas o procedimento é muito dispendioso e não aplicável à situação real de esforço, uma vez que os dados têm que ser recolhidos em laboratório, com o sujeito o mais imobilizado possível, e somente após esforços cujas características estão muito afastadas do ambiente desportivo habitual.

2.5.1.2. Deficit de oxigénio

O deficit de oxigénio é um conceito muito antigo que foi utilizado pela primeira vez em 1920, por Krogh e Lindhard (Gastin, 1994). Foi definido como o equivalente de O_2 da energia que não é fornecida pelo metabolismo aeróbio durante o exercício, sendo indicado pela diferença entre a energia fornecida pelo sistema aeróbio e a demanda energética total do trabalho (Gastin, 1994). A energia fornecida durante a fase de deficit do exercício representa a energia primária não aeróbia e deriva dos fosfagénios que estão armazenados no músculo e da glicólise anaeróbia. Neste sentido, quando medido durante esforços exaustivos breves, o deficit de O_2 , expresso em equivalentes de O_2 ($ml.kg^{-1}$), deveria reflectir a verdadeira capacidade anaeróbia. Durante os anos 70, o deficit acumulado de oxigénio foi utilizado por Karlsson e Saltin (Gastin, 1994), mas foi Medbø et al. que, em fins dos anos 80, reabilitaram este conceito, estimulando novos interesses na área da avaliação do exercício (Medbø et al., 1988). No âmbito de esforços exaustivos supramáximos, este método popularizou-se, quer para medidas em adultos (Bangsbo et al., 1993; Medbø et al., 1988), quer para crianças (Carlson e Naughton, 1998).

A mensuração directa do deficit de oxigénio depende da determinação adequada do custo energético do trabalho total, o que não é difícil em exercícios submáximos, uma vez que o *steady-state* no consumo de oxigénio (VO_2) representa o custo energético (Gastin, 1994), assumindo-se o mesmo custo para exercícios supramáximos. Contudo, a validade do deficit acumulado de oxigénio como medida de capacidade anaeróbia, tal como qualquer um dos outros métodos até hoje utilizados, foi também questionada (Bangsbo, 1996; Green et al., 1996), uma vez que o custo energético não é medido, mas sim estimado, quer através da assunção de uma eficiência mecânica constante ou extrapolando a relação entre a intensidade do trabalho e o VO_2 referente a intensidades submáximas para níveis supramáximos (Gastin, 1994). Tal não impediu, contudo que Ogita e colaboradores (Ogita, 2000a; Ogita, 2000b; Ogita et al., 1996; Ogita et al., 1997; Ogita et al., 2003) realizassem importantes estudos no domínio da prestação anaeróbia de nadadores e aumentassem o conhecimento relativo a esta área nesta disciplina específica.

A validade deste método, enquanto medida capaz de reflectir a capacidade anaeróbia de um sujeito, é indicada pelo nivelamento do deficit acumulado de O_2 que ocorre com a continuação do trabalho

submáximo e parte da assunção de que a eficiência mecânica respeitante ao trabalho submáximo é similar à correspondente a esforços supramáximos. Esta situação não será exactamente verdadeira, na medida em que o exercício supramáximo ocasionará uma subida maior no consumo de O_2 , comparativamente com aquela que é prevista a partir do esforço submáximo, conduzindo a uma subestimação do valor do deficit acumulado de O_2 (Saltin, 1990). Apesar destas limitações, o método continua a revelar-se promissor enquanto medida de capacidade anaeróbia, uma vez que constitui um meio não invasivo de quantificar a produção de energia anaeróbia durante exercícios exaustivos (Gastin, 1994). De facto, esta medida foi considerada por vários autores como o indicador mais sensível de capacidade anaeróbia, com a vantagem de, no mesmo esforço, levar o fornecimento energético anaeróbio ao seu limite e considerar o contributo aeróbio.

A utilização do deficit acumulado de oxigénio com crianças carece ainda, de acordo com Rowland (1996a), de pesquisa futura, o que parece comprometer a sua utilização em estudos com amostras de sujeitos em estados iniciais de desenvolvimento pubertário. Há contudo estudos em que o deficit acumulado de O_2 já foi utilizado com nadadores jovens (9.5 a 18 anos), tendo mostrado um crescimento da funcionalidade anaeróbia com a idade (Bone et al., 1990; Takahashi et al., 1992b).

2.5.1.3. Dívida de oxigénio

A dívida de oxigénio corresponde ao consumo de O_2 medido durante a recuperação de um esforço em que o valor basal de VO_2 foi excedido. Se, por um lado, a dívida de O_2 foi utilizada por alguns autores [e. g. (Fellmann et al., 1986)] e considerada um indicador fiável de capacidade anaeróbia, outros desaconselharam vivamente o seu uso enquanto indicador de capacidade anaeróbia, induzindo à sua desacreditação (Vandewalle et al., 1987).

Gastin (1994) realizou uma abordagem histórica ao uso da dívida de oxigénio, explicando, em particular, os factores que levaram ao seu abandono enquanto indicador de produção de energia de origem anaeróbia. De acordo com aquele autor, a hipótese clássica da dívida de oxigénio terá sido proposta por Hill e colaboradores e veio a ser alterada, posteriormente, em 1933, por Margaria e colaboradores. Segundo o autor original, o volume de O_2 consumido após a finalização do exercício

estaria relacionado com a remetabolização do La^- , que seria utilizado, fundamentalmente e durante o período de recuperação, na ressíntese de glicogénio, pagando a dívida contraída durante a fase inicial do esforço. Margaria et al. (1933) foram mais longe e sugeriram mesmo o reconhecimento de duas componentes no período de recuperação, uma rápida inicial, que estaria relacionada com a reposição de energia de origem aláctica, seguida de uma lenta, relacionada com a reposição de energia de origem láctica. O descrédito da dívida de oxigénio adveio, fundamentalmente, do reconhecimento de que há vários factores que afectam o consumo de O_2 referente ao período de recuperação do esforço, nomeadamente a forte dissociação existente entre o VO_2 em repouso e a acumulação e destino do La^- (substrato destinado primariamente à oxidação e não tanto à ressíntese de glicogénio), e, principalmente, outros factores que estimulam o funcionamento mitocondrial pós-esforço (elevação da temperatura, actividade hormonal elevada, alteração das concentrações de fosfagénios no músculo e as necessidades energéticas relacionadas com a reposição da homeostase) (Green e Dawson, 1993; Rowland, 1996a).

2.5.1.4. Lactatemia

O uso de testes de La^- com vista à realização do controlo do treino não é um tema novo (Gladden, 2001). Existe um extenso corpo de conhecimentos relativo ao uso do La^- enquanto ferramenta de medida em várias actividades desportivas e vários trabalhos que discutem a oportunidade do seu uso (Rushall, 1991; Simon, 1997; Smith et al., 2002).

Gastin (1994) refere que a concentração máxima de La^- encontrada após exercício intenso é usada com frequência como medida da energia libertada durante o esforço. É, no entanto, obrigatório concordar que o La^- sanguíneo e a *performance* anaeróbia são duas dimensões distintas, ainda que, contudo, intimamente relacionadas. A produção de La^- é resultante de uma via metabólica anaeróbia, razão pela qual as suas concentrações máximas pós-exercício são utilizadas como indicadores da participação do metabolismo anaeróbio como fornecedor de energia para a contracção. Ibañez et al. (1995) estabeleceram uma relação entre o aumento do La^- *net* (Lanet) e a melhoria da capacidade de produção de energia derivada da glicólise anaeróbia, tendo tomado

também em consideração a duração do esforço. O La^- é, assim, uma medida parcial da quantidade de trabalho anaeróbio realizado numa determinada tarefa, mas uma medida afectada por vários factores, que fazem desvalorizar a informação gerada por este metabolito.

De entre os vários factores capazes de alterar as concentrações de La^- em função da intensidade do esforço realizado podem salientar-se, como mais significativos, a dieta alimentar, o estado de fadiga (curta ou longa duração), a eficiência do movimento, o estado mental, as percepções da tarefa e os factores ambientais, como a altitude e a temperatura da água. Alguns destes factores são fáceis de controlar em ambiente laboratorial, mas não em testes realizados no terreno. É necessário pensar, também, que o La^- é uma medida de contexto global. Em modalidades desportivas onde a fadiga localizada é prevalente, a concentração de La^- é maior em determinados segmentos do corpo, comparativamente com outros.

Da discussão em torno da validade do La^- , enquanto medida do estado de *performance*, Rushal (1991) ressalva alguns aspectos que passamos a descrever. Primeiro, as concentrações de La^- sanguíneo parecem não reflectir em que medida um ou mais estados de *performance* evidenciam um estado de treino desejável, uma vez que demasiados factores distorcem esta avaliação. Segundo, sob o ponto de vista das adaptações ao treino, o La^- parece ser suficientemente sensível para revelar alterações que ocorrem durante a fase adaptativa ao exercício inicial. Contudo, parece não ser suficientemente sensível para revelar as alterações subtis que ocorrem quando o estado atlético está perto do seu máximo. Quando mais adaptado está o atleta, menos valor parece ter o La^- como medida de definição do estado de treino. Em terceiro lugar, as concentrações de La^- parecem não reflectir uma porção significativa da resposta do nadador. Em suma, por um lado, o La^- , enquanto medida única e isolada de outros indicadores, parece não proporcionar evidência suficiente para a alteração do programa de treino de um atleta. Por outro, os resultados são de grande importância para o controlo do treino se devidamente ponderados e tendo em conta as suas limitações e se as comparações realizadas se restringirem apenas ao âmbito intraindividual (Vilas-Boas, 1989).

Quando o La^- é doseado no sangue, a discussão mais importante relativa ao valor encontrado está relacionada com o facto dele não traduzir a verdadeira dimensão do fenómeno muscular, na medida

em que é o reflexo final de um conjunto de três processos: produção-difusão e remoção (Jacobs, 1986; Jacobs et al., 1982; Jacobs et al., 1983).

Em síntese, o La^- , enquanto parâmetro de avaliação e controlo do treino, está rodeado de algumas limitações importantes e varia com a idade, sexo e estilo de nado (Avlonitou, 1996) Contudo, não deixa de ser o metabolito resultante do metabolismo anaeróbio mais facilmente doseável, pelo que a sua utilização continua a ser visível em estudos relativos ao potencial anaeróbio de desportistas.

2.5.1.5. Frequência cardíaca

A avaliação da FC em reposta ao exercício tem vindo a ser realizada desde há largos anos, tendo as técnicas evoluído da simples palpação da artéria carótida, imediatamente após a finalização do esforço (Magel, 1970), até à utilização dos modernos e sofisticados dispositivos de telemetria.

Na década de 70 sabia-se já que o padrão de resposta cardíaca na natação era similar ao de eventos de corrida, ainda que a magnitude da resposta cardíaca fosse menor na natação (Magel e McArdle, 1970). Alguns estudos evidenciaram valores de FC submáximos e máximos inferiores na natação, quando comparados com a corrida ou o ciclismo com cargas similares. A explicação para este fenómeno incluiu factores decorrentes das características específicas do próprio meio aquático (temperatura mais elevada e maior capacidade de dissipação de calor para a água, diminuindo o desvio da corrente sanguínea para a pele), da posição corporal (supressão da necessidade de sustentação do peso corporal pela existência da força de impulsão e retorno venoso facilitado) e da quantidade de massa muscular activa envolvida no esforço de nado (apontada como menor na natação).

Na década de 70, considerava-se que a FC podia ser usada para avaliação da *performance*, providenciando um indicador de intensidade de nado quando medida logo após a finalização do esforço (Magel e McArdle, 1970). O uso do pulso cardíaco permitiria ao treinador assegurar-se que cada nadador trabalhava no seu máximo. Esta convicção era decorrente da relação existente entre a FC e o trabalho realizado. Os 175 a 178 bpm eram apontados como valores máximos para nadadores adultos jovens e valores iguais ou acima de 200 bpm seriam usuais em crianças. Hoje

em dia, a utilização da frequência cardíaca (FC) enquanto indicador de intensidade parece não reunir muita popularidade (Maglischo, 2003; Navarro e Arsenio, s.d.), ainda que no treino da resistência aeróbia, nomeadamente da potência aeróbia, existam valores de referência de resposta a treino da FC.

Se bem que não pareça sensato utilizar a FC enquanto parâmetro de avaliação ou treino de esforços anaeróbios de curta duração e de intensidade máxima, uma vez que o coração necessita de um tempo de adaptação para ajustar as suas força e frequência de contracção, em função das exigências sistémicas, e que a FCmax não chega a ser atingida antes da cessação do exercício, também é um facto que pouco se conhece relativamente à resposta cardíaca imposta por diferentes tipos de movimento. Neste âmbito, encontram-se na literatura os estudos de Taoutaou et al. (2003) que registaram os valores da FC máxima de esforço associada ao teste *Wingate* realizado em cicloergómetro, em nadadores e sujeitos não desportistas com idades compreendidas entre os 9 e os 24 anos, e de Dupont et al. (2000) que registaram os valores de FC obtida por crianças e adultos no final de cada um de 6 percursos de 20s de nado.

2.5.2. Métodos mais directos e indirectos de determinação do potencial anaeróbio na actividade desportiva em geral e na natação em particular

A análise cronológica da investigação realizada com vista ao melhor entendimento da fisiologia do exercício revela uma orientação tendencial dos estudos para a avaliação do sistema metabólico aeróbio. O estudo da resposta a esforços de natureza anaeróbia tem atraído menor atenção por parte dos investigadores, o que parece dever-se, principalmente, à natureza invasiva das metodologias mais directas de determinação do potencial anaeróbio e à dificuldade em validar metodologias indirectas, sejam elas laboratoriais ou de terreno.

A utilização preferencial das metodologias indirectas, que não caracterizam a verdadeira natureza dos fenómenos biológicos, não tem contribuído para minimizar a carência de informação relativa ao sistema metabólico anaeróbio, o que se tem reflectido a vários níveis. Primeiro, não se conhecem bem quais os mecanismos subjacentes ao desenvolvimento do potencial anaeróbio com o

crescimento e a maturação. Segundo, não se conhece a verdadeira resposta de desportistas a esforços de natureza anaeróbia, o que tem repercussões directas ao nível do controlo e aconselhamento do treino. Por último, a diversidade de amostras e metodologias utilizadas tem dificultado a uniformização das respostas e limitado a comparação dos resultados.

Apesar das evidentes insuficiências dos testes indirectos, são poucas as alternativas aos métodos de ressonância magnética e aos métodos histoquímicos e bioquímicos de análise de amostras musculares recolhidas por biopsia. Por isso, a investigação apontou, desde sempre, a necessidade de aperfeiçoamento e aferição dessas mesmas metodologias, uma vez que, e principalmente em crianças, a observação directa do músculo ou outras estruturas orgânicas é pouco viável e levanta problemas éticos sérios.

Se as questões anteriores se aplicam ao desporto em geral, no caso particular da natação há ainda a acrescentar uma outra dificuldade, não menos importante, relacionada com o meio onde decorre a actividade. Os investigadores da natação sabem como é difícil colocar no meio aquático instrumentos e equipamentos de avaliação já desenvolvidos para testes laboratoriais em seco e, como tal, muitas vezes, optam por realizar testes pouco específicos para nadadores. As diferenças mais ou menos óbvias no tipo de sobrecarga muscular induzida em situações de esforço terrestre, onde há ausência de fenómenos quer hidrostáticos, quer hidrodinâmicos, conduz, naturalmente, a resultados eventualmente pouco tradutores do verdadeiro potencial dos nadadores. Se algumas barreiras já foram ultrapassadas no domínio aeróbio, no que se refere ao desempenho anaeróbio ainda há um longo caminho a percorrer. Neste âmbito, é primordial e urgente reunir um conjunto válido de equipamentos de avaliação da capacidade de desempenho anaeróbio, capazes de fornecer indicadores tão aproximados quanto possível do real potencial anaeróbio dos nadadores, e comparar a similitude ou desigualdade das respostas dos nadadores de diferentes escalões etários face a um protocolo experimental.

Dois grandes problemas da mensuração do potencial anaeróbio são a falta de critérios aceitáveis que permitam definir o que constituem os vários tipos de habilidade anaeróbia e as grandes diferenças existentes entre os instrumentos de medida, o que dificulta a comparação de resultados (Inbar et al., 1996). Acrescem também as dificuldades relacionadas com a forte participação aeróbia

em esforços intensos, que pode atingir os 70 ou 80% em esforços contínuos de 2 min de duração ou em esforços intensos repetidos, segundo Medbø e Tabata (1989) e um pouco menos para outros autores (confr. Quadro 3).

A criação de protocolos de avaliação da resposta fisiológica da criança ao exercício tem sido uma das dificuldades experimentadas pelos investigadores desta área (Armstrong e Welsman, 1997a; Armstrong e Welsman, 1997b; Rowland, 1996b). Estas dificuldades estão intrinsecamente relacionadas com aspectos como o crescimento e a maturação biológica e com variáveis de carácter psicológico, como a maturidade emocional e a motivação para a participação em protocolos de avaliação, por exemplo. Do ponto de vista extrínseco, as variáveis mais importante parecem ser os constrangimentos éticos impostos à investigação e a dificuldade em determinar um marcador fisiológico para estimar, quer o contributo anaeróbio numa dada actividade particular, quer o nível de capacidade anaeróbia do indivíduo (Rowland, 1996b).

Nos dias de hoje, apesar do crescente número de estudos relacionados com a fisiologia do exercício em crianças em crescimento, o corpo de informação reunido é, muitas vezes, inconclusivo e conflituoso. Isto deve-se, entre outros, ao uso de diferentes amostras ou populações e ao uso de metodologias muito diferenciadas (Inbar et al., 1996; Rowland, 1996b). Bar-Or (1993) refere, inclusivamente, a falta de protocolos *standard*, válidos e fiáveis, para determinação do potencial anaeróbio de crianças. Apesar da dificuldade em comparar resultados provenientes de estudos que utilizam metodologias distintas, alguns protocolos para avaliação de adultos estão bem estabelecidos (Bouchard et al., 1991), ainda que não totalmente validados.

Os testes laboratoriais para determinação do potencial anaeróbio têm-se baseado em esforços cuja duração total é inferior a 1-2 min de duração (Rowland, 1996a). Trata-se de testes baseados em marcadores fisiológicos difíceis de validar e que partem do pressuposto de que os exercícios curtos e intensos reflectem o potencial anaeróbio do indivíduo. Estes testes podem ser classificados em muito curtos (duração inferior a 1-10 s) e curtos (20 a 60 s de duração) (Inbar et al., 1996). Inbar et al. (1996) referem que, apesar das dificuldades inerentes à avaliação do potencial anaeróbio, existem diversos protocolos de avaliação.

De acordo com Armstrong e Welsman (1997b), os testes de avaliação do potencial anaeróbio podem ser divididos em duas categorias: aqueles que tentam medir a potência do sistema e aqueles que tentam determinar a capacidade total do sistema. Contudo, de acordo com Inbar et al. (1996), nem sempre os termos potência anaeróbia e capacidade anaeróbia foram utilizados nas mesmas circunstâncias, levantando-se, muitas vezes, discussões relativas à validade dos testes (Beneke et al., 2002), concluindo-se que nem sempre os mesmos medem aquilo que se supunha medirem.

Para testar a função anaeróbia é necessário considerar alguns pressupostos importantes:

- a) A capacidade anaeróbia deve ser determinada utilizando exercícios em que as fontes de energia anaeróbias sejam esgotadas.
- b) A capacidade anaeróbia de um grupo muscular é altamente dependente das suas velocidade e força de contracção (Sargeant, 1989).
- c) Os resultados dos testes anaeróbios são altamente específicos em relação aos músculos avaliados (Sargeant, 1989).

Os principais métodos de determinação do potencial anaeróbio, directos e indirectos, têm sido descritos por vários autores de referência no estudo do mesmo (Bar-Or, 1993; Green, 1995b; Malina et al., 2004; Rowland, 1996a; Sargeant, 1989; Van Praagh, 1996; Van Praagh e Dore, 2002; Williams, 1997). Contudo, ainda não existe um que seja universalmente aceite, dado não existir um mecanismo directo para a validação da capacidade individual de desempenho anaeróbio (Gastin, 1994).

No âmbito dos métodos mais directos, a biopsia muscular percutânea (Bell et al., 1980; Inbar et al., 1983; Jacobs et al., 1982) e a ressonância magnética do P31 (Hancock et al., 2005; Miller et al., 1988; Zanconato et al., 1993) são duas metodologias já utilizadas para determinar aspectos relacionados com a capacidade de desempenho anaeróbio de sujeitos, desportistas ou sedentários, de vários escalões etários. Os marcadores de funcionalidade anaeróbia habitualmente mensurados são os substratos deplecionados e os produtos intermédios ou finais das cadeias metabólicas, as enzimas alostéricas ligadas a essas mesmas cadeias e o equilíbrio ácido/base do meio ambiente intracelular. Apesar dos métodos directos deverem ser tomados como referência na comparação

com outros de ordem indirecta, não estão isentos de problemas e limitações. Em relação à biopsia muscular, apesar dos metabolitos musculares e as alterações relativas nas suas concentrações terem sido utilizados para estimar a capacidade teórica do sistema energético anaeróbio, não foram estabelecidos procedimentos de rotina para calcular a capacidade anaeróbia usando este método (Gastin, 1994). O cálculo das concentrações relativas de alguns metabolitos é feito, ainda, estimando a quantidade de massa muscular activa envolvida no exercício (cerca de 20-30% do peso corporal, dependendo do modo de exercício) e parte-se também do princípio que todos esses músculos estão envolvidos no esforço da mesma forma que a amostra recolhida (Gastin, 1994). Por fim, a utilização da biopsia pode conduzir à subestimação da energia produzida por via anaeróbia, uma vez que continuam a ocorrer reacções entre o momento da paragem do exercício e o momento em que a porção de tecido muscular a analisar é recolhida (Gastin, 1994). Em relação à ressonância magnética, a principal limitação situa-se na impossibilidade de controlar as diferenças morfológicas entre sujeitos (Naughton et al., 2000).

A avaliação indirecta do potencial anaeróbio utiliza como critério a potência mecânica, sendo os testes divididos em duas categorias: os testes de potência máxima, que visam medir a potência mecânica que um músculo ou grupo muscular consegue gerar num período de tempo curto, variável entre 1 a 10s (Serresse et al., 1989), e os testes de capacidade anaeróbia, que visam medir a capacidade do músculo ou músculos sustermem uma potência elevada ao longo do tempo, geralmente variável entre os 15 e os 60s. A determinação da potência ou da capacidade envolvidas em esforços como saltar, subir escadas, arremessar, correr, pedalar e nadar já foi tentada por diversos autores. Encontram-se na literatura referências a testes padronizados de salto vertical (Rohrs et al., 1990; Sands et al., 2004), de escadas, como o de *Margarita* (*Margarita Step Test* ou *Margarita-Kalamen Stair-climb Test*) (Margarita et al., 1966; Rohrs et al., 1990), de arremesso, como o de *Gillespie* e *Keenum* (Mayhew et al., 1992; Mayhew et al., 1995; Salonia et al., 2004), de corrida, como o *yo-yo Intermittent Recovery Test* (Atkins, 2006), de pedalagem, com MS ou inferiores, como o teste *Wingate* (Bar-Or, 1987). Não foram encontrados testes padronizados de avaliação do potencial anaeróbio para nado, mas alguns dos testes anteriores foram adaptados e

aplicados em nado simulado (Morton e Gastin, 1997; Rohrs et al., 1990), amarrado (Rohrs et al., 1990) ou em tapete rolante de água (*swimming flume*).

A tentativa da utilização de métodos de regressão na avaliação do potencial anaeróbio, apesar de não tão recente quanto se possa pensar, verificou, particularmente no campo do atletismo e da natação, um *boom* na sua utilização, após as investigações recentes no campo da VC. A utilização de indicadores decorrentes de funções $W(t)$, $V(t)$ ou $d(t)$ parece ainda não ter reunido evidências suficientes que validem o método enquanto determinante de desempenho anaeróbio de nadadores (confr. 2.5.2.3).

Uma pesquisa na *PubMed* centrada nos métodos que, em nosso entender, possam permitir uma avaliação eventualmente mais adequada do potencial anaeróbio de nadadores foi realizada previamente à revisão de cada método em particular. O recurso à biopsia muscular e a métodos de regressão parecem sobrepor-se ao uso de ergômetros e da ressonância magnética nuclear. Estes resultados globais, resultantes da utilização da designação do método como palavra-chave única, têm contudo, de ser analisados com algum cuidado. O recurso à biopsia muscular inclui um vastíssimo número de trabalhos realizados com animais. Quando a pesquisa é restringida ao campo da natação e do exercício anaeróbio em particular, os resultados são parcos, revelando 6 escassos trabalhos realizados em adultos. Não há, na *PubMed*, resultados relativos a biopsias musculares realizadas em crianças em idade pré-pubertária. O uso da ressonância magnética cinge-se, no campo desportivo, ao capítulo da fadiga e, ainda assim, associada a movimentos absolutamente incharacterísticos no domínio desportivo. A utilização de ergômetros, que basicamente remete as pesquisas ao conforto dos laboratórios, revela um uso mais vasto de ergômetros de braços e, particularmente, do cicloergómetro, no domínio desportivo, o que se deve particularmente à facilidade da aplicação de protocolos incrementais com intensidades absolutamente controladas e à utilização do popular teste *Wingate*. Contudo, quando os resultados são restringidos à natação e ao exercício anaeróbio em particular, os resultados evidenciam a necessidade de mais pesquisa.

2.5.2.1. Ergometria

A forma mais comum de determinar a *performance* anaeróbia envolve a determinação ergométrica, não invasiva, do trabalho mecânico e proporciona um método indirecto de avaliação daquela qualidade (Gastin, 1994). Os testes de avaliação do potencial de desempenho anaeróbio podem ser divididos, de uma forma muito global, em testes supramáximos (*all out tests*) ou testes até à exaustão, onde a intensidade é mantida constante. Os testes de intensidade (ou potência) constante foram propostos para bicicleta ergométrica e para tapete rolante e partiram da assumption, cuja validade foi futuramente desacreditada (Vandewalle et al., 1989; Vandewalle et al., 1987), de que a capacidade anaeróbia seria tanto maior quanto maior fosse a duração de um exercício de intensidade ou potência supramáxima. Estes testes de intensidade constante vieram a dar origem à famosa relação entre a quantidade total de trabalho realizado e o tempo decorrido até à exaustão, à qual Moritani et al. (1981) chamaram potência crítica e que outros autores vieram mais tarde a explorar (Jenkins e Quigley, 1991), como veremos mais à frente. Como indicadores de capacidade de desempenho anaeróbio, é usual utilizar a potência máxima ou pico máximo da potência (*peak power*), o tempo realizado à potência máxima, o (IF), o trabalho total e o tempo decorrido até à exaustão. Os testes podem ser ainda vocacionados para a avaliação da potência anaeróbia (testes de força-velocidade, de salto vertical, de escadas e de cicloergometria) (Vandewalle et al., 1987) ou da capacidade anaeróbia (teste *Wingate*).

Apesar da popularidade dos testes máximos (*all out tests*) e dos testes realizados até à exaustão, importa aqui referir, em jeito de síntese, que, de facto, apesar de serem aparentemente bons indicadores de potencial de prestação anaeróbia, estes testes parecem não ser capazes de medir a total expressão da capacidade anaeróbia, entidade considerada finita, uma vez que há factores relacionados com uma melhor prestação nestes testes que não estão directamente ligados com os processos anaeróbios, como sejam um fluxo aumentado de La^- e de iões hidrogénio durante o exercício, uma melhoria do VO_2 e/ou do $\text{VO}_{2\text{max}}$, um aumento da concentração de mioglobina, uma melhoria da eficiência mecânica e até mesmo factores de ordem volitiva (Gastin, 1994; Green, 1995b).

2.5.2.1.1. Ergometria em natação

A capacidade do nadador se propulsionar na água está dependente da sua força muscular e de uma mecânica de nado eficaz. Nadar curtas distâncias a velocidades muito elevadas (50, 100 e 200 m) requer, em princípio, uma percentagem relativa de força maior do que aquela que é necessário no nado de longas distâncias. A força parece ser um factor muito importante para desenvolver a velocidade em *sprints* de nado curtos, uma vez que a velocidade de nado é resultante da força propulsiva produzida e do grau de resistência encontrado. Dado que a força por si só, não garante a produção de uma melhor propulsão, uma vez que se impõe o uso de um adequado padrão mecânico de nado, os estudos da força em nadadores rapidamente se orientaram no sentido de determinar não só a força máxima ou média de um nadador num determinado esforço, mas também no sentido de determinar e relacionar as variações intracíclicas da força com aquele padrão.

O reconhecimento da importância relativa da força na natação está na base do desenvolvimento de vários instrumentos de mensuração da força ou potência musculares e da realização de vários estudos ergométricos realizados na modalidade, alguns dos quais falaremos mais à frente. Dos vários instrumentos utilizados, alguns estão disponíveis no mercado, em versões actualizadas e comercializáveis. Vários foram sendo, também, alterados ou criados por equipas de investigadores, sendo pertença desses grupos de investigação. A utilização daqueles instrumentos não ficou, contudo, simplesmente adstrita à avaliação da força e potência musculares, tendo-se estendido o seu uso à avaliação fisiológica de nadadores. Autores contemporâneos à criação e vasta utilização de ergómetros em natação (Magel e McArdle, 1970) referiram, inclusivamente, que o sucesso de um nadador depende do desenvolvimento da força muscular e da resistência, do alargamento das capacidades aeróbia e anaeróbia e de uma mecânica de nado eficiente.

2.5.2.1.2. Testes em cicloergómetro

A cicloergometria tem sido, desde há muito tempo, utilizada para investigar as respostas metabólicas a esforços de intensidade e duração variáveis. Nos anos 70 os cicloergómetros começaram a ter impacto nos estudos relacionados com intensidades máximas de esforço (Winter,

1991). A duração destes testes varia, tipicamente, entre os 10s de um teste de *força-velocidade*, em que o objectivo é reflectir somente a potência máxima do indivíduo testado, e os 30 a 40s (Bar-Or, 1987; Green, 1995b; Katch et al., 1977; Winter, 1991), no sentido de obter a *performance* anaeróbia do sujeito. Estes testes podem ir até aos 60, 90 ou 120s (Medbø e Burgers, 1990), ainda que, quanto maior for a duração do teste, mais difícil se torna medir a competência anaeróbia, uma vez que o contributo aeróbia para o esforço se torna cada vez mais significativo (Inbar et al., 1996). O teste *Wingate*, de 30s, tem sido o teste mais usado, uma vez que se acredita que reflecte a potência anaeróbia do sujeito, quer no que respeita ao sistema de energia armazenada (ATP livre no músculo e ciclo do ATP-CP), responsável pela potência explosiva dos primeiros segundos de um teste à intensidade máxima, quer na participação da glicólise anaeróbia.

2.5.2.1.2.1. Teste Wingate

2.5.2.1.2.1.1. Descrição do teste

O teste *Wingate* foi desenvolvido em meados e finais dos anos 70, no Departamento de Pesquisa e Medicina Desportiva do *Wingate Institute for Physical Education and Sport*, em Israel, tendo por base um protocolo previamente sugerido por Cumming (1973). Este teste tornou-se o método mais popular de determinação das características anaeróbias (Bouchard et al., 1991; Inbar et al., 1996; Rowland, 1996a), quer de indivíduos adultos, quer de crianças. Esta popularidade parece dever-se ao facto de se tratar de um teste simples, não invasivo, de custo baixo e de fácil implementação. O protocolo é suficientemente versátil para permitir testes ergométricos de membros superiores (MS) e inferiores. É também um teste que pode ser utilizado em populações variadas e com idades variadas e que permite avaliar, num curto intervalo de tempo, um elevado número de sujeitos.

Armstrong e Welsman (1997b) referem que a maior parte da informação obtida no âmbito do rendimento anaeróbio de crianças deriva deste teste, integralmente aplicado ou modificado. Isto não significa, contudo, e segundo a opinião dos próprios autores do teste (Inbar et al., 1996), que este seja o melhor procedimento de determinação da potência anaeróbia, particularmente porque o que se mede, efectivamente, é a capacidade do organismo converter energia química anaeróbia em

energia mecânica. É apenas um teste amplamente utilizado e de fiabilidade devidamente comprovada, particularmente por se tratar de um teste que produz resultados muito similares quando repetido. Os coeficientes de correlação teste-reteste encontrados por vários autores variam entre 0.89 e 0.98 (Bar-Or, 1987; Patton et al., 1985). Acredita-se também tratar-se de um teste válido, ou seja, um teste que mede, efectivamente aquilo que se propõe, ou seja, a capacidade anaeróbia, ainda que este seja um aspecto discutível (Beneke et al., 2002). A validade do teste *Wingate* só pode ser comprovada por via indirecta, uma vez que não existe um método ou protocolo padrão com o qual o possamos comparar. A consideração da sua validade assenta nas elevadas correlações encontradas com resultados de outros testes de potência anaeróbia, nomeadamente *sprints* curtos e 25 metros de nado, particularmente quando são utilizados os resultados expressos em W/kg (Tharp et al., 1985). O protocolo inicialmente proposto foi sofrendo, gradualmente, várias alterações decorrentes de novas experimentações. A descrição que apresentamos de seguida baseia-se nas indicações mais actuais relativas à aplicação do teste.

O teste *Wingate* pressupõe 30s de acção de pedalagem, à velocidade máxima e contra resistência constante, realizada com os MS ou inferiores. A resistência é predeterminada para que o sujeito avaliado desenvolva uma potência mecânica supramáxima e que o aparecimento da fadiga ocorra nos primeiros segundos de teste. A determinação da resistência óptima do teste é um dos factores a considerar aquando da preparação do mesmo (Dotan e Bar-Or, 1983; Okano et al., 2001). Dotan e Bar-Or (1983) e Patton et al. (1985) observaram resultados não muito diferentes quando uma resistência ligeiramente diferente da óptima foi aplicada, mas esta mesma resistência pode variar consideravelmente para sujeitos com idades e níveis de aptidão física distintos ou para sujeitos desportistas de modalidades distintas (Inbar et al., 1996).

Para a realização do teste utilizam-se cicloergómetros simples e ergómetros de braços, consoante se pretendam realizar testes envolvendo MI ou superiores, respectivamente. Tradicionalmente, o teste podia ser aplicado utilizando o ergómetro mecânico e um cronómetro, contando-se as RPM do pedal visualmente. Os equipamentos mais recentes utilizam dispositivos fotoeléctricos ou electromagnéticos para contar o número de RPM e estão conectados a um computador que dispõe de *software* que faz o cálculo automático da resistência adaptada a cada indivíduo, uma vez

fornecido o seu peso. Sal guarde-se que o referido *software* foi desenvolvido com base em tabelas de resistência desenvolvidas, quer para testes de MS ou de MI, por Bar-Or (1993), as quais pressupõem que os indivíduos têm uma relação normal entre a sua massa muscular e a sua massa corporal. O *software* permite, ainda, realizar o cálculo directo da potência que está a ser aplicada em cada momento do teste.

Previamente ao início do teste é realizado um aquecimento cujas características têm variado entre diferentes trabalhos de investigação. De acordo com Inbar e tal. (1996) e Bar-Or (1987), o protocolo mais usual consiste na realização de 3-5 a 10 min de exercício no ergómetro onde vai ser realizado o teste, alternando 30s de exercício com 30s de repouso. A FC média deverá situar-se, para crianças, nos 160 bpm (150 bpm em adultos). Rowland (1996a) refere que, para testes de braços, a FC deve situar-se entre os 120 e os 130 bpm. Ainda de acordo com Inbar et al. (1996), poderão ser utilizados protocolos mais curtos, de 2 a 4 min de exercício durante os quais se realizam dois ou três esforços máximos de 4 a 8s de duração. Outro exemplo de aquecimento é colocar o sujeito a pedalar, a baixa cadência, com a resistência que vai ser utilizada durante o teste, incluindo 2 a 3 *sprints* máximos de 4 a 7s (Dotan e Bar-Or, 1983). Cruikshank (1993) utilizou um aquecimento a 60 RPM, com 25% da resistência máxima a utilizar no teste.

Depois do aquecimento e antes do início do teste propriamente dito os investigadores permitem um período de 3 a 5 min de repouso, com o objectivo de eliminar a fadiga associada ao esforço exercido durante o aquecimento. Ainda que os vários protocolos de aquecimento não tenham sido comparados de forma sistematizada, os estudos realizados têm partido do pressuposto de que os procedimentos anteriormente descritos são utilizáveis e eficazes para vários grupos, independentemente da idade, género ou estado de saúde.

Terminado o período de repouso pós-aquecimento dá-se início ao teste. A forma de iniciar o teste é variável, conquanto a mais popular pareça ser a da aplicação da resistência máxima após uma contagem decrescente de 5s, particularmente quando se usam ergómetros com fricção mecânica, o que tem como objectivo vencer a resistência da roda e encurtar a fase de aceleração inicial. Acredita-se que, quando finalizado o *countdown* e aplicada a carga máxima, a velocidade de pedalagem (RPM) está no seu máximo. A contagem dos 30s também pode ser iniciada logo ao sinal

de partida do investigador, com a carga já a postos, ou pode iniciar-se a pedalagem e aplicar a carga apenas no momento de velocidade óptimo, desde que o controlo das RPM seja visualmente possível. Existem, actualmente, laboratórios que dispõem de *software* que determina, exactamente, o momento em que a carga máxima deve ser aplicada. Assim que a resistência máxima é aplicada a contagem das RPM inicia-se. O registo dos resultados ocorre a cada 1 a 5s de teste (Rowland, 1996a), sendo mais usual a utilização dos valores médios de cada 3 ou 5s de teste (Inbar et al., 1996).

Pelo facto do protocolo de avaliação deste teste ser bastante rigoroso, logo após o término dos 30s de pedalagem contra a resistência máxima, o indivíduo deve continuar o exercício por até mais 5 min, contra uma resistência muito leve.

Quando da aplicação do teste *Wingate*, há vários aspectos a ter em consideração no sentido de obter resultados o mais ajustados possível à real capacidade dos indivíduos avaliados (Inbar et al., 1996):

- i) Motivar o sujeito para o esforço, implementando, por exemplo, competição com ou sem prémio (Rowland, 1996a), durante todo o tempo de duração do teste e principalmente durante os últimos 10 a 15 segundos;
- ii) Adequar o comprimento da alavanca do pedal ao tamanho do membro inferior (MI);
- iii) Utilizar fixadores do pé ao pedal da bicicleta.
- iv) Respeitar intervalos de 20min de duração quando há necessidade de repetir o teste, seja porque o primeiro foi invalidado, seja porque o protocolo de avaliação contempla testes múltiplos. Quando se testam MS após MI, é possível utilizar um intervalo de 15 min. Na situação inversa o intervalo mais curto também é adequado.

2.5.2.1.2.1.2. Informação obtida com o teste *Wingate*

O teste *Wingate* permite determinar o trabalho externo realizado pelo indivíduo durante o tempo de exercício, expresso em três índices de potência, máxima, média e mínima. A potência máxima, ou o

valor mais elevado registado em qualquer momento do teste é calculada com base na resistência aplicada (para ergómetros em que a roda é frenada mecanicamente) e na velocidade da roda. A potência máxima surge, usualmente, nos primeiros segundos de teste, e corresponde à média dos valores mais elevados obtidos entre 3 a 5s de teste consecutivos. A potência média é a média da potência gerada durante tempo total de teste. Não se trata de uma média calculada aritmeticamente, mas da média dos valores obtidos em fracções de 3 ou 6s. A potência mínima é o valor médio de potência mais baixo obtido em vários segundos consecutivos. É comum que qualquer valor de potência seja expresso em watts (W) e em termos absolutos e relativos, ou seja, normalizado à massa total (W/Kg) ou à massa magra do sujeito (W/Kg de massa magra).

O IF, ou grau de declínio, em percentagem, na prestação durante o teste, é outro dos parâmetros habitualmente calculados durante o teste *Wingate* e expressa o quociente da diferença entre a potência máxima e mínima e a potência máxima.

Segundo (Rowland, 1996a), a potência máxima é um provável indicador de potência anaeróbia aláctica, dado que os valores máximos no teste surgem, usualmente, em adultos, entre os primeiros 5 a 10 s de esforço. Inbar et al. (1996) e Bar-Or (1987) referem, no entanto, que a potência máxima deve, antes, ser considerada como reflectora da habilidade dos músculos produzirem uma elevada potência mecânica num curto período de tempo. De acordo com os resultados de Jacobs (1983), os níveis de La^- muscular após apenas 10s de teste são extremamente elevados (36 mmol.kg peso seco), o que sugere uma participação glicolítica importante desde os primeiros momentos do teste.

A potência média foi apontada como provável indicador de capacidade anaeróbia. No entanto, a capacidade anaeróbia não é determinável através do *Wingate*, devido à curta duração do teste. Os 30s não são suficientes para esgotar o mecanismo glicolítico de produção de energia (Saltin, 1990; Vandewalle et al., 1989), não deplecionando totalmente as reservas energéticas anaeróbias. A potência média deve ser preferencialmente considerada, então, como uma medida da capacidade de sustentar um elevado dispêndio energético (elevada potência), ou seja, da resistência muscular (Armstrong e Welsman, 1997b). Dito de outra forma, a potência média traduz a potência mecânica produzida pelos músculos dos membros do corpo num curto período de tempo (Inbar et al., 1996). Inbar et al. (1996), sugerem a não rotulação das potências máxima e média, sugerindo que os

resultados devem ser analisados e discutidos previamente, no sentido de se poder determinar aquilo que possam significar (potência, capacidade ou outro). A relevância do IF, em termos de determinação do potencial anaeróbio é, segundo Inbar et al. (1996) e Rowland (1996a), pouco clara.

2.5.2.1.2.1.3. Limitações do teste *Wingate*

A carga ou resistência aplicada no teste *Wingate*, quer para MS, quer para membros inferiores, é função de vários factores, como o estado de aptidão física, a modalidade praticada pelo sujeito a avaliar, a idade e o desenvolvimento maturacional, o género e a composição corporal do sujeito. Contudo, quando se utiliza uma bicicleta *Monark™* é comum estabelecer a resistência do teste *Wingate* realizado em cicloergómetro nos 0.075g/Kg de peso corporal, ou seja, nos 7.5% da massa do indivíduo. Esta foi a carga de resistência determinada aquando do desenvolvimento do teste, sendo a que, inclusivamente, aparece por *default*, no *software Power™*, apesar de, actualmente, ser uma carga de resistência mais associada a testes desenvolvidos com crianças (Inbar et al., 1996). Após os primórdios do desenvolvimento do teste *Wingate* e com a sua cada vez maior aplicação, as cargas de resistência foram sendo adaptadas para diferentes populações, embora ainda não tenha sido encontrado um método consensual para determinação da carga do teste com exactidão, seja para adultos, seja para crianças. Esta situação é particularmente mais crítica quando se fala de testes *Wingate* realizados em ergómetros de braços, específicos ou adaptados.

Nesta questão das resistências a aplicar, é ainda importante uma outra questão, que não só a do tipo de população alvo e o ergómetro que se vai utilizar. É necessário definir, em função do objectivo do estudo, qual o resultado do teste que nos é mais importante, uma vez que a resistência necessária para obter a mais elevada potência máxima pode ser um pouco mais elevada do que a necessária para obter a mais elevada potência média dos sujeitos (Bar-Or, 1987; Vandewalle et al., 1987). Vandewalle (1987), sugerem, por exemplo, que a carga de resistência para testes mais longos que os 30s padrão deve ser mais baixa. A carga de resistência máxima deverá ser aplicada quando se procuram indicadores de potência anaeróbia, incluindo o ciclo do ATP-CP e a glicólise anaeróbia. Cargas ligeiramente menores deverão permitir melhores resultados no âmbito da

capacidade anaeróbia, melhor indicador da capacidade de o sujeito sustentar o funcionamento da glicólise anaeróbia.

A duração total do teste *Wingate* é algo que tem sido discutido por alguns autores, particularmente quando a pretensão é medir a capacidade anaeróbia. O protocolo padrão dos 30s pode não ser suficiente para medir esta capacidade, particularmente porque a glicólise anaeróbia só se esgota entre os 90 e os 120s (Vandewalle et al., 1989). O protocolo dos 30s é particularmente popular porque a exaustão induzida pelo teste é particularmente difícil de suportar, nomeadamente se consideramos sujeitos menos treinados, sujeitos para os quais o tipo de movimento é menos específico, ou crianças. Além disso, quanto maior for a duração do teste maior a probabilidade de o sujeito tentar dosear o seu esforço, inibindo o teste de intensidade máxima. Green (1995b) refere, também, que, se estivermos apenas à procura de um indicador de capacidade anaeróbia, porque não a medimos directamente, e se procurarmos um indicador de ordem mecânica, como a *endurance* muscular (Bar-Or, 1987), os 30s são suficientes. Testes da ordem dos 20s de duração também já foram investigados, tendo-se desenvolvido, inclusivamente, métodos preditivos dos resultados dos testes de 30s a partir dos resultados dos testes de 20s (Marquardt, 1992; Vandewalle et al., 1987). Talvez pelo aumento do erro no cálculo dos resultados, sem grande necessidade aparente para desportistas treinados, esta duração parece não ter sido alvo de grande popularidade, excepção feita para sujeitos sedentários.

2.5.2.1.2.2. Teste força-velocidade

O teste de força-velocidade (Bedu et al., 1991) surgiu como alternativa ao teste *Wingate* e difere daquele, basicamente, na forma de aplicação da carga de resistência. No teste de força-velocidade, as revoluções do pedal da bicicleta são contadas enquanto o sujeito realiza uma série de *sprints* máximos curtos. A representação gráfica deste teste expressa uma relação parabólica entre a potência e a força de resistência aplicada. O ponto mais alto da parábola permite identificar o pico da potência alcançado pelo sujeito e a força óptima a aplicar como carga de resistência. Este teste apresenta algumas vantagens relativamente ao *Wingate*, como o facto de ser um teste menos

extenuante e, como tal, menos influenciável por factores de ordem psicológica, e providencia informação independente nas duas componentes da potência muscular, a força e a velocidade. Contudo, a vantagem maior parece ser a não necessidade de proceder ao cálculo da resistência óptima a aplicar em função do peso corporal do sujeito. No teste de força-velocidade a resistência óptima é efectivamente determinada em função da massa muscular. Contudo, pelo menos em crianças é possível observar que os valores de resistência óptima a que Van Praagh et al. (1990) chegam para crianças (6.8% e 8.5% da massa corporal para raparigas e rapazes, respectivamente) com o teste força-velocidade, não estão muito distantes do valor médio de 7.5% aconselhado para o teste Wingate. Em termos de desvantagens, a de menor expressão, ainda que de elevada importância, parece ser o maior tempo dispendido para realizar o teste de força-velocidade, mas principalmente, o teste *Wingate* propicia informação não só do pico da potência aplicada pelo sujeito, mas também da potência média, um valor particularmente importante quando se pretende, por exemplo, estudar o comportamento da fadiga.

2.5.2.1.3. Ergómetro de braços de pedal

Os ergómetros de braços de pedal surgiram um pouco pela necessidade de adaptar os testes realizados em cicloergómetro a desportistas envolvidos em modalidades onde a dominância dos movimentos se encontra nos MS, tal como os nadadores e os remadores, por exemplo. Na falta de ergómetros de pedal específicos, os próprios cicloergómetros também foram adaptados de forma a serem utilizados como ergómetros de braços, aparecendo referenciados, algumas vezes, como ergómetros de braços adaptados.

Os ergómetros de braços são geralmente utilizados com os indivíduos sentados numa cadeira. Alguns autores utilizaram a posição deitada, especialmente em avaliações realizadas com nadadores, uma vez que é sabido que a posição corporal influencia a reacção simpato-adrenérgica e que é essa a posição de nado. Contudo, Pluto et al. (1988), num trabalho desenvolvido com estudantes de desporto, observaram que os substratos da glicólise aeróbia e anaeróbia não mostraram diferenças óbvias na dependência da posição corporal.

O número de estudos encontrados na literatura não é muito vasto, pelo que optamos por reuni-los num quadro sinóptico (Quadro 9) onde se apresentam os objectivos, o tipo de ergómetro utilizado e conclusões principais.

Quadro 9. Quadro sinóptico, cronológico, de alguns estudos realizados com ergómetro de braços de pedal, contendo os objectivos, o tipo de ergómetro utilizado e as principais conclusões dos mesmos.

Autor	Objectivos	Ergómetro	Conclusões principais
Patton e Duggan (1987)	Comparação da potência anaeróbia de MS e MI de biatletas e controlos	<i>Bodyguard 990 ergometer, Ogloen, Norway</i>	Existem diferenças significativas entre sujeitos treinados e não treinados.
Rohrs et al. (1990)	Comparar sete testes anaeróbios e relacioná-los com a <i>performance</i> de nado.	<i>Monark cycle ergometer</i>	O teste que melhor determina a capacidade anaeróbia depende do nível de habilidade dos grupos.
Hawley e Williams (1991)	Determinar a relação entre a potência anaeróbia dos membros superiores e a <i>performance</i> de nado.	<i>Monark 881upper body</i>	Existe uma forte relação entre a potência anaeróbia dos MS, medida pelo teste <i>Wingate</i> de braços, e a <i>performance</i> de nado, quer de <i>sprint</i> , quer de eventos de longa (400m) distância.
Little (1991)	Identificar atributos da <i>performance</i> de judocas de diferentes escalões competitivos.	<i>Monark cycle ergometer</i> modificada	A potência anaeróbia dos MS está relacionada com a melhor prestação desportiva no judo.
Lopategui et al. (1994)	Rever as respostas fisiológicas e metabólicas de nadadores de competição durante exercícios terrestres e aquáticos.		Artigo de revisão.
Nindl et al. (1995)	Determinar a <i>performance</i> anaeróbia dos MS e dos MI de adolescentes atletas	<i>Monark cycle ergometer</i>	Outros factores que não a massa muscular são responsáveis pelas diferenças entre sexos na <i>performance</i> anaeróbia.
Faina et al. (1997)	Determinar o contributo anaeróbio para o tempo limite à mínima intensidade de exercício à qual o VO ₂ max ocorre, em nadadores, remadores e nadadores.	Ergómetro de braços (<i>arm cranking</i>), apenas para os nadadores	O valor médio percentual de energia anaeróbia dispendida foi de 15.2±6%, (16.8% para nadadores, 11.5% para remadores, 16.4% para ciclistas)
Hutzler et al. (1998)	Determinar a potência aeróbia e anaeróbia dos MS de sujeitos com paralisias dos membros.	<i>Fleish Metabo: Basel, Switzerland</i>	Foram encontrados diferentes níveis de Pmax em função do tipo de paralisia dos membros.
Swaine e Winter (1999)	Comparação das respostas cardio-pulmonares a dois tipos de exercício realizado com os MS em nadadores de competição.	Cicloergómetro modificado	O nado simulado é a forma mais adequada de ergometria terrestre para avaliação de nadadores.
Falk et al. (2000)	Avaliar a força muscular e a potência anaeróbia de rapazes jovens com hemofilia.	<i>Fleish Metabo: Basel, Switzerland</i>	Crianças e adolescentes com hemofilia têm menor força muscular e menor potência anaeróbia quando comparados com controlos.
Colantonio et al. (2003)	Determinar o VO ₂ em testes de MS e de MI em nadadores e jogadores de pólo-aquático.	Bicicleta <i>Monark</i> adaptada para MS	A magnitude no ajuste do VO ₂ é maior para os MS.

2.5.2.1.4. Nado amarrado

A velocidade de nado é resultante da relação entre a força propulsiva, força promotora do deslocamento, e da força resistiva, ou força oposta ao deslocamento, sendo que quando a velocidade de deslocamento do corpo na água é constante, as duas forças igualam-se. Na medida em que a força propulsiva tem que sobrepor-se à força resistiva para produzir aceleração positiva, desde os primeiros estudos sobre natação que os investigadores se interessam pela produção da primeira e a tentam medir utilizando, entre outras, a técnica de nado amarrado.

Se realizarmos uma pesquisa actual numa base de dados como a *PubMed*, as referências mais antigas que encontramos, utilizando nado amarrado como expressão de pesquisa, datam do início dos anos 70 (Magel, 1970; Magel, 1971). Contudo, estes não foram efectivamente os primeiros trabalhos realizados utilizando esta técnica. A referência mais antiga que nos foi possível encontrar foi um trabalho de Cureton, datado de 1930 (Cureton, 1930). Entre esta data e 1970 encontramos ainda referências a Karpovich e Pestrecov (1939), Mosterd (1961), Mosterd e Jongbloed (1964) e Magel e Faulkner (1967).

Fundamentalmente, esta técnica visa a fixação do nadador, pelo peito ou, mais comum e actualmente, pela cintura, através de um cabo fixo a um dispositivo de medição de força. Os dispositivos da década de 70 começaram por ser escalas de mola ou dinamómetros (Magel e McArdle, 1970), sendo hoje mais comum a utilização de células de carga. Nos inícios da investigação com nado amarrado, alguns autores utilizaram sistemas de roldanas com pesos atados a uma das extremidades (Magel, 1970). Esses pesos teriam que ser suportados pelo nadador, de forma a fixá-lo num determinado local, mantendo-o predominantemente estacionário. A base da utilização desta técnica reside no facto de, à velocidade zero, se poder considerar que a propulsão iguala o arrasto, pelo que toda a força medida é força propulsiva, anulando-se a questão da difícil mensuração do arrasto. Magel (1970) foi um dos primeiros autores a afirmar que a força propulsiva produzida, à velocidade zero, providencia uma boa estimativa da força propulsiva que pode ser desenvolvida durante o nado livre regular.

Para registo dos dados da força fornecidos pelas escalas de mola e dinamómetros mais antigos, autores como Magel utilizaram transdutores de força que produziam impulsos eléctricos posteriormente recolhidos por desmoduladores. Os desmoduladores modificavam o sinal eléctrico de origem e estando ligados a cimógrafos, permitiam a impressão dos dados da força em papel do tipo milimétrico. O traçado gráfico era discriminante em relação às fases propulsivas e de recuperação de cada ciclo de nado.

Em substituição do cabo fixo, também foram utilizados dispositivos tais como tubo cirúrgico (Papoti et al., 2005a), *mini-gyms* e *exer-geniles*. Estes últimos constituíram os sistemas de nado semi-amarrado, que teriam a vantagem de minimizar os efeitos deletérios que o nado amarrado teria sobre a mecânica da braçada. Ainda assim, os sistemas de nado semi-amarrado não constituíram uma solução perfeita. Maglischo e Maglischo (1984) vieram a demonstrar a existência de alterações no padrão das braçadas quando o nadador passa da situação de nado livre para a de nado parcialmente amarrado.

A substituição do cabo de aço por elásticos que permitissem uma maior aproximação ao nado real e a realização de esforços incrementais foi uma alternativa pouco explorada. Neste âmbito Papoti et al. (2005a) foram bastante inovadores ao determinar a força em esforços máximos e na intensidade de LAN.

Nos primeiros estudos realizados com nado amarrado os registos da força eram realizados através de um cimógrafo, instrumento científico que consiste num tambor rotativo que sustém papel onde uma caneta marca um traçado contínuo (Mosterd e Jongbloed, 1964), posteriormente substituído pelo computador.

Os estudos desenvolvidos com o método de nado amarrado não se detiveram apenas na análise do comportamento da força propulsiva, expandindo-se para estudos relativos ao comportamento bioenergético de nadadores (Bonen et al., 1980; Gergley et al., 1984). A popularidade deste método chegou até aos nossos dias e ainda muito recentemente, Kjendlie e Thorsvald (2006) demonstraram a sua fiabilidade numa avaliação da força máxima num protocolo de teste-reteste.

Apesar do elevado número de estudos realizados com este instrumento, alguns dos quais sintetizados no Quadro 10, a verdade é que ele se tem mantido bastante subdesenvolvido, particularmente face às mais ou menos recentes evoluções tecnológicas. A sua maior limitação, apontada por vários autores e demonstrada por Maglischo e Maglischo (1984), parece residir nas alterações induzidas ao nível da mecânica da braçada (Cazorla et al., 1984), quer no que respeita aos tempos de duração das diferentes fases que constituem um ciclo de nado, quer na própria direcção do trajecto. No nado a velocidade zero, a criação de massas de água turbulentas à volta do corpo do nadador parece diminuir a eficácia do apoio e diminuir a velocidade de deslocamento da mão, o que tem, obviamente, sérias consequências sobre a capacidade de produção de força propulsiva, que é exactamente aquilo que, na maioria dos casos, se pretende medir.

Os dispositivos de nado amarrado não foram criados apenas com o sentido de realizar a avaliação da força ou de componentes bioenergéticas do treino de nadadores. Uma das preocupações iniciais foi a do seu uso enquanto instrumento de treino capaz de aumentar a força e resistência de nadadores e também de melhorar efectivamente a mecânica de nado. A intervenção ao nível da mecânica de nado seria possível adicionando a fotografia aquática, a análise da produção da força e o registo dos padrões de nado (Magel e McArdle, 1970).

A força propulsiva varia periodicamente em cada ciclo de nado, o que origina acelerações e desacelerações do corpo do nadador. Quanto maiores forem estas variações, menos económico será o nado. Como tal, o estudo da variação intracíclica da força, a par da variação intracíclica da velocidade, tornou-se fundamental para uma intervenção mais apurada na técnica de nado, tendente a minimizar a amplitude das variações, quer da aplicação da força, quer, em consequência, da velocidade, na medida em que a segunda é decorrente de uma correcta aplicação da primeira. Neste sentido, encontramos, na literatura, estudos velocimétricos realizados em situação de nado semi-amarrado, tais como o de Craig e Pendergast (1979) e outros seguintes, como o de Costill et al. (1987). Na literatura encontramos, ainda, alguns trabalhos que denotam esta preocupação em medir a força e a velocidade, simultaneamente, no sentido da sua aplicação na avaliação e treino de nadadores. As pesquisas referidas foram realizadas em situação de nado

semi-amarrado, usando adaptações dos *Swim Bench Systems* (Costill et al., 1986; Maglischo e Maglischo, 1984) ou dispositivos similares (Alves et al., 1994).

A maioria dos dados da literatura relativos à determinação do potencial anaeróbio usando sistemas de determinação da força em nado amarrado ou da força e potência em nado semi-amarrado está confinada a populações não treinadas, usando rapazes jovens, e falha na quantificação do nível de maturação, preferindo o uso da idade cronológica, o que foi já indicada como um indicador pobre de maturação (Taylor et al., 2001). Os estudos que envolvem raparigas são escassos, com uma particular falta de informação para o intervalo entre os 13 e os 16 anos.

Quadro 10. Quadro sinóptico, cronológico, de estudos realizados com sistemas de nado amarrado ou semi-amarrado.

Autor (Ano)	Tipo de teste	Amostra	Objectivo
Goldfuss e Nelson (1970)	Nado amarrado, fio de modelismo ligado a estrutura rígida de alumínio conectada ao nadador	Adultos, sexo masculino	Realizar a análise de parâmetros temporais da braçada de crol realizada em nado amarrado.
Mage (1970)	Nado amarrado		Determinação da força propulsiva medida durante nado amarrado nos quatro estilos de nado.
Magel (1971)	Nado amarrado		Comparar a resposta fisiológica a várias intensidades submáximas de trabalho em nado amarrado e corrida em tapete rolante.
Bonen et al. (1980)	Nado amarrado, conexão com sistema de roldanas	Adultos	Comparar o VO_2 max obtido em nado livre, amarrado e em swimming flume.
Yeater et al. (1981)	Nado amarrado, conexão com cabo de aço	Adultos, sexo masculino	Determinar a força de nado amarrado nas técnicas de crol, costas e bruços e a sua relação com as <i>performances</i> competitivas.
Adams II et al. (1983)	Nado amarrado e semi-amarrado	Adultos, ambos os sexos	Determinar as relações entre a força e a FG em nado amarrado, entre a força em nado semi-amarrado e a velocidade correspondente e entre a velocidade de nado livre e a FG.
Gergley et al. (1984)	Nado amarrado	Jovens, sexo masculino	Comparar os efeitos do treino de nado livre e simulado em <i>swim bench</i> na potência aeróbia da natação e da corrida.
Maglischo e Maglischo (1984)	Nado semi-amarrado, conexão a mecanismo adaptado de <i>swim bench</i>	Adultos, ambos os sexos	Comparar a mecânica de nado dos nadadores de crol nadando normalmente e semi-amarrados.
Costill et al. (1985)	Nado amarrado, conexão com sistema de roldanas	Jovens ambos os sexos	Examinar a utilidade dos valões de recuperação do VO_2 para determinar o custo de oxigénio em nada de crol submáximo e máximo.

Neufer et al. (1987)	Nado semi-amarrado	Sexo masculino	Determinar o efeito da redução do treino na força muscular e <i>endurance</i> de nadadores de competição.
Bollens et al. (1988)	Nado amarrado, cabo conectado a dinamómetro	Nadadores, Sexo masculino	Comparação do EMG periférico obtido em nado de crol amarrado e livre.
Cabri et al. (1988)	Nado amarrado, sistema de "dinamómetro de nado"	Adultos, sexo masculino	Determinar a relação entre a FG, a força e dados electromiográficos obtidos em nado de crol amarrado.
Rohrs e Stager (1991)	Nado amarrado com tubo elástico de borracha.	Jovens, sexo masculino	Avaliar a potência e a capacidade anaeróbia em nadadores de competição.
Rohrs et al. (1990)	Nado amarrado com tubo elástico de borracha.	Adultos, ambos os sexos	Determinar a relação entre 7 testes anaeróbios e a <i>performance</i> de nado.
Rinehardt et al. (1991)	Nado amarrado, conexão com sistema de roldanas	Jovens, ambos os sexos	Comparar três métodos de determinação do VO ₂ max
Mitchell e Huston (1993)	Nado amarrado, conexão com sistema de roldanas	Jovens, sexo masculino	Determinar o efeito do aquecimento de alta e baixa intensidade em respostas fisiológicas, na acumulação de La ⁻ e na <i>performance</i> de nado livre e amarrado de alta intensidade.
Tanaka et al. (1993)	Nado amarrado, sistema isocinético	Adultos, sexo masculino	Determinar o efeito do treino da resistência em seco na <i>performance</i> de nado na técnica de crol.
Ikuta et al. (1996)	Nado amarrado, conexão com sistema de roldanas	Adultos, sexo masculino	Aplicação do conceito de VC e da potência crítica ao nado amarrado, para determinação da força crítica de nado.
(Hooper et al., 1998)	Nado amarrado, cordas de <i>nylon</i>	Jovens e adultos, ambos os sexos	Determinar o efeito de três técnicas de <i>taper</i> na força, <i>performance</i> e medidas psicométricas de nadadores de competição.
Swaine e Doyle (1999)	Nado semi-amarrado		Relacionar a potência média da braçada e da pernada do nado simulado e semi-amarrado.
Vorontsov et al. (1999a)	Nado amarrado, com corda com interior em borracha	11-14anos (♂) 13-15 anos (♀)	Determinar o impacto da maturação na força de nadadores.
Vorontsov et al. (1999b)	Nado amarrado, com corda com interior em borracha	11-18 anos (♂)	Determinar o padrão de crescimento de algumas características físicas e funcionais e de algumas habilidades motoras.
Wirtz et al. (1999)	Nado semi-amarrado	Adultos, ambos os sexos	Determinar se o incremento do tempo em nado amarrado depende da <i>performance</i> do nadador e do nível técnico dos nadadores e como pode o procedimento ser utilizado para diagnóstico.
Taylor et al. (2001)	Nado amarrado, vários grupos de idade e maturação	Grupos de idade, sexo masculino	Determinar a influência do sexo, da maturação e da idade cronológica na produção de força máxima e média em nado amarrado.
Papoti et al. (2002)	Nado amarrado, com cabo de aço	Jovens, (11 ♂ e 3♀)	Determinar o efeito do <i>taper</i> na força de nado e na <i>performance</i>

Dopsaj et al. (2003)	Nado amarrado	Adultos	Determinar a validade e a fiabilidade do método de nado amarrado para estimar parâmetros cinemáticos básicos e características mecânicas da força propulsiva em nadadores.
Peyrebrune et al. (2003)	Nado amarrado, com corda não elástica	Adultos, sexo masculino	Determinar o efeito da restrição da frequência respiratória no <i>sprint</i> de nado e no metabolismo usando nado amarrado.
Taylor et al. (2003)	Nado amarrado com corda pré-esticada	Jovens, sexo masculino	Determinar as alterações que ocorrem na <i>performance</i> anaeróbia em nadadoras circum-pubertárias.
Strojnik et al. (1999)	Nado semi-amarrado	Jovens e adultos, sexo masculino	Determinação da relação força-velocidade na natação.
Kjendlie e Thorsvald (2006)	Nado amarrado com tubo de borracha dissipador de força	Adultos, (25 ♂ e 7 ♀)	Determinação da fiabilidade do teste de nado amarrado e o efeito das variações diurnas, nível de <i>performance</i> e familiarização nos resultados do mesmo.

2.5.2.1.5. Banco simulador de nado

O banco simulador de nado usado para medição da força produzida para superar tarefas específicas e a distância total de cada movimento de nado em laboratório tem por base um movimento de braçada de características isocinéticas. Neste dispositivo, supõem-se que os movimentos são realizados sempre à mesma velocidade, uma vez que a resistência oposta ao movimento é acomodada em função da força que vai sendo gerada. O facto da velocidade correspondente a cada movimento ser constante e conhecida permite calcular facilmente o trabalho mecânico (1) e a potência mecânica (2) associados ao esforço dispendido:

$$(1) \quad f \cdot d = N \cdot m = J$$

onde, f : força; d : distância; N : Newtons; m : metros; J : Joules

$$(2) \quad f \cdot d \cdot t^{-1} = J \cdot s^{-1} = W$$

onde, f : força; d : distância; t : tempo; W : Watts

O dispositivo isocinético mais popular na natação é o *biokinetic swim bench*. O banco de nado começou por ser designado como *isokinetic swim bench* (Schleihauf, 1983) ou banco isocinético, e não é claro, na literatura, quando e porque motivo passou a ser designado como banco biocinético. Robert Schleihauf (comunicação pessoal, 26 Set 2007) refere que, na sua perspectiva, Doc

Counsilman criou os nomes para dois dispositivos, mas não documentou os detalhes referentes às diferenças entre os mesmos, provavelmente para manter uma vantagem competitiva negocial. A partir de conversas com Doc Counsilman, Schleihaulf pôde concluir que o banco isocinético inicial usava pás frenadas mecanicamente para gerar resistência, enquanto os bancos biocinéticos usavam um gerador eléctrico para o mesmo fim. Ainda de acordo com a opinião de Schleihaulf, ambos os bancos são isocinéticos, na sua natureza, mas os biocinéticos constituíram uma segunda série na linha de dispositivos de treino de Counsilman. De acordo com Jan Swaine (comunicação pessoal, 1 Out 2007), a mudança de nome deu-se por questões de rigor, pelo facto do banco simulador de nado não ser um dispositivo verdadeiramente isocinético. Swaine explica que o banco funciona por meio da aceleração de um tambor frenado por fricção, o qual demora uma fracção de segundo a começar a criar resistência, e, em consequência, a velocidade da braçada altera-se um pouco. De acordo com o autor, aquando da fabricação e comercialização dos primeiros bancos, os fabricantes pensaram que este pormenor não era importante, mas, nos Estados Unidos, vieram a decorrer acções em tribunal contra os mesmos, o que os levou a modificar o nome para banco biocinético. Noutros países, ainda de acordo com a descrição de Swaine, os fabricantes não alteraram o nome do banco, o que pode ter originado descrições do mesmo sob a designação de isocinético.

O banco simulador de nado tem sido alvo de estudos continuados, nomeadamente no que se refere à sua utilização enquanto: (1) instrumento de avaliação de nadadores e estimador de *performance*, particularmente no âmbito da resposta mecânica a exercícios de carácter aeróbio; (2) enquanto instrumento de treino e (3) enquanto instrumento de avaliação e recuperação de nadadores lesionados. No Quadro 11 encontram-se ordenados cronologicamente alguns dos estudos mais representativos da investigação realizada com bancos simuladores de nado. A análise do quadro torna clara a preferência da investigação por amostras constituídas por nadadores do sexo masculino e por estudos de âmbito metabólico aeróbio, deixando uma lacuna na informação relativa quer ao sexo feminino, quer aos processos anaeróbios.

Quadro 11. Quadro sinóptico, cronológico, de estudos realizados com banco biocinético.

Autor (Ano)	Modalidade	Amostra	Objectivo
Armstrong e Davies (1981)	Natação	Jovens, sexo masculino	Determinar a capacidade aeróbia máxima e parâmetros cardiorespiratórios associados de nadadores jovens e comparar os méritos relativos do cicloergómetro, tapete rolante e <i>swim bench</i> na obtenção destas medidas máximas.
Sharp et al.(1982)	Natação	Adultos, ambos os sexos	Determinar a relação entre a potência dos MS e a <i>performance</i> no <i>sprint</i> de nado.
Costill et al. (1983)	Natação	-----	Determinar a relação entre a velocidade e a potência em <i>sprint</i> de nado, utilizando o mecanismo da <i>swim bench</i> para realizar testes de água.
Miyashita e Kanehisa (1983)	Natação	Jovens, sexo masculino	Determinar o efeito do treino da força isocinético, isotónico e de nado na <i>performance</i> de nado.
Olbrecht e Clarys (1983)	Natação	-----	Comparar o padrão de movimento da braçada de crol realizada em diferentes ergómetros e em nado livre.
Schleihauf (1983)	Natação	-----	Discutir a inespecificidade do banco por comparação com os padrões de nado.
Swaine e Reilly (1983)	Natação	Adultos, ambos os géneros	Determinar o significado da FG livremente escolhida pelo nadador na obtenção da máxima velocidade de nado.
Yancher et al. (1983)	Natação	Várias idades, acima da adolescência	Demonstrar a utilidade da pesquisa relacionada com o valor do treino de força e do treino da técnica na natação.
Gehlsen et al. (1984)	-----	Adultos com esclerose múltipla	Quantificar os efeitos de um programa aquático em medidas de força e potência de pacientes com esclerose múltipla.
Gergley et al. (1984)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar a especificidade do treino dos MS na potência aeróbia de nado e da corrida.
Neufer et al. (1987)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar o efeito da redução do treino na força muscular e <i>endurance</i> de nadadores de competição.
Pluto et al. (1988)	-----	Adultos, sexo masculino	Determinar as reacções cardiocirculatórias, hormonais e metabólicas a vários testes ergométricos.
Reilly e Bayley (1988)	Natação	Jovens, sexo feminino	Determinar a relação entre a potência de curta duração e a <i>performance</i> de nado em <i>sprint</i> em nadadoras jovens do sexo feminino.
Oliver et al. (1989)	Natação	Adultos, sexo masculino	Quantificar respostas cardiorespiratórias e metabólicas agudas a um protocolo de exercício submáximo intervalado realizado em <i>swim bench</i> .
Ria et al. (1990)	Natação	Jovens, sexo masculino	Determinar a potência mecânica em nadadores jovens.
Rohrs et al. (1990)	Natação	Adultos, ambos os géneros	Estabelecer a relação entre 7 testes anaeróbios e a <i>performance</i> de nado.
Takahashi et al. (1992b)	Natação	Varias idades	Descrever a capacidade, características e desenvolvimento anaeróbio de nadadores de diferentes idades e determinar as alterações do contributo energético anaeróbio com a idade.

Prins et al. (1991)	Natação	Jovens, ambos os sexos	Monitorizar as alterações da força e potência musculares durante as últimas 7 semanas da época competitiva usando uma <i>Biokinetic Swim Bench</i> .
Roberts et al. (1991)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar a eficácia do treino biocinético na <i>performance</i> de nado.
McArdle e Reilly (1991)	Natação	Jovens, sexo masculino	Examinar o efeito da alteração de parâmetros de braçada normais no nado de crol.
Sexsmith et al. (1992)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar as respostas agudas a exercício intervalado realizado com tubo cirúrgico e <i>swim bench</i> .
Sexsmith et al. (1992)	Natação	Adultos, sexo masculino	Quantificar e comparar as respostas fisiológicas agudas a um protocolo de treino intervalado submáximo.
Takahashi et al. (1992a)	Natação	Jovens	Desenvolver um teste de terra simples que possa ser usado para medir o perfil anaeróbio de nadadores de competição.
Bradshaw e Hoyle (1993)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar correlações entre a potência determinada em terra e o <i>sprint</i> de nado.
Johnson et al. (1993)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar a potência de nadadores na água e em terra para examinar a correlação com a <i>performance</i> de nado.
Tanaka et al. (1993)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar o valor do treino de resistência terrestre na <i>performance</i> no nado de crol.
Lopategui et al. (1994)	Natação	-----	Artigo de revisão da avaliação da resposta fisiológica e metabólica de nadadores a exercício terrestre e aquático.
Swaine (1994)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar a utilidade do <i>swim bench</i> na resposta fisiológica ao nado simulado e a relação entre esta resposta e a <i>performance</i> aos 400m.
Lopategui et al. (1995)	-----	-----	Artigo de revisão da resposta fisiológica e metabólica mediante procedimentos ergométricos em ambiente terrestre e aquático.
Ogita e Taniguchi (1995)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar o pico do VO_2 obtido em <i>swim bench</i> e em nado só com os MS.
Faria et al. (1996)	Cross-country ski	Adultos, sexo masculino	Comparar a resposta a indicadores cardio-respiratórios a <i>poling</i> clássico e a <i>poling</i> duplo.
Obert et al. (1996)	Natação	Pré-púberes, sexo feminino	Determinar o efeito do treino de nado intensivo de longa duração no potencial aeróbio de raparigas pré-púberes.
Swaine (1996)	Natação	Adultos, sexo masculino	Relacionar a potência crítica obtida em <i>swim bench</i> com a <i>performance</i> de nado dos 1500m.
Swaine e Zanker (1996)	Natação	Adultos, ambos os géneros	Estabelecer respostas cardiorespiratórias repetíveis em <i>swim bench</i> .
Morton e Gatin (1997)	-----	Pós-púberes, sexo masculino	Determinar o efeito do treino de alta intensidade em plataforma na capacidade anaeróbia do trem superior e na <i>performance</i> em exercícios de curta duração.
Swaine (1997a)	Natação	Adultos, sexo masculino	Comparar a resposta cardiopulmonar ao exercício realizado em <i>swim bench</i> e em ergómetro de pernas.
Swaine (1997b)	Natação	Adultos, ambos os	Comparar a potência de MS lesionados com não lesionados durante a recuperação de lesões usando um

		géneros	teste máximo em <i>swim bench</i> .
Konstantaki et al. (1998)	Pólo aquático	Adultos, sexo feminino	Determinar a relação entre as respostas fisiológicas a testes de terra com o jogo de pólo aquático.
Konstantaki e Swaine (1999)	Natação	Adultos, sexo masculino	Comparar a resposta láctica e cardiovascular da braçada e pernada de crol simuladas.
Konstantaki et al. (1999)	Natação	Jovens, ambos os géneros	Determinar o contributo dos MS e dos MI através do treino isolado da braçada e da pernada em índices de <i>performance</i> seleccionados na água e em nado simulado.
Swaine e Doyle (1999)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar as relações entre a potência mecânica da braçada e pernada de crol usando nado amarrado e simulado.
Swaine e Winter (1999)	Natação	Adultos	Comparar a resposta da FC e do VO ₂ de nadadores a um teste incremental realizado com os MS em dois ergómetros distintos.
Vorontsov et al. (1999a)	Natação	Jovens, ambos os géneros	Determinar o efeito da maturação na força de nadadores.
Vorontsov et al. (1999b)	Natação	Jovens, sexo masculino	Determinar o padrão de crescimento de algumas características físicas e funcionais e de algumas habilidades motoras.
Swaine (2000)	Natação	Adultos, sexo masculino	Determinar a potência dos MS e dos MI usando ergómetro isocinético.
Trappe et al. (2000)	Natação	Adultos, sexo masculino	Examinar as alterações na função muscular total e nas propriedades contrácteis da fibra isolada em fibras tipo I e II do músculo deltóide de nadadores treinados após redução do volume de treino (<i>taper</i>).
Dawson et al. (2002)	Natação	Jovens, ambos os géneros	Determinar o efeito de 4 semanas de suplementação oral de creatina na <i>performance</i> em <i>sprint</i> de crol e na <i>swim bench</i> .
Potts et al. (2002)	Natação	Adultos, ambos os géneros	Determinar desequilíbrios contra-laterais na potência dos MS em nadadores saudáveis
Konstantaki et al. (2004)	Natação	Adultos, ambos os géneros	Comparar o VO ₂ obtido em nado livre e em nado simulado.

Swaine é um dos investigadores de maior referência no âmbito de estudos realizados com o banco biocinético, ainda que vários outros autores (Dawson et al., 2002; Morton e Gastin, 1997; Obert et al., 1996; Ogita e Taniguchi, 1995; Potts et al., 2002) tenham usado o *swim bench* para realizar avaliações no âmbito da natação e noutras formas de exercício com dominância dos MS, como o esqui (*cross-country skiing*) (Faria et al., 1996). A determinação do valor do uso deste ergómetro passou não só pelos estudos desenvolvidos com desportistas, mas também pela sua comparação com outros dispositivos medidores da força produzida em movimentos dinâmicos (Armstrong e

Davies, 1981; Pluto et al., 1988). Armstrong e Davies (1981) observaram que os valores máximos obtidos num teste incremental até à exaustão em *swim bench* foram consistentemente mais baixos que os encontrados noutros ergómetros, como o tapete rolante e o cicloergómetro. Pluto et al. (1988), controversamente, observaram valores de lactato mais altos e em resposta a um teste de 10min realizado também em tapete rolante e cicloergómetro.

Os benefícios máximos com o treino de força parecem só se obter quando o movimento realizado simula aquele cuja *performance* se está a tentar desenvolver (Tanaka et al., 1993), aplicando-se o mesmo princípio quando se trata de avaliação da *performance*. Isto é algo que o banco simulador de nado parece não conseguir na sua plenitude, nomeadamente no que se refere ao nado completo, e esta é uma das principais limitações que Schleihauf (1983) colocou aos bancos simuladores de nado, num estudo de reflexão teórica relativa à biomecânica do nado. Konstantaki et al. (2004), num estudo relativamente recente, puderam perceber também que o $VO_2\text{max}$ observado em resposta a nado simulado era inferior ao observado no nado real, quando a totalidade do corpo (Ms e MI) era utilizada, e daí concluíram que a simulação perfeita do nado em laboratório, usando o banco simulador de nado, ainda encontra limitações. Ainda assim, a literatura deixa antever a ideia de que o *swim bench* é o melhor ergómetro terrestre para treino e avaliação da força e potência da braçada de nadadores, nomeadamente por comparação com ergómetros de braços rotacionais (*crank ergometers*).

O desenho básico dos primeiros bancos simuladores de nado assentava em movimentos rectilíneos, dirigidos da frente para trás, num trajecto que, em nado, é justificado pela ancestral teoria do arrasto propulsivo (Schleihauf, 1983), assente na Lei da acção-reacção de Newton. As teorias explicativas da propulsão dos nadadores, nomeadamente a teoria do aerofólio e a teoria dos vórtices, alvo de avanços e descobertas ainda actuais (Toussaint et al., 2002), colocaram, contudo, o acento tónico do deslocamento do nadador em movimentos de braçada diagonais, com mudanças mais ou menos bruscas de direcção. O papel das mudanças de direcção da mão foi ganhando preponderância ao longo dos tempos e os movimentos de remada passaram a ser considerados como participantes na produção de força propulsiva capaz de propulsionar o corpo do nadador na direcção de nado. Eram exactamente os movimentos de remada e os movimentos diagonais que

não se conseguiam e, efectivamente, ainda não se conseguem, reproduzir nos bancos simuladores de nado. Esta limitação foi confirmada por Olbrecht e Clarys (1983), que perceberam diferenças importantes no traçado electromiográfico dos músculos responsáveis pela produção do movimento da braçada realizada em *swim bench* e no nado.

A revisão da literatura relativa ao uso de bancos simuladores de nado na investigação científica permitiu diagnosticar um claro domínio de estudos realizados com amostras de nadadores adultos e Jovens, do sexo masculino e utilizando protocolos de esforço de claro domínio aeróbio. Os poucos estudos com foco em esforços de tipo anaeróbio orientaram-se para a determinação do efeito do banco enquanto instrumento de treino (Morton e Gatin, 1997) e para a determinação da potência associada aos movimentos quer dos MS, quer dos MI (Swaine, 2000). Enquanto instrumento de treino, Morton e Gatin (1997) puderam comprovar o efeito positivo de 5 semanas de treino de alta intensidade realizado em *swim bench* nos sistemas energéticos anaeróbios e na *performance* associada a exercícios de elevada intensidade e curta duração. Estes autores determinaram também o estado de desenvolvimento maturacional dos nadadores que avaliaram, referindo-os claramente enquanto pós-púberes, algo que não é frequente na literatura não relacionada com preocupações relativas à maturação humana. Swaine (2000) apenas pôde observar valores superiores de potência nos MI, comparativamente com os MS, usando um esforço máximo de 30s de nado simulado. Infelizmente, dos estudos que tivemos a oportunidade de rever, apenas Takahashi et al. (1992b) incluíram o *swim bench* num estudo da potência anaeróbia de nadadores de grupos de idades onde se incluíam crianças pré e peri-púberes. Estes autores puderam observar que há um contributo energético anaeróbio inferior antes dos 13.5 anos, que a capacidade anaeróbia se desenvolve paralelamente ao aumento da área muscular durante o crescimento e que as alterações na capacidade anaeróbia afectam a prestação de nado. Obert et al. (1996) também estudaram crianças pré-púberes, mas para avaliar a resposta aeróbia ao esforço de nadadoras e Armstrong e Davies (1981) realizaram uma análise ergométrica de rapazes pré-púberes, mas também baseada em parâmetros aeróbios. Amostras do sexo feminino ou de ambos os sexos, em estudos da *performance* anaeróbia, foram utilizadas apenas e respectivamente por Reilly e Bayley (1988) e por Rohrs et al. (1990).

Apenas a título de síntese, pudemos observar que a investigação realizada com ergómetro simulador de nado fora do âmbito anaeróbio permitiu concluir que os valores de resposta ao esforço de vários indicadores de funcionalidade aeróbia (e.g. VO_2max , VE, HR, lactatemia) são inferiores, para adultos, aos obtidos noutros ergómetros, tais como o tapete rolante e o cicloergómetro (Armstrong e Davies, 1981; Pluto et al., 1988; Swaine e Reilly, 1983). Os valores mais elevados foram encontrados em tapete rolante. Valores inferiores foram ainda obtidos quando a *swim bench* foi aerobiamente comparada com o nado só com os MS em *swimming flume* (Ogita e Taniguchi, 1995).

2.5.2.2. Métodos aplicados em nado livre

Durante pelo menos uma parte da década de 80, as principais metodologias alternativas ao uso da biopsia muscular e da ressonância magnética nuclear no estudo de parâmetros biológicos relacionados com o potencial de desempenho anaeróbio, que não a determinação do trabalho realizado em ergómetros padronizados, apontaram para testes simples de terreno. Cazorla et al. (1984) sugeriram a determinação da velocidade de nado num período de esforço tido como típico dos limites de intervenção do sistema anaeróbio aláctico e láctico. Por exemplo, utilizaram uma série de 4x(2x50m), com intervalos de repetição de 10s e de série de 2min, como teste anaeróbio, utilizando como parâmetro de avaliação o La^- sanguíneo. Contudo, os próprios autores salientaram a reduzida validade destes procedimentos. Com vista à determinação da capacidade aláctica, Cazorla et al. (1984) propuseram um teste para a determinação do decréscimo da velocidade a partir dos 10s em esforços de 15 a 20s. Para avaliação da potência anaeróbica aláctica, Jacobs (1986) sugeriu utilizar a lactatemia máxima ($Lamax$) determinada após esforço máximo de um minuto de duração.

Em Fevereiro de 1993, a Associação Francesa para a Avaliação em Actividade Física e em Desporto editou um livro de Cazorla (1993) no qual o autor propôs os mais variados testes (antropométricos, fisiológicos, psicológicos, etc) de avaliação de nadadores. Curiosamente e à parte da discussão relativa à maior ou menor adequação dos testes descritos, o autor não sugere

qualquer tipo de teste para a avaliação do potencial anaeróbio, o que provavelmente, estará relacionado com a falta de testes específicos para avaliação da competência anaeróbia de desportistas em geral e de nadadores em particular, enunciada por diversos autores, o que já foi várias vezes referido no decurso da presente revisão da literatura.

2.5.2.3. Ordenada na origem da função distância-tempo de nado

Scherrer e Monod sugeriram, em 1960, um método inovador, não invasivo e de simples operacionalização para a determinação do trabalho aeróbio e anaeróbio realizado antes de surgir o estado de exaustão, utilizando exercícios supramáximos de intensidade crescente realizados por pequenos grupos musculares (1960). O método consiste na determinação e representação gráfica da relação hiperbólica existente entre a potência e o tempo máximo despendido até à exaustão (tempo limite). Em 1965, os mesmos autores estabeleceram a relação entre a potência e o tempo até à exaustão em exercícios repetitivos de levantamento de pesos, realizados usando grupos musculares definidos, e transformaram a relação hiperbólica verificada entre a potência e o tempo até à exaustão numa relação linear, substituindo a potência pela quantidade total de trabalho realizado no tempo (Monod e Scherrer, 1965). Os parâmetros da assíntota, que descreve a relação não linear potência-tempo, e a ordenada na origem e declive da função trabalho-tempo foram associados aos conceitos de potência crítica e de capacidade de trabalho anaeróbio. A potência crítica foi definida como sendo a intensidade de exercício capaz de ser mantida por um muito longo período de tempo sem exaustão. Em 1966, Ettema estendeu o conceito de potência crítica à corrida e mostrou que a relação entre a distância e o tempo limite do recorde mundial era linear para distâncias entre 1500 e 10000 m e que a equação desta relação era a mesma apontada por Scherrer e Monod (1960). Ettema (1966) introduziu, assim, para a corrida, o conceito de VC, ou a velocidade que pode ser mantida durante um longo período de tempo sem exaustão, e relacionou também a ordenada na origem com a dimensão da reserva energética anaeróbia.

A aplicação do método a exercícios em cicloergómetro foi realizada por Moritani et al. (1981), que demonstraram a elevada correlação existente entre a potência crítica e o LAN ventilatório e

proporcionaram, também, evidências do carácter anaeróbio da informação proporcionada pelo valor da ordenada na origem da função trabalho-tempo. Os autores referiram a ordenada na origem como indicador da capacidade de trabalho anaeróbio (*Anaerobic Work Capacity*). A relação potência-tempo proposta pelos autores originais da potência crítica foi, segundo Hill (1993), rearranjada por Whipp e colaboradores³, em 1982, num segundo modelo linear de regressão da potência em relação ao inverso do tempo.

A revisão dos trabalhos até ao início da década de 80 permite observar que, até essa altura, estavam já estabelecidos três modelos matemáticos equivalentes, usados para descrever as relações potência-tempo ou trabalho-tempo:

(1) o modelo potência-tempo não linear: $t = CTA(P - PC)$

(2) o modelo linear potência-inverso do tempo: $P = PC + (CTA.t^{-1})$

(3) o modelo linear trabalho-tempo: $W = PC.t + CTA$

onde t – tempo; CTA – capacidade de trabalho anaeróbio; P – potência; PC – potência crítica; W – trabalho.

É importante notar que, de acordo com a relação linear estabelecida, a capacidade de trabalho anaeróbio pode referir-se à ordenada da origem da função (trabalho-tempo) ou ao declive da função (potência-inverso do tempo). No modelo não linear, a capacidade de trabalho anaeróbio corresponde ao grau de curvatura da relação hiperbólica.

Durante a década de 80, de Vries et al. (1982), Nagata et al. (1983), de Vries et al. (1987) e (Poole et al., 1988) validaram o método da potência crítica para a componente aeróbia, constatando a forte correlação existente entre esta vários parâmetros aeróbios, como o limiar ventilatório, o LAN. Nebelsick et al. (1988) e Vandewalle et al. (1989) validaram o método como indicador de capacidade de trabalho anaeróbio, correlacionando-o com o teste *Wingate*, o que Jenkins e Quigley (1991) vieram a corroborar, referindo-se, contudo, a dados não publicados. O trabalho de validação

³ Whipp, B. J.; Huntsman, D. J.; Stoner, N.; Lamarra, N.; Wasserman, K. (1982). A constant which determines the duration of tolerance of high-intensity work. Abstract. Federation Proceedings, 41: 1591. [referência retirada de Hill (1993) pelo facto de constituir uma referência inacessível pelas vias de pesquisa regulares]

do método da potência crítica realizado por Jenkins e Quigley (1991) baseou-se na comparação da capacidade de trabalho anaeróbio com a quantidade total de trabalho realizada em 5 repetições de 1min realizadas em cicloergómetro. Estes autores tentaram, desta forma, ultrapassar duas das principais limitações apontadas ao teste *Wingate*, que são a duração demasiado breve para avaliar a capacidade total do sistema glicolítico e a existência de uma contribuição aeróbia não directamente quantificável (Vandewalle et al., 1989; Vandewalle et al., 1987). A fiabilidade do método da potência crítica foi testada inicialmente por Nebelsick et al. (1988) e, mais tarde, por Smith e Hill (1993). Os resultados de ambos os estudos mostraram uma elevada correlação entre os valores do teste-reteste, quer para a potência crítica, quer para a capacidade de trabalho anaeróbio, com os valores da potência crítica a correlacionarem-se mais fortemente.

Com a entrada na década de 90, Jenkins e Quigley, usando cicloergómetro, realizam uma série de quatro trabalhos que voltam a demonstrar a utilidade do cálculo da potência crítica e que permitiram perceber a resposta ao treino dos parâmetros estimados no método da potência crítica (Jenkins e Quigley, 1990; Jenkins e Quigley, 1991; Jenkins e Quigley, 1992; Jenkins e Quigley, 1993). Nos trabalhos de 1990 e 1991 estudaram, separadamente, não treinados e estudantes activos de Educação Física, evidenciando-se valores de potência crítica e de capacidade de trabalho anaeróbio mais elevados para os segundos. Em 1992 e 1993 verificaram, respectivamente, o efeito positivo do treino aeróbio no aumento da potência crítica (30%) e do treino anaeróbio na capacidade de trabalho anaeróbio (46%). Em 1991, voltaram a referir a utilidade do cálculo da potência crítica usando cicloergometria, contudo, não observaram uma correlação significativa entre a capacidade de trabalho anaeróbio e o deficit de oxigénio máximo. Hill e Smith (1993) vieram a encontrar correlações superiores, ainda que dependentes do modelo matemático de regressão escolhido.

Os finais dos anos 80 e inícios da década de 90 marcaram ainda a extensão ou mais vasta utilização do método da potência crítica noutras formas de exercício, como a corrida em tapete rolante (Hopkins et al., 1989; Housh et al., 1991; Hughson et al., 1984; Pepper et al., 1992).

Com base no trabalho de Jenkins e Quigley (1990) e a partir do conceito de potência crítica, inicialmente enunciado e desenvolvido por Scherrer e Monod (1960) e Monod e Scherrer (1965), Wakayoshi et al. (1992a; 1993; 1992b) conceberam a ideia de que o conceito de potência crítica

poderia ser usado também para determinar a capacidade aeróbia de nadadores de competição. Estes autores modificaram o conceito inicial de potência crítica e introduziram o conceito de VC na natação, tal como Etmann (1966) havia feito com a corrida. Definiram o conceito de VC de nado como sendo a velocidade de nado mantida durante um longo período de tempo sem exaustão, demonstraram que a VC, obtida a partir de testes realizados em *swimming flume* pode ser adoptada como indicador de resistência em nadadores de competição e demonstraram que o mesmo método pode ser aplicado com testes realizados em piscina. Os autores utilizaram, nos seus trabalhos, a relação hiperbólica entre a velocidade e o tempo, directamente decorrente da relação potência-tempo de Monod e Scherrer (1965), e utilizaram, também, a relação linear distância-tempo, cujo procedimento prático de aplicação foi ainda mais simplificado, em 1993, quando Wakayoshi e colaboradores demonstraram que a VC pode ser determinada utilizando apenas duas distâncias de nado (nos protocolos de avaliação dos estudos de 1992 tinham sido utilizados testes de patamares com incremento progressivo da velocidade de nado e testes de 4 velocidades, para *swimming flume*, e 4 distâncias de nado, para piscina normal). Os trabalhos do grupo de Wakayoshi tornaram-se consideravelmente importantes para o treino desportivo da natação, uma vez que forneceram aos treinadores um método não invasivo, prático, rápido e eficaz para controlar um dos parâmetros condicionantes do rendimento mais importantes na natação. Contudo, estes autores detiveram-se apenas no estudo da componente aeróbia da função. No trabalho de 1993, apresentaram o valor médio de 23.3m referente à ordenada na origem da função distância-tempo, mas não realizaram qualquer referência ao significado deste valor. O conceito de capacidade anaeróbia de nado foi utilizado, pela primeira vez em 1992, por Biggerstaff et al. (1992) que substituíram a potência pela velocidade na relação hiperbólica com o tempo limite. Os autores obtiveram valores elevados de correlação ($r=0.88$) entre a capacidade anaeróbia de nado e o pico de La em nadadores jovens.

Depois dos trabalhos de Wakayoshi e colaboradores, Hill et al. (1995), aplicaram o conceito de potência crítica a nadadores jovens, testando vários modelos matemáticos (não linear velocidade-tempo, linear velocidade-inverso do tempo e linear distância-tempo) e observando os resultados na VC e na capacidade anaeróbia de nado. O valor de capacidade anaeróbia de nado (ordenada na origem), decorrente da relação distância-tempo, correlacionou-se significativamente ($r= 0.80$), com o

pico de L_a , mas apenas para os sujeitos em que a variabilidade dos parâmetros calculados pelos diferentes métodos matemáticos foi baixa. A ordenada na origem enquanto parâmetro obtido através da relação da distância-tempo, tem sido apontada por vários autores como um indicador pouco fiável de capacidade anaeróbia de nado, pelo facto daquele parâmetro ser influenciado por variações no fornecimento energético anaeróbio e aeróbio (Dekerle e Carter, 2006; Papoti et al., 2005b; Thanopoulos et al., 2004; Toussaint, 1998; Toussaint et al., 1998). Assim, ainda que com algumas reservas (Dekerle et al., 2005), apenas através das relações potência-tempo, potência-inverso do tempo e trabalho-tempo se parece conseguir obter alguma informação válida no domínio da capacidade de trabalho anaeróbio. A ordenada na origem, obtida através da relação distância-tempo, de corrida e de nado, continua a carecer de validação.

A aplicação do método da potência crítica com idades pediátricas foi reclamada, em 2002, a por Fawkner e Armstrong (2002). Apesar dos autores referirem desconhecer a existência de literatura relacionada com a utilização do método da potência crítica em crianças, Hill et al. (1995) já o haviam feito. Tal como Hill e colaboradores, Fawkner e Armstrong também testaram os mesmos três modelos matemáticos de cálculo da PC, concluíram que a potência crítica é um parâmetro também válido para crianças e apenas não usaram os valores da curvatura da hipérbole e a ordenada na origem como indicadores de capacidade de trabalho anaeróbio. Os primeiros autores a terem utilizado o método da potência crítica com crianças pré-púberes (9.5 anos) de forma mais inovadora foram Berthoin et al. (2003). Estes autores realizaram, após determinação do pico do VO_2 , 5 repetições de corrida a 90, 95, 100, 105 e 110% da velocidade aeróbia máxima e utilizaram a relação distância limite-tempo limite para calcular a VC e a distância correspondente à capacidade anaeróbia (*anaerobic distance capacity*). Os autores concluíram que a VC é um bom indicador do potencial aeróbio das crianças, mas não puderam confirmar a componente anaeróbia da relação distância limite-tempo limite enquanto indicadora de capacidade anaeróbia.

No âmbito da utilização da ordenada da origem da função linear que expressa a relação entre a distância e o tempo de nado como indicador de capacidade anaeróbia, como foi sugerido, o nosso grupo de investigação produziu uma série de resultados reforçam a necessidade de considerar aquela possibilidade sob reserva (Vilas-Boas et al., 2003). Um estudo preliminar exploratório sugeriu

que a ordenada na origem obtida corresponderá mais a um desajuste do modelo usado para a sua determinação e menos a um factor de *performance* explicável. Soares et al. (2003b) encontraram valores da ordenada na origem muito reduzidos, quer para nadadores mais velhos (juniores e seniores), quer para nadadores muito jovens. Além disso, perceberam valores médios da ordenada na origem superiores para as crianças, comparativamente com os nadadores mais velhos. Os mesmos autores, num outro trabalho (Soares et al., 2003a) observaram ainda uma forte influência do uso de diferentes distâncias no cálculo da recta da função linear. A distância expressa pelo valor da ordenada na origem, nadada à velocidade máxima, mostrou proporcionar elevações significativas da lactatemia, mas as duas variáveis não se correlacionaram com significado estatístico ($r=0.31$) (Vilar et al., 2004). Um outro estudo exploratório mostrou que os valores da ordenada na origem também não se correlacionaram significativamente com nenhum de dois testes de potência máxima realizados em banco biocinético (braçada isolada e teste de 45s). Um estudo longitudinal da variação do valor da ordenada na origem da função distância/tempo, também exploratório, mostrou a tendência para o seu aumento durante um macrociclo de treino em nadadores juniores e séniores. Em crianças, contudo, o mesmo valor tendeu a manter-se estável. O estudo mostrou ainda que os valores da ordenada na origem de raparigas mostraram ser superiores aos das nadadoras mais velhas.

Em síntese, a revisão da literatura, no capítulo da utilização da regressão distância-tempo como método de determinação da VC, leva a apontar a utilidade deste parâmetro enquanto instrumento de avaliação e controlo de treino. Sugere, ainda, uma particular precaução com o uso da capacidade anaeróbia de corrida ou nado, determinada pelo mesmo método, com os mesmos fins. Contudo, no estudo mais recente relacionado com a determinação da VC na natação através do método da regressão da distância com o tempo de nado, di Prampero et al. (2007) alertam para o facto desta relação dever ser utilizada com cuidado na avaliação da *performance* de nadadores. Os autores justificam a necessidade desta precaução pelo facto da relação distância-tempo partir de duas suposições que não são verdadeiras: (1) a de que o custo energético de transporte é constante para todas as velocidades utilizadas (este custo energético aumenta com a velocidade) e (2) a de que o $VO_2\text{max}$ do nadador é atingido instantaneamente no início do exercício.

2.6. Objectivos e hipóteses

Com o presente trabalho pretendemos estudar a resposta motora de carácter anaeróbio, de nadadores de diferente estatuto maturacional e género, a esforços terrestres e aquáticos de especificidade biomecânica crescente. Centrar-nos-emos em cinco vertentes dominantes:

- i) determinação do melhor teste de avaliação da função anaeróbia em função do teste critério (teste *Wingate* realizado em cicloergómetro);
- ii) comparação de cinco testes de avaliação do desempenho anaeróbio, de especificidade crescente para a natação, a partir da resposta dos nadadores dos diferentes grupos maturacionais e géneros aos esforços induzidos por cada um;
- iii) discriminação do efeito da maturação e do sexo na resposta a cada teste;
- iv) determinação da existência de eventuais “limiares de fadiga anaeróbios”, observáveis a partir da eventual alteração da velocidade de nado e do regime de produção de força e potência musculares, e de “limiares de fadiga” metabólicos observáveis em curvas de variação da lactatemia com o tempo e a distância de nado;
- v) determinação da capacidade discriminatória do valor da ordenada na origem (valor de *b*) da função que expressa a variação da distância com o tempo de nado enquanto marcador suplementar dos indicadores da capacidade de desempenho anaeróbio.

Considerando a revisão da literatura realizada, o conjunto de objectivos anterior gera as hipóteses seguintes:

1. Todos os testes têm potencialidade discriminatória da capacidade anaeróbia de sujeitos em função do seu nível maturacional e género.

O teste *Wingate* permite avaliar a competência anaeróbia de sujeitos quando o *output* mecânico (potência) do acto de pedalagem é interpretado. Espera-se, pois, que outros esforços mecânicos de carácter marcada e esperadamente anaeróbio, no caso particular, esforços tipicamente desenvolvidos por nadadores, sejam também capazes de gerar o mesmo capital informativo, discriminando sujeitos com sexo e desenvolvimento maturacional distintos.

2. A aproximação aos resultados do teste padrão (teste *Wingate* realizado em cicloergómetro) é tanto maior quanto menor é a especificidade do teste alternativo.

Espera-se que o conteúdo informativo particular de cada teste seja menor para o nado livre e progressivamente maior para o nado amarrado, simulado e “pedalagem” com os MS, em relação ao teste padrão.

3: O perfil de resposta ao conjunto dos testes é similar para os diferentes grupos maturacionais e géneros.

Dada a invariabilidade das características mecânicas particulares de cada teste, espera-se ausência do efeito da maturação e do género no perfil de resposta ao seu conjunto.

4: Cada teste apresenta particularidades que permitem a discriminação suficiente entre sujeitos de diferentes níveis maturacionais, de *performance* e género.

Espera-se que o efeito da maturação e do género sobressaia na amplitude das respostas a cada teste.

5: Existem LF mecânicos passíveis de serem determinados a partir de curvas de variação da velocidade, força e potência correspondentes a esforços contínuos com 30s de duração.

Esperam-se alterações do perfil de manifestação da velocidade e da força e potência musculares ao longo do tempo de esforço.

6: Existem LF metabólicos passíveis de serem determinados a partir de curvas de variação da lactatemia com o tempo e distância de nado.

Esperam-se alterações do perfil de acumulação de La^- em função do tempo e distância de nado.

7: Os LF obtidos a partir de curvas de variação da velocidade e da força e potência musculares correspondentes a esforços com a mesma duração são idênticos.

Apesar das diferenças mecânicas associadas ao esforço solicitado em cada teste, espera-se a existência de alguma comunhão nos LF determinados, por influência da resposta fisiológica associada à mesma duração do esforço. Espera-se, ainda, uma proximidade dos LF mecânicos e metabólico.

8: O momento de ocorrência dos LF mecânicos e metabólico são coincidentes com o tempo de duração máxima de funcionamento dominante da via aláctica de fornecimento energético apontado na literatura por Gatin (2001).

Dada a resposta fisiológica associada à exigência mecânica de cada teste e ao tempo de duração do esforço, espera-se a existência de alguma relação entre os LF determinados e a transição dos processos fisiológicos metabólicos de dominância aláctica para os de dominância láctica.

9: O valor da ordenada na origem (valor de b) da função que expressa a variação da distância com o tempo de nado não é um marcador suplementar dos indicadores da capacidade de desempenho anaeróbio.

Esperam-se baixos níveis de correlação entre o valor de b e os indicadores da capacidade de desempenho anaeróbio referentes a cada teste.

3. Material e Métodos

*“Anytime you have to take measurements in water,
you can be sure you’re going to have problems.”
(Magel e McArdle, 1970, p. 58)*

O presente trabalho comportou um total de sete protocolos de avaliação da capacidade anaeróbia, dos quais o sétimo foi aplicado a uma amostra distinta de nadadores. Seguidamente será feita a caracterização das duas amostras sobre as quais incidiu o estudo e uma descrição detalhada dos protocolos utilizados.

3.1. Amostra dos seis primeiros estudos

A amostra dos seis primeiros estudos foi constituída por um total de 90 nadadores, divididos equitativamente por 3 grupos maturacionais distintos: pré-púberes (n=30), púberes (n=30) e pós-púberes (n=30). Cada grupo reuniu 15 elementos do sexo masculino e 15 do sexo feminino. Na divisão maturacional dos nadadores tentou conciliar-se, sempre que possível, o seu escalão e nível competitivo. Neste sentido, os nadadores pré-púberes foram aleatoriamente seleccionados entre grupos de formação, ou pré-competição, como são muitas vezes designados no seio da natação desportiva. Os nadadores púberes eram todos pertencentes a uma selecção regional (Norte), constituída apenas por nadadores infantis de primeiro e segundo anos. Os nadadores pós-púberes foram recrutados entre o escalão Júnior de segundo ano e Sénior.

As características de cada subgrupo amostral são apresentadas no Quadro 12.

Todos os nadadores da amostra participaram voluntariamente no estudo, tendo-se solicitado consentimento, por escrito, apenas aos pais dos nadadores pré-púberes e púberes.

Quadro 12. Idade, aspectos da anamnese do treino, dados antropométricos, composição corporal e estado maturacional dos nadadores avaliados.

Legenda: Pré-pub. – pré-púberes; Púb – púberes; Pós-pub. – pós-púberes; ^anúmero de anos de treino; UT/sem – número de unidades de treino realizadas por semana; Hseco/sem – número de horas de treino realizado em seco por semana; Hágua/sem – número de horas de treino realizado na água por semana; IMC – Índice de massa corporal (peso/altura²); M. – massa; ^bestadio de Tanner. * Valores calculados a partir da medida de pregas de adiposidade subcutânea.

	Pré-púb. ♂	Pré-púb. ♀	Púb. ♂	Púb. ♀	Pós-púb. ♂	Pós-púb. ♀
Idade	9.42±0.82	8.45±0.94	13.51±0.65	12.65±0.98	18.18±2.35	16.54±2.35
Anamnese						
Treino (anos) ^a	0.77±0.84	0.64±0.66	4.33±1.11	4.40±1.88	9.53±2.70	7.93±3.10
UT/sem	3.13±0.52	3.20±0.78	6.13±0.35	6.00±0.38	7.80±0.78	7.40±0.83
Hseco/sem	0.08±0.30	0.15±0.40	2.32±1.35	1.63±0.77	4.67±0.88	4.80±0.68
Hágua/sem	3.35±1.37	3.64±1.91	9.87±1.77	9.30±0.77	10.21±0.49	12.50±0.63
Dados antropométricos						
Peso (kg)	34.20±7.21	28.20±3.22	55.28±7.04	47.47±5.66	69.88±7.03	58.47±7.22
Altura (cm)	136.47±4.73	131.33±4.84	165.53±8.06	160.00±5.18	176.27±7.49	165.80±3.32
Composição corporal						
IMC (kg/m ²)	18.24±2.91	16.33±1.41	20.13±1.65	18.52±1.77	22.49±1.59	21.26±2.53
M. gorda (%)	16.26±5.70*	16.31±4.42*	10.46±4.61*	14.27±4.08*	6.40±1.88*	18.60±4.75*
M. magra (%)	92.62±5.45*	83.00±4.52*	89.54±4.61*	85.73±4.08*	93.60±1.88*	81.4*±4.75*
	83.75±5.70**	83.67±4.43**				
Maturação						
Pénis/Mama ^b	1.00±0.00	1.00±0.00	3.80±0.41	3.20±0.77	3.87±0.36	4.27±0.70
Pilosidade ^b	1.00±0.00	1.00±0.00	4.13±0.64	4.00±1.00	4.73±0.46	4.80±0.68
Nível competitivo	Iniciantes		Bom Seleção regional		Bom Nacional/internacional	

A independência dos grupos maturacionais constituídos para este trabalho foi testada realizando a estatística comparativa das medidas descritivas utilizadas. Os resultados, que apresentamos de seguida, revelaram uma clara independência entre os grupos no tocante às características dos sujeitos que os constituíram. As medidas antropométricas peso e altura da nossa amostra tenderam a ser inferiores às de outros nadadores de escalão etário semelhante, apesar da composição

corporal e nível maturação serem mais aproximados (Barzdukas et al., 1990a; Barzdukas et al., 1990b).

3.1.1. Características da amostra

3.1.1.1. Idade e medidas antropométricas

Na Figura 3 apresentamos os valores médios da idade, peso e altura dos sujeitos masculinos e femininos pertencentes a cada escalão maturacional.

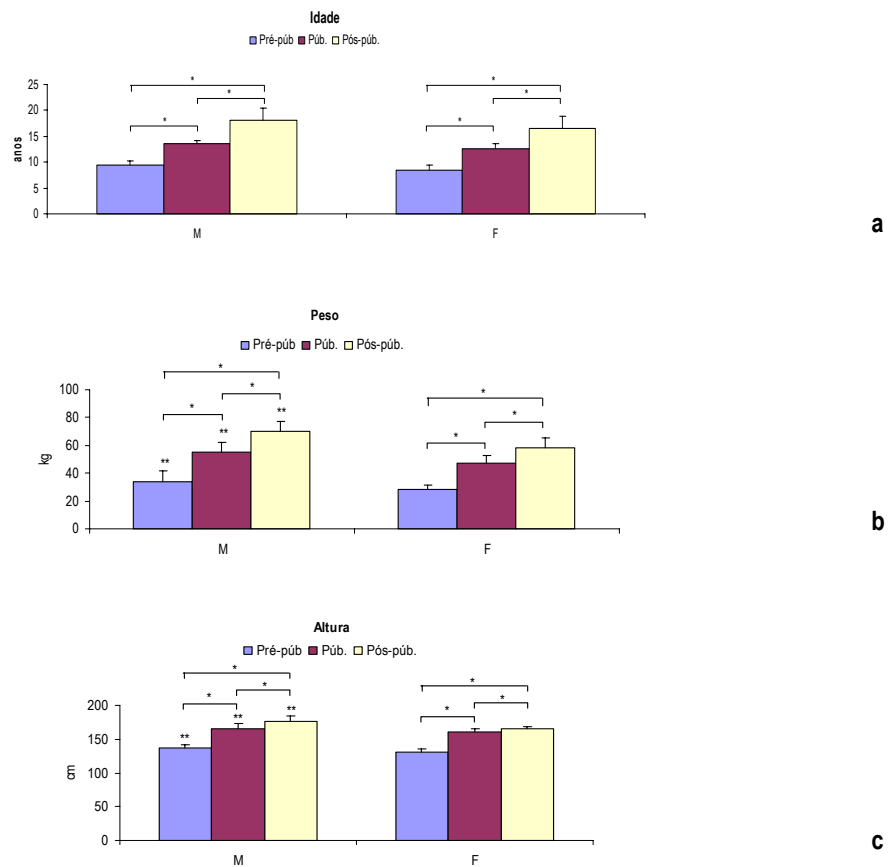


Figura 3. Valores médios e respectivos desvios padrão da idade(a), peso (b) e altura (c), em cm, dos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional. Diferenças estatisticamente significativas, para $p \leq 0,05$, *entre grupos maturacionais; **entre géneros.

Observaram-se diferenças estatisticamente significativas no peso e altura, quer entre géneros, quer entre escalões maturacionais. Na idade, as diferenças não foram significativas entre géneros apenas no grupo de nadadores púberes e pré-púberes. As diferenças entre os valores dos mesmos parâmetros, correspondentes aos três escalões maturacionais, também foram estatisticamente significativas, quer para o sexo masculino, quer para o sexo feminino. Estes resultados mostram que os grupos maturacionais constituídos são distintos quanto à idade e às medidas antropométricas peso e altura, pelo que diferenças nos resultados referentes aos testes constituintes do protocolo experimental dificilmente serão imputáveis a promiscuidade amostral relativa às medidas anteriores. As diferenças estatisticamente significativas encontradas no peso e altura entre os nadadores masculinos e femininos pertencentes a cada escalão maturacional, reforçam, também, a homogeneidade amostral. Apenas a idade cronológica é similar nos dois grupos de nadadores mais jovens.

3.1.1.2. Anamnese do treino

A definição de grupos com um historial de treino similar, passado e presente, torna-se particularmente difícil quando os nadadores são oriundos de clubes diferentes. Assim, as diferenças intra-grupo, apesar de esperadas, não devem ter uma magnitude tal que possam camuflar a verdadeira expressão dos resultados da pesquisa, particularmente porque a quantidade de treino influencia o estado de forma desportiva. Nas Figura 4 e Figura 5 podem ser observados os valores médios e respectivos desvios padrão do número total de anos de treino, realizados até à data da pesquisa, e do número de unidades de treino (UT) realizadas por semana, distinguindo-se o número de horas semanais de trabalho em seco e na água, as três últimas referentes à época desportiva correspondente à data da aplicação do protocolo experimental. Os resultados foram expressos por género e por grupo maturacional. Como se pode observar, apenas existem diferenças significativas entre géneros no número de anos de treino já realizados pelos nadadores pós-púberes. As diferenças no número de anos de treino cumpridos pelos nadadores de cada grupo maturacional foram significativas, quer para os rapazes, quer para as raparigas, o que mostra ausência de

sobreposição de características entre os diferentes grupos e reforça a homogeneidade de cada amostra.

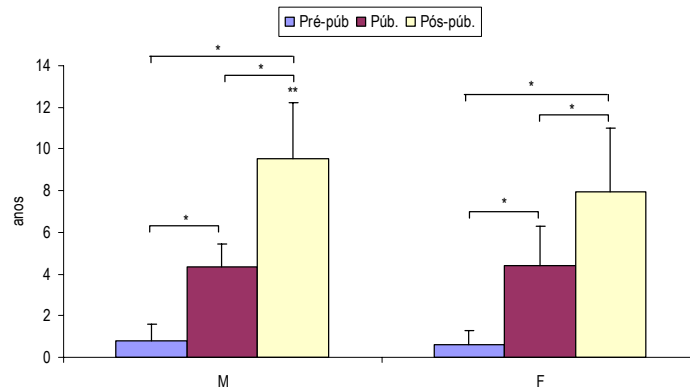
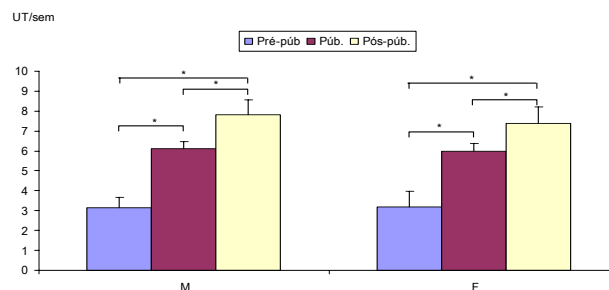
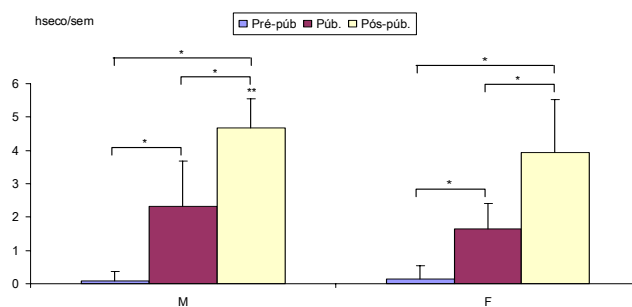


Figura 4. Valores médios e respectivos desvios padrão do tempo de treino, em anos, realizado até à data da pesquisa, pelos nadadores do sexo masculino (M) e feminino (F) de cada grupo maturacional. Diferenças estatisticamente significativas, para $p \leq .05$, *entre grupos maturacionais; **entre géneros.

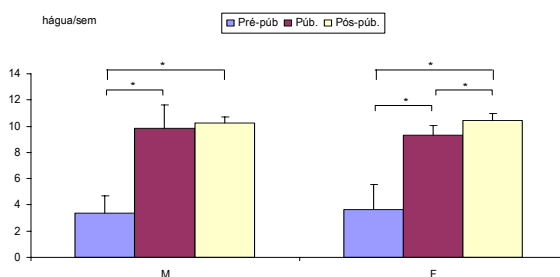
O número de UT e horas de treino de água realizadas, semanalmente, pelos nadadores de ambos os sexos, foram as mesmas dentro de cada grupo maturacional. O número de horas de treino em seco apenas diferiu entre os nadadores e as nadadoras pós-púberes. As comparações entre grupos maturacionais mostraram diferenças significativas, para as mesmas variáveis, quer para os nadadores do sexo masculino, quer para os nadadores do sexo feminino, excepto no número de horas de treino de água, que não foi significativamente diferente entre nadadores púberes e pós-púberes.



a



b



c

Figura 5. Valores médios e respectivos desvios padrão do número total de UT (a) semanais e do número de UT realizadas em seco (b) e na água (c), por semana, pelos nadadores do sexo masculino (M) e feminino (F) de cada grupo maturacional.

Diferenças estatisticamente significativas, para $p \leq 0.05$, *entre grupos maturacionais; **entre gêneros.

3.1.1.3. Composição corporal e IMC

Os resultados da avaliação da composição corporal, exclusivamente no que se refere à percentagem de massa gorda, e do IMC estão expressos nas Figura 6 e Figura 7. Como se pode observar, os nadadores do sexo masculino e feminino em fase pubertária e pós-pubertária apresentaram diferenças significativas na percentagem corporal de massa gorda, tendo o valor mais elevado sido encontrado para as nadadoras. Os nadadores pré-púberes de ambos os gêneros apresentaram valores de percentagem de massa gorda muito semelhantes. Os nadadores do sexo masculino dos três grupos maturacionais mostraram padrões de gordura corporal significativamente diferentes. Os valores mais elevados de gordura corporal foram encontrados no grupo dos nadadores menos maturados. As nadadoras mostram uma percentagem de gordura corporal mais

semelhante, quando comparados os três grupos maturacionais. Só foram encontradas diferenças significativas entre os valores de gordura corporal correspondentes às nadadoras pós-púberes e púberes.

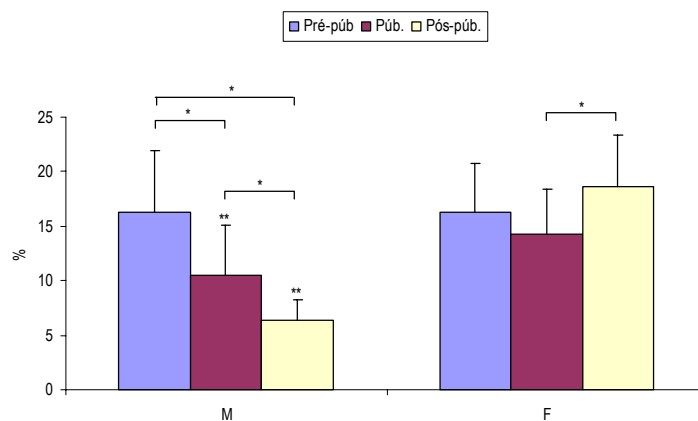


Figura 6. Valores médios e respectivos desvios padrão da percentagem de massa gorda dos nadadores do sexo masculino (M) e feminino (F) de cada grupo maturacional. Diferenças estatisticamente significativas, para $p \leq 0,05$, *entre grupos maturacionais; **entre gêneros.

Relativamente ao IMC, apenas existiram diferenças significativas entre sexos nos valores dos nadadores púberes. A comparação realizada entre os três escalões pubertários mostrou uma tendência para o valor do IMC aumentar com a maturação. As diferenças existentes entre grupos, para ambos os gêneros, foram todas estatisticamente significativas.

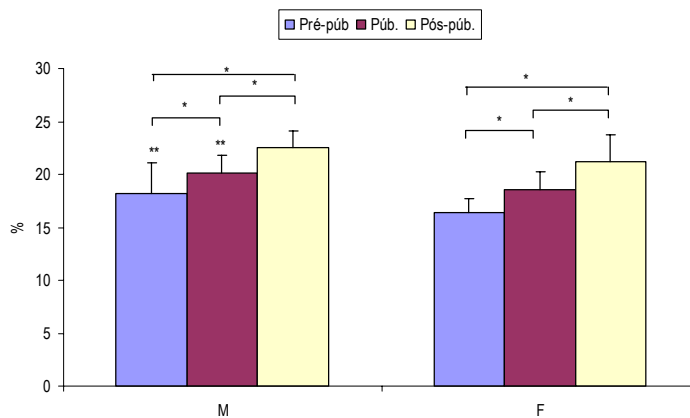


Figura 7. Valores médios e respectivos desvios padrão do IMC dos nadadores do sexo masculino (M) e feminino (F) de cada grupo maturacional.

Diferenças estatisticamente significativas, para $p \leq 0.05$, *entre grupos maturacionais; **entre géneros.

3.1.1.4. Maturação

Na Figura 8 podem ser observados os valores médios e respectivos desvios padrão dos resultados da avaliação dos marcadores de maturação sexual de *Tanner* (estádios de *Tanner* para a pilosidade, genitália e mama).

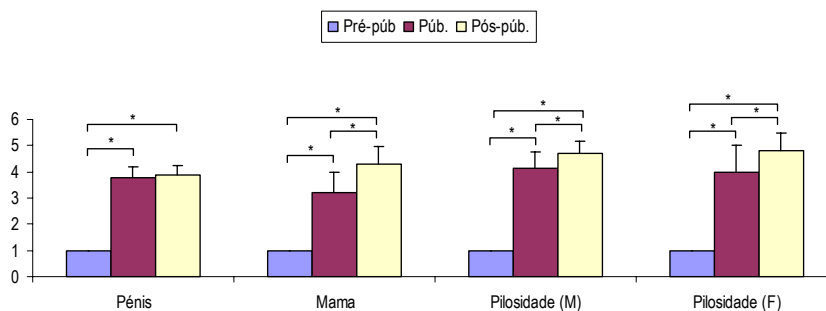


Figura 8. Valores médios e respectivos desvios padrão do estágio de *Tanner* determinado para cada um dos marcadores sexuais que estiveram na base da divisão da amostra de nadadores nos três grupos maturacionais. *Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$.

Os nadadores pré-púberes mostraram ser significativamente menos maturados, para todos os marcadores sexuais avaliados, quando comparados com os nadadores púberes e pós-púberes. O grupo dos nadadores púberes também revelou um menor desenvolvimento maturacional,

comparativamente com os nadadores mais velhos. As diferenças foram estatisticamente significativas para todos os marcadores, excepto para a genitália masculina, cujo estágio de desenvolvimento registado foi similar para os dois grupos de nadadores mais desenvolvidos. Estes resultados revelaram a existência de uma maior proximidade, ao nível do desenvolvimento, entre os nadadores púberes e pós-púberes, comparativamente com os pré-púberes.

3.1.2. Número de sujeitos dos grupos amostrais

Pelo facto dos seis primeiros testes constituintes deste trabalho terem sido realizados transversalmente e no menor intervalo de tempo possível, por forma a minimizar o efeito de possíveis co-variáveis, como a alteração do estado de forma e/ou o estado de fadiga/repouso dos nadadores, sempre que problemas de ordem metodológica impediram a recolha adequada dos dados, a repetição extemporânea das avaliações foi ponderada e algumas vezes preterida. A observação de incongruências nos *outputs* dos seis testes, cujo processo de tratamento de dados foi consideravelmente moroso, levou, várias vezes à decisão de expurgar as situações/sujeitos problema, sem hipótese de realizar novas avaliações, uma vez que a repetição de um teste implicaria a repetição de todos os outros e não se conseguiria anular o efeito da alteração da forma desportiva nos novos dados. Como tal, os valores médios apresentados nos diferentes quadros e gráficos de resultados nem sempre correspondem ao número de nadadores da amostra total ($n=90$) ou de cada subgrupo ($n=15♂+15♀$). Adicionalmente, no caso particular da determinação de LF a partir de curvas de velocidade, força e potência, os grupos a comparar foram constituídos *a posteriori*. Neste capítulo da análise optou-se por colocar o n de cada subgrupo amostral nos quadros e figuras de resultados.

3.2. Amostra do sétimo estudo

O estudo sete foi planeado e realizado após percebida a tendência dos resultados relativa à determinação de LF a partir dos estudos anteriores. Assim que foi possível determinar a ocorrência, a partir de *outputs* de esforços mecânicos, de LF de velocidade, força e potência semelhantes,

surgiu a preocupação em perceber se esse mesmo perfil aconteceria utilizando um indicador metabólico, L_a sanguíneo no caso presente, num teste de patamares cujo patamar final tivesse 30s de duração. Foi preocupação, na constituição da amostra, ter um grupo de nadadores tão distintos quanto possível da amostra de nadadores púberes do primeiro grupo, à excepção das cargas de treino a que estavam submetidos. A amostra do estudo sete foi então constituída por um grupo de 10 nadadores infantis do sexo masculino, encontrando-se algumas características antropométricas, IMC e dados de treino no Quadro 13. À parte dos valores respeitantes aos dados da anamnese do treino, todas as restantes medidas de caracterização da amostra são significativamente diferentes das dos nadadores púberes masculinos dos estudos anteriores. Foi escolhido um grupo de nadadores em fase de desenvolvimento pubertário de forma a evitar os extremos de desenvolvimento maturacional (estados pré e pós-púbere). Do número total de nadadores, 4 eram de nível nacional, 4 de nível zonal e 2 de Nível regional.

Quadro 13. Idade, dados antropométricos e aspectos da anamnese do treino de nadadores infantis participantes no protocolo de avaliação da variação das concentrações máximas de L_a em função da distância e tempo de nado.
 Legenda: ^anúmero de anos de treino; UT/sem – número de unidades de treino realizadas por semana; Hseco/sem – número de horas de treino realizado em seco por semana; Hágua/sem – número de horas de treino realizado na água por semana; IMC – Índice de massa corporal (peso/altura²).

Antropometria				Anamnese			
Idade (anos)	Altura (cm)	Peso (kg)	IMC (kg.m ⁻²)	Treino (anos) ^a	UT/sem	Hseco/sem	Hágua/sem
12.84±0.72	157.40±9.06	44.80±7.32	18.00±0.02	3.1±0.7	6.4±0.5	4.3±0.3	9.6±0.8

Todos os nadadores constituintes da amostra participaram voluntariamente no estudo, com consentimento escrito dado pelos pais.

3.3. Instrumentos e procedimentos

3.3.1. Protocolos de avaliação dos estudos um a seis

Os seis primeiros estudos consistiram na realização de um teste de duas distâncias, para determinação da recta da VC, e de cinco testes anaeróbios, sendo dois de água, em regime de nado livre e nado amarrado, e três de terra, um de nado simulado em *swim bench*, e dois testes

Wingate, um realizado com os MS e outro com os membros inferiores. Todos os testes anaeróbios foram realizados à intensidade máxima, sob forte estimulação verbal da equipa de investigação, e tiveram a duração total de 30s, salvo uma excepção que descreveremos oportunamente. Os testes de nado livre, amarrado e simulado foram realizados na técnica de crol ou utilizando a respectiva versão simulada.

A recolha de dados dos grupos de nadadores pré e pós-púberes teve lugar durante três dias consecutivos. A avaliação dos nadadores púberes decorreu durante um fim-de-semana de estágio realizado pela Associação de Natação do Norte de Portugal (ANNP) e desenrolou-se de acordo com o plano exposto no Quadro 14.

Quadro 14. Plano da avaliação dos nadadores púberes realizado durante o estágio de nadadores pré-juniores da ANNP.

1º dia – manhã	2º dia - manhã
Nado livre	Nado amarrado
Pré-teste para <i>Wingate</i> de braços	Pré-teste para <i>Wingate</i> em cicloergómetro
2º dia – tarde	2º dia – tarde
Nado simulado	Teste <i>Wingate</i> em cicloergómetro
Teste <i>Wingate</i> de braços	

O intervalo de tempo entre avaliações adjacentes nunca foi inferior a 1 hora e a ordem de avaliação dos nadadores, dentro de cada teste, foi arbitrária. Todos os testes foram precedidos de um aquecimento padrão, constituído por 10 min de esforço contínuo a intensidade moderada. No caso dos testes de água, abriu-se uma excepção para o grupo dos nadadores mais jovens, para os quais os 10 min de nado foram intervalados 3 a 4 vezes, de acordo com a capacidade individual de nado de cada um.

3.3.1.1. Registo da anamnese do treino e determinação da altura, peso e composição corporal

A anamnese do treino foi feita por meio do preenchimento de um questionário, pelo próprio nadador ou pela equipa de investigação, ou com a ajuda dos pais, no caso dos nadadores mais jovens.

A altura (distância, em cm, entre o solo e o ponto anatômico mais elevado - *vértex*) foi medida com os nadadores descalços, utilizando um antropómetro de *Martin*. A composição corporal (% de massa gorda e de massa magra) dos nadadores foi determinada pelo método de bioimpedância, tendo-se utilizado uma balança da marca *Tanita*, modelo *TBF 305* (*Japão*) (Figura 9). O peso dos sujeitos foi também determinado usando a mesma balança. Esta avaliação foi realizada de manhã, com os nadadores repousados e em jejum.

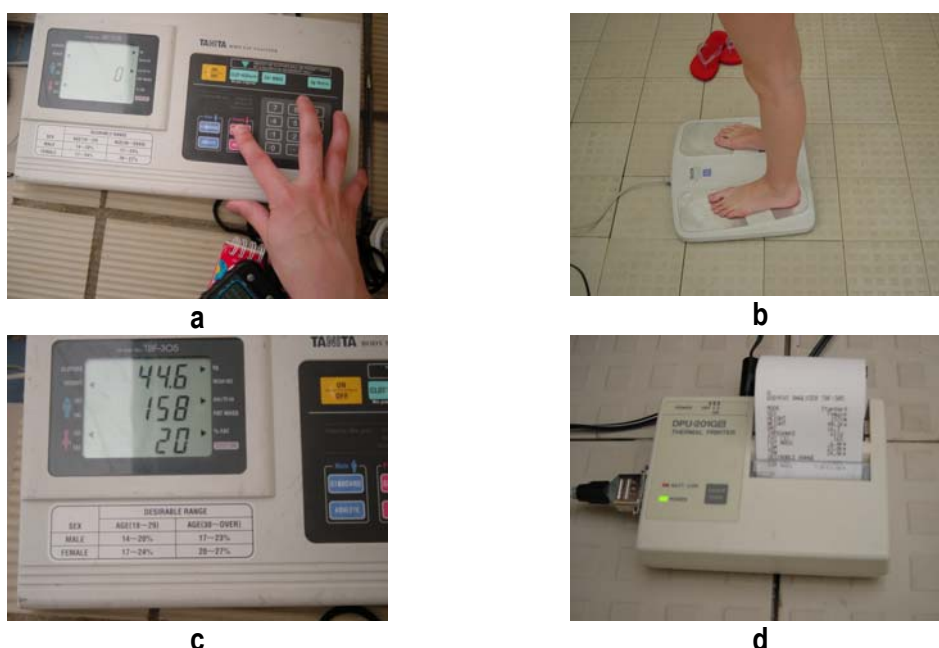


Figura 9. Determinação do peso e da composição corporal dos nadadores: a) *input* dos dados do nadador, b) colocação do nadador sobre a balança, c) *exemplo de output* e d) impressão do *output*.

Devido ao facto do processador da balança utilizada (*Tanita*) não dispor de fórmulas de estimação da composição corporal adequadas para crianças (Sopher et al., 2005), e às exigências do repouso e do jejum, a composição corporal (massa magra e massa gorda) dos nadadores pré-púberes foi estimada a partir das medidas, em mm, das pregas tricipital e subescapular, as quais foram obtidas com um adipómetro (*Seimguide*, 10g.mm⁻²). A prega tricipital, prega vertical, foi medida na face posterior do braço, sobre a linha média, a meia distância entre o acrómio e o olecrâneo. A prega

subescapular, prega oblíqua para fora e para baixo, foi medida imediatamente abaixo do vértice da omoplata. Para o cálculo da percentagem de massa gorda e massa magra dos nadadores pré-púberes, a partir das pregas anteriores, utilizámos as seguintes equações de Slaughter et al. (1988), para rapazes pré-púberes caucasianos (1) e para raparigas (2):

$$(1) \%MG = 1.21(\Sigma) - 0.008(\Sigma)^2 - 1.7$$

$$(2) \%MG = 1.33(\Sigma) - 0.013(\Sigma)^2 - 2.5$$

Legenda: %MG - percentagem de massa gorda; Σ - somatório das medidas das pregas tricipital e subescapular.

3.3.1.2. Determinação do estágio de desenvolvimento maturacional

A classificação maturacional dos nadadores foi realizada com base em fotografias dos estádios maturacionais inicialmente descritos por *Tanner* (Tanner, 1962), acompanhadas por ilustrações esquemáticas e critérios descritivos (Anexo I). Os nadadores púberes e pós-púberes avaliaram-se a si mesmos após observação das fotografias e ilustrações esquemáticas. Esta observação foi acompanhada por uma clarificação dos critérios descritivos, realizada por um elemento da equipa de investigação. Este mesmo procedimento foi utilizado com os pais dos nadadores pré-púberes, que procederam à classificação dos estádios de desenvolvimento dos filhos. Neste grupo maturacional só foram incluídas crianças em estado de desenvolvimento 1 para ambos os caracteres sexuais avaliados, em função do seu género.

3.3.1.3. Determinação da lactatemia de repouso e pós-esforço

Os valores de Lamax pós esforço, referentes aos 5 testes anaeróbios, foram determinados por método de química seca, utilizando um analisador de La⁻ da marca *Lactate Pro* (Arkray, Inc.) e respectivas tiras reactivas (Figura 10a e c). As tiras reactivas foram desenvolvidas com base num método amperométrico usando uma reacção enzimática. A recolha de sangue capilar (5 μ L) realizou-se através da punção do lóbulo da orelha com uma lanceta (*Heinz Herenz, Germany*),

imediatamente após cada teste e aos 1 e 3 min de recuperação (Figura 10a). Depois dos 3 min, foram recolhidas amostras de sangue de dois em dois minutos, até se encontrar o valor máximo. A lactatemia de repouso (Larep) foi determinada, através do mesmo instrumento, no início do primeiro dia das avaliações.

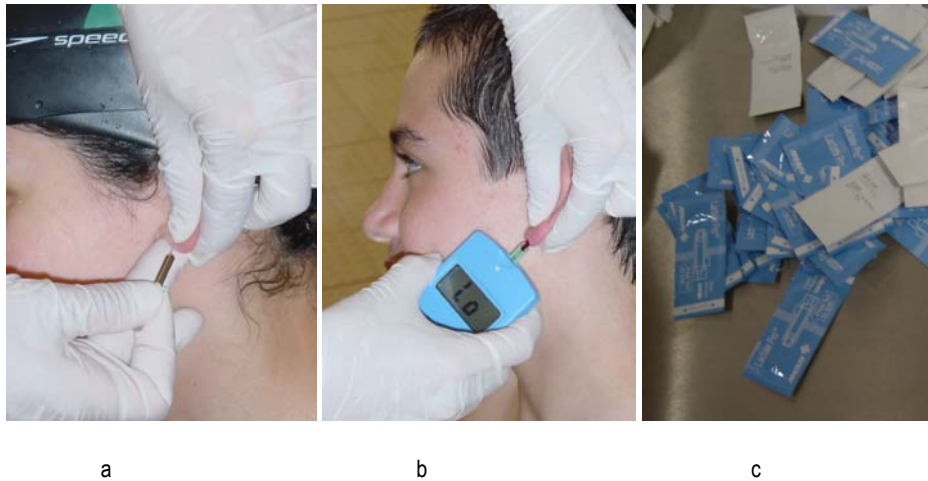


Figura 10. recolha de sangue para determinação da lactatemia por punção no lóbulo da orelha (a) e análise com *Lactate Pró* (b); tiras reactivas (c).

A utilização de um analisador *Lactate Pro* em detrimento de outras opções, como os analisadores da *Yellow Springs instruments* (*YSI 1500 Sport Lactate*, *YSI 2300 Stat Lactate Analyser*) e o *Accusport Lactate Meter* da *Boehringer Mannheim*, para citar apenas os analisadores mais comuns, foi devidamente ponderada previamente à realização deste trabalho. O *Lactate Pro* foi já comparado por vários autores com outro tipo de analisadores (McLean et al., 2004; Medbø et al., 2000; Pyne et al., 2000), sendo os resultados unânimes em relação à exactidão e fiabilidade do mesmo. A sua vantagem em relação aos analisadores *Yellow Springs* tem a ver com o facto de ser um instrumento portátil, de muito mais fácil utilização. Ressalve-se, ainda, que a opção pelo *Lactate Pro*, relativamente ao *Accusport*, um analisador também portátil, tem a ver com o facto de alguns dos estudos anteriormente referenciados terem mostrado que o segundo é menos fiável e recomendável para a realização de medidas em estudos científicos.

3.3.1.4. Determinação da frequência cardíaca de repouso, da frequência cardíaca máxima de esforço e da recuperação e da frequência cardíaca máxima estimada

As FC de repouso, de exercício e da recuperação foram registadas com um cardiofrequencímetro da marca *Polar*, modelo *Vantage NV* (*Finland*). Este aparelho é constituído por um cinto emissor (Figura 11a), que se colocou à volta do peito dos nadadores, sensivelmente ao nível do processo xifóide, e por um relógio receptor (Figura 11b), que foi colocado no pulso dos mesmos.



a



b

Figura 11. Constituintes cinto emissor (a) e relógio receptor (b) do cardiofrequencímetro.

A FC de repouso foi registada com os nadadores deitados, em ambiente calmo, após um período de repouso de 10 min. A FC correspondente aos 30s de esforço e aos 30s de recuperação dos testes anaeróbios foi registada de 5 em 5 segundos, o intervalo mínimo permitido pelo instrumento utilizado. Após cada teste, os dados armazenados no receptor foram descarregados para o computador por meio de uma unidade de interface (*Polar Advantage Interface™*), ligada ao primeiro por meio de um cabo de conexão. Posteriormente, os dados recolhidos foram analisados utilizando o software da *Polar Precision Performance* (*Polar Sports Diary* e *Polar HR Analysis SW*). De entre a totalidade de testes realizados com os nadadores, as recolhas relativas à FC, principalmente à FC correspondente ao período de esforço, foram aquelas que levantaram mais problemas do foro metodológico. Apesar dos cardiofrequencímetros serem largamente utilizados na investigação

científica e alguns já terem sido comparados entre si (Radespiel-Troger et al., 2003) e de estarem devidamente preparados para realizar registos por via telemétrica em condições subaquáticas, nem sempre foi possível recolher dados relativos a este parâmetro para todos os testes e, dentro de cada teste, para todos os nadadores. Não raros foram os casos em que a FC não foi simplesmente registada ou o seu registo foi interrompido durante uma parte mais ou menos substancial do tempo total de esforço, geralmente entre 5 a 15 s. Nestes casos, sempre que nos pareceu razoável (ausências até dois registos) as curvas foram suavizadas utilizando uma ferramenta do próprio *software* da *Polar Precision Performance (Polar HR Analysis SW)*. A utilização da opção *error correction* permitiu estimar o, ou os, valores ausentes a partir dos registos anteriores e subsequentes ao mesmo.

A FC_{max} de cada nadador da amostra foi estimada de forma a calcular a percentagem de variação da FC_{max} (absoluta, ou seja, registada durante os 30s de esforço ou os 30s da recuperação), obtida em cada teste, em relação à FC_{max} estimada (%FC_{max}). Para tal, foi utilizada a seguinte equação de Tanaka et al. (2001):

$$(1) \quad FC_{\max} = 208 - 0.7 * idade$$

3.3.1.5. Recolha de imagens vídeo

Foram recolhidas imagens de superfície nos testes de nado livre, nado simulado e nado amarrado, tendo-se utilizado uma câmara *JVC GR-SX1EG SVHSC*, fixada num suporte *SONY VCT-R620*. No teste de nado livre a câmara foi colocada a uma distância de 2m do bordo lateral da piscina mais próximo do nadador a avaliar, numa posição central (a 25m de cada bordo final) e a uma altura não inferior a 1.30m. No teste de nado simulado a câmara foi colocada perpendicularmente ao banco biocinético, a cerca de 2m de distância, e a uma altura aproximada de 1.50m, por forma a obter a imagem completa de cada braçada realizada. No teste de nado amarrado a câmara foi colocada sobre uma bancada da piscina, a cerca de 5m de altura da superfície da água, com o eixo óptico direccionado obliquamente para o eixo longitudinal do corpo do nadador, por forma a captar a

imagem total do corpo na direcção do nado. As imagens captadas foram posteriormente copiadas para formato digital e os ficheiros AVI de cada nadador (um de nado livre, um de nado amarrado e um de nado simulado em *swim bench*), foram produzidos com o software *Windows Movie Maker* (versão 2.1.4026.0, de 2004) e com o software *APAS* (*Ariel Performance Analysis System, USA, Ariel Dinamics, Inc.*).

O tratamento das imagens consistiu no registo sequencial de todos os tempos de entrada e saída do MS direito e do MS esquerdo da água, em cada ciclo de nado. Este registo foi posteriormente ajustado, através do programa *MatLab* (versão 7.0) às curvas de velocidade e de força produzidas pelos instrumentos utilizados, o que permitiu estudar as variações intracíclicas daquelas variáveis.

3.3.1.6. Estudo um – Registo velocimétrico em nado livre

De forma a determinar a curva velocidade/tempo $[v(t)]$ de nado, os nadadores foram conectados a um velocímetro electromecânico (Figura 12). Com este instrumento mediu-se a velocidade com que um fio de *nylon* se desenrolava à medida que o nadador se deslocava. O fio tinha um comprimento total superior a 50 m e foi fixado no ponto central da região lombar, à altura da cintura pélvica, numa posição equidistante das duas articulações coxo-femorais. Por forma a impedir a tracção casual e ocasional do fio por acção da pernada alternada realizada durante o nado, o que teria consequências negativas sobre a determinação da velocidade instantânea e, conseqüentemente, sobre o cálculo das velocidades máxima, média e mínima de nado, foi utilizada uma vara de alumínio com uma pequena roldana fixa a uma das pontas (Figura 13). O fio saía do velocímetro e passava pela referida roldana antes de ser conectado ao nadador. O transporte estável da vara e a manutenção da roldana a uma altura constante em relação ao plano da água e à mesma distância do nadador, fundamentais para impedir a interferência sobre a aquisição da velocidade instantânea de nado, foram garantidos pela sua colocação numa posição perpendicular ao corpo do sujeito que a transportava, o qual tinha já vasta experiência anterior no acompanhamento de nadadores com instrumentos de medida.

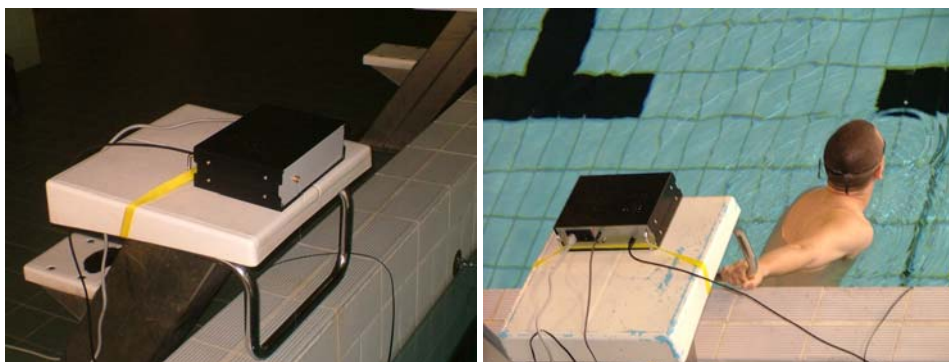


Figura 12. Velocímetro electromecânico (Lima et al., 2006).

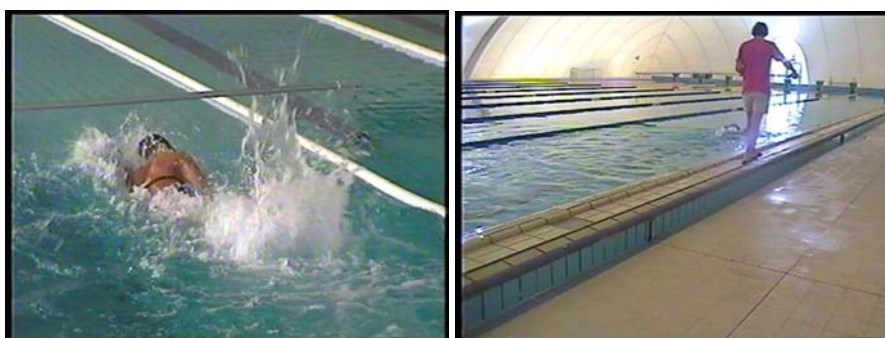


Figura 13. Vara de alumínio utilizada para elevação do fio de nylon.

O velocímetro utilizado foi desenvolvido nos Laboratórios de Biomecânica e de Natação da FCDEF-UP, em conjunto com o Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da FE-UP (Lima et al., 2006). Consiste numa caixa rectangular, com 27.5 cm de largura, 19.5 cm de comprimento e 8 cm de altura (Figura 14a). No interior (Figura 14b) existem dois carretos. Um dos carretos serve de local de enrolamento do fio. Está conectado a um motor de freio que garante a insignificância da inércia de todo o sistema e a manutenção do fio em tensão permanente. É também este motor que permite o enrolamento do cabo após a finalização do nado. O outro carreto tem um diâmetro útil fixo de 25 mm e é o local por onde o fio passa ao ser desenrolado. Tem acoplado um codificador incremental (ou sensor incremental rotativo) que gera um número de impulsos constante (500 pontos por volta) a cada volta do carreto, ou de desenrolamento do fio. Os impulsos gerados pelo codificador são processados num microcontrolador, o qual comporta uma unidade de microprocessamento que os traduz em valores de velocidade.

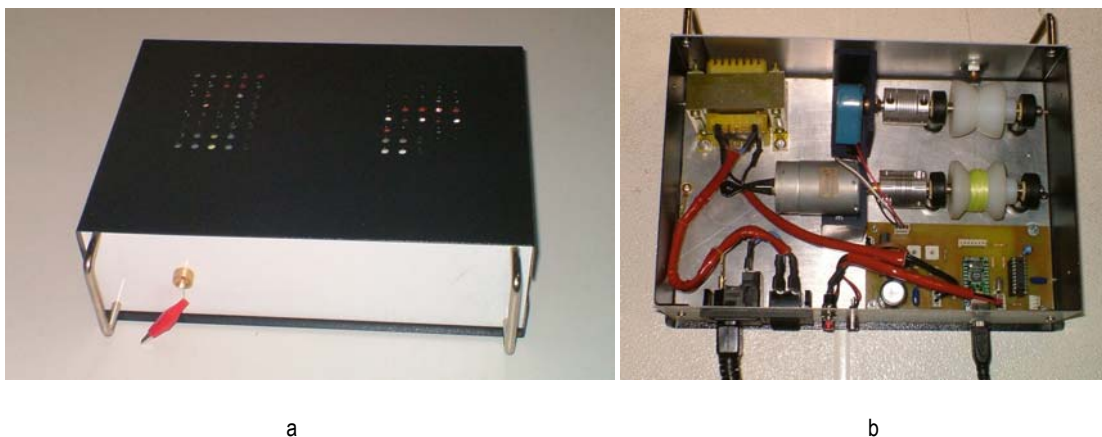


Figura 14. Caixa exterior (a) e componentes internos (b) do velocímetro electromecânico.

O microcontrolador do velocímetro comunica com o computador, enviando informação, através de um cabo USB. A informação recebida no computador é processada num programa que foi especialmente desenvolvido em *Labview* (versão 7.1), pela equipa que construiu e desenvolveu o instrumento (Lima et al., 2006). O programa desenvolvido permite a introdução dos dados do nadador [nome, sobrenome, sexo, data de nascimento, peso (kg) e altura (m)], do ensaio (número do ensaio, data, hora e observações) e permite também a leitura dos dados de cada ensaio (Figura 15). O *software* verifica, ainda, os valores de velocidade calculados pelo microcontrolador a cada 20 ms, realizando o respectivo traçado da relação $v(t) (m.s^{-1})$.



Figura 15. Painel de introdução de dados para configuração do ensaio e ecrã de início do ensaio.

Além da curva $v(t)$, o *software* estima, ainda, os valores máximo, médio (e respectivo desvio padrão) e mínimo da velocidade, a distância percorrida e o tempo de duração (no caso, tempo de nado) do ensaio. Na sequência de cada ensaio são produzidos três ficheiros de *output*. É gerado um ficheiro *Word* com um relatório tabelar contendo os dados do nadador e do ensaio e os valores estimados da velocidade, tempo do ensaio e distância percorrida, bem como o gráfico típico da variação $v(t)$ (registo da velocidade instantânea) com a curva da V_{med} acoplada. Simultaneamente, os dados são exportados para um ficheiro em formato CSV (excel), ficheiro a partir do qual se podem aceder a todas as coordenadas da função $v(t)$. Paralelamente é ainda produzido um ficheiro de imagem, em formato *jpeg*, contendo apenas o gráfico isolado de $v(t)$ e respectiva curva média.

O teste de nado livre foi realizado em piscina de 50m, coberta, aquecida e com condições termo-higrométricas regulamentares. 12 nadadores pós-púberes do sexo masculino concluíram os 50m antes de se esgotarem os 30s de teste. Esta é a maior distância possível de nadar em esforço contínuo sem interrupções, ou seja, no presente caso, sem viragens, as quais também não seriam possíveis devido às limitações impostas pelo próprio instrumento.

3.3.1.7. Estudo dois – Registo da força em nado amarrado

As curvas individuais de relação entre a força e o tempo de nado foram determinadas com os nadadores fixados a um sistema de nado amarrado (Figura 16).

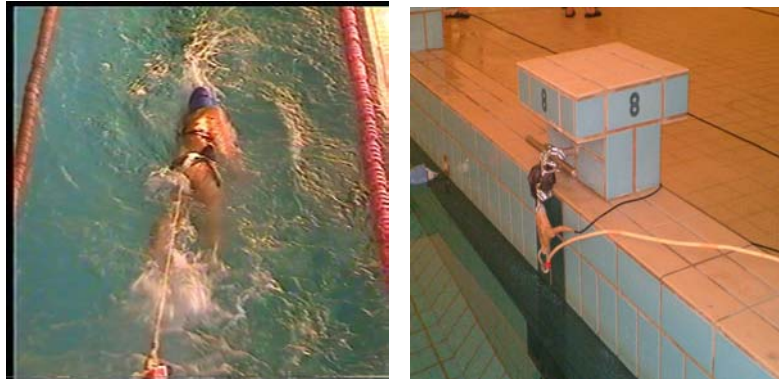


Figura 16. Dispositivo de nado amarrado.

O sistema completo incluiu um cinto de material sintético, com sistema de fecho em PVC, que foi colocado na cintura do nadador e ao qual foi fixado um cabo de aço maleável, mas não extensível, revestido por um tubo de protecção de borracha. O cabo foi ligado, por meio de um mosquetão de aço, a uma célula de carga (transdutor de força, *Globus, Itália*) (Figura 17), com capacidade de medida até 500 kg e capaz de registar dados a uma frequência de 100 Hz.



Figura 17. Representação da célula de carga (*Globus, Itália*).

A célula, por sua vez, foi fixada ao bloco de partida por meio de um sistema constituído, da célula para o bloco, por um mosquetão, uma câmara de ar de pneu de bicicleta, dobrada três vezes em oito, um mosquetão e uma correia de aço. A câmara-de-ar foi colocada com o intuito de amortecer

os impulsos negativos sofridos pelo nadador após as acções propulsivas. A célula de carga dispõe de um cabo de conexão que permitiu a sua ligação ao sistema de aquisição de dados *Ergo Meter*, da *Globus Itália* (Figura 18 e Figura 19), o qual, por sua vez, foi conectado, via cabo de comunicação, a um computador PC (Figura 18), onde foi instalado o *software* GRAPH (*Globus Itália*), que permitiu a visualização das curvas de cada nadador (Figura 19) e a exportação dos respectivos dados para um ficheiro *Excel*. O sistema *Ergo Meter* permite a utilização de 6 programas de avaliação com funcionalidades distintas: *strenght gauge*, *explosive force*, *maximum force*, *force balance*, *force resistance* e *fatigue test* (*Globus Italia, s.d.*). No presente estudo foi utilizado um *fatigue test*, teste este que permite, especificamente, avaliar a capacidade de manter uma determinada percentagem de força, não máxima, ao longo do tempo. No nosso caso a programação do *fatigue* teste realizada no *ergometer* foi alterada por forma ao *output* corresponder à força máxima aplicada durante os 30s de esforço máximo e não a um valor percentual sobre a mesma. Convém referir que a escolha deste teste foi determinada pelo facto de ser o único, da oferta do instrumento, a permitir o registo da força exactamente nas condições que se pretendiam, ou seja, continuamente durante os 30s.

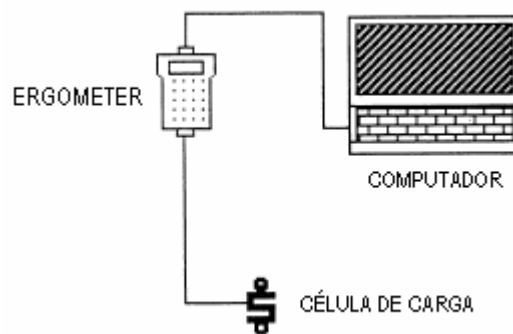


Figura 18. Esquema representativo da conexão entre o sistema de aquisição de dados *ergometer* e os dois periféricos: célula de carga e computador.

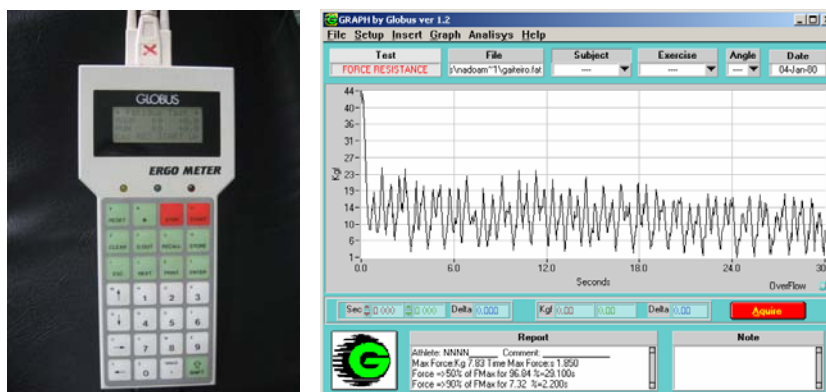


Figura 19. Sistema de aquisição de dados em nado amarrado, à esquerda, e ecrã do computador onde se pode visualizar um exemplo de uma curva de força, à direita.

3.3.1.8. Estudo três - Registo da força em nado simulado em *swim bench*

O teste de nado simulado foi realizado num banco biocinético (*Biometer Isokinetic Trainer, Sport Fahnemann, Germany*) (Figura 20).

O *Biometer Isokinetic Trainer* é constituído por um banco inclinado onde os nadadores se deitam, ficando com parte do tronco fora do mesmo, num espaço suficiente para completar totalmente e de forma confortável, os vários ciclos de braçada na técnica simulada correspondente à técnica de crol. O banco está ligado ao painel principal da *swim bench* (Figura 21), que dispõe de duas “palas” onde os nadadores colocam as mãos, as quais são fixadas às mesmas por meio de uma borracha circular do tipo tubo cirúrgico. As “palas”, por sua vez, estão ligadas por meio de cordas a um sistema mecânico constituído por dois carretos onde as cordas enrolam e desenrolam. Um sensor de força, com amplitude de 0 – 1000 N, mede a força gerada pelo nadador. Dentro da amplitude 0 – 500 N é criado um sinal analógico de 0 – 5 VOLT. Este output é convertido por um conversor analógico-digital e, depois, processado no microprocessador. Um sensor de posição incremental, em cada corda (uma direita e uma esquerda) dá sinais relativos ao comprimento da braçada, com uma precisão de +/- 3mm (Fahnemann, 1996).

A resistência é acomodada, por via de um gerador, ao esforço do nadador, o que acontece durante todo o movimento, pelo que, de acordo com o fabricante, a velocidade do movimento é constante.



Figura 20. *Biometer Isokinetic Trainer* utilizado na recolha de dados do nado simulado (*Sport Fahnemann, Germany*).

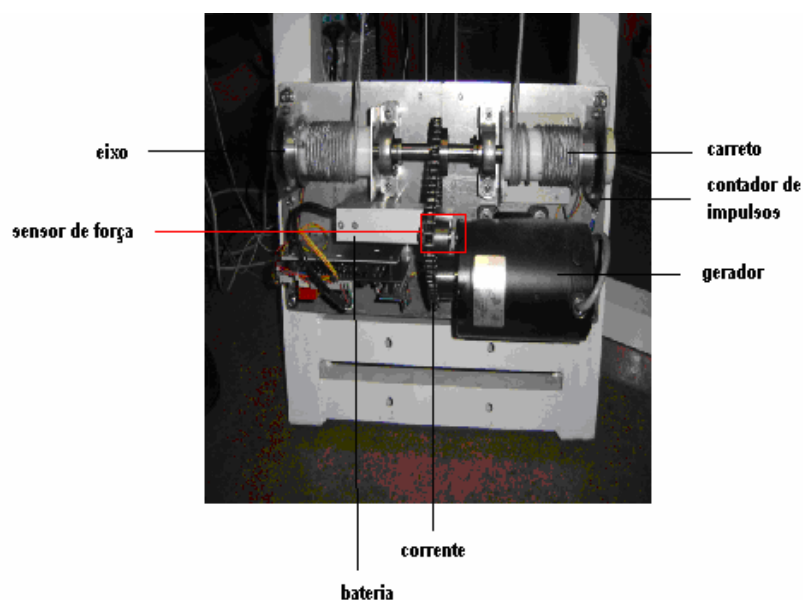


Figura 21. Sistema de funcionamento da swim bench (*Sport Fahnemann, Germany*).

Este equipamento dispõe de um microcomputador para aquisição de dados (*Biometer*, Figura 22), o qual adquire e regista, para cada braçada (uma repetição) e para repetições múltiplas, os valores da força média (N), trabalho (J) e potência (W) de cada braçada, bem como as frequência (ciclos.min⁻¹) e distância de braçada (m). Qualquer dos valores relativos às medidas anteriores pode ser visualizado no visor do *Biometer*. São excepções, em termos de resultado, a força, que é sempre a média da totalidade do teste, e o trabalho, cujos valores vão sendo acumulados. O tempo total de

teste ou o número total de braçadas podem ser predeterminados. Ambos os parâmetros são, no entanto, controlados durante o esforço em função da opção tomada. A velocidade pretendida pode ser escolhida de acordo com 9 níveis de resistência: nível 1 – velocidade baixa, resistência alta; nível 9 – velocidade elevada, baixa resistência. No manual da máquina não são fornecidas instruções relativas à correspondência entre cada nível e a velocidade, em $m.s^{-1}$, que o mesmo representa. A velocidade e o tempo de ciclo não são apresentados no *display* do *Biometer*, apenas o *software* específico de tratamento de dados permite a sua impressão (*Bio Swim Analysis*).

Os dados da leitura do *Biometer* podem não ser fidedignos se a corda que liga as palas ao sistema de roldanas não recolher correctamente. O *Biometer* tem que ser, ainda, programado, dando-se a indicação do tipo de braçada que o nadador a testar vai realizar (simultânea, alternada ou unilateral). Para o presente estudo foi dada a indicação de braçada alternada, uma vez que a simulação de nado foi feita para a técnica de crol.

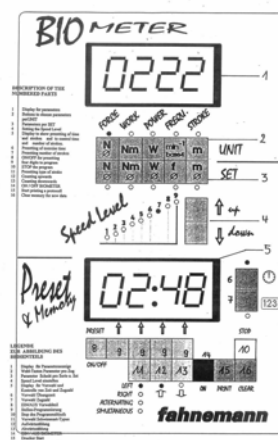


Figura 22. Representação das possibilidades de output do display do *Biometer* (Fahnmann, 1996).

Habitualmente, os dados registados no *Biometer* podem ser visualizados utilizando um *software* próprio, já nomeado acima, também comercializado pela marca (*Bio Swim Analysis*). Contudo, para o nosso estudo foi utilizado um sistema de interface desenvolvido pelo Departamento de Engenharia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. A interface teve como função a transformação do

sinal descontínuo digital proveniente do *Biometer* (sinal digital tipo RS3 62) num sinal analógico contínuo, de forma a ser lido por uma placa de conversão analógico-digital (placa analógica ABC-10, *National Instruments*).



Figura 23. Placa de conversão analógico digital (esquerda, em baixo), caixa de derivação (esquerda em cima) e fonte de alimentação (direita) [a] e forma de conexão com o computador e com a *swim bench* [b].

O programa de captação e tratamento do sinal foi desenvolvido sobre uma base *MatLab* (versão 7.0) pelo nosso grupo de investigação. Basicamente, o programa capta as coordenadas da velocidade, força e potência desenvolvidas durante o teste e cria, no final do mesmo, uma série de representações gráficas do sinal captado, permitindo identificar imediatamente possíveis anomalias que possam ter ocorrido durante a recolha dos dados (Figura 24).

Por fim, o programa produz um ficheiro *.txt* onde podem ser lidos, quer para o MS direito, quer para o MS esquerdo, os valores da potência média por braçada, em função do tempo crescente de esforço, as potências máxima, média e mínima do teste e o IF.

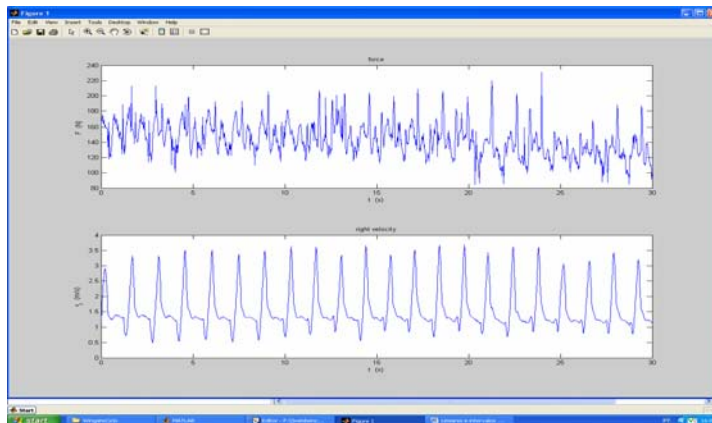


Figura 24. Imagens ilustrativas de algumas das representações gráficas produzidas no final do teste realizado em *swim bench*. No gráfico de cima está representada a força e no de baixo a velocidade relativa ao MS direito.

3.3.1.9. Estudos quatro e cinco – Determinação da potência em testes *Wingate* realizados em ergómetro de braços adaptado e em cicloergómetro

Os valores de potência dos membros inferiores de cada nadador foram determinados a partir de um teste *Wingate* realizado numa bicicleta ergométrica, modelo *Monark™* (*Sports Medicine Industries, Inc.*), de frenagem mecânica, interfaceada, através de um sensor óptico (*SMI Opto-sensor™*, modelo 2000), com o programa de computador *SMI Power™*, para *MsDos* (Figura 25).



Figura 25. Bicicleta ergométrica e sistema de interface com o computador.

O *SMI Opto-sensor™* é um aparelho electrónico que utiliza um sensor óptico, ligado ao computador através de um cabo conector, para detectar superfícies reflectoras (*3M, SMI Inc.*). Este sensor,

accionado pelo computador, emite um raio infravermelho e detecta esse mesmo raio quando ele é reflectido pelas superfícies reflectoras. O *software SMI Power™* permite que o sensor óptico seja utilizado como contador ou velocímetro. A roda da bicicleta ergométrica utilizada tem 1.615 m de circunferência e 16 marcas reflectoras espaçadas uniformemente entre si. De acordo com o fabricante (Sports Medicine Industries Inc, 1993) quando são utilizadas 16 superfícies reflectoras o número de rotações por minuto (RPM) medido flutua aproximadamente 8% acima e abaixo das RPM reais, para a maioria dos ritmos de pedalagem. O sensor óptico é colocado num clipe próprio, que se encontra fixado ao quadro da bicicleta ergométrica, de forma a apontar directamente para as marcas reflectoras, a uma distância variável entre os 3 e os 13 mm.

O *software SMI Power™* foi construído de forma a medir a potência mecânica, expressa em Watts, Watts por quilograma e Kpm/min, a cada segundo de teste. As características peso e resistência a aplicar, referentes a cada sujeito a testar, são inseridas no computador. O programa usa esta informação, juntamente com o valor da velocidade da roda, medida pelo *SMI Opto-sensor™*, para calcular a potência mecânica. O cálculo da potência, em Watts, a cada segundo de teste, é realizado de acordo com a seguinte expressão (Sports Medicine Industries Inc, s.d.):

(3) Potência = Força x Velocidade

Potência (W) = [resistência (kg) x 9.806 N] x (número impulsos x 1 revolução x 1.615 m / 16 impulsos)

No final do teste os resultados são sumariados e apresentados os valores de potências máxima, média e mínima e do IF. O programa *Power™* calcula os resultados das potências máxima e média, considerando a melhor média de períodos de 5s consecutivos de teste. A potência média é calculada pela média das potências de cada segundo de teste e o IF (% de decaimento da potência) é calculado dividindo a diferença entre a potência máxima e mínima pela potência máxima e, depois, multiplicando por 100.

A altura sentado de cada nadador foi ajustada para que os seus membros inferiores ficassem estendidos (manutenção do pé sempre em contacto firme com o pedal) quando o pé passava no ponto mais baixo (mais próximo do chão) da volta do pedal da bicicleta. Os dois pedais dispunham

de correias de fixação próprias para os pés, as quais foram utilizadas, uma vez que Cruikshank (1993) e LaVoie et al. (1984) mostraram que os sujeitos têm valores de potência significativamente superiores quando os pés são fixos aos pedais da bicicleta ergométrica.

Por se tratarem de nadadores, o tradicional valor de resistência de 7.5 g.Kg^{-1} de peso corporal não foi aplicado. Antes da realização do teste *Wingate*, seis nadadores (três do sexo masculino e três do sexo feminino), de cada escalão maturacional, realizaram um pré-teste, com 10s de duração, após 5 min de aquecimento sem resistência e com pedalagem a cadência moderada. Com este pré-teste pretendeu-se determinar o nível de resistência (% da massa corporal) mais ajustado aos três grupos de nadadores estudados, no sentido de minimizar o erro associado à aplicação da carga. Cada nadador realizou vários *sprints* máximos de 10s na bicicleta ergométrica, com cargas de resistência diferentes (diferentes percentagens da massa corporal), situados acima e abaixo de valores já utilizados em trabalhos de investigação com desportistas de escalão etário semelhante. O intervalo de recuperação entre cada repetição foi superior a 15 min. Tal como descrito abaixo para o teste *Wingate*, a carga de resistência (em kg), arredondada pelo próprio *software* aos 0.100 kg, foi aplicada após uma contagem decrescente de 5s. Os resultados mostraram uma relação em U invertido entre a potência máxima e a carga de resistência aplicada para todos os nadadores pré-testados, independentemente do sexo e do escalão etário. A resistência escolhida (% da massa corporal) foi a correspondente ao mais elevado valor de potência registado e pode ser observada no Quadro 15.

Previamente ao início do teste, cada nadador realizou um aquecimento de 5 min na bicicleta, pedalando sem resistência e com uma cadência moderada. Os nadadores foram instruídos no sentido de, durante o período de aquecimento, realizarem 2 ou 3 *sprints*, de forma a poderem adaptar-se a pedalar com elevado número de RPM. Cruikshank (1993) demonstrou que, pelo menos os homens, têm valores de potência mais elevados quando realizam um aquecimento prévio. O início do teste teve lugar após os sujeitos descansaram entre 3 a 5 min.

Quadro 15. Valor de resistência, em % da massa corporal (kg), aplicado no teste *Wingate* de 30s realizado em cicloergómetro, em função do pré-teste.

Escalão	Valor apontado pela literatura (% massa corporal)	Valor escolhido em função do pré-teste (% massa corporal)
Pós-púberes	10.5 ^a	10.5
Púberes	10 ^a	10
	8.7 ^b	8.7
Pré-púberes	8.5 ^b	6.7
	7.5 ^c	8.5
	7.5 ^c	9.0

^aValores apontados na literatura para atletas adultos activos (Inbar et al., 1996)

^bValores apontados na literatura para estudantes de Educação Física (Dotan e Bar-Or, 1983)

^cValores apontados na literatura para crianças (Inbar et al., 1996)

A ordem de pedalagem só foi dada a cada nadador depois de se ter verificado que a altura sentado estava correcta e os pés bem fixos ao pedal. Após a voz de partida, os nadadores começaram a pedalar aumentando gradualmente a velocidade nos últimos 3 a 4s de um *countdown* de 5s. A aplicação da resistência máxima (em kg), arredondada pelo *software PowerTM* a 0.1 kg, coincidiu com o final da contagem decrescente, iniciando-se, neste momento, a contagem dos 30s de teste. Todos os sujeitos foram fortemente encorajados de forma verbal. Após a finalização do teste os sujeitos pedalarão pelo período de tempo que acharam suficiente para sair confortavelmente da bicicleta.

A determinação dos valores de potência dos MS foi realizada seguindo os pressupostos anteriormente descritos, nomeadamente os relativos ao pré-teste para determinação da resistência a aplicar e cujos resultados podem ser observados no Quadro 16. Para a realização do teste foi utilizada a mesma bicicleta ergométrica, a qual foi colocada em cima de uma mesa, tendo-se feito coincidir as extremidades posteriores do aparelho e da mesa de suporte (Figura 26).

Quadro 16. Valor de resistência, em % da massa corporal (kg), aplicado no teste *Wingate* de 30s realizado em ergómetro de braços adaptado, em função do pré-teste.

Escalão	Valor apontado pela literatura (% massa corporal)	Valor escolhido em função do pré-teste (% massa corporal)
Pós-púberes	6.2 ^a	5.8
Púberes	4.8 ^a	6.2
	6.2 ^a	6.2
Pré-púberes	4.8 ^a	4.8
	6.2 ^a	4.8
	4.8 ^a	4.8

^aValores apontados na literatura para estudantes de Educação Física (Dotan e Bar-Or, 1983) e utilizados por (Hawley e Williams, 1991) em nadadores com idades compreendidas entre os 12 e os 15 anos.



Figura 26. Adaptação do cicloergómetro para a realização de medidas de potência dos membros superiores.

Os nadadores sentaram-se num banco rotativo, colocado atrás da bicicleta, e colocaram as mãos nos pedais da mesma. Os pedais foram revestidos com esponja e adesivo forte, de forma a proteger as mãos dos nadadores e a não ocorrerem limitações de esforço por desconforto durante a realização do teste. A altura do banco foi ajustada individualmente, tendo-se feito coincidir, o mais possível, a altura do ombro com o fulcro do braço da alavanca do pedal, ainda que o ajuste perfeito não tenha sido conseguido por falta de plataformas suficientemente baixas e estáveis onde sentar os nadadores. O afastamento do banco foi ainda controlado para que os nadadores mantivessem o tronco o mais vertical possível durante o teste. O *countdown* teve início após o posicionamento correcto de cada nadador, estando os MS em posição horizontal e os braços das alavancas dos pedais paralelas à mesa de suporte. Tal como no teste descrito para os MI, todos os sujeitos foram previamente instruídos no sentido de não abandonarem a posição sentada.

3.3.1.10. Estudo seis – Cálculo da regressão linear entre a distância e o tempo de nado

As distâncias utilizadas no teste de determinação da recta da VC foram escolhidas em função do escalão maturacional avaliado. Os nadadores pré-púberes cumpriram as distâncias de 50 e 200 m (ou 100m, quando incapazes de realizar os 200) e os púberes e pós-púberes nadaram 200 e 800m. Os nadadores foram instruídos no sentido de cumprirem as distâncias estipuladas à velocidade máxima. Posteriormente, as distâncias e respectivos tempos de nado individuais foram

representados graficamente (relação distância/tempo), tendo-se obtido uma recta do tipo $y = ax + b$, onde y é o valor da distância, em metros; a é o declive da recta, correspondente a uma velocidade dada em $m.s^{-1}$; x é o valor do tempo em segundos e b é o valor da ordenada na origem ou o valor da distância, em metros, em que a recta corta o eixo do y .

O valor b individual de cada nadador foi registado e testado enquanto indicador da capacidade anaeróbia individual.

3.3.2. Estudo sete – Perfil de acumulação de lactato num teste incremental

A determinação dos dados de treino (anamnese), altura, peso e composição corporal (método de bioimpedância) foi realizada de acordo com os procedimentos já descritos para a amostra dos testes anteriores. Os testes foram aplicados em piscina de 50m, coberta, aquecida e com condições termo-higrométricas regulamentares.

O protocolo experimental consistiu na realização de 6 patamares de nado (5s, 10s, 15s, 20s, 25s e 30s), à velocidade máxima individual, na técnica de crol, com vista à avaliação da variação da lactatemia em função do tempo e da distância de nado. O salto de partida foi eliminado na partida para todos os patamares de nado, em concordância com o teste de nado livre do protocolo principal do estudo. Os nadadores, colocados dentro da piscina, com uma das mãos apoiada no bordo da parede testa, saíram da parede em deslize após sinal de partida dado por um dos elementos da equipa de investigação e realizaram todas as situações de teste sob forte encorajamento verbal. O intervalo entre cada patamar foi, inicialmente, de recuperação activa, consistindo na realização de, aproximadamente, 20 min de nado contínuo a baixa intensidade, podendo os nadadores utilizar qualquer técnica de nado, à excepção da técnica de mariposa. Após a recuperação activa foi ainda permitido um período de descanso passivo de aproximadamente 10 min, com vista a cumprir 30min de repouso e assegurar uma recuperação completa (Herbestriet et al., 1992). O teste de duas distâncias para determinação da V_{Caer} foi realizado nos dois dias seguintes à avaliação da variação da lactatemia em função do tempo e distância de nado. Este teste foi realizado em piscina de 25 metros, também coberta e aquecida e sensivelmente com as mesmas condições termo-

higrométricas da piscina de 50m. Previamente à aplicação do protocolo experimental procedeu-se à determinação dos valores da Larep, de acordo com a metodologia já descrita para os estudos anteriores. Seguidamente, os nadadores realizaram 400m de nado contínuo a baixa intensidade, com o intuito de proceder a uma activação geral preparatória para as cargas seguintes. Após o término do aquecimento foi realizada, a todos os nadadores da amostra, uma nova análise do La⁻ sanguíneo estatisticamente significativas entre os dois grupos), de forma a controlar possíveis valores de lactatemia excessivamente elevados (e. g. nadador 5, Quadro 17) e a decidir a ordem de testagem dos nadadores, que foi estabelecida em função do maior para o menor valor de lactatemia pós-aquecimento. Este procedimento revelou-se particularmente importante quando se compararam *a posteriori* os valores de lactato de repouso (Larep) e pós-aquecimento e se verificou que os segundos foram significativamente mais elevados que os primeiros. Dados os resultados da Lactatemia pós-aquecimento, os nadadores ainda cumpriram 15 min de recuperação passiva antes de se iniciar o protocolo de avaliação.

O processo de recolha de sangue e os instrumentos utilizados para a análise do La⁻ sanguíneo, após cada patamar, foram iguais aos já descritos para o protocolo principal, exceptuando-se o facto de o intervalo entre as recolhas, após os 3 min da recuperação, terem sido reduzidos de 2 min para 1.30min. Esta redução justificou-se pelas muito curtas durações do tempo de nado e pela previsão de uma menor acumulação de La⁻ a par de um aparecimento mais rápido dos seus valores sanguíneos máximos, considerando a cessação do esforço referente a cada patamar de nado.

Quadro 17. Valores de lactatemia de repouso e valores de lactatemia obtidos 15 min após o término do aquecimento.

	Lactatemia de repouso	Lactatemia pós-aquecimento
Nadador 1	1.1	1,1
Nadador 2	1.0	1,4
Nadador 3	1.2	1,9
Nadador 4	0.8	2,4
Nadador 5	0.9	4,2
Nadador 6	1.2	1,6
Nadador 7	1.4	1,4
Nadador 8	1.0	1,0
Nadador 9	1.4	1,7
Nadador 10	1.2	2,3
X±SD	1,1±0,2*	1,9±0,9

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$.

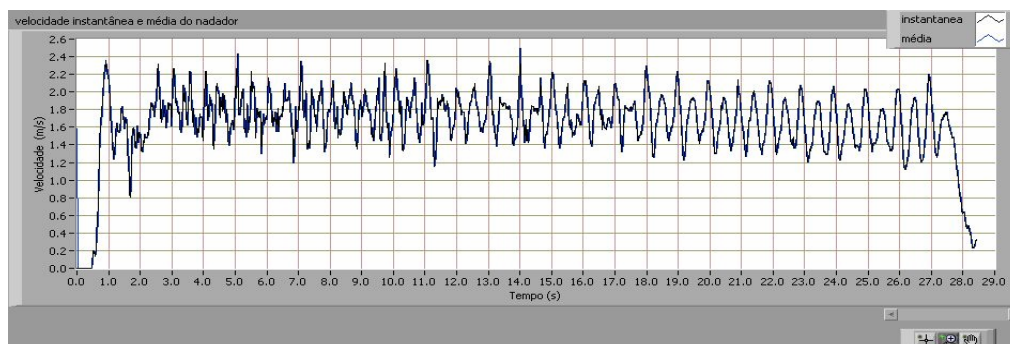
A determinação da distância percorrida em cada patamar, por cada nadador, foi feita por observação directa, com auxílio de marcadores de distância colocados metro a metro ao longo do bordo lateral da piscina mais próximo da pista de teste. Posteriormente, as distâncias registadas foram confirmadas através da análise das imagens vídeo recolhidas durante as avaliações. Estas imagens foram captadas com a mesma câmara já descrita anteriormente e a sua colocação face ao nadador correspondeu ao já descrito para o teste da velocimetria.

3.4. Tratamento dos dados e procedimentos estatísticos

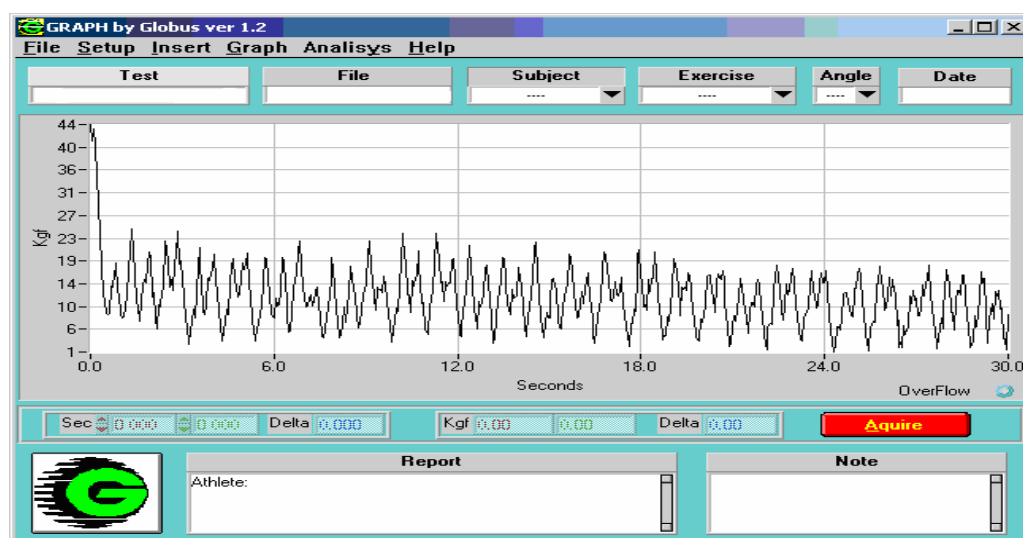
3.4.1. Tratamento dos dados dos seis primeiros estudos

3.4.1.1. Nado livre, nado amarrado e nado simulado em *swim bench*

O sistema velocimétrico utilizado produziu curvas da velocidade instantânea correspondentes ao tempo total de esforço realizado por cada nadador, cujas coordenadas foram exportadas para ficheiros *MatLab* (Figura 27a). De forma similar, o *software* de aquisição de sinais de força utilizado no teste de nado amarrado, que regista 20 valores de força por segundo de nado e que permite a exportação desses dados para um ficheiro de texto, produziu curvas da força instantânea correspondentes ao tempo total de esforço, cujas coordenadas foram também exportadas para ficheiros *MatLab* (Figura 27b). A avaliação da força em nado simulado em *swim bench* foi a única situação em que não houve necessidade de proceder à exportação das coordenadas dos gráficos de variação $F(t)$, na medida em que o programa utilizado para avaliação da força em nado simulado em *swim bench* foi o próprio *MatLab*.



a



b

Figura 27. Curvas da velocidade instantânea (a) e da força instantânea obtida em nado amarrado (b) em testes máximos de 30s.

O tratamento das curvas de velocidade e de força foi realizado com vista à determinação de eventuais LF e também com vista à determinação do perfil de flutuação intracíclica da velocidade e da força e da respectiva variação com a fadiga. Para tal, foi utilizada uma rotina escrita no programa *MatLab* pelo nosso grupo de investigação, que passamos a descrever.

Para determinar a ocorrência de um ou mais LF, seja com base em curvas de velocidade ou de força, ao fazer correr a rotina do *MatLab* começa-se por delimitar o traçado gráfico que se pretende ver analisado, que pode não constituir o tempo de duração total de cada teste (30s). No caso da velocimetria (Figura 28a) tentou excluir-se a partida, o deslize inicial e o momento de finalização do teste, que designamos como chegada, apesar de, para a maioria dos nadadores dos grupos mais jovens, tal não corresponder efectivamente a um toque na parede testa da piscina. No nado

amarrado e no nado simulado em *swim bench* removendo algum eventual pico de força inicial decorrente do “esticão” do cabo de aço que prendia o nadador, conseqüente do impulso inicial na parede, ou da inércia do próprio sistema, respectivamente. A paragem exacta aos 30s de esforço nem sempre foi conseguida, pelo que registos acima deste tempo (de nado amarrado) foram também removidos (Figura 28b).

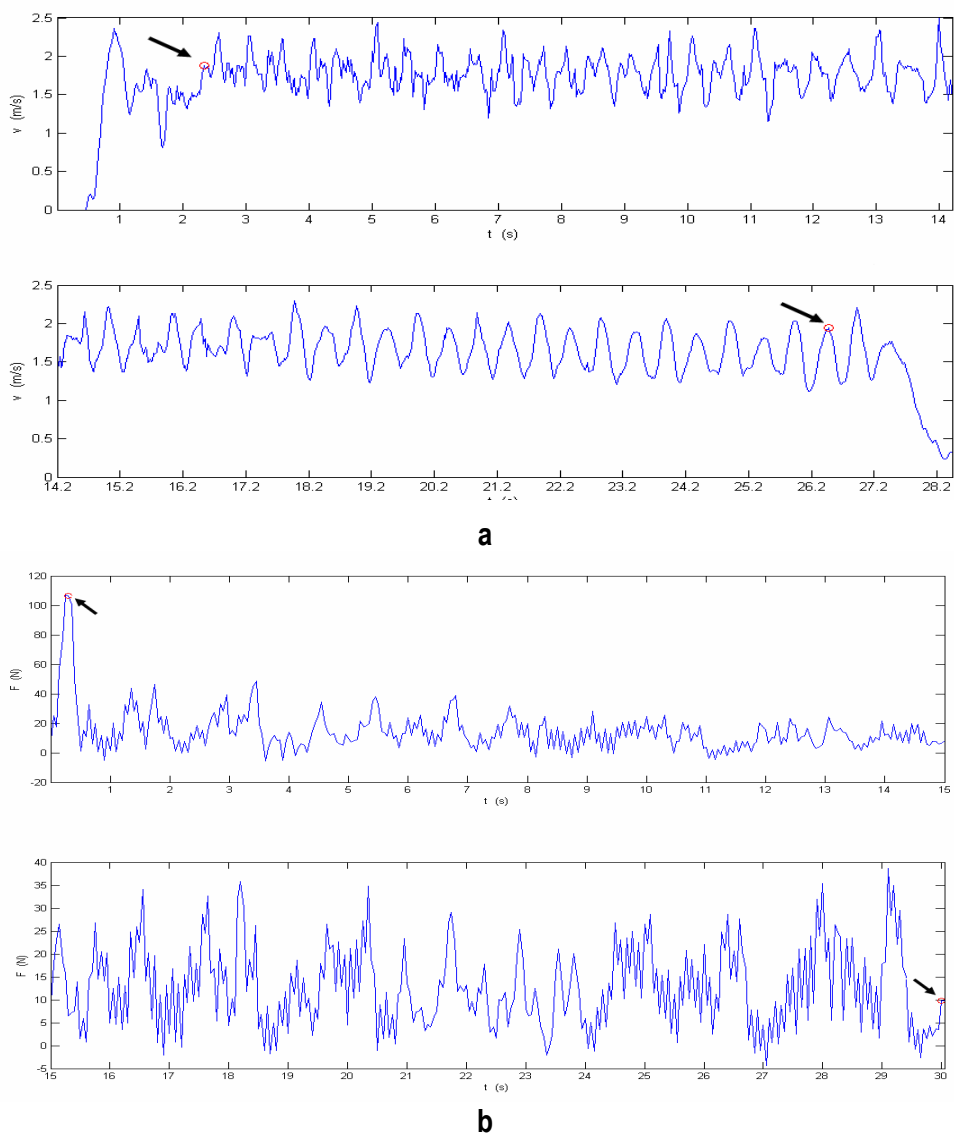


Figura 28. Exemplos de corte (\rightarrow) das velocidades instantâneas de nado livre correspondentes à partida, deslize e chegada à parede (a) e do pico de força inicial resultante do impulso na parede no teste de nado amarrado (b). Delimitação exacta dos 30s de esforço na curva obtida em nado amarrado.

Em seguida, é realizada uma análise usando a transformada contínua de *wavelets* calculadas sobre os dados da curva após corte dos extremos. A transformada contínua de *wavelets* permite identificar a frequência instantânea contida no sinal, ou seja, mostra-nos o conteúdo de frequências do sinal ao longo do tempo. O *output* da análise por *wavelets* é apresentado, em alternativa a um único gráfico colorido de contorno codificado, sob a forma de 6 gráficos de contorno (curvas de nível com uma imagem mais interpretável), cada um dos quais correspondente a uma fracção diferente do coeficiente da *wavelet* com a máxima amplitude, normalmente 40%, 50%, 60%, 70%, 80% e 90% da amplitude máxima (Figura 29). Cada um dos gráficos de contorno apresenta o tempo no eixo horizontal e a pseudo-frequência (dado que as *wavelets* não têm uma única frequência bem determinada) no eixo vertical. Através da inspecção visual destes gráficos de contorno, é possível discriminar uma ou várias “zonas” onde o comportamento da frequência é marcadamente diferente e determinar o instante em que a mudança ocorre (Figura 29). A determinação das referidas zonas nem sempre é óbvia por análise das primeiras curvas de nível produzidas pelo programa. Nestes casos, no sentido de tentar obter imagens mais facilmente interpretáveis, é possível optar pela visualização de curvas de nível com fracções inferiores do coeficiente da *wavelet* com a máxima amplitude (iso-superfícies mais baixas): 1%, 10%, 20%, 30%, 45% e 60% (Figura 30).

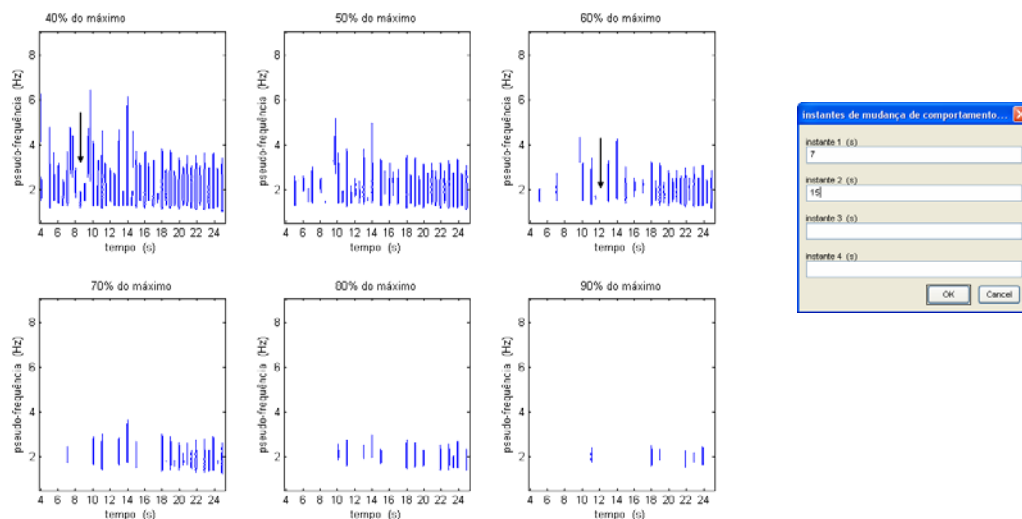


Figura 29. Exemplo de gráficos de contorno obtidos a partir da análise das *wavelets* de uma curva da velocidade instantânea. É possível observar uma zona de alteração do comportamento da frequência no primeiro diagrama, sensivelmente aos 8 s de esforço (↓), e no terceiro diagrama, sensivelmente aos 12 s (↓).

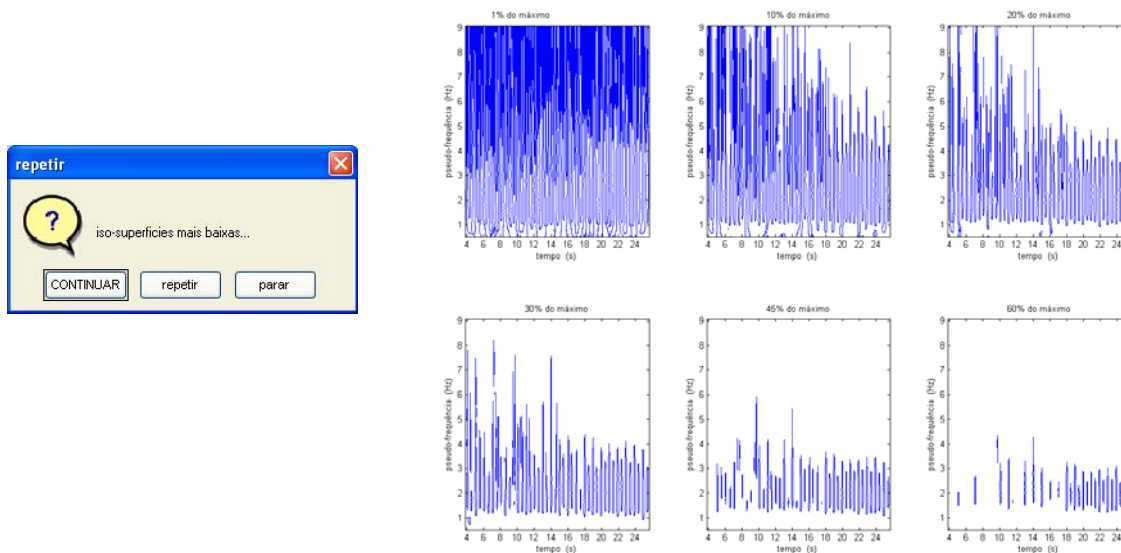


Figura 30. Exemplo de gráficos de contorno obtidos a partir da repetição da análise das *wavelets* de uma curva da velocidade instantânea. Observam-se fracções inferiores (1%, 10%, 20%, 30%, 45% e 60%, em vez de 40%, 50%, 60%, 70%, 80% e 90%) do coeficiente da *wavelet* com a máxima amplitude.

Em síntese, a partir dos resultados da transformada contínua de *wavelets* foi possível discriminar um ou mais pontos de separação de zonas (intervalos temporais) com diferentes características espectrais. A estes pontos chamamos, ainda de forma não definitiva e pouco rigorosa, “limiares de fadiga”. A escolha desta designação tem a ver com o facto da curva da velocidade instantânea ou da força terem alterado o seu comportamento, sendo a causa dessa alteração uma diferença de estratégia de nado adoptada pelo nadador. É de ressaltar ainda, como é aparente pelos gráficos de contorno da Figura 30, que não é possível, com a análise das *wavelets*, extrair a localização exacta do LF. Apenas se consegue obter uma região onde o comportamento do conteúdo da frequência se altera e a correspondente região de alteração do comportamento da curva de velocidade.

A validade do limiar ou LF é testada, em seguida, através da observação do comportamento da velocidade (ou da força) nas diferentes zonas discriminadas. No exemplo apresentado na Figura 31, é obvio que algo aconteceu ao padrão de velocidade, particularmente após os 12s de esforço.

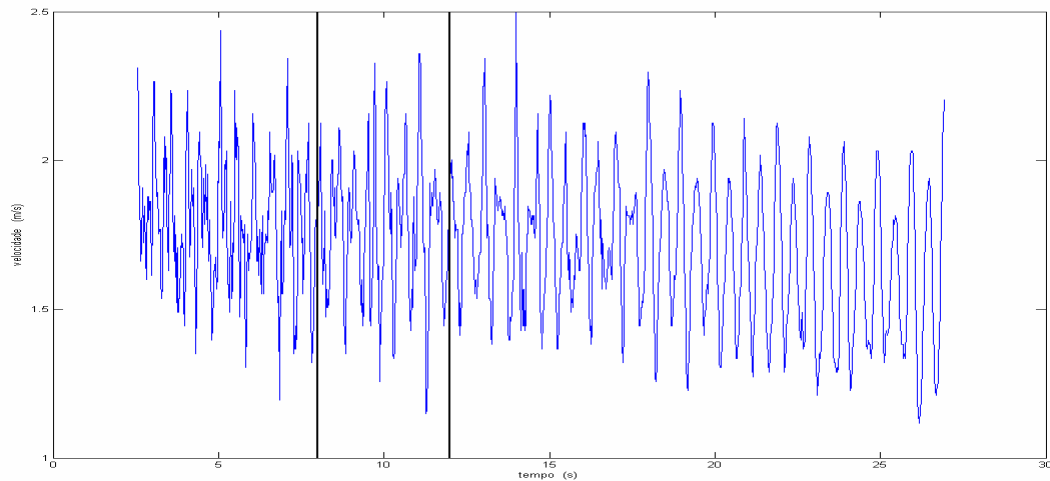


Figura 31. Exemplo de gráfico onde os limiares de fadiga determinados a partir da análise da transformada contínua de *wavelets* estão assinalados sobre o traçado velocimétrico correspondente, ao qual, por se tratar de velocimetria, já foram removidos a partida, o deslize e a chegada.

Pode observar-se que a amplitude das flutuações de velocidade e a velocidade máxima por braçada (ainda que as braçadas não estejam ainda perfeitamente delimitadas nesta imagem gráfica) decrescem com o tempo e que as elevadas frequências presentes na curva de velocidade também desaparecem no fim do teste. Algumas vezes, este procedimento de análise visual é suficiente para rejeitar o limiar ou os limiares previamente determinados. Neste caso, os gráficos de contorno das *wavelets* são novamente inspeccionados e novos LF passam a ser considerados.

Depois de ultrapassada esta fase, as diferentes zonas são analisadas, separadamente, através de um periodograma, sendo cada periodograma normalizado ao seu próprio valor de amplitude máxima. Estes periodogramas normalizados são todos visualizados num gráfico único, o que permite a sua total comparação (Figura 32).

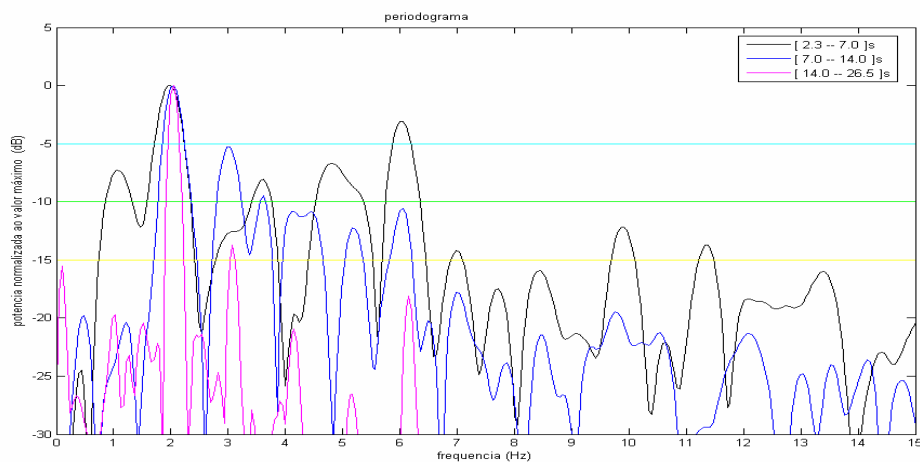


Figura 32. Exemplo de um periodograma com três intervalos de tempo definidos por dois limiares de fadiga previamente determinados. As atenuações, da amplitude máxima, de 5 e 10 dB estão assinaladas pelas linhas horizontais.

O periodograma é, essencialmente, uma transformada de *Fourier* discreta dos dados em análise e dá uma aproximação à potência do espectro. O diagrama mostra o conteúdo em frequências que pode ser observado em cada intervalo temporal definido pelos LF seleccionados. Neste sentido, podemos considerar que o periodograma corresponde ao conteúdo “global” das frequências do sinal, por oposição à transformada contínua de *wavelets*, que corresponde ao conteúdo local em frequência.

Depois da inspecção visual dos periodogramas, os LF previamente discriminados podem ser finalmente aceites, se as frequências dos valores dos lobos principais e as respectivas amplitudes e valores das frequências forem marcadamente diferentes entre zonas (intervalos temporais). Nos casos em que tal não acontece, há que proceder a uma nova análise dos gráficos de contorno das *wavelets* e repetir todo o processo. Há também situações em que é possível observar, visualmente, a reduzida probabilidade de ocorrência de um limiar.

Após a aceitação do periodograma, o programa mostra, ainda, um gráfico onde as velocidades (ou forças) filtradas, com um filtro passa-baixo com uma frequência de corte de 1.0 Hz e com um filtro passa-baixo com uma frequência de corte de 2.0 Hz (escolhidos porque o período da braçada é de cerca de 1s), são colocadas sobre a velocidade (ou força) instantânea correspondente ao intervalo

de tempo tratado (Figura 33). Este diagrama constitui-se meramente como uma ferramenta extra para confirmar as opções tomadas anteriormente.

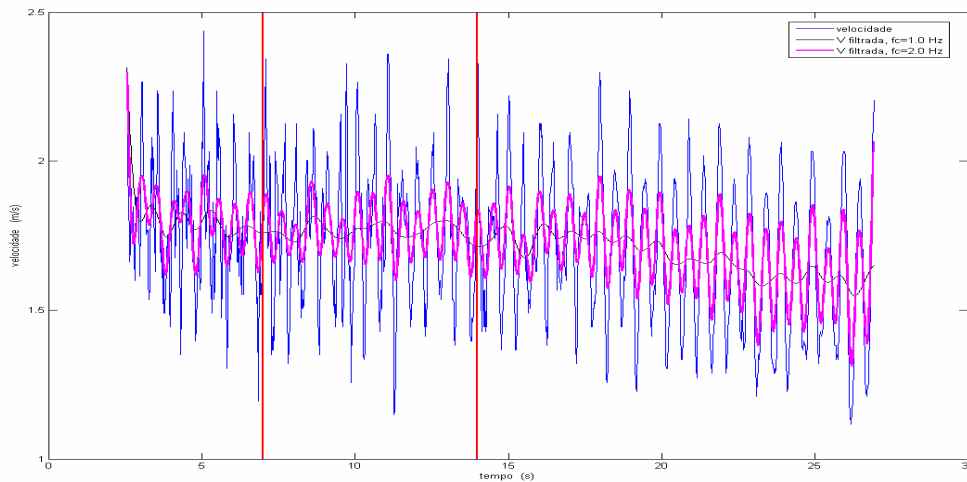


Figura 33. Exemplo de representação gráfica da velocidade instantânea do intervalo de tempo considerado para análise, com a velocidade filtrada a 1.0 e a 2.0Hz sobreposta e os limiares de fadiga assinalados.

Após a realização do conjunto de procedimentos anteriormente descritos, conducentes à determinação dos LF, é possível passar à análise da variação intracíclica da velocidade de nado ou da força, cuja rotina de tratamento está incluída no mesmo programa *MatLab* que temos vindo a descrever. Voltando um pouco atrás, ao momento posterior à definição dos LF, o programa permite optar pela utilização dos tempos das braçadas nas análises subsequentes (Figura 34). Estas braçadas são as coordenadas temporais de entrada e saída dos dois MS da água, obtidas previamente a partir de imagens vídeo dos testes de 30s realizados por cada nadador. A primeira imagem gráfica para análise visual que surge após a opção pela utilização das braçadas é o traçado (velocimétrico ou de força) em tratamento, sobreposto com setas indicadoras da entrada e saída dos dois MS da água (Figura 35). Nesta imagem é importante verificar se todas as braçadas estão devidamente assinaladas, o que pode não acontecer se, por exemplo, tiver havido algum erro no registo manual prévio dos dados, durante o tratamento das imagens.

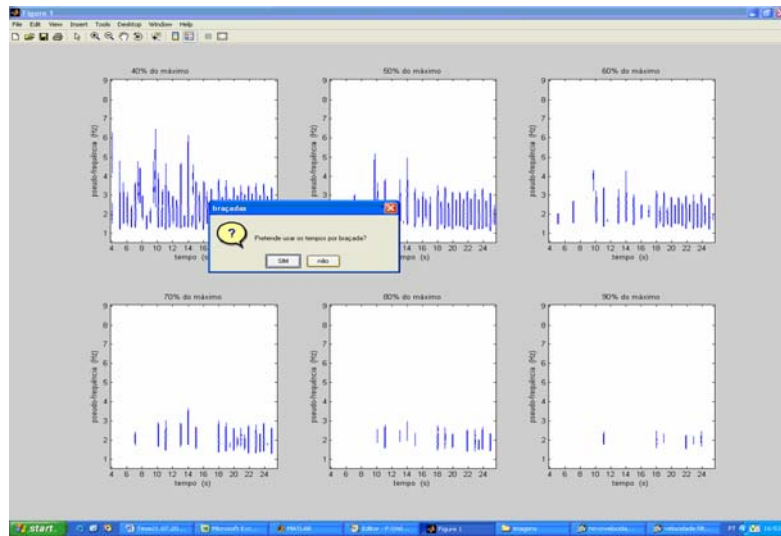


Figura 34. Solicitação pelo programa, da informação relativa à utilização, ou não, das braçadas. Se o pretendido é apenas a determinação dos limiares de fadiga, estas não se utilizam. Utilizam-se se a intenção é realizar a análise da variação intracíclica da velocidade de nado em função dos limiares de fadiga já determinados previamente.

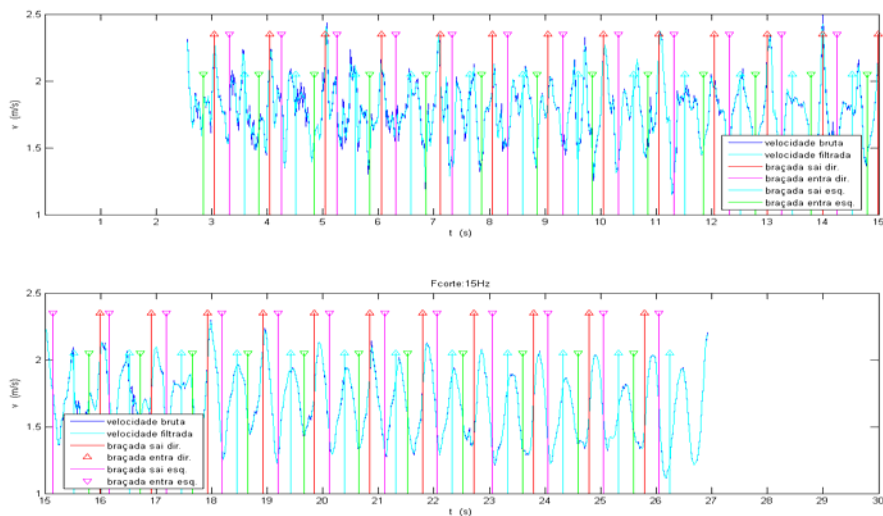


Figura 35. Exemplo de traçado da velocidade instantânea de nado com as braçadas assinaladas.

De seguida, o programa apresenta uma sequência de imagens gráficas que servem, essencialmente, para anular qualquer hipótese de erro associado, quer ao registo prévio dos dados, quer à análise em processamento. Algumas dessas imagens já foram, inclusivamente, analisadas aquando da escolha dos LF (Figura 36).

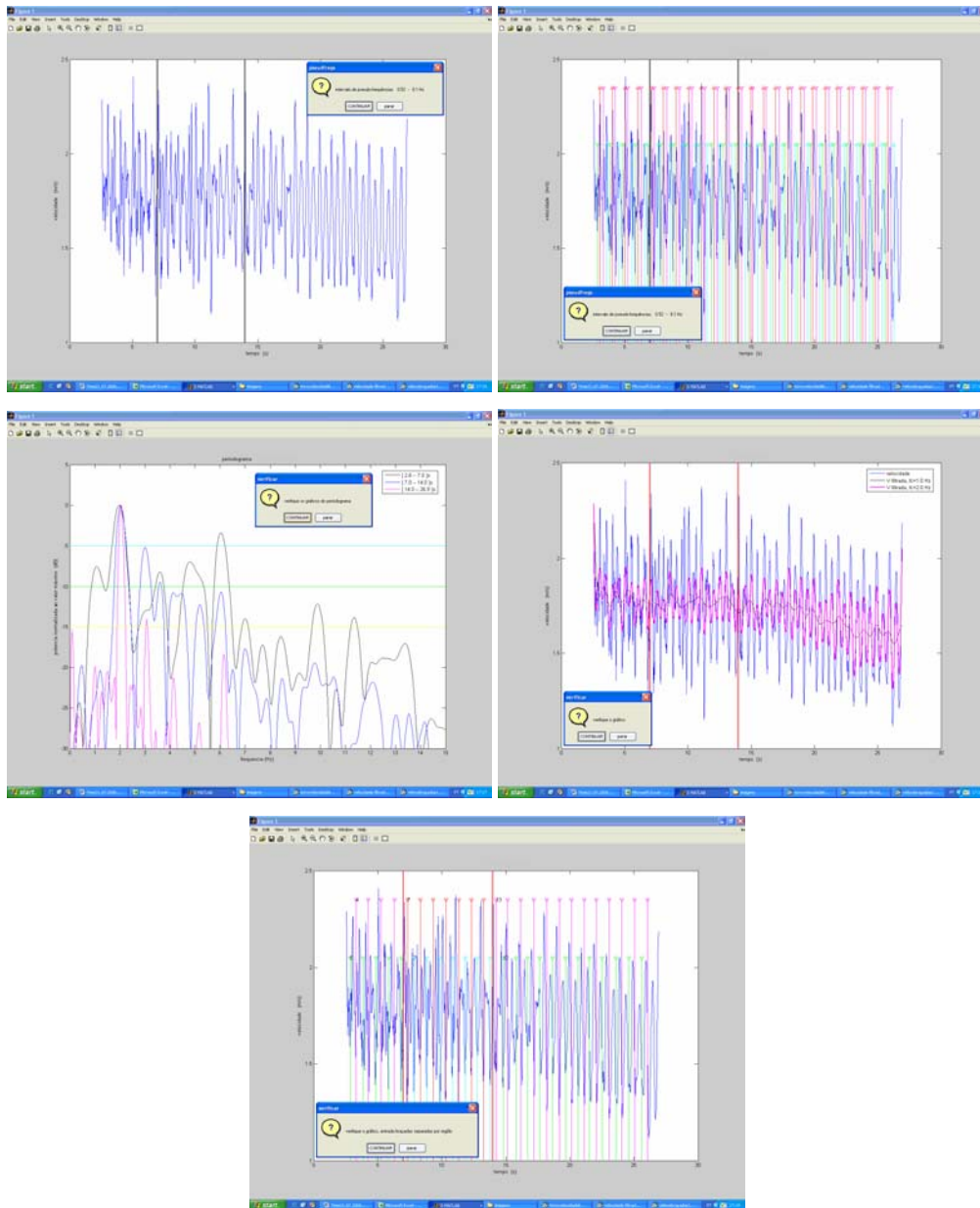


Figura 36. Sequência de procedimentos do programa MatLab desenvolvido: traçado da velocidade instantânea de nado com os limiares de fadiga previamente determinados sobrepostos (em cima, à esquerda) e com a entrada e saída das braçadas direitas e esquerdas discriminadas (em cima à direita), periodograma (ao meio, à esquerda), traçado da velocidade instantânea de nado com os traçados correspondentes a velocidade filtrada a 1.0 e 2.0 Hz sobrepostos (ao meio, à direita) e com a contagem do número de braçadas discriminada (em baixo, ao centro).

Depois de correr as etapas anteriores da rotina, o programa apresenta os traçados médios da variação intracíclica da velocidade (ou da força) correspondente aos ciclos que compõem cada uma

das zonas temporais delimitadas pelos LF obtidos. No fundo, nestes gráficos podem observar-se as alterações que se processaram no perfil de variação intracíclica da velocidade de nado (ou da força aplicada durante o nado amarrado ou simulado) com a fadiga, como, por exemplo, o número de picos de velocidade (ou força) existentes, a sua duração e o momento em que ocorreram em percentagem de duração do ciclo gestual.

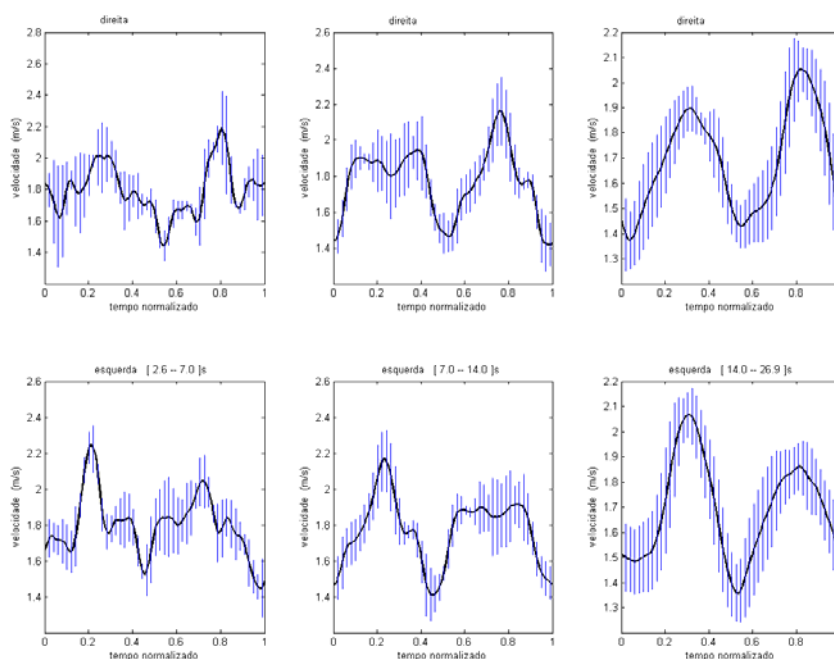


Figura 37. Exemplo de ciclos médios de nado e respectiva variabilidade, calculados sobre um traçado velocimétrico, correspondentes a cada zona temporal definida pelos pontos de fadiga previamente determinados. Os gráficos à esquerda correspondem ao 1º intervalo temporal, os gráficos centrais ao 2º intervalo temporal e os gráficos à direita ao 3º intervalo temporal definidos por 2 limiares de fadiga.

No final da rotina, o programa escreve, ainda, um ficheiro de dados com uma listagem de todas as frequências máximas e do lobo de amplitude máxima que, no periodograma, se encontram nos intervalos de atenuação de 0-5 e 5-10 dB. Estes dados são apresentados para todos os intervalos de tempo definidos de acordo com os LF predeterminados. Para além dos dados quantitativos da análise espectral, obtêm-se, ainda, a partir das curvas de velocidade ou de força, dados relativos ao tempo de esforço e correspondente distância (no caso em que é aplicável), à velocidade ou F_{med} de nado e respectivos desvios padrão e coeficientes de variação, à velocidade ou força mínima (velocidade ou força média dos últimos 5s do traçado cortado para análise) e máxima de esforço

(velocidade ou força dos primeiros 5s do traçado cortado para análise), ao IF $[(\max-\min/\max)*100]$, ao número de ciclos realizados, ao tempo e DC (quando aplicável), à FG e ao índice de ciclo (IC) (quando aplicável). Os dados são apresentados quer para o traçado global, quer para todos os intervalos de tempo definidos de acordo com os LF predeterminados, discriminando braçadas direitas e esquerdas. Face à semelhança observada entre os resultados referentes aos dois MS, os dados tratados apresentados neste trabalho correspondem, sempre, às braçadas direitas, uma vez que o interesse particular do estudo estava na fadiga e não na identificação de eventuais assimetrias contralaterais, opção não totalmente inédita (Schleihauf et al., 1983)

, ainda que, reconhecemos, limitadora do conhecimento que se pode obter a partir dos resultados.

3.4.1.2. Teste *Wingate* em ergómetro de braços e cicloergómetro

Os dados obtidos com os testes *Wingate*, seja os realizados em ergómetro de braços adaptado, seja os realizados em cicloergómetro, foram também utilizados com vista à determinação de LF a partir de curvas de potência. Dado que o programa do teste *Wingate* utilizado permite obter apenas 30 pontos de potência no tempo (um ponto por cada segundo de esforço), a hipótese da aplicação da análise espectral anteriormente descrita para os testes de nado livre, amarrado e simulado em *swim bench* ficou imediatamente arredada. A solução encontrada passou pela aplicação de rectas a nuvens de pontos com comportamento semelhantes, tendo-se considerado LF exactamente os pontos temporais em que o padrão de comportamento da potência se alterou, ou seja, o ponto a partir do qual a potência, apesar de continuar a diminuir (ou a crescer, em casos provavelmente associados a dificuldades em gerir o esforço durante o tempo de teste), passou a diminuir segundo uma taxa diferente. Dado que o programa utilizado para o tratamento destes dados foi também desenvolvido em *MatLab* pela nossa equipa de investigação, o procedimento inicial no trabalho de análise foi a exportação dos dados originais para um ficheiro *MatLab*.

O primeiro passo da rotina *MatLab* aplicada ao tratamento dos dados obtidos com os testes *Wingate* foi exactamente a determinação dos LF. A inspecção visual da curva do nadador, com as potências expressas a cada ponto no tempo (Figura 38, em cima), e da representação gráfica da diferença

entre pontos de potência adjacentes (Figura 38, em baixo) permitiu escolher um ou mais pontos temporais representativos de alterações do padrão de variação da potência de pedalagem.

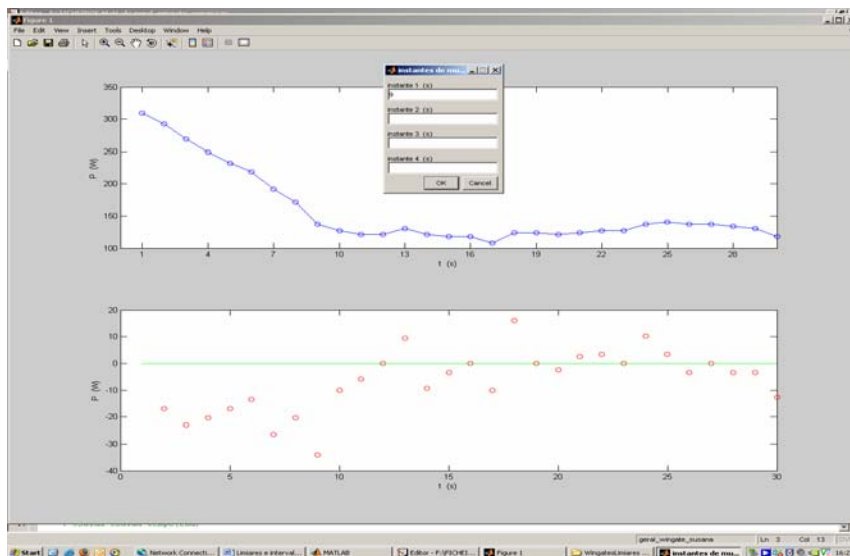


Figura 38. Imagem representativa do primeiro passo da rotina MatLab aplicada aos dados obtidos com os testes *Wingate*. Na imagem gráfica de cima podem observar-se as potências expressas em cada segundo. No gráfico inferior observa-se a representação gráfica da diferença entre valores de potência adjacentes.

Após o procedimento descrito, são produzidos dois novos gráficos, um com os LF previamente definidos assinalados sobre a linha contínua representativa da variação da potência (Figura 39, em cima) e o outro, o mais importante, com as nuvens de pontos correspondentes a cada intervalo temporal definido pelos LF ajustados pela melhor recta, usando o método dos mínimos quadrados (Figura 39, em baixo). Dada a ordem de finalização do programa, obtém-se um conjunto de informações relativas à equação das rectas ajustadas (foram considerados particularmente os declives) e à potência e RPM médios correspondentes aos intervalos temporais definidos pelos LF determinados.

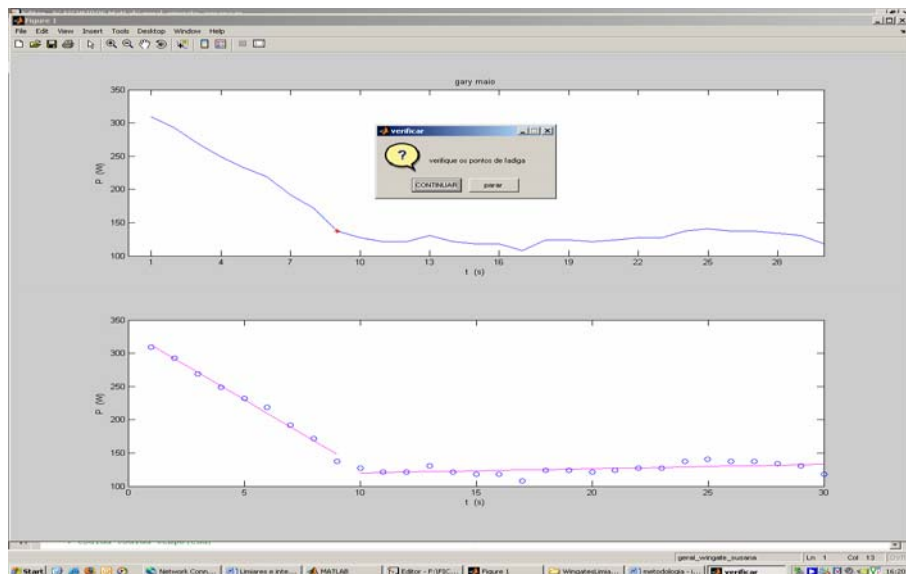


Figura 39. Imagem representativa do segundo e último passo da rotina MatLab aplicada aos dados obtidos com os testes *Wingate*. Na imagem de cima os limiares de fadiga estão assinalados sobre a linha contínua representativa da variação da potência. No gráfico de baixo observa-se o ajuste de uma recta à nuvem de pontos correspondentes a cada intervalo temporal.

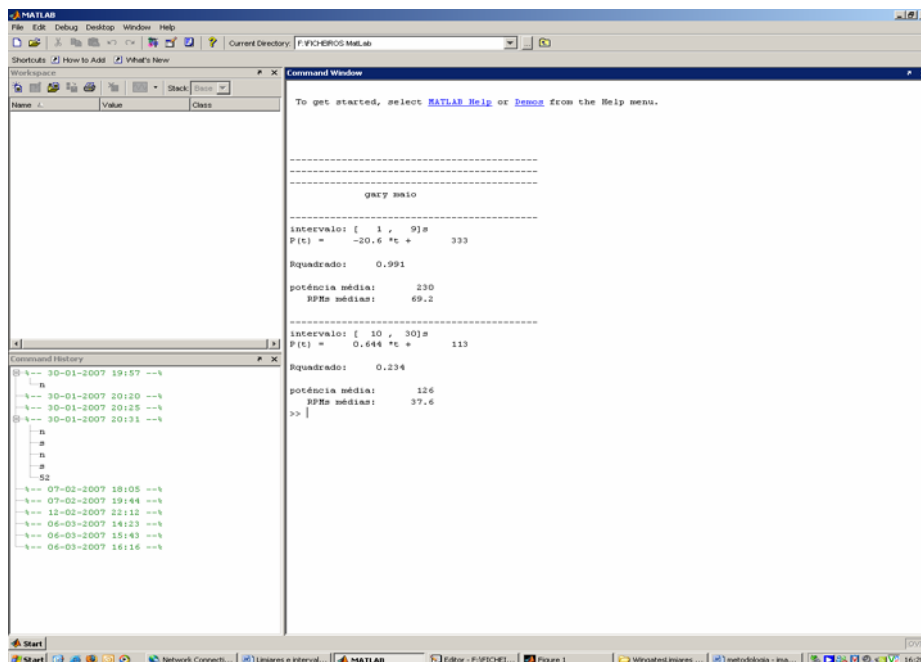


Figura 40. Dados obtidos no final do tratamento das curvas correspondentes ao comportamento da potência durante os testes *Wingate*. Pode ler-se, na janela principal, a equação da recta de melhor ajuste aos valores de potência contidos em cada intervalo temporal e respectivo valor de R^2 , bem como a potência média e número médio de rpm também referentes a cada intervalo temporal.

3.4.1.3. Delimitação do valor da ordenada na origem da função da variação da distância com o tempo de nado

A determinação do valor da ordenada na origem da recta da VC foi realizada com base no teste de duas distâncias (Wakayoshi et al., 1993). Foi calculada a recta de regressão individual das distâncias nadadas com os respectivos tempos totais de nado.

3.4.2. Tratamento dos dados do estudo sete

Com vista à determinação da existência de um possível LF observável na relação La^- /tempo correspondente a um teste incremental de 30s, realizou-se uma exploração dos dados em várias vertentes possíveis. O cálculo dos valores de $Lanet$ foi realizado subtraindo o valor de La^- de repouso ao valor de lactato máximo ($Lamax$) absoluto acumulado em cada patamar de nado. De forma a obter uma medida da velocidade de crescimento do La^- sanguíneo para cada patamar procedeu-se à divisão do $Lanet$ pelo tempo correspondente a cada patamar. O incremento de La^- (ΔLa) de patamar para patamar, em função do tempo entre patamares (Δt), medida da potência glicolítica, foi encontrado dividindo o valor de ΔLa^- pelo valor de Δt . O mesmo cálculo foi efectuado em função de Δd , para obter o incremento de La^- acumulado por cada metro nadado entre patamares adjacentes e analisar o custo energético láctico.

Com vista à determinação de possíveis pontos ou intervalos temporais delimitadores de zonas de transição notória do regime de acumulação de La^- , nomeadamente da transição do regime aláctico para o regime láctico (regimes de predominância), foi criada uma rotina, em *MatLab*, que permitiu o ajuste de duas funções lineares distintas à expressão gráfica individual e média da função $Lanet(t)$, algo similar ao realizado para os testes *Wingate*. A modelação consistiu na tentativa de ajuste das duas funções lineares (rectas) aos seis pontos de expressão da relação entre o $Lamax$ acumulado e o tempo de nado: 2 pontos vs. 4 pontos, 3 pontos vs. 3 pontos e 4 pontos vs. 2 pontos (ver exemplo na Figura 41).

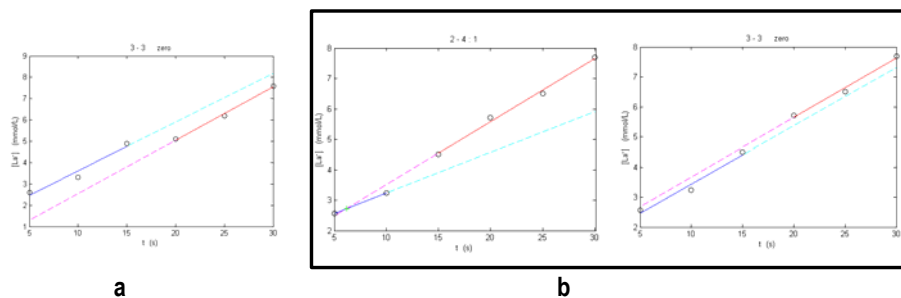


Figura 41. Exemplos de modelação dos valores de L_a acumulado em função do tempo de nado em cada patamar. No gráfico **a** apresenta-se uma modelação de valores individuais de um sujeito da amostra e em **b** apresentam-se os gráficos médios da modelação dos valores de todos os sujeitos.

Foram ainda calculadas as rectas de regressão individuais da relação entre as distâncias e respectivos tempos de nado, referentes ao teste incremental, de forma a determinar o valor da VC obtida num espectro de distâncias eminentemente anaeróbias (VC_{anaer}) e do valor de “b”.

3.4.3. Procedimentos estatísticos

A validação dos resultados dos testes de nado livre, nado simulado em *swim bench*, nado amarrado e teste Wingate realizado em ergómetro de braços, concorrentes do teste Wingate realizado em cicloergómetro, foi antecedida da realização de uma análise exploratória independente por grupos maturacionais e sexo, de forma a estudar o padrão da distribuição bi-variada das diferentes variáveis. Este tipo de análise exploratória foi escolhido em função da dimensão amostral e por se tratar de uma primeira abordagem, bastante simples, ao problema da validação concorrente.

O primeiro passo da validação consistiu, pois, na realização de um estudo exploratório da associação entre variáveis comuns do teste critério e dos testes concorrentes, utilizando-se, para tal, o coeficiente de correlação de *Pearson*. Seguidamente, foi estabelecido o grau de concordância, em termos absolutos, dos resultados dos testes comparados com os resultados dos testes critério, tendo-se utilizado uma ANOVA de medidas repetidas. As comparações *a posteriori* foram realizadas utilizando um ajustamento de *Bonferroni*. Por fim, realizou-se uma análise factorial confirmatória, no sentido de testar a validade do construto da capacidade anaeróbia e tentar encontrar o teste que melhor representa essa noção.

Para proceder ao tratamento gráfico dos resultados dos diferentes estudos utilizou-se o programa Excel da *Microsoft Office*, versão 2003. O tratamento estatístico foi realizado a partir do programa SPSS, versão 14.0 para Windows, do programa SYSTAT, versão 10.0, e do programa EQS 6.1.

A análise exploratória dos dados de cada subgrupo amostral precedeu a realização de todos os testes comparativos de médias ou variâncias. As distribuições foram consideradas normais quando os valores da prova do teste *Shapiro-Wilk* (todos os subgrupos amostrais com $n < 50$) foram superiores a 0.05. Nos casos que obrigaram à comparação de mais do que dois grupos, foram testados, ainda, os pressupostos de homocedasticidade (igualdade de variâncias) e de esfericidade. A homocedasticidade foi observada quando os valores de probabilidade do teste de *Levene* foram superiores a 0.05.

Sempre que os pressupostos da estatística paramétrica foram cumpridos, utilizaram-se, para comparação de médias, os teste *t* de *Student* (independentes ou de medidas repetidas) e o teste ANOVA, com o valor de probabilidade estabelecido em 5%. As comparações *a posteriori* foram realizadas utilizando um ajustamento de *Bonferroni*.

Nas situações em que se observou ausência de normalidade na maioria das distribuições a comparar, violação dos outros pressupostos da aplicação de testes paramétricos e um n amostral inferior a 30, a utilização da estatística não paramétrica foi considerada, particularmente nas comparações entre duas amostras, dado que o teste ANOVA é bastante robusto à violação de pressupostos. Face à circunstância dos testes não paramétricos implicarem uma mudança de escala na variável, de contínua para ordinal, optamos por apresentar sempre, a título meramente informativo, os valores médios e respectivos desvios padrão das variáveis em estudo, ainda que, efectivamente, as médias não fossem comparadas.

Reconhecemos ainda como entrave da estatística não paramétrica o facto dos testes sinalizarem apenas, a presença ou ausência de diferenças, não avançando para os usuais testes *a posteriori*, aplicados na ANOVA paramétrica, o que não permite saber quais, de entre os grupos comparados, são efectivamente diferentes entre si. A solução utilizada para sanar este problema foi a do cálculo dessas diferenças através das expressões de Siegel e Castellan (1988).

Sempre que a estatística não paramétrica foi utilizada, as diferenças entre duas amostras independentes foram testadas usando o teste de *Mann-whitney*. O teste de *Wilcoxon*, foi o utilizado para duas amostras relacionadas. As comparações entre mais do que dois grupos independentes e relacionados foram realizadas com base no teste de *Kruskal-Wallis* e no teste de *Friedmann*, respectivamente. Tal como para os testes paramétricos, também na estatística não paramétrica o nível de significância foi estabelecido em 5%.

Para o estudo da correlação entre variáveis do estudo utilizou-se o coeficiente de correlação de *Pearson*, tendo-se considerado as correlações significativas quando $p \leq 0.05$.

4. Resultados

4.1. Processo de validação dos testes concorrentes do teste *Wingate* realizado em cicloergómetro

A associação entre o teste padrão (teste *Wingate*) realizado em cicloergómetro e os restantes testes para todas as variáveis comuns foi explorada de três formas distintas: (1) em função do grupo maturacional, independentemente do sexo dos sujeitos; (2) em função do sexo, independentemente do grupo maturacional; (3) para todos os sujeitos, independentemente do grupo maturacional e do sexo. Apresentam-se, a título de exemplo, os resultados referentes à variável Lamax, optando-se, para as variáveis seguintes e por forma a não adensar o capítulo, por apresentar apenas a representação gráfica da dispersão bi-variada dos resultados entre os diferentes testes, bem como a correspondente matriz de correlação.

Na Figura 42 são apresentados os diagramas de dispersão da variável Lamax respeitantes à associação entre o teste padrão e o teste concorrente de nado livre, em função do grupo maturacional, independentemente do sexo dos sujeitos.

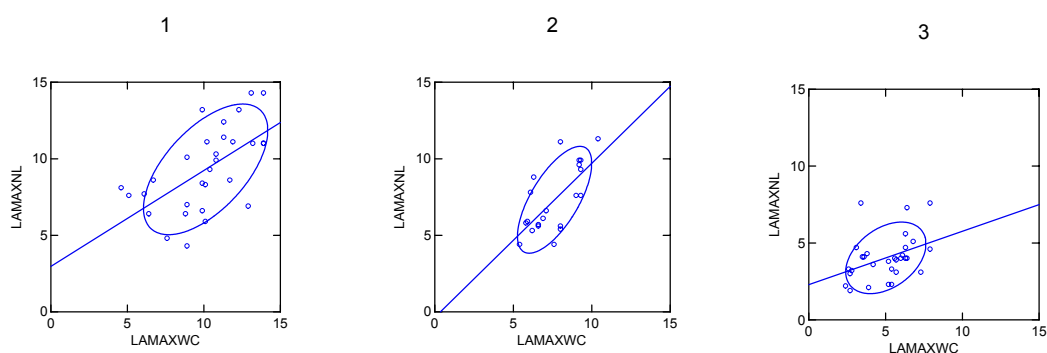


Figura 42. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de Lamax acumulados após 30s de nado livre (LAMAXNL) e teste *Wingate* realizado em cicloergómetro (LAMAXWC), pelos nadadores pós-púberes (1), púberes (2) e pré-púberes (3).

Em cada um dos grupos maturacionais é visível uma concentração dos valores em intervalos semelhantes de resultados do teste critério e do teste concorrente, reflectindo desempenhos esperados para cada um dos grupos.

Na Figura 43 podem observar-se os diagramas de dispersão da variável Lamax respeitantes à associação entre o teste padrão (teste *Wingate* realizado em cicloergómetro) e o teste concorrente de nado livre, em função do sexo, independentemente da categoria maturacional dos sujeitos.

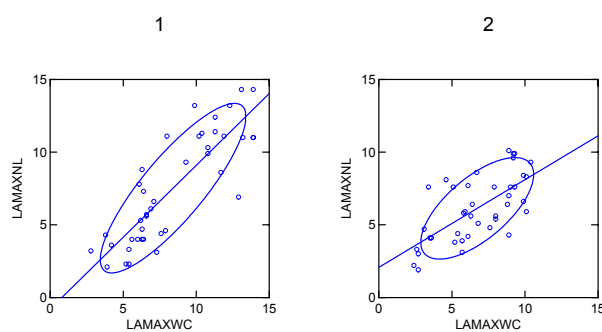


Figura 43. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de Lamax acumulados após 30s de nado livre (LAMAXNL) e teste *Wingate* realizado em cicloergómetro (LAMAXWC), pelos nadadores do sexo masculino (1) e do sexo feminino (2).

Os diagramas salientam uma variação substancial nos dois testes (critério e concorrente), o que era esperado, face ao intervalo etário dos sujeitos.

Na Figura 44 pode observar-se o diagrama de dispersão e o perfil da distribuição da variável Lamax respeitantes à associação entre o teste padrão (teste *Wingate* realizado em cicloergómetro) e o teste de nado livre, de todos os sujeitos. A dispersão bi-variada dos resultados nos dois testes salienta a presença de covariação substancial entre os resultados dos diferentes testes.

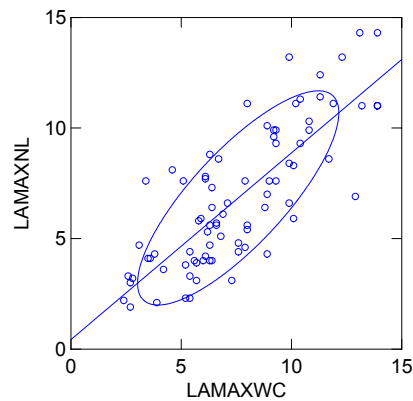


Figura 44. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de Lamax acumulados após 30s de nado livre (LAMAXNL) e teste *Wingate* realizado em cicloergómetro (LAMAXWC), independentemente da maturação e do sexo dos nadadores ($r^2= 67\%$).

Na Figura 45 pode observar-se a representação gráfica da dispersão bi-variada dos resultados entre os diferentes testes, cujos resultados se encontram no Quadro 18. Os valores de correlação são todos elevados ($r \geq 0.79$), salientando a forte possibilidade de qualquer um dos testes concorrentes produzir informação semelhante à do teste critério em termos de produção de La^- ($63\% \leq r^2 \leq 75\%$). Contudo, face ao facto do valor de r não ser igual a 1, os resultados traduzem, também, aspectos da *performance* específicos de cada um dos testes concorrentes, relativamente ao teste critério, como, por exemplo, a especificidade gestual, o tipo de musculatura envolvida na produção do movimento e a maior ou menor adequação do sujeito ao tipo de teste.

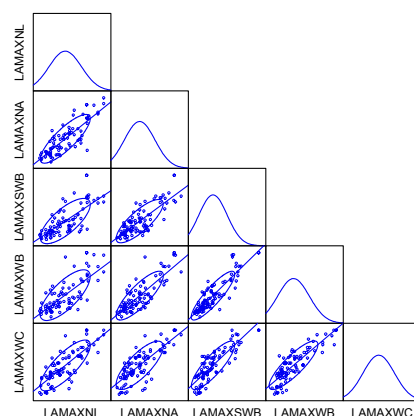


Figura 45. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de Lamax acumulados após 30s de nado livre (LAMAXNL), nado amarrado (LAMAXNA) e nado simulado em *swim bench* (LAMAXSWB) e após teste *Wingate* em ergómetro de braços (LAMAXWB) e em cicloergómetro (LAMAXWC).

Quadro 18. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e teste *Wingate* em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável Lamax.

Testes	Nado livre	Nado Amarrado	<i>Swim bench</i>	<i>Wingate</i> braços
Nado livre	1.000			
Nado Amarrado	0.839*	1.000		
<i>Swim bench</i>	0.735*	0.819*	1.000	
<i>Wingate</i> braços	0.740*	0.831*	0.893*	1.000
<i>Wingate</i> ciclo	0.802*	0.792*	0.860*	0.864*

* $p \leq 0.001$

Na análise factorial confirmatória foram testados sequencialmente quatro modelos: (1) modelo em que todos os testes representam de igual modo (i. e., a mesma validade convergente) a noção de capacidade anaeróbia (modelo de partida); (2) modelo em que a possibilidade de haver diferenças entre a validade convergente dos testes, ainda que todos possuam a mesma variância e erro; (3) modelo em que se relaxou o pressuposto da variância erro ser igual; (4) modelo em que se libertou um parâmetro de covariação entre variâncias – erro dos testes de nado amarrado e nado livre. A estimação dos parâmetros dos diferentes modelos foi efectuada de acordo com o método de máxima verosimilhança. Dado o carácter sequencial e hierárquico dos modelos, recorreu-se ao teste de χ^2 para determinar diferenças de ajustamento global entre modelos. O melhor modelo (melhor razão de verosimilhança) não só reflectiu diferenças significativas nos valores de χ^2 , como na estatística de explicação das matrizes de covariância impostas por cada um dos modelos (Comparative Fit Index, CFI).

Os resultados da solução factorial do melhor modelo ($\chi^2_{(4)} = 12.118$, $p=0.017$; CFI = 0.973) encontram-se no Quadro 19.

Quadro 19. Solução factorial do modelo que melhor representa a noção de capacidade anaeróbia com base nos indicadores utilizados.

Marcador de capacidade anaeróbia	Loadings estandardizados	Variância erro	r ²
Nado livre	0.805	0.594	0.648
Nado amarrado	0.872	0.489	0.761
<i>Swim bench</i>	0.940	0.342	0.883
<i>Wingate</i> braços	0.946	0.323	0.896
<i>Wingate</i> ciclo	0.917	0.400	0.840

Os melhores valores de *Loading* e de r² corresponderam ao nado simulado em *Swim bench* e ao teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços.

Na Figura 46 pode observar-se, para a variável Lanet, a representação gráfica da dispersão bi-variada dos resultados entre os diferentes testes, cujos correspondentes valores de correlação podem ser observados no Quadro 20.

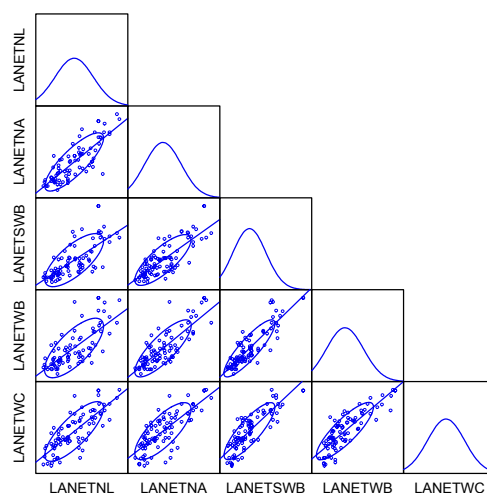


Figura 46. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de Lanet relativos aos testes de 30s de nado livre (LAMAXNL), nado amarrado (LAMAXNA) e nado simulado em *swim bench* (LAMAXSWB) e ao teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços (LAMAXWB) e em cicloergómetro (LAMAXWC).

Quadro 20. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável Lanet.

Testes	Nado livre	Nado Amarrado	<i>Swim bench</i>	<i>Wingate</i> braços
Nado livre	1.000			
Nado Amarrado	0.829*	1.000		
<i>Swim bench</i>	0.725*	0.809*	1.000	
<i>Wingate</i> braços	0.729*	0.822*	0.889*	1.000
<i>Wingate</i> ciclo	0.797*	0.780*	0.854*	0.856*

*p≤0.001

Tal como já se havia observado para o Lamax, também para o Lanet os valores de correlação são todos elevados, mostrando que qualquer dos testes concorre para produzir informação semelhante à do teste critério.

Os resultados da solução factorial do melhor modelo ($\chi^2_{(4)} = 28.11$, p=0.0003; CFI = 0.925) encontram-se no Quadro 21.

Quadro 21. Solução factorial do modelo que melhor representa a noção de capacidade anaeróbia com base nos indicadores utilizados.

Marcador de capacidade anaeróbia	Loadings estandardizados	Variância erro	r ²
Nado livre	0.827	0.563	0.684
Nado amarrado	0.882	0.471	0.778
<i>Swim bench</i>	0.930	0.369	0.864
<i>Wingate</i> braços	0.935	0.354	0.874
<i>Wingate</i> ciclo	0.916	0.401	0.839

Os melhores valores de *Loading* e de r² corresponderam ao nado simulado em *swim bench* e ao teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços.

Na Figura 47 encontra-se a representação gráfica da dispersão bi-variada dos resultados entre os diferentes testes, correspondentes à variável FCmaxE, cujos correspondentes valores de correlação podem ser observados no Quadro 22. Para a variável FCmaxE, os valores de correlação observados entre os testes concorrentes e o teste *Wingate* realizado em cicloergómetro foram todos baixos, pelo que se verifica uma fraca possibilidade de qualquer um dos testes concorrentes produzir informação semelhante à do teste critério. Nestas circunstâncias e dada, também, a

elevada presença de valores omissos, optou-se por não prosseguir com a análise factorial confirmatória, aplicando-se o mesmo princípio às variáveis a seguir apresentadas.

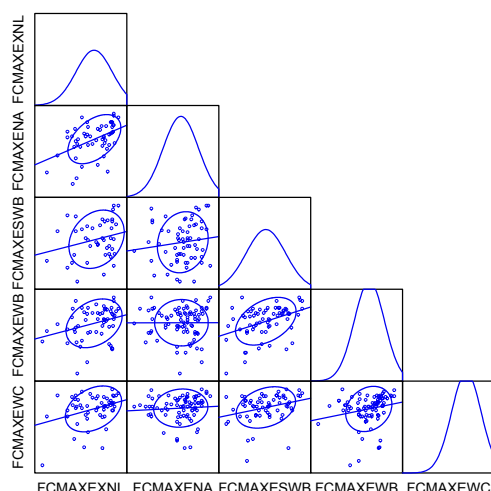


Figura 47. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de FCmaxE relativos aos testes de 30s de nado livre (FCMAXENL), nado amarrado (FCMAXENA) e nado simulado em *swim bench* (FCMAXESWB) e ao teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços (FCMAXEWB) e em cicloergómetro (FCMAXEWC).

Quadro 22. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável FCmaxE.

Testes	Nado livre	Nado Amarrado	<i>Swim bench</i>	<i>Wingate</i> braços
Nado livre	1.000			
Nado Amarrado	0.427	1.000		
<i>Swim bench</i>	0.202	0.140	1.000	
<i>Wingate</i> braços	0.212	0.027	0.279	1.000
<i>Wingate</i> ciclo	0.231	0.259	0.165	0.206

Na Figura 48 pode observar-se a representação gráfica da dispersão bi-variada dos resultados entre os diferentes testes, correspondentes à variável FCmaxR, cujos correspondentes valores de correlação podem ser observados no Quadro 23. A correlação entre os testes de nado livre e de nado amarrado foi moderada, ainda que não significativa, revelando uma proximidade entre estes dois testes, ainda que apenas o segundo revele alguma possibilidade de produção de informação semelhante à do teste padrão.

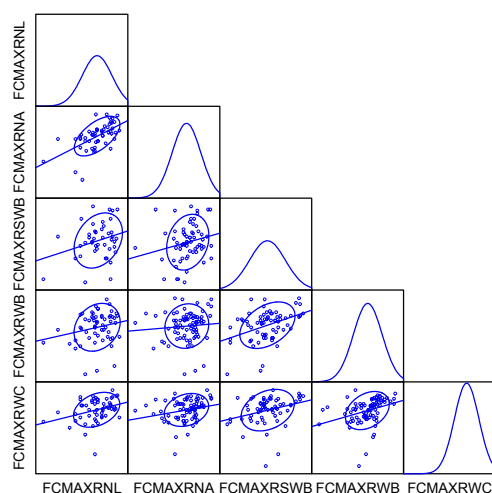


Figura 48. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de FCmaxR relativos aos testes de 30s de nado livre (FCmaxRNL), nado amarrado (FCmaxRNA) e nado simulado em *swim bench* (FCmaxRSWB), e ao teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços (FCmaxRWB) e em cicloergómetro (FCmaxRWC).

Quadro 23. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável FCmaxR.

Testes	Nado livre	Nado Amarrado	<i>Swim bench</i>	<i>Wingate</i> braços
Nado livre	1.000			
Nado Amarrado	0.615*	1.000		
<i>Swim bench</i>	0.334	0.217	1.000	
<i>Wingate</i> braços	0.189	0.189	0.396	1.000
<i>Wingate</i> ciclo	0.326	0.544*	0.214	0.245

* $p \leq 0.003$

Na Figura 49 encontra-se a representação gráfica da dispersão bi-variada dos resultados entre os diferentes testes, correspondentes à variável FCmed, cujos correspondentes valores de correlação podem ser observados no Quadro 24. Mais uma vez se verifica uma proximidade entre os testes de nado livre e de nado amarrado, mas muita fraca possibilidade de ambos os testes reflectirem o teste padrão.

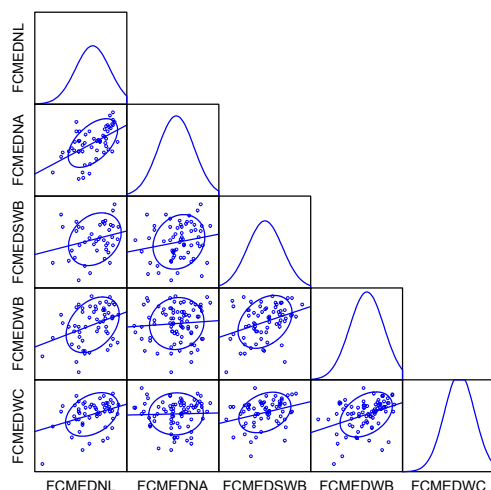


Figura 49. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de FCmed relativos aos testes de 30s de nado livre (FCMEDNL), nado amarrado (FCMEDNA) e nado simulado em *swim bench* (FCMEDSWB), e teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços (FCMEDWB) e em cicloergómetro (FCMEDWC).

Quadro 24. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável FCmed.

Testes	Nado livre	Nado Amarrado	<i>Swim bench</i>	<i>Wingate</i> braços
Nado livre	1.000			
Nado Amarrado	0.596*	1.000		
<i>Swim bench</i>	0.190	0.331	1.000	
<i>Wingate</i> braços	0.281	0.133	0.252	1.000
<i>Wingate</i> ciclo	0.289	0.229	0.178	0.333

* $p \leq 0.001$

Na Figura 50 encontra-se a representação gráfica da dispersão bi-variada dos resultados entre os diferentes testes, correspondentes à variável IncrFC, cujos correspondentes valores de correlação podem ser observados no Quadro 25.

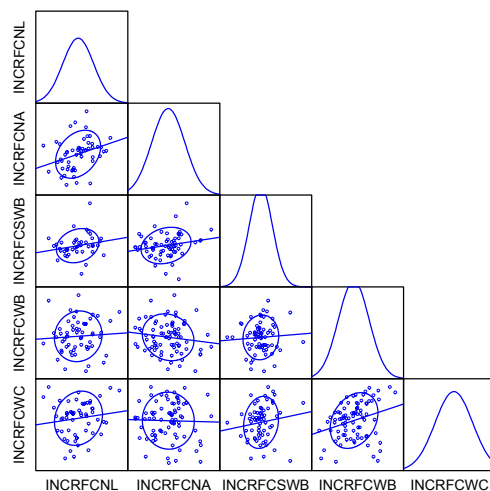


Figura 50. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de IncrFC relativos aos testes de 30s de nado livre (INCRFCNL), nado amarrado (INCRFCNA) e nado simulado em *swim bench* (INCRFCSWB), e teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços (INCRFCWB) e em cicloergómetro (INCRFCWC).

Quadro 25. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável INCRFC.

Testes	Nado livre	Nado Amarrado	<i>Swim bench</i>	<i>Wingate</i> braços
Nado livre	1.000			
Nado Amarrado	0.324	1.000		
<i>Swim bench</i>	0.242	0.231	1.000	
<i>Wingate</i> braços	-0.040	-0.277	0.007	1.000
<i>Wingate</i> ciclo	0.062	0.062	0.235	0.377

Na Figura 51 encontra-se a representação gráfica da dispersão bi-variada dos resultados entre os diferentes testes, correspondentes à variável IF, cujos correspondentes valores de correlação podem ser observados no Quadro 26.

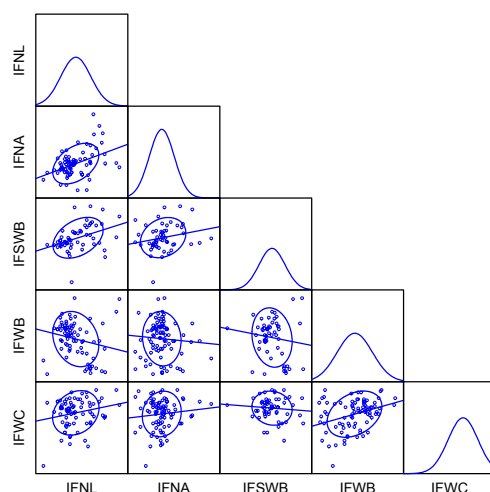


Figura 51. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de IF relativos aos testes de 30s de nado livre (IFNL), nado amarrado (IFNA) e nado simulado em *swim bench* (IFSWB), e teste *Wingate* realizado em ergômetro de braços (IFWB) e em cicloergômetro (IFWC).

Quadro 26. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergômetro de braços e em cicloergômetro, correspondente à variável IF.

Testes	Nado livre	Nado Amarrado	<i>Swim bench</i>	<i>Wingate</i> braços
Nado livre	1.000			
Nado Amarrado	0.429*	1.000		
<i>Swim bench</i>	0.389*	0.233	1.000	
<i>Wingate</i> braços	-0.237	-0.144	-0.141	1.000
<i>Wingate</i> ciclo	0.010	-0.018	-0.087	0.232

* $p \leq 0.04$

Na Figura 52 encontra-se a representação gráfica da dispersão bi-variada dos resultados entre os diferentes testes, correspondentes à variável FG, cujos correspondentes valores de correlação podem ser observados no Quadro 27. Para a variável FG foi possível observar uma correlação forte entre os testes de nado livre e amarrado e uma correlação moderada entre ambos e o teste critério, pelo que a produção de alguma informação semelhante é possível, mas não satisfatória.

Dada a dificuldade em realizar a validação dos testes concorrentes em função do teste *Wingate* realizado em cicloergômetro, optou-se por prosseguir, em alternativa, com o estudo das correlações observadas entre testes, independentemente do seu significado estatístico, no sentido de perceber se existe alguma relação de proximidade na informação produzida por cada um. Neste sentido, e como pode ser observado nas matrizes de correlação apresentadas para cada uma das variáveis

analisadas no presente capítulo de resultados, o nado livre apresenta os valores mais elevados de correlação com o nado amarrado. O nado simulado em *swim bench* correlaciona-se, para todas as variáveis à excepção do IncrFC e da FG, com o *Wingate* realizado em ergómetro de braços. Para as duas variáveis de excepção, os valores de correlação do nado simulado em *swim bench* foram mais fortes com o *Wingate* realizado em cicloergómetro. O teste critério mostrou os valores mais elevados de correlação, para a maioria das variáveis, com o *Wingate* realizado em ergómetro de braços. Nas FCmaxE e FCmaxR a correlação foi melhor com o nado amarrado e na FG com o nado livre.

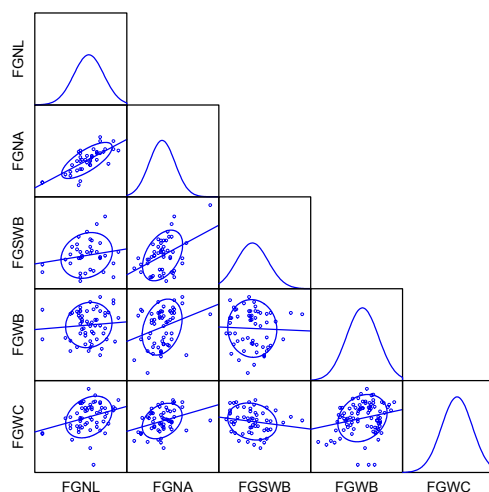


Figura 52. Diagramas de dispersão e perfil das distribuições correspondentes aos valores de FG relativos aos testes de 30s de nado livre (FGNL), nado amarrado (FGNA) e nado simulado em *swim bench* e teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços (FGWB) e em cicloergómetro (FGWC).

Quadro 27. Matriz de correlações existentes entre os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, correspondente à variável FG.

Testes	Nado livre	Nado Amarrado	<i>Swim bench</i>	<i>Wingate</i> braços
Nado livre	1.000			
Nado Amarrado	0.780*	1.000		
<i>Swim bench</i>	0.192	0.144	1.000	
<i>Wingate</i> braços	0.202	0.233	-0.104	1.000
<i>Wingate</i> ciclo	0.464*	0.411	-0.197	0.339

*p≤0.05

4.2. Comparação da resposta a cada teste considerando o estado de desenvolvimento maturacional e o género dos nadadores

4.2.1. Resposta láctica máxima pós-esforço e *net*

O estudo da resposta específica dos nadadores dos diferentes grupos maturacionais e géneros a cada teste foi precedido de dois tipos de análise: (1) exploração dos dados de forma a inspeccionar a normalidade das distribuições, (2) bem como a homogeneidade de variâncias. Não obstante a presença de pequenas violações da normalidade e de alguma heterocedasticidade, está bem descrita, para estes casos, a robustez do teste F, bem como a qualidade do ajustamento de Huynh-Feldt (Stevens, 2002), o que nos fez avançar com os procedimentos estatísticos paramétricos. Foi ainda previamente realizado o estudo da interacção das variáveis dependentes com as variáveis independentes testes, categoria maturacional e sexo dos sujeitos, ficando o tratamento estatístico posterior dependente da significância do resultado.

O estudo da interacção das variáveis dependentes Lamax e Lanet com as variáveis independentes testes, categoria maturacional e sexo dos sujeitos mostrou significado estatístico (respectivamente: $F=2.197$, $p=0.031$; $F=2.163$, $p=0.034$), pelo que o tratamento estatístico posterior foi realizado considerando o efeito conjunto de todas as variáveis.

O Quadro 28 e as Figura 53 e Figura 54 mostram os valores médios e respectivos desvios padrão de Lamax obtidos, após cada teste, pelos nadadores masculinos e femininos de cada grupo maturacional. No Quadro 29 encontram-se os respectivos valores *net*. Dada a igualdade nos resultados das comparações estatísticas encontradas para a Lamax e para a Lanet e para não massificar o presente capítulo, optamos por apresentar a representação gráfica apenas dos valores de Lamax.

Quadro 28. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da Lamax obtida, pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^anado livre; ^bnado amarrado; ^cnado simulado em *swim bench*; ^d*Wingate* braços.

Lamax M	Nado Livre	Nado Amarrado	Swim Bench	Wingate braços	Wingate ciclo
Pré-púb	3.79±1.27	3.89±1.29	2.52±0.73	3.46±1.39	5.53±1.38 ^{a,b,c,d}
Púb	7.32±2.46	5.83±2.40	4.88±1.85 ^a	5.10±1.98 ^a	7.48±1.40 ^{c,d}
Pós-púb	11.33±2.01	12.16±3.17	8.96±1.43 ^{a,b}	11.30±2.19 ^c	11.79±1.40 ^c
Lamax F					
Pré-púb	4.28±1.67	4.28±2.50	2.45±0.55 ^{a,b}	2.89±0.88	4.51±1.80 ^{c,d}
Púb	7.17±2.05	5.24±2.30 ^a	3.70±1.04 ^a	4.64±1.52 ^a	7.91±1.61 ^{b,c,d}
Pós-púb	7.30±1.60	8.31±1.90	5.21±1.50 ^{a,b}	6.07±1.40 ^b	8.16±1.94 ^{c,d}

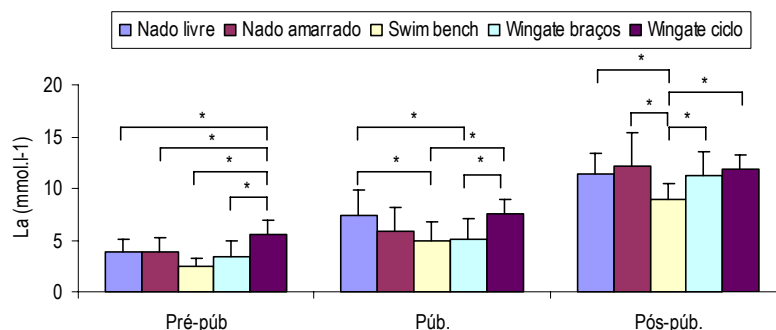


Figura 53. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da Lamax obtida, pelos nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

*Significativamente diferente para $p \leq 0.05$.

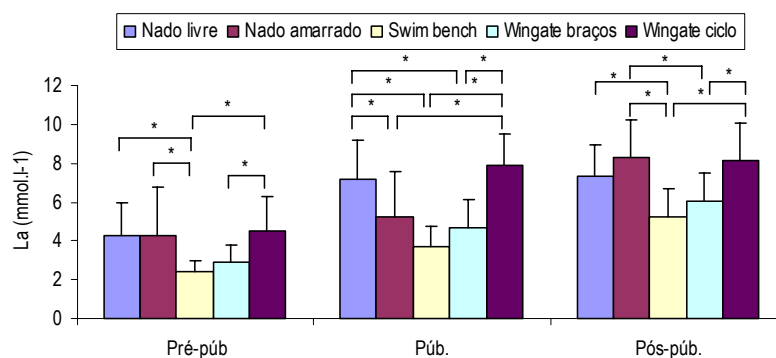


Figura 54. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da Lamax obtida, pelas nadadoras de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

*Significativamente diferente para $p \leq 0.05$.

Quadro 29. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da Lanet calculada, para os nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^anado livre; ^bnado amarrado; ^cnado simulado em *swim bench*; ^d*Wingate* braços.

Lanet M	Nado Livre	Nado Amarrado	<i>Swim Bench</i>	<i>Wingate</i> braços	<i>Wingate</i> ciclo
Pré-púb	2.65±1.33	2.75±1.30	1.38±0.72	2.32±1.36	4.39±1.41 ^{a,b,c,d}
Púb	6.37±2.53	4.88±2.41	3.89±1.70 ^a	4.15±1.85 ^a	6.53±1.45 ^{c,d}
Pós-púb	10.03±1.92	10.87±3.00	7.66±1.42 ^{a,b}	10.00±2.15 ^c	10.49±1.38 ^c
Lanet F					
Pré-púb	3.18±1.75	3.19±2.52	1.35±0.60 ^{a,b}	1.79±0.92	3.42±1.79 ^{c,d}
Púb	6.23±1.96	4.30±2.31 ^a	2.76±0.95 ^a	3.70±1.53 ^a	6.97±1.61 ^{b,c,d}
Pós-púb	6.15±1.75	7.16±1.84	4.05±1.59 ^{a,b}	4.92±1.38 ^b	7.01±1.96 ^{c,d}

A resposta láctica máxima e *net* mais elevada foi observada nos testes de nado livre, nado amarrado e, principalmente, cicloergometria. O maior número de diferenças com significado estatístico encontrou-se entre os valores referentes ao teste de nado livre e *Wingate* em cicloergómetro e os restantes testes. Notou-se uma proximidade na resposta láctica máxima e *net* encontrada em nado simulado em *swim bench* e *Wingate* em ergómetro de braços.

4.2.2. Frequência cardíaca máxima de esforço e frequência cardíaca máxima quando incluídos 30s de recuperação

O estudo da interacção das variáveis dependentes FCmaxE e FCmaxR com as variáveis independentes testes, categoria maturacional e sexo dos sujeitos mostrou significado estatístico apenas na interacção entre os testes e o grupo maturacional dos sujeitos (respectivamente: $F=2.928$, $p=0.008$; $F=3.417$, $p=0.003$), mostrando uma variação das respostas independente do sexo dos sujeitos.

Os valores médios referentes à FCmaxE e à FCmaxR (Quadro 30), expressos graficamente por subgrupo maturacional (Figura 55), mostram as diferenças encontradas na resposta cardíaca ao esforço máximo solicitado pelos diferentes testes de 30s. Do que se pode observar, o maior número de diferenças com significado estatístico foi encontrado entre os valores de FCmax, quer a encontrada para o período de esforço, quer a máxima encontrada quando considerado o período de 30s de recuperação, referentes ao teste de nado simulado em *Swim bench* que são mais baixos

dos que os encontrados para os restantes testes. Estas diferenças são mais evidentes no grupo dos nadadores pré-púberes. O teste *Wingate* realizado em cicloergómetro induziu, em quase todos os testes, os valores mais elevados de FC, comparativamente com os restantes testes. Contudo, o número de diferenças com significado estatístico é baixo.

Quadro 30. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) das FCmax de esforço (FCmaxE) e da FCmax considerando o período da recuperação (FCmaxR) registada, para os nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro. Valores de FC em bpm.

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^anado livre; ^bnado amarrado; ^cnado simulado em *swim bench*; ^d*Wingate* braços.

FCmaxE	Nado Livre	Nado Amarrado	Swim Bench	Wingate braços	Wingate ciclo
Pré-púb	173.06±17.03	171.76±13.11	145.71±14.59 ^{a,b}	162.65±18.15 ^c	177.24±10.43 ^c
Púb	163.00±19.87	160.50±7.80	135.75±18.67 ^{a,b}	154.38±24.75	161.00±15.96
Pós-púb	151.50±28.07	160.43±17.82	156.78±19.53	160.50±17.78	171.21±19.30 ^a
FCmaxR					
Pré-púb	176.42±12.60	176.76±9.41	144.59±11.51 ^{a,b}	165.00±14.34 ^c	180.18±8.26 ^{c,d}
Púb	172.13±11.61	170.00±3.74	144.50±17.51 ^{a,b}	162.75±16.32 ^c	164.50±11.16
Pós-púb	164.07±20.15	171.93±11.40	154.57±18.92 ^b	167.43±13.87	173.36±18.78 ^c

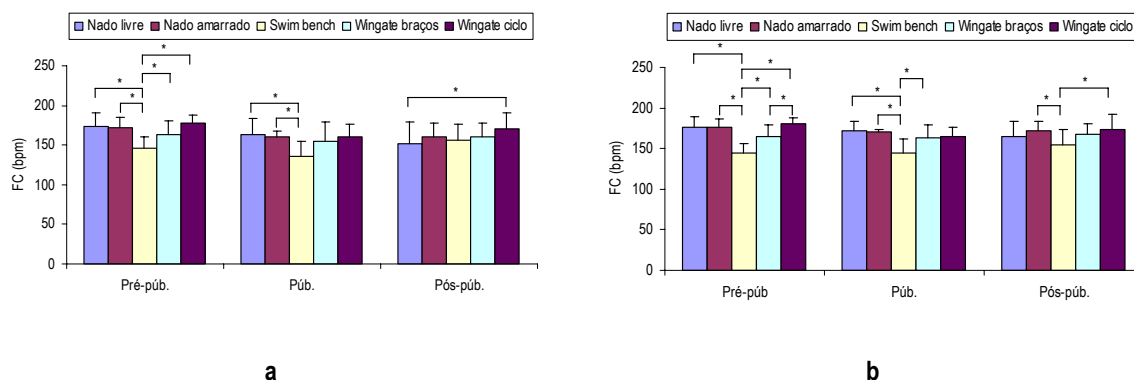


Figura 55. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da FCmax de esforço (a) e da FCmax considerando o período da recuperação (d) registada para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

*Significativamente diferente para $p \leq 0.05$.

4.2.3. Frequência cardíaca média de esforço

O estudo da interacção da variável dependente FCmed com as variáveis independentes testes, categoria maturacional e sexo dos sujeitos mostrou significado estatístico apenas na interacção

entre os testes e o grupo maturacional dos sujeitos ($F=2.125$, $p=0.047$), mostrando uma variação das respostas independente do sexo dos sujeito.

Os valores médios referentes à FCmed (Quadro 31), expressos graficamente por subgrupo maturacional (Figura 56), mostram as diferenças encontradas na resposta cardíaca média ao esforço solicitado pelos diferentes testes de 30s. Como se pode observar, a resposta cardíaca média foi muito similar entre teste. Apenas o nado simulado em *swim bench*, realizado pelos nadadores pré-púberes parece ter-se distinguido significativamente dos restantes testes, solicitando uma FCmed inferior. Os nadadores pós-púberes mostraram uma FCmed superior em resposta ao teste *Wingate* realizado em cicloergómetro, mas apenas comparativamente com o nado livre.

Quadro 31. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X\pm SD$) da FCmed (bpm) registada para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

FCmed	Nado Livre	Nado Amarrado	Swim Bench	Wingate braços	Wingate ciclo
Pré-púb	158.12 \pm 17.59	154.24 \pm 10.73	135.18 \pm 12.36 ^{a,b}	144.59 \pm 17.50	155.18 \pm 11.11 ^c
Púb	142.13 \pm 14.99	141.50 \pm 10.89	126.38 \pm 17.70	136.00 \pm 28.27	148.00 \pm 14.84
Pós-púb	136.21 \pm 24.99	145.64 \pm 16.92	141.79 \pm 17.19	138.21 \pm 18.11	150.07 \pm 17.00 ^a

Significativamente diferente, para $p\leq 0.05$, de: ^anado livre; ^bnado amarrado; ^cnado simulado em *swim bench*.

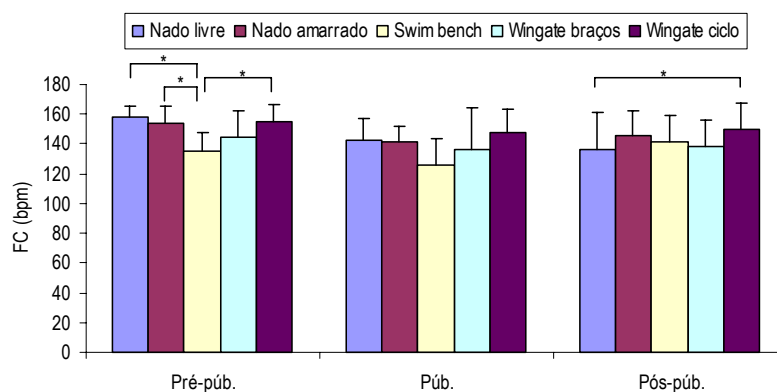


Figura 56. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da FCmed (bpm) registada para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

*Significativamente diferente para $p\leq .05$.

4.2.4. Incremento da frequência cardíaca

O estudo da interação da variável dependente IncrFC com as variáveis independentes testes, categoria maturacional e sexo dos sujeitos mostrou significado estatístico apenas na interação entre os testes e o grupo maturacional dos sujeitos ($F=2.216$, $p=0.039$), mostrando uma variação das respostas independente do sexo dos sujeito.

Os valores médios referentes ao IncrFC (Quadro 32), expressos graficamente por subgrupo maturacional (Figura 57), mostram as diferenças encontradas na resposta cardíaca média ao esforço solicitado pelos diferentes testes de 30s. Observaram-se incrementos de FC inferiores no teste de nado simulado em *swim bench*, comparativamente com os restantes, nos nadadores pré-púberes. As diferenças apenas não foram significativas entre o nado simulado e o nado livre. Nos nadadores pós-púberes, o incremento da FC foi significativamente superior no teste *Wingate* realizado em cicloergómetro, comparativamente com o nado simulado. Foi ainda notória a variação intragrupos observada para esta variável.

Quadro 32. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do IncrFC (bpm) observado para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

IncrFC	Nado Livre	Nado Amarrado	Swim Bench	Wingate braços	Wingate ciclo
Pré-púb	23.46 \pm 9.01	26.83 \pm 9.67	17.87 \pm 4.01 ^b	29.65 \pm 5.61 ^c	32.08 \pm 7.78 ^c
Púb	29.38 \pm 7.03	28.52 \pm 10.11	19.28 \pm 4.79	27.45 \pm 17.35	19.30 \pm 8.81
Pós-púb	26.03 \pm 10.25	24.29 \pm 11.95	22.24 \pm 11.34	32.72 \pm 13.07	33.42 \pm 12.79 ^c

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^anado livre; ^bnado amarrado; ^cnado simulado em *swim bench*.

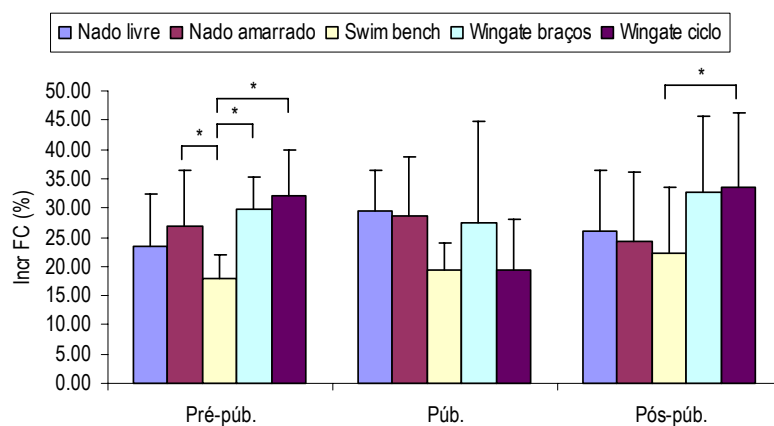


Figura 57. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do IncrFC (bpm) observado nos nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.
*Significativamente diferente para $p \leq 0.05$.

4.2.5. Perfis de variação da frequência cardíaca máxima de esforço e da frequência cardíaca máxima quando incluídos 30s de recuperação

A Figura 58 ilustra os perfis de variação da FC correspondente aos 30s de esforço e aos primeiros 30s da recuperação de cada teste, observados para cada grupo maturacional. A inspeção visual dos traçados permite observar uma tendência para encontrar valores inferiores de FC no teste de nado simulado em *swim bench*. Nos nadadores pós-púberes, parece ser o nado livre a desencadear os menores valores de FC no período de 30s de esforço, valores esses que sobem durante o período de recuperação.

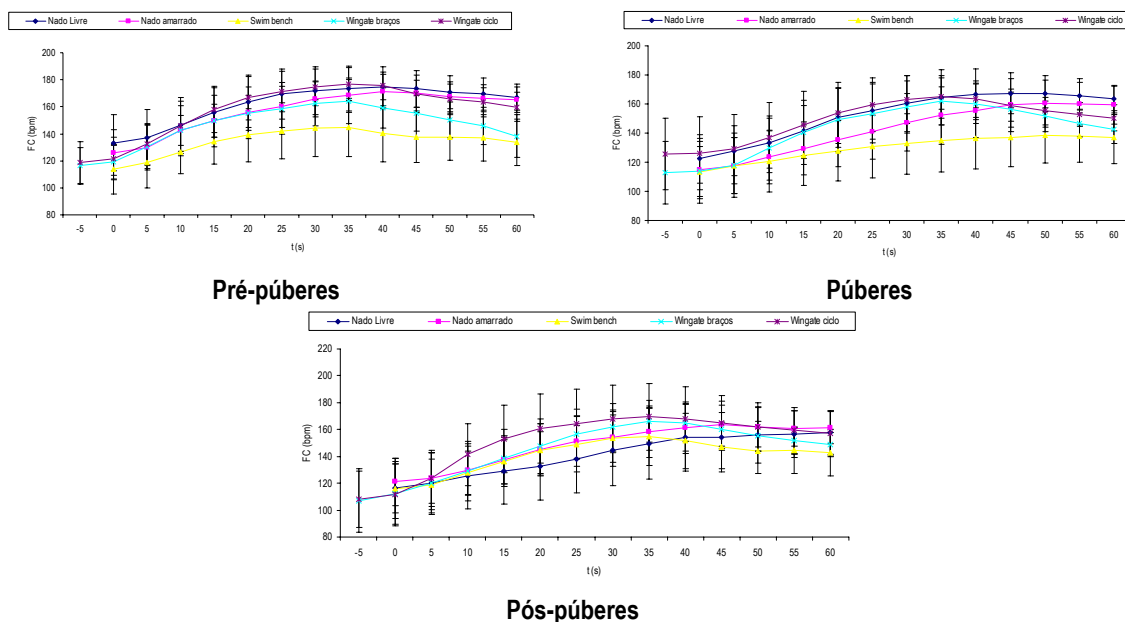


Figura 58. Curvas médias de variação da FC (bpm) de esforço e dos primeiros 30s de recuperação, dos nadadores pré-púberes, púberes e pós-púberes, correspondentes a cada um dos cinco testes constituintes do protocolo de avaliação.

4.2.6. Resposta cardíaca ao esforço em percentagem da frequência cardíaca máxima

O estudo da interacção da variável dependente %FCmax, tradutora das repercussões cardíacas do esforço exigido aos nadadores em cada situação de teste, com as variáveis independentes testes, grupo maturacional e sexo dos sujeitos mostrou significado estatístico na interacção entre os testes e o grupo maturacional ($F=3.783$, $p=0.001$). No Quadro 33 encontram-se expressos os valores médios da %FCmax estimados para cada teste, em função do grupo maturacional. A respectiva representação gráfica é apresentada no Quadro 60. O teste de nado simulado em *swim bench* parece ter sido aquele em que as repercussões cardíacas do esforço foram menores, tendo-se encontrado diferenças com significado estatístico nos grupos de nadadores pré-púberes e púberes. Nos nadadores pós-púberes, a %FCmax foi similar em todas as situações de teste.

Quadro 33. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da %FCmax estimada calculada para os nadadores de cada escalão maturacional e referente aos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

%FCmax	Nado Livre	Nado Amarrado	Swim Bench	Wingate braços	Wingate ciclo
Pré-púb	88.46±6.16	87.76±4.83	74.20±5.71 ^{a,b}	82.55±7.30 ^c	89.35±4.23 ^{c,d}
Púb	86.74±6.07	85.36±1.83	72.55±8.75 ^{a,b}	82.09±8.43 ^c	82.92±5.91
Pós-púb	83.96±10.62	88.15±5.80	82.21±8.95	85.63±7.27	88.34±9.72

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^anado livre; ^bnado amarrado; ^cnado simulado em *swim bench*; ^d*Wingate* braços.

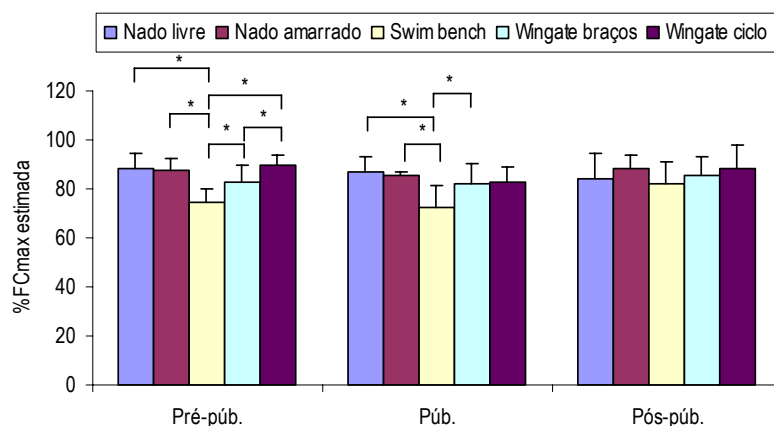


Figura 59. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da %FCmax calculada para os nadadores de cada escalão maturacional e referente aos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.
*Significativamente diferente para $p \leq 0.05$.

4.2.7. Índice de fadiga

O estudo da interacção da variável dependente IF com as variáveis independentes testes, categoria maturacional e sexo dos sujeitos mostrou significado estatístico apenas na interacção entre os testes e o grupo maturacional dos sujeitos ($F=11.274$, $p=0.001$), mostrando uma variação das respostas independente do sexo dos sujeito. Devido à presença de valores omissos para o grupo dos nadadores púberes no teste de nado simulado em *swim bench*, a comparação da resposta dos nadadores pré e pós-púberes aos 5 testes foi feita de forma independente da do grupo de nadadores púberes. Os resultados mostram que a indução de fadiga foi mais acentuada nos testes *Wingate*, quer realizados em ergómetro de braços (excepto para os pré-púberes), quer em cicloergómetro. O teste em que os nadadores parecem ter fatigado menos foi o nado livre.

Quadro 34. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do IF registado para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

IF	Nado Livre	Nado Amarrado	Swim Bench	Wingate braços	Wingate ciclo
Pré-púb	23.06±7.91	28.91±14.95	27.48±18.24	33.23±23.61 ^a	54.15±11.56 ^{a,b,c,d}
Púb	11.54±2.14	21.34±6.60 ^a	-----	43.46±12.39 ^{a,b}	40.98±10.24 ^{a,b}
Pós-púb	11.01±3.95	20.49±5.61 ^a	18.26±7.12	52.50±8.20 ^{a,b,c}	54.75±6.93 ^{a,b,c}

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^anado livre; ^bnado amarrado; ^cnado simulado em *swim bench*; ^d*Wingate* braços.

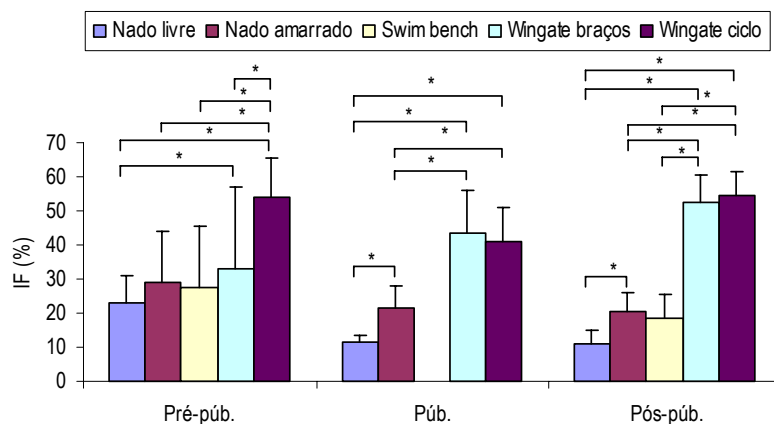


Figura 60. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do IF registado para os nadadores de cada escalão maturacional após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.
*Significativamente diferente para $p \leq 0.05$.

4.2.8. Frequência gestual

O estudo da interacção da variável dependente FG com as variáveis independentes testes, categoria maturacional e sexo dos sujeitos mostrou significado estatístico na interacção entre os testes e o grupo maturacional ($F=20.954$, $p=0.001$) e entre os testes e o sexo ($F=6.767$, $p=0.001$) dos nadadores da amostra. Assim, os resultados apresentados no Quadro 35 referem-se à FG observada, em cada teste, nos diferentes grupos maturacionais e no Quadro 36 à FG observada, também em cada teste, nos dois géneros. A representação gráfica correspondente pode ser observada nas Figura 61 e Figura 62. Devido à presença de valores omissos, a resposta dos grupos maturacionais pré e pós-púberes aos diferentes testes foi analisada de forma independente da dos pré-púberes. Na comparação da resposta dos nadadores de género diferente aos diferentes testes não foi considerado o grupo púbere.

Como se pode observar, os valores mais elevados de FG obtidos pelos nadadores púberes e pós-púberes reportaram-se aos testes *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro. Os nadadores pós-púberes revelaram valores significativamente superiores apenas no teste *Wingate* de braços. Observou-se o mesmo padrão de resposta entre os nadadores masculinos e femininos, ou seja, a FG correspondente ao nado livre foi inferior à registada nos testes *Wingate* realizados em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

Quadro 35. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da FG registada para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

FG (Hz)	Nado Livre	Nado Amarrado	<i>Swim Bench</i>	<i>Wingate</i> braços	<i>Wingate</i> ciclo
Pré-púb	0.89±0.06	0.86±0.09	1.01±0.10 ^{a,b}	1.44±0.29 ^{a,b,c}	1.00±0.24 ^d
Púb*	0.94±0.06	-----	-----	1.14±0.20 ^a	1.57±0.45 ^{a,d}
Pós-púb	0.93±0.08	0.88±0.07 ^a	0.92±0.12	1.32±0.39 ^{a,b,c}	1.45±0.23 ^{a,b,c}

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^anado livre; ^bnado amarrado; ^cnado simulado em *swim bench*; ^d*Wingate* braços.

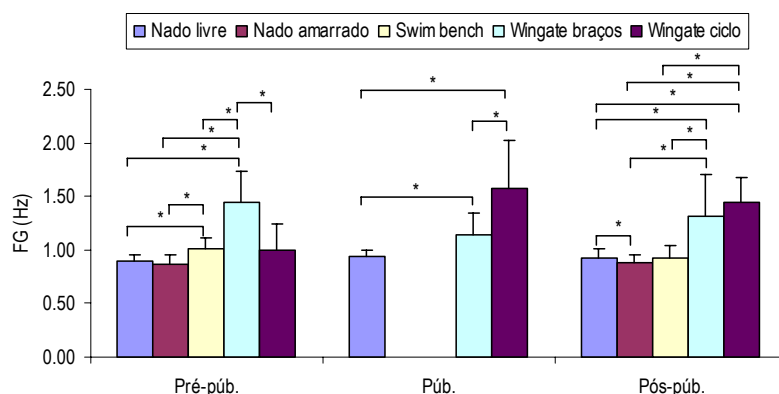


Figura 61. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da FG registada, para os nadadores de cada escalão maturacional, após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

*Significativamente diferente para $p \leq 0.05$.

Quadro 36. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da FG registada para os nadadores masculinos (M) e femininos (F) após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.

FG (Hz)	Nado Livre	Nado Amarrado	<i>Swim Bench</i>	<i>Wingate</i> braços	<i>Wingate</i> ciclo
M	0.94±0.08	0.90±0.06	0.95±0.13	1.60±0.17 ^{a,b,c}	1.47±0.28 ^{a,b,c}
F	0.88±0.07	0.84±0.08	0.95±0.12 ^b	1.08±0.31 ^{a,b,c}	1.12±0.26 ^{a,b}

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^anado livre; ^bnado amarrado; ^cnado simulado em *swim bench*.

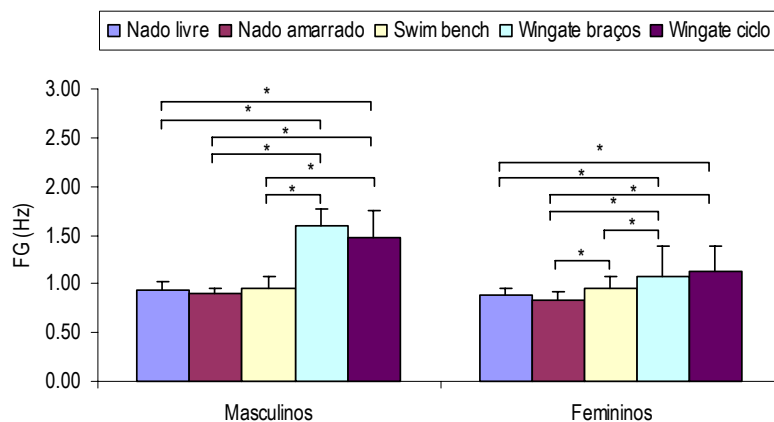


Figura 62. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da FG registada para os nadadores masculinos e femininos após nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, *Wingate* em ergómetro de braços e *Wingate* em cicloergómetro.
*Significativamente diferente para $p \leq 0.05$.

4.3. Variáveis de pré-teste e variáveis comuns a todos os testes com capital informativo capaz de distinguir nadadores de diferentes estados de desenvolvimento maturacional e géneros

4.3.1. Lactatemia e frequência cardíaca de repouso

O resultado do estudo da interacção das variáveis independentes maturação e sexo na variável dependente La^- de repouso mostrou que a variação da La_{rep} foi a mesma para os dois sexos ao longo da maturação ($F=0.285$, $p=0.753$). Foi observado o mesmo comportamento (ausência de interacção) para a FC de repouso ($F=0.913$, $p=0.405$).

No Quadro 37 e na Figura 63 encontram-se os valores da lactatemia e da FC de repouso dos nadadores, de cada grupo maturacional. Observaram-se lactatemias de repouso significativamente inferiores para os nadadores púberes e a FC variou de forma inversa com a maturação dos nadadores, notando-se diferenças evidentes e significativas entre os nadadores mais e os menos maturados.

Quadro 37. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) dos valores individuais absolutos da lactatemia (mmol.l^{-1}) e da FC (bpm) de repouso dos nadadores de cada grupo maturacional.

	Pré-púb	Púb	Pós-púb
La	1.12 ± 0.24	0.90 ± 0.28^a	1.23 ± 0.35^b
FC	77.60 ± 7.42	70.27 ± 9.06^a	$60.57 \pm 8.32^{a,b}$

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de ^apré-púberes; ^bpúberes.

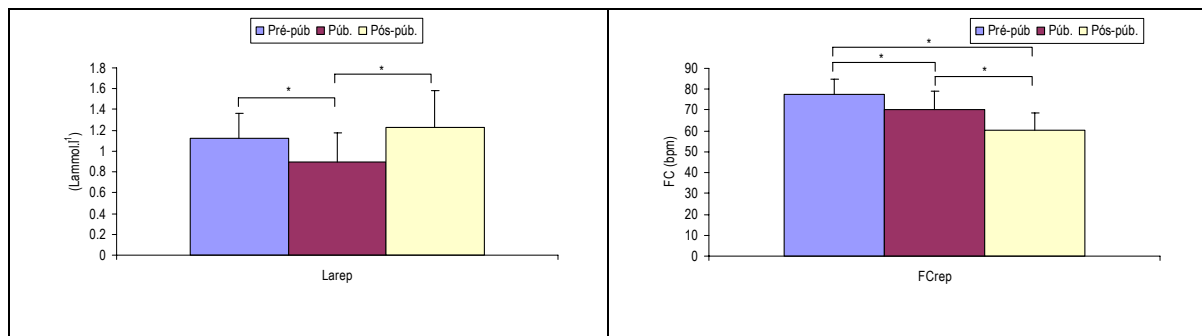


Figura 63. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores individuais da lactatemia de repouso (Larep) e da frequência cardíaca de repouso (FCrep, bpm) dos nadadores de cada grupo maturacional. *Significativamente diferente para $p \leq 0.05$.

4.3.2. Lactatemia máxima pós-esforço e *net*

A existência de interação significativa entre as variáveis testes, maturação e sexo na variável dependente L_{max} e *net* já foi mostrada no ponto 4.2.1. Os valores médios de L_{max} obtidos após cada teste, bem como os respectivos valores médios de L_{net} podem ser observados no Quadro 38. Os valores de L_{net} foram determinados com vista à melhor aferição das comparações a efectuar entre géneros e grupos. Os resultados mostraram a inexistência de diferenças no uso dos valores absolutos ou *net* de L_a . Apesar dos valores médios e respectivos desvios padrão da L_{max} e da L_{net} serem, obviamente, diferentes, a tendência dos resultados e o significado das diferenças estatísticas encontradas entre géneros e entre grupos maturacionais foi o mesmo, pelo que, para não massificar o presente capítulo, se optou pela apresentação da representação gráfica apenas dos valores absolutos (Figura 64 e Figura 65). Observou-se um crescimento significativo dos valores de L_{max} pós-esforço com a maturação dos nadadores em todos os testes, excepto no teste de nado amarrado, em que a resposta láctica dos dois grupos menos maturados não se distinguiu significativamente. Nas nadadoras o perfil da alteração dos valores com a maturação foi o mesmo, mas a localização das diferenças com significado estatístico alterou-se de teste para teste.

Em termos de diferenças entre géneros, apenas nos nadadores pós-púberes se pode observar uma resposta láctica pós-esforço significativamente superior para os nadadores em todos os testes. Nos nadadores menos maturados, a resposta não foi significativamente diferente entre nadadores e nadadoras em todos os testes, excepto no nado simulado em *swim bench*, em que os púberes obtiveram valores de Lamax pós-esforço superiores aos das nadadoras.

Quadro 38. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) dos valores individuais absolutos e *net* de Lamax pós-esforço dos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional, obtidos após 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

Valores absolutos	Pré-púberes		Púberes		Pós-púberes	
	M	F	M	F	M	F
Nado livre	3.79±1.27	4.28±1.67	7.32±2.46 ^a	7.17±2.05 ^a	11.31±2.01 ^{*,a,b}	7.30±1.60 ^a
Nado amarrado	3.89±1.29	4.28±2.50	5.83±2.40	5.25±2.08	12.71±2.91 ^{*,a,b}	8.31±1.90 ^{a,b}
<i>Swim bench</i>	2.52±0.73	2.45±0.55	4.88±1.85 ^{*,a}	3.83±0.93 ^a	9.32±1.78 ^{*,a,b}	5.21±1.50 ^{a,b}
<i>Wingate</i> braços	3.46±1.39	2.89±0.88	5.10±1.98 ^a	4.43±1.38 ^a	11.73±2.16 ^{*,a,b}	6.07±1.40 ^a
<i>Wingate</i> ciclo	5.53±1.38	4.51±1.80	7.48±1.40 ^a	7.86±1.44 ^a	12.07±1.36 ^{*,a,b}	8.16±1.94 ^a
Valores net						
Nado livre	2.65±1.33	3.19±1.75	6.37±2.52 ^a	6.23±1.96 ^a	10.03±1.92 ^{*,a,b}	6.15±1.79 ^a
Nado amarrado	2.75±1.30	3.19±2.52	4.88±2.40	4.30±2.31	10.87±3.00 ^{*,a,b}	7.16±1.84 ^{a,b}
<i>Swim bench</i>	1.38±0.72	1.35±0.60	3.89±1.70 ^{*,a}	2.76±0.95 ^a	7.66±1.42 ^{*,a,b}	4.05±1.59 ^{a,b}
<i>Wingate</i> braços	2.32±1.36	1.79±0.92	4.15±1.85 ^a	3.70±1.53 ^a	10.00±2.15 ^{*,a,b}	4.92±1.38 ^a
<i>Wingate</i> ciclo	4.39±1.4	3.42±1.79	6.53±1.45 ^a	6.97±1.61 ^a	10.49±1.38 ^{*,a,b}	7.01±1.96 ^a

Significativamente diferente, para, $p \leq 0.05$, de: ^asexo feminino; ^apré-púberes do mesmo género; ^bpúberes do mesmo género.

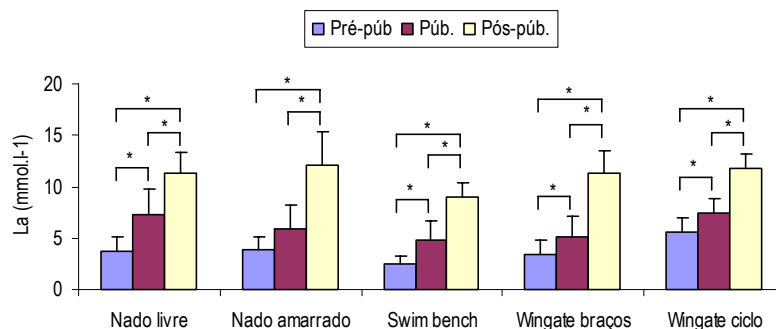


Figura 64. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores individuais absolutos de Lamax pós-esforço dos nadadores de cada grupo maturacional, obtidos após 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$.

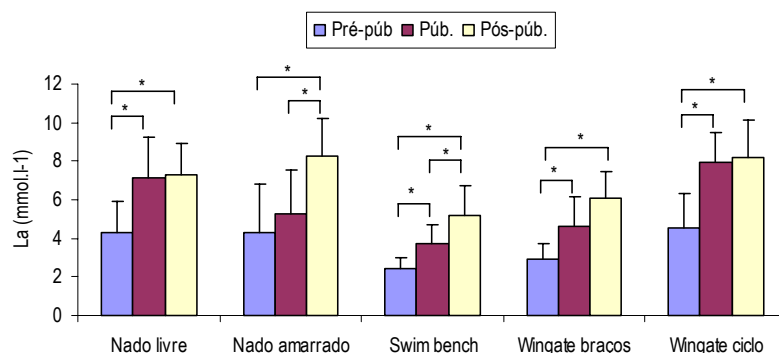
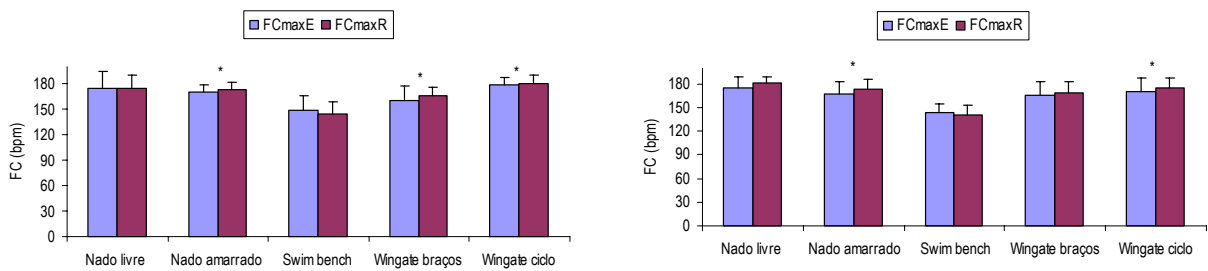


Figura 65. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores individuais absolutos de L_{max} pós-esforço das nadadoras de cada grupo maturacional, obtidos após 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

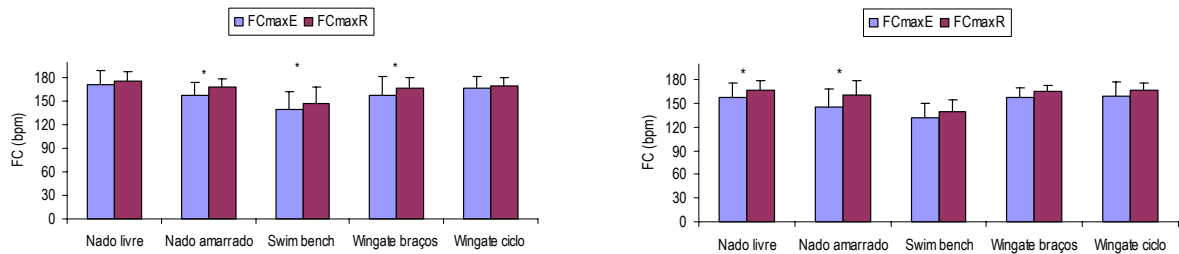
*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$.

4.3.3. Frequência cardíaca máxima de esforço e frequência cardíaca máxima quando incluídos 30s de recuperação

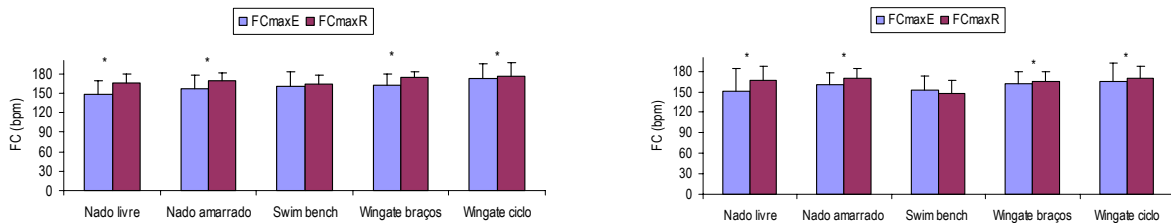
A análise da FC correspondente ao tempo de esforço e aos 30s iniciais de recuperação mostrou que os valores máximos da FC de esforço (FC_{maxE}), respeitantes a cada um dos cinco testes realizados, eram, na maioria das comparações efectuadas (18 em 30) (Figura 66), significativamente inferiores aos correspondentes aos do período da recuperação (FC_{maxR}). Como tal, optou-se pela análise das duas variáveis, enquanto potencialmente discriminantes de comportamentos distintos entre sexos e entre grupos maturacionais.



Pré-púberes



Púberes



Pós-púberes

Figura 66. Comparação dos valores da FC (bpm) máxima de exercício (FCmaxE) e da FC máxima incluindo os 30s iniciais da recuperação (FCmaxR) dos nadadores pré-púberes (a), púberes (b) e pós-púberes (c), do sexo masculino (à esquerda) e feminino (à direita).

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$.

A inexistência de interacção significativa entre as variáveis testes, maturação e sexo nas variáveis dependentes FCmaxE e FCmaxR já foi mostrada no ponto 4.2.1. Os valores médios de FCmax obtidos em cada teste, bem como os valores médios da FCmax quando considerados os 30s iniciais da recuperação, podem ser observados no Quadro 39 e na Figura 67.

A comparação das distribuições de valores da FCmaxE entre grupos maturacionais permitiu observar a existência de diferenças com significado estatístico meramente pontuais na resposta cardíaca a cada teste. São de ressaltar as menores FCmaxE dos nadadores pós-púberes nos testes de água, comparativamente com os pré-púberes. O cálculo da FCmaxR atenuou, ainda mais, as poucas diferenças observadas na FCmaxE.

Quadro 39. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da FCmaxE e da FCmaxR obtidas nos testes de 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, pelos nadadores de cada grupo maturacional. Valores de FC em bpm.

FCmax E	Pré-púberes	Púberes	Pós-púberes
Nado livre	173.06±17.03	163.00±19.87	151.50±28.07 ^a
Nado amarrado	171.76±13.11	160.50±7.80	160.43±17.82 ^a
<i>Swim bench</i>	145.71±14.59	135.75±18.67	156.78±19.53 ^b
<i>Wingate</i> braços	162.65±18.15	154.38±24.75	160.50±17.78
<i>Wingate</i> ciclo	177.24±10.43	161.00±15.96 ^a	171.21±19.30
FCmax R			
Nado livre	176.42±12.60	172.13±11.61	164.07±20.15
Nado amarrado	176.76±9.41	170.00±3.74	171.93±11.40
<i>Swim bench</i>	144.59±11.51	144.50±17.51	154.57±18.92
<i>Wingate</i> braços	165.00±14.34	162.75±16.32	167.43±13.87
<i>Wingate</i> ciclo	180.18±8.26	164.50±11.16 ^a	173.36±18.78

Significativamente diferente, para, $p \leq 0.05$, de: ^apré-púberes; ^bpúberes.

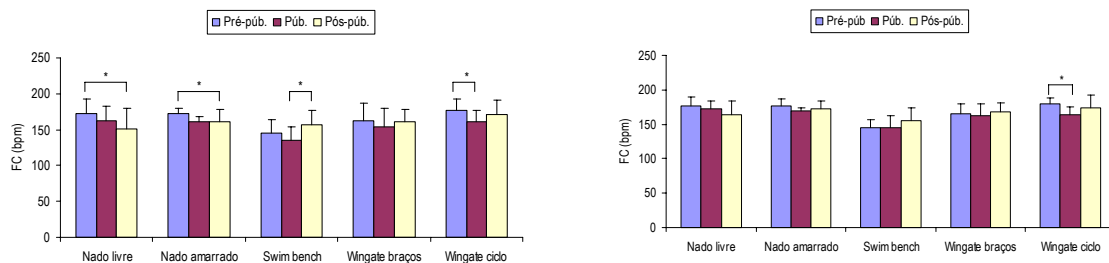


Figura 67. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da FCmaxE (esquerda) e da FCmaxR (direita), obtida, em nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench*, e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, pelos nadadores de cada escalão maturacional. Valores de FC em bpm.

*Diferenças estatisticamente significativas, para $p \leq 0.05$.

4.3.4. Frequência cardíaca média de esforço

A existência de interacção significativa apenas entre as variáveis testes e grupo maturacional, relativamente à variável dependente FCmed já foi mostrada no ponto 4.2.1. No Quadro 40 e na

Figura 68 encontram-se expressos os valores médios da FC média de esforço correspondentes a cada teste. As comparações realizadas entre os nadadores dos diferentes grupos maturacionais permitiram observar uma quase ausência de diferenças com significado estatístico, mostrando um comportamento da FC, em termos médios, muito similar entre os nadadores da amostra total.

Quadro 40. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da FCmed (bpm) obtida pelos nadadores de cada grupo maturacional e correspondentes aos testes de 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

	Pré-púberes	Púberes	Pós-púberes
Nado livre	158.12±17.59	142.13±14.99	136.21±24.99 ^a
Nado amarrado	154.24±10.73	141.50±10.89	145.64±16.92 ^b
<i>Swim bench</i>	135.18±12.36	126.38±17.70	141.79±17.19
<i>Wingate</i> braços	144.59±17.50	136.00±28.27	138.21±18.11
<i>Wingate</i> ciclo	155.18±11.11	148.00±14.84	150.07±17.00

Significativamente diferente, para, $p \leq .05$, de: ^apré-púberes; ^bpúberes.

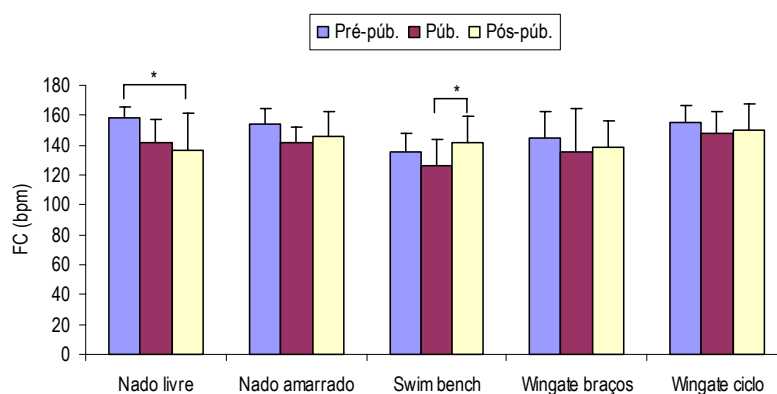


Figura 68. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores individuais de FCmed (bpm) dos nadadores de cada grupo maturacional, obtidos após 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq .05$.

4.3.5. Incremento da frequência cardíaca

A existência de interacção significativa apenas entre as variáveis testes e grupo maturacional, relativamente à variável dependente IncrFC já foi mostrada no ponto 4.2.1. Os valores médios do IncrFC podem ser observados no Quadro 41 e na Figura 69. Os resultados mostraram a inexistência de diferenças com significado estatístico nos incrementos da FC referentes aos

nadadores de cada grupo maturacional dentro de cada teste, à exceção do teste *Wingate* realizado em cicloergómetro, em cujos incrementos dos nadadores púberes foram significativamente inferiores aos dos dois outros grupos maturacionais.

Quadro 41. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do IncrFC (%) calculado para os nadadores de cada grupo maturacional e correspondentes aos testes de 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

IncrFC	Pré-púberes	Púberes	Pós-púberes
Nado livre	23.46±9.01	29.38±7.03	26.03±10.25
Nado amarrado	26.83±9.67	28.52±10.11	24.29±11.95
<i>Swim bench</i>	17.87±4.01	19.28±4.79	22.24±11.34
<i>Wingate</i> braços	29.65±5.61	27.45±17.35	32.72±13.07
<i>Wingate</i> ciclo	32.08±7.78	19.30±8.81 ^a	33.42±12.79 ^b

Significativamente diferente, para, $p \leq .05$, de: ^apré-púberes; ^bpúberes.

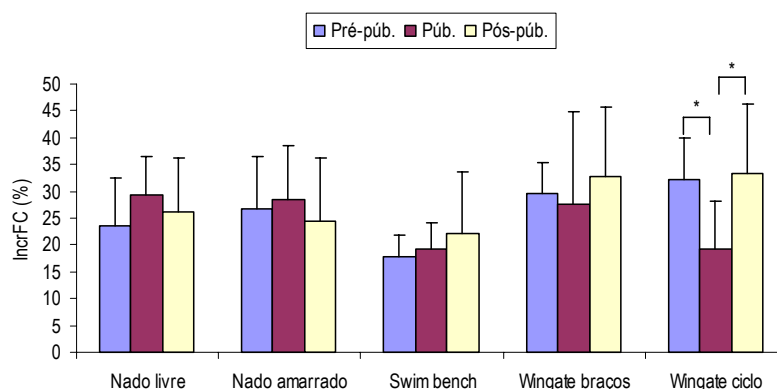


Figura 69. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do IncrFC (bpm) calculado para os nadadores de cada grupo maturacional e correspondentes aos testes de 30s de nado livre, nado amarrado e nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq .05$.

4.3.6. Perfis de variação da frequência cardíaca de esforço e da frequência cardíaca quando incluídos 30s de recuperação

A Figura 70 mostra os perfis de variação da FC de esforço e da recuperação de cada grupo maturacional, por género, para os testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

Podemos observar um perfil de variação muito idêntico entre os vários grupos maturacionais dentro de cada teste, tal como o indicaram os resultados referentes à FC apresentados nos capítulos anteriores.

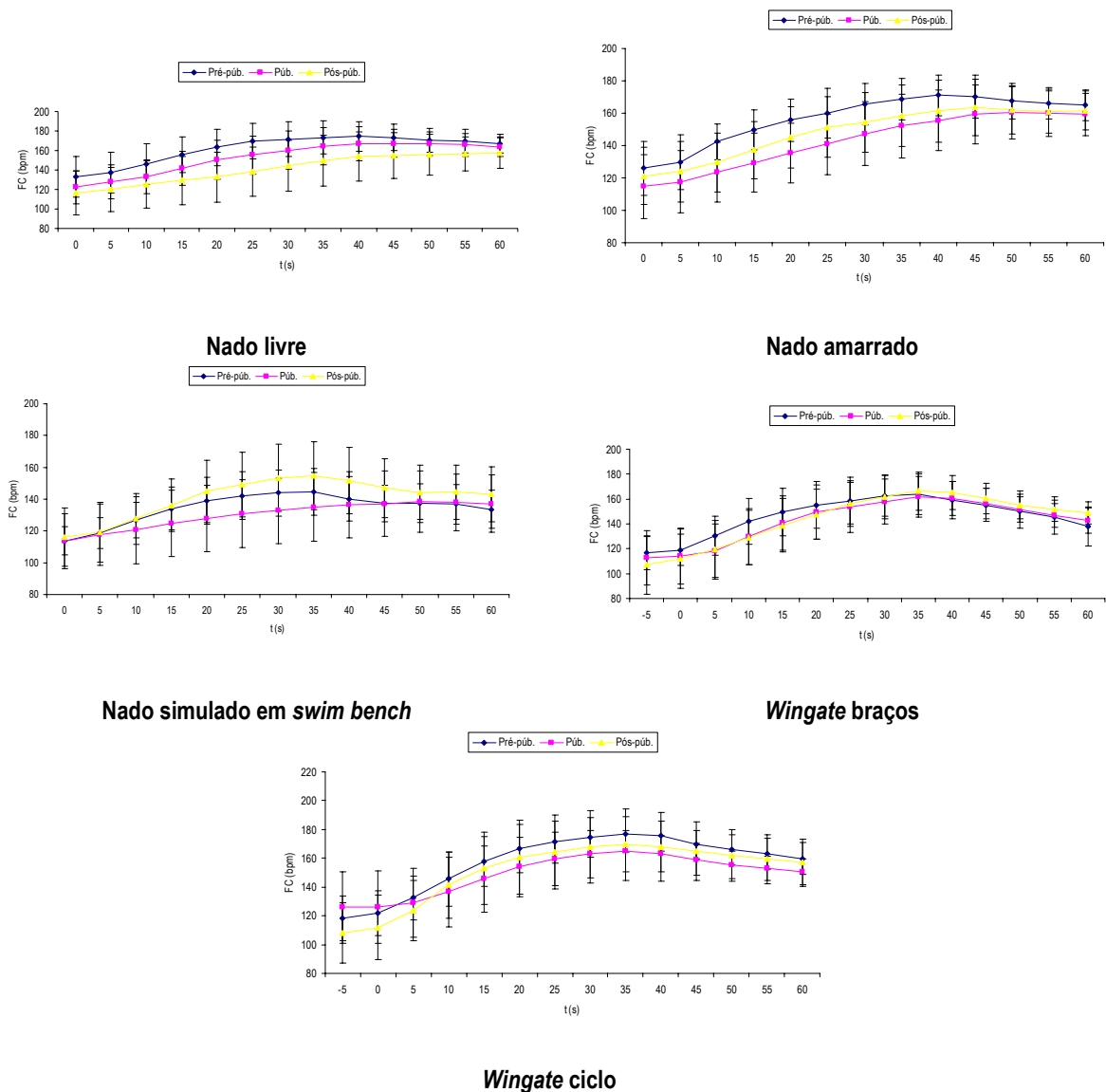


Figura 70. Curvas médias de variação da (bpm) de esforço (até 30s) e da recuperação (pós 30s), dos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e correspondentes aos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

4.3.7. Resposta cardíaca ao esforço em percentagem da frequência cardíaca máxima

A existência de interacção significativa apenas entre as variáveis testes e grupo maturacional, relativamente à variável dependente %FCmax já foi mostrada no ponto 4.2.1. No Quadro 42 encontram-se expressos os valores médios da percentagem da FC máxima estimada para cada grupo maturacional, percebendo-se que o ritmo cardíaco médio exigido em cada teste variou entre os 72 e os 89%. A respectiva representação gráfica pode ser observada na Figura 71. Os resultados pautaram-se pela manifesta ausência de diferenças em função do desenvolvimento maturacional. Constituiu apenas excepção o teste de nado simulado, que parece ter constituído um esforço de intensidade maior para os nadadores pós-púberes, comparativamente com nadadores dos outros escalões maturacionais.

Quadro 42. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) da %FCmax estimada correspondentes aos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, para os nadadores de cada grupo maturacional.

	Pré-púberes	Púberes	Pós-púberes
Nado livre	88.46±6.16	86.74±6.07	83.96±10.62
Nado amarrado	87.76±4.83	85.36±1.83	88.15±5.80
<i>Swim bench</i>	74.20±5.71	72.55±8.75	82.21±8.95 ^{a,b}
<i>Wingate</i> braços	82.55±7.30	82.09±8.43	85.63±7.27
<i>Wingate</i> ciclo	89.35±4.23	82.92±5.91	88.34±9.72

Significativamente diferente, para, $p \leq .05$, de: ^apré-púberes; ^bpúberes.

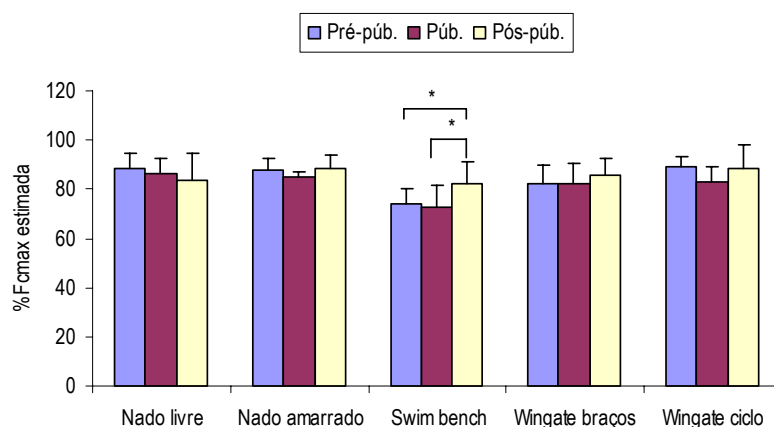


Figura 71. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão da %FCmax estimada correspondentes aos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro, para os nadadores de cada grupo maturacional.

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq .05$.

4.3.8. Índice de fadiga

A existência de interacção significativa apenas entre as variáveis testes e grupo maturacional, relativamente à variável dependente IF já foi mostrada no ponto 4.2.1. Os valores médios dos IF obtidos pelos nadadores de cada grupo maturacional, em cada um dos testes de 30s podem ser observados no Quadro 43 e na Figura 72.

Em termos de diferenças maturacionais, os nadadores pré-púberes mostraram IF significativamente superiores aos dos grupos mais maturados nos testes de água e no nado simulado. No teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços observou-se uma inversão desta tendência, com os nadadores mais maturados a revelarem IF superiores aos dos pré-púberes.

Quadro 43. IF médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$), obtidos pelos nadadores de cada grupo maturacional, nos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

IF	Pré-púberes	Púberes	Pós-púberes
Nado livre	22.06±8.66	11.54±2.14 ^a	11.01±3.95 ^a
Nado amarrado	27.17±14.73	21.34±6.60	20.49±5.61 ^a
<i>Swim bench</i>	27.48±18.24	-----	18.26±7.12 ^a
<i>Wingate</i> braços	31.33±22.57	43.46±12.39 ^a	52.50±8.20 ^a
<i>Wingate</i> ciclo	51.44±15.25	40.98±10.24 ^a	54.75±6.93 ^b

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de ^apré-púberes; ^bpúberes.

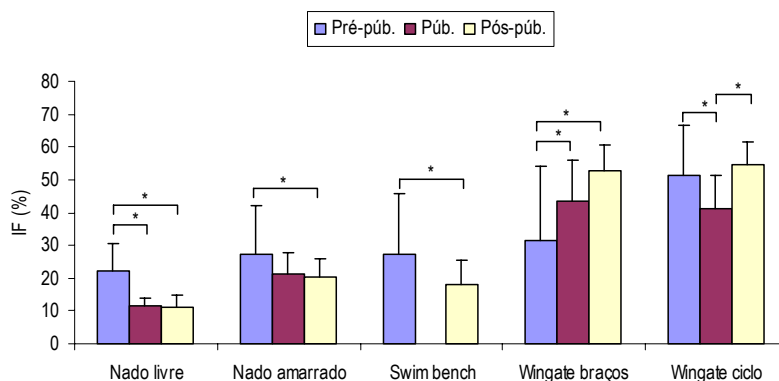


Figura 72. Expressão gráfica dos valores médios do IF e respectivos desvios padrão, obtidos pelos nadadores de cada grupo maturacional, nos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$.

4.3.9. Frequência gestual

A existência de interação significativa entre as variáveis testes e grupo maturacional e testes e sexo relativamente à variável dependente FG já foi mostrada no ponto 4.2.1. No Quadro 44 e na Figura 73 encontram-se expressos os valores médios da FG obtidos, em cada teste, pelos nadadores dos três grupos maturacionais. No

Quadro 45 e na Figura 74 são apresentados os valores médios da mesma variável obtidos pelos nadadores de ambos os sexos. Devido à presença de valores omissos, a resposta dos 3 grupos maturacionais foi analisada apenas para os testes de nado livre e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro. Relativamente aos testes de nado amarrado e simulado em *swim bench*, apenas foi possível comparar as respostas dos nadadores pré e pós-púberes. No estudo da diferença da resposta dos nadadores masculinos e femininos a cada teste não foi considerado o grupo maturacional púbere.

A comparação entre grupos permitiu observar que o padrão de variação da FG com a maturação não é similar para todas as situações de teste. Foi possível observar, ainda, valores significativamente superiores de FG para o sexo masculino, mas apenas nos testes *Wingate* de braços e realizado em cicloergómetro.

Quadro 44. Frequência gestual média e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$), registada para os nadadores de cada grupo maturacional, nos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

FG	Pré-púberes	Púberes	Pós-púberes
Nado livre	0.89±0.08	0.94±0.06	0.93±0.08
Nado amarrado	0.86±0.09	-----	0.88±0.07
<i>Swim bench</i>	1.01±0.10	-----	0.92±0.12
<i>Wingate</i> braços	1.44±0.26	1.14±0.20 ^a	1.32±0.39
<i>Wingate</i> ciclo	1.03±0.21	1.57±0.45 ^a	1.45±0.23 ^a

Significativamente diferente, para, $p \leq .05$, de: ^apré-púberes.

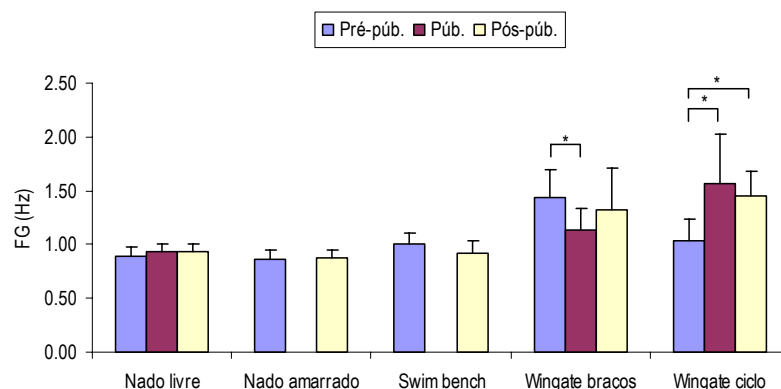


Figura 73. Expressão gráfica dos valores da FG média e respectivos desvios padrão, registada para os nadadores de cada grupo maturacional, nos testes nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$.

Quadro 45. FG média e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$), registada para os nadadores (pré e pós-púberes) de ambos os sexos, nos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

FG	M	F
Nado livre	0.94±0.08	0.88±0.07
Nado amarrado	0.90±0.06	0.84±0.08
Swim bench	0.95±0.13	0.95±0.12
Wingate braços	1.60±0.17*	1.08±0.31
Wingate ciclo	1.47±0.28*	1.12±0.26

*Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de sexo feminino.

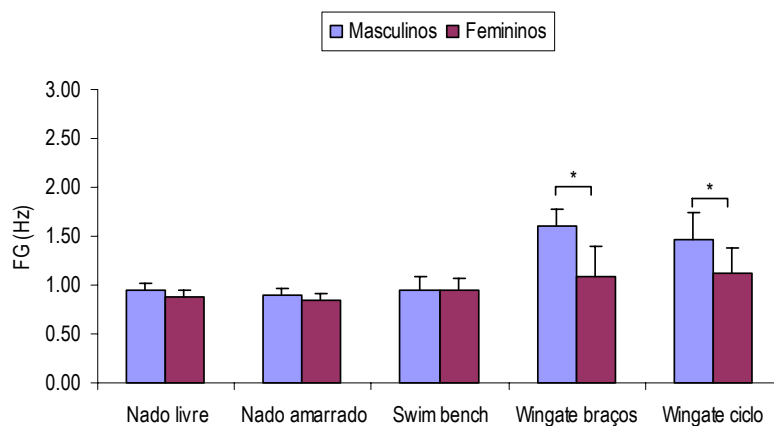


Figura 74. Expressão gráfica dos valores da frequência gestual média e respectivos desvios padrão, registada para os nadadores (pré e pós-púberes) de ambos os sexos, nos testes de nado livre, nado amarrado, nado simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e em cicloergómetro.

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$.

4.4. Variáveis de cada teste com capital informativo capaz de distinguir nadadores de diferentes estados de desenvolvimento maturacional e géneros

4.4.1. Nado livre

4.4.1.1. Velocidades máxima, média e mínima e coeficiente de variação da velocidade média

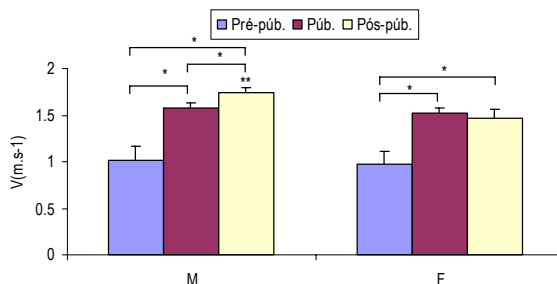
O estudo da interacção entre as variáveis dependentes sexo e grupo maturacional, para as variáveis da velocidade, evidenciou a existência de interacção significativa para a velocidade máxima ($F=9.664$, $p=0.001$), a V_{med} ($F=9.673$, $p=0.001$) e a velocidade mínima ($F=7.251$, $p=0.001$), mas não significativa para o CV da V_{med} ($F=2.973$, $p=0.058$).

Na Figura 75 encontram-se representados, em quadro e graficamente, os valores médios e respectivos desvios padrão das velocidades máxima, média e mínima, bem como do CV da média, calculadas a partir do traçado velocimétrico obtido no teste de nado livre.

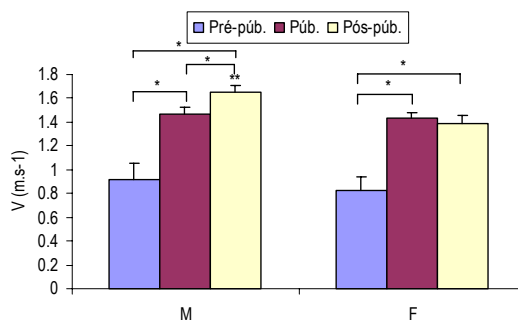
As velocidades máxima, média e mínima de nado foram significativamente superiores nos nadadores, comparativamente com as nadadoras pós-púberes, e não se verificaram diferenças com significado estatístico entre géneros nos dois grupos de nadadores menos maturados.

O perfil das diferenças observadas entre grupos maturacionais foi igual para todas as velocidades. Nos nadadores, qualquer das velocidades aumentou significativamente com a maturação. Nas nadadoras, o aumento significativo da velocidade de nado deu-se, apenas, do estado pré-pubertário para o de púbere, uma vez que não se observaram diferenças entre as nadadoras púberes e as pós-púberes. Os resultados referentes ao CV da V_{med} diferem dos anteriores pela ausência de diferenças entre os nadadores púberes e os pós-púberes.

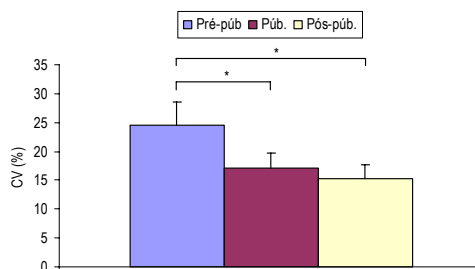
Vmax (m.s ⁻¹)	X±SD
Pré-púb. M	1.02±0.15
Pré-púb. F	0.97±0.14
Púb. M	1.57±0.06 ^a
Púb. F	1.52±0.05 ^a
Pós-púb. M	1.74±0.05 ^{*a,b}
Pós-púb. F	1.47±0.09 ^a



Vmed (m.s ⁻¹)	X±SD
Pré-púb. M	0.92±0.13
Pré-púb. F	0.82±0.12
Púb. M	1.47±0.06 ^a
Púb. F	1.43±0.05 ^a
Pós-púb. M	1.65±0.06 ^{*a,b}
Pós-púb. F	1.39±0.07 ^a



CV (%)	X±SD
Pré-púb.	25.63±5.15
Púb.	15.89±2.45 ^a
Pós-púb.	14.57±2.12 ^a



Vmin (m.s ⁻¹)	X±SD
Pré-púb. M	0.77±0.18
Pré-púb. F	0.71±0.12
Púb. M	1.38±0.06 ^a
Púb. F	1.35±0.04 ^a
Pós-púb. M	1.55±0.08 ^{*a,b}
Pós-púb. F	1.31±0.06 ^a

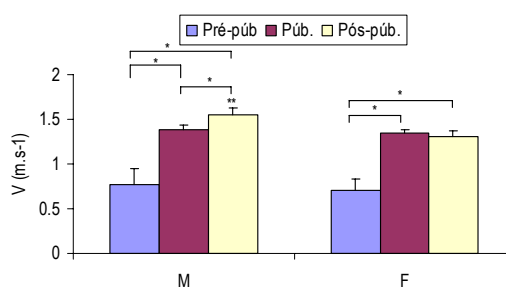


Figura 75. Valores médios e respectivos desvios padrão da velocidade máxima (Vmax), da velocidade média (Vmed) e da velocidade mínima (Vmin), obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de nado livre. Para o CV apresentam-se apenas as médias de cada grupo.

Legenda quadros: significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: *sexo feminino; ^apré-púberes do mesmo género; ^bpúberes do mesmo género. **Legenda gráficos:** Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, *entre grupos maturacionais; **entre géneros.

4.4.1.2. Número de ciclos, tempo de ciclo, distância e índice de ciclo

O estudo da interação entre as variáveis dependentes sexo e grupo maturacional evidenciou a existência de interação significativa para o IC ($F=9.278$, $p=0.001$), mas não para o número de ciclos realizados ($F=0.460$, $p=0.634$), o tempo de duração de cada ciclo ($F=1.331$, $p=0.273$) e a DC ($F=2.163$, $p=0.125$).

Os valores médios do número de ciclos e do tempo médio de ciclo, da distância e IC correspondentes ao teste velocimétrico encontram-se no Quadro 46. A correspondente representação gráfica pode ser visualizada na Figura 76. Em termos maturacionais, o número de ciclos de nado realizados pelo grupo de nadadores púberes e o respectivo tempo de ciclo foram significativamente diferentes dos do grupo pré-púbere. A DC foi significativamente superior nos nadadores púberes e pós-púberes, em relação aos pré-púberes. O IC cresceu significativamente com a maturação para os rapazes. O perfil das diferenças, para esta variável, foi similar entre as nadadoras, mas não se verificaram diferenças entre as nadadoras púberes e as pós-púberes. Registaram-se, ainda, valores de IC significativamente superiores para os nadadores pós-púberes, comparativamente com as nadadoras.

Quadro 46. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do número de ciclos, tempo de ciclo, distância (DC) e índice de ciclo (IC) registados para os nadadores de cada grupo maturacional no teste de nado livre. No caso do IC discriminam-se os valores do sexo masculino (M) e feminino (F).

	Pré-púberes	Púberes	Pós-púberes
Número de ciclos	21.58 \pm 3.63	23.94 \pm 2.02 ^a	22.13 \pm 2.01 [#]
Tempo de ciclo	1.17 \pm 0.17	1.06 \pm 0.06 ^a	1.09 \pm 0.09
DC	1.03 \pm 0.15	1.55 \pm 0.13 ^a	1.65 \pm 0.13 ^a
IC M	0.97 \pm 0.21	2.24 \pm 0.33 ^a	2.79 \pm 0.27 ^{*,a,b}
IC F	0.85 \pm 0.24	2.26 \pm 0.18 ^a	2.20 \pm 0.19 ^a

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de ^{*}sexo feminino; ^apré-púberes do mesmo género; ^bpúberes do mesmo género.

[#]teste de 50m, com duração inferior a 30s, a considerar na comparação do número de ciclos

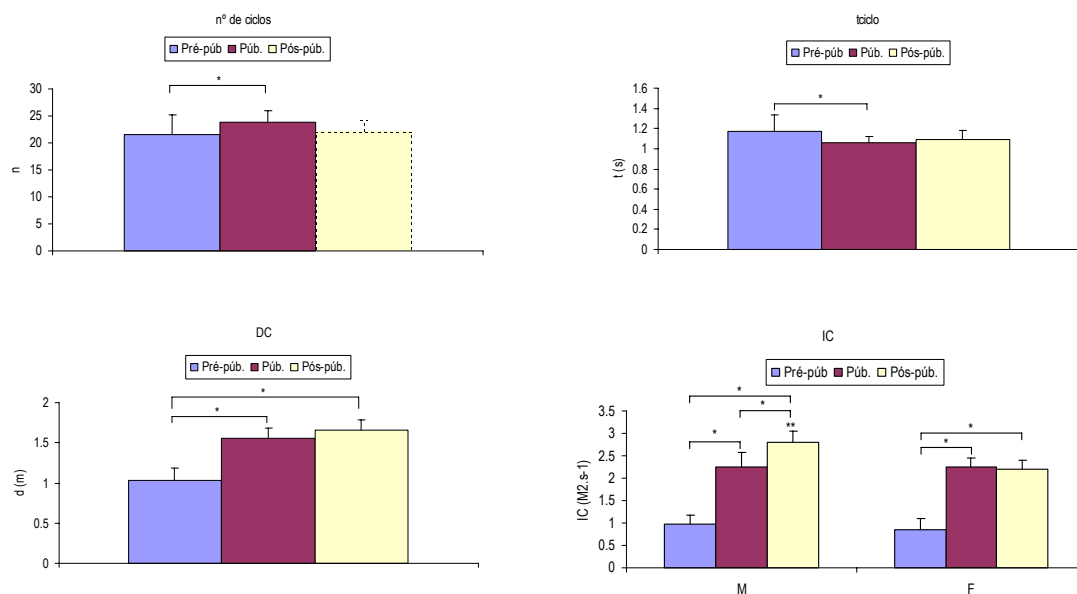


Figura 76. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos (n° ciclos), tempo de ciclo (tciclo), distância de ciclo (DC) e índice de ciclo (IC) registados para os nadadores de cada grupo maturacional no teste de nado livre. No caso do IC discriminam-se os valores do sexo masculino (M) e feminino (F). Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, *entre grupos maturacionais; **entre géneros. **Nota:** os nadadores pós-púberes realizaram um teste de nado livre de 50m, com duração inferior a 30s, a considerar na comparação do número de ciclos.

4.4.2. Nado amarrado

4.4.2.1. Valores absolutos e relativos das forças máxima, média e mínima e coeficiente de variação da força média

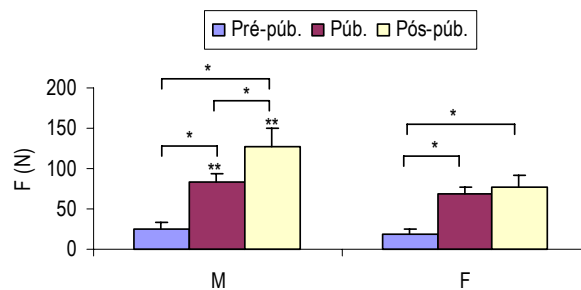
O estudo da interacção entre as variáveis dependentes sexo e grupo maturacional, para cada uma das variáveis dependentes evidenciou a existência de interacção significativa para a força máxima absoluta ($F=22.523$, $p=0.001$) e a força máxima relativa ($F=5.941$, $p=0.004$), a Fmed absoluta ($F=22.872$, $p=0.001$) e a Fmed relativa ($F=5.800$, $p=0.004$), a força mínima absoluta ($F=21.053$, $p=0.001$) e a força mínima relativa ($F=4.476$, $p=0.014$), e não significativa para o CV da Fmed ($F=1.147$, $p=0.323$).

Na Figura 77 encontram-se representados, em quadro e graficamente, os valores médios e respectivos desvios padrão das forças máxima, média e mínima absoluta e do CV da Fmed, calculados para o teste de nado amarrado.

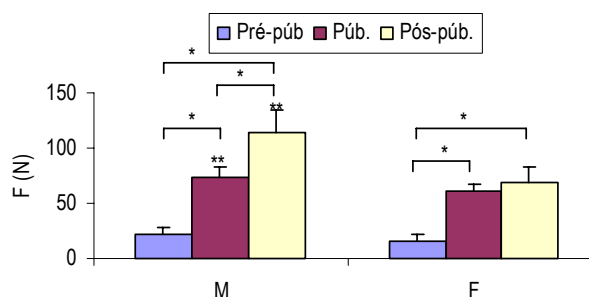
As forças máxima, média e mínima absolutas de nado foram significativamente superiores nos nadadores, comparativamente com as nadadoras, nos dois grupos mais maturados e não se verificaram diferenças com significado estatístico entre géneros nos nadadores pré-púberes.

O perfil das diferenças observadas entre grupos maturacionais foi igual para as forças máxima, média e mínima absolutas. Nos nadadores, os níveis de força absoluta aplicada no teste aumentaram significativamente com a maturação. Nas nadadoras pôde observar-se ausência de diferenças entre os grupos púbere e pós-púbere, mas valores significativamente inferiores para as pré-púberes, quando comparadas com aqueles dois grupos. O CV da Fmed foi significativamente superior para os nadadores pré-púberes.

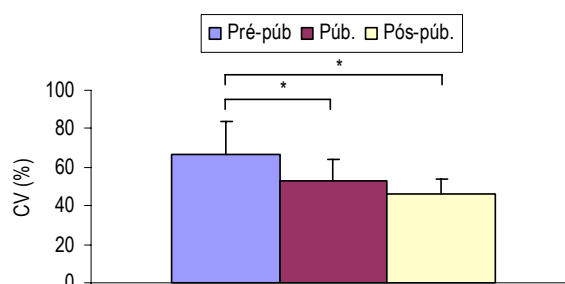
Fmax abs (N)	X±SD
Pré-púb. M	24.85±9.20
Pré-púb. F	18.77±6.88
Púb. M	82.91±11.70 ^{*,a}
Púb. F	68.07±9.07 ^a
Pós-púb. M	127.59±23.03 ^{*,a,b}
Pós-púb. F	76.53±15.63 ^a



Fmed abs (N)	X±SD
Pré-púb. M	21.25±7.33
Pré-púb. F	15.87±5.99
Púb. M	73.06±10.27 ^a
Púb. F	60.81±7.06 ^a
Pós-púb. M	113.79±20.50 ^{a,b}
Pós-púb. F	69.26±13.62 ^a



CV (%)	X±SD
Pré-púb.	66.57±17.55
Púb.	52.86±11.36 ^a
Pós-púb.	46.53±7.67 ^a



Fmin abs (N)	X±SD
Pré-púb. M	18.20±6.49
Pré-púb. F	13.14±5.17
Púb. M	64.03±9.51 ^a
Púb. F	53.57±5.73 ^a
Pós-púb. M	100.00±18.44 ^{a,b}
Pós-púb. F	61.83 ±11.61 ^a

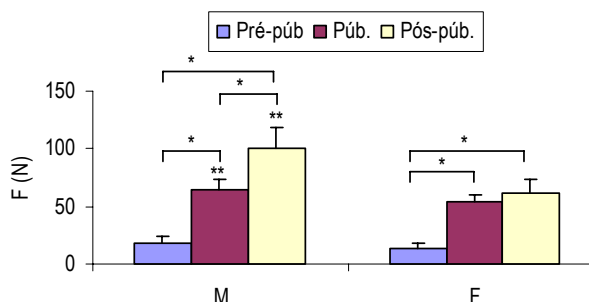
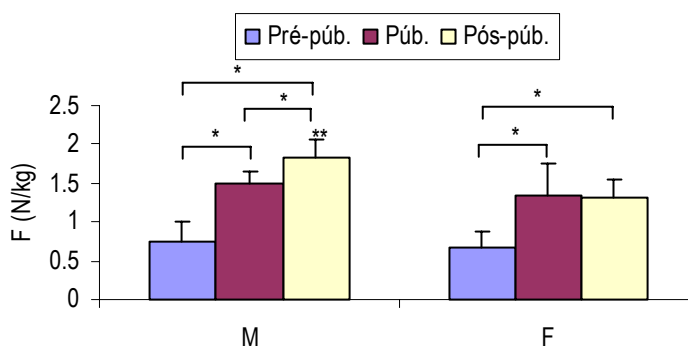


Figura 77. Valores médios absolutos (abs) e respectivos desvios padrão da força máxima (Fmax), da força média (Fmed) e da força mínima (Fmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de nado amarrado. Para o CV apresentam-se apenas as médias de cada grupo.

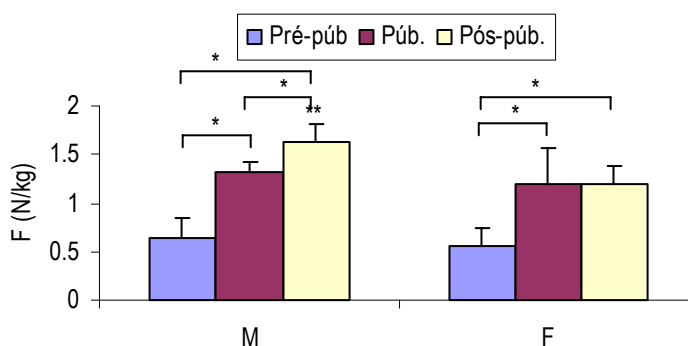
Legenda quadros: significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^asexo feminino; ^apré-púberes do mesmo género; ^bpúberes do mesmo género. **Legenda gráficos:** significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, *entre grupos maturacionais; **entre géneros.

Os valores das forças máxima, média e mínima, relativizados ao peso corporal, são apresentados, graficamente e em quadro, na Figura 78. A relativização dos valores absolutos de força ao peso corporal não alterou as diferenças observadas entre grupos maturacionais. Contudo, verificou-se uma perda do significado estatístico das diferenças antes existentes entre os nadadores e as nadadoras púberes.

Fmax rel (N/kg)	X±SD
Pré-púb. M	0.74±0.27
Pré-púb. F	0.66±0.21
Púb. M	1.50±0.14 ^a
Púb. F	1.34±0.400
Pós-púb. M	1.82±0.23 ^{*a,b}
Pós-púb. F	1.31±0.23 ^a



Fmed rel (N/kg)	X±SD
Pré-púb. M	0.63±0.22
Pré-púb. F	0.56±0.18
Púb. M	1.32±0.11 ^a
Púb. F	1.20±0.36 ^a
Pós-púb. M	1.62±0.20 ^{*a,b}
Pós-púb. F	1.19±0.20 ^a



Fmin rel (N/kg)	X±SD
Pré-púb. M	0.55±0.22
Pré-púb. F	0.46±0.16
Púb. M	1.16±0.10 ^a
Púb. F	1.06±0.32 ^a
Pós-púb. M	1.43±0.19 ^{*a,b}
Pós-púb. F	1.06±0.17 ^a

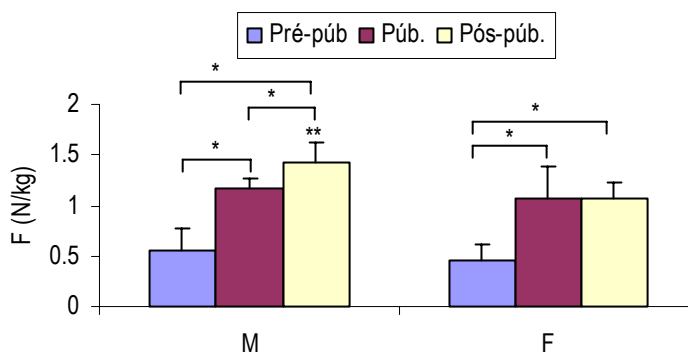


Figura 78. Valores médios relativos (rel) e respectivos desvios padrão da força máxima (Fmax), da força média (Fmed) e da força mínima (Fmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de nado amarrado.

Legenda quadros: significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: *sexo feminino; ^apré-púberes do mesmo género; ^bpúberes do mesmo género. **Legenda gráficos:** significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, *entre grupos maturacionais; **entre géneros.

4.4.2.2. Número de ciclos e tempo de ciclo

Não foi observada interação significativa entre as variáveis dependentes sexo e grupo maturacional, para o número de ciclos ($F=0.018$, $p=0.893$) e para o tempo de ciclo ($F=0.001$, $p=0.990$) referentes ao teste de nado amarrado.

Os valores médios do número de ciclos e do tempo médio de ciclo realizados no teste de nado amarrado encontram-se no Quadro 47. A correspondente representação gráfica pode ser visualizada na Figura 79.

Quadro 47. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) do número de ciclos e tempo de ciclo registados para os nadadores de cada grupo maturacional no teste de nado amarrado.

	Pré-púberes	Púberes	Pós-púberes
Número de ciclos	22.73 ± 3.54	-----	23.23 ± 2.19
Tempo de ciclo	1.22 ± 1.63	-----	1.17 ± 0.10

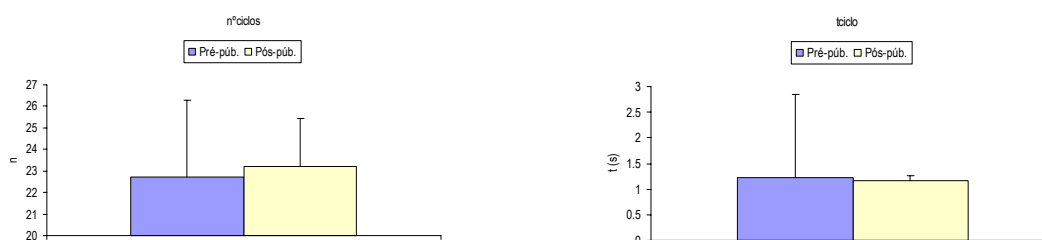


Figura 79. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos e tempo de ciclo registados para os nadadores de cada grupo maturacional no teste de nado amarrado.

4.4.3. Nado simulado em *swim bench*

Durante o teste de nado simulado em *swim bench*, a velocidade das braçadas foi registada e analisada de forma a determinar até que ponto o banco simulador de nado utilizado se constitui como um instrumento de avaliação seguro. Foi possível verificar que a velocidade de desenrolamento do cabo não é constante, característica típica dos ergómetros biocinéticos, mas, particularmente, que quando o cabo é violentamente esticado, o tambor de enrolamento continuar a rodar, mesmo depois do cabo estar parado, o que compromete, imediatamente, a leitura dos valores

de velocidade. Com base neste resultado, foi decidido não utilizar os valores de potência dos testes, mas apenas os de força, dado os primeiros estarem inquinados de erro associado à variação indesejável verificada na velocidade.

Um outro problema do ergómetro utilizado parece ter a ver com o facto do mecanismo de funcionamento dispor de apenas um motor para avaliar duas braçadas que se podem sobrepor em qualquer momento do trajecto. Durante a sobreposição de “braçadas” não se sabe qual é a parte da força medida que é devida ao MS direito e qual a devida ao MS esquerdo.

4.4.3.1. Nível de resistência aplicada e velocidade das braçadas

O pré-teste realizado no ergómetro simulador de nado permitiu determinar o nível de ajuste de resistência individual (1 a 9) óptimo para solicitar o maior valor de força durante o teste de nado simulado. Verificou-se interacção significativa entre as variáveis independentes sexo e grupo maturacional ($F=5.499$, $p=0.006$) para a variável resistência aplicada.

Foi possível verificar, através dos resultados deste pré-teste, que o nível de resistência que é necessário aplicar cresce significativamente, para ambos os sexos, dos nadadores pré-púberes para os pós-púberes. No grupo dos nadadores mais maturados notaram-se diferenças de género, com os nadadores a necessitarem de níveis de resistência superiores aos das nadadoras. Estes resultados podem ser observados na Figura 80.

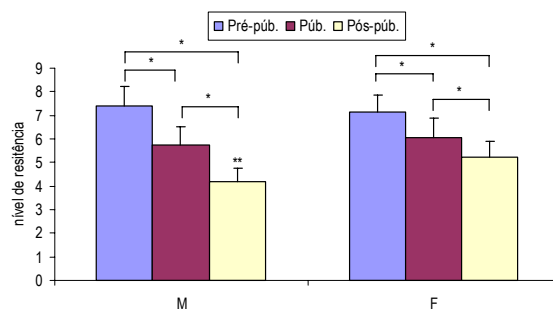


Figura 80. Nível de resistência do *swim bench* (níveis 1 a 9 de resistência decrescente) aplicada aos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional. Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, *entre grupos maturacionais; **entre géneros.

4.4.3.2. Valores absolutos e relativos das forças máxima, média e mínima e coeficiente de variação da força média

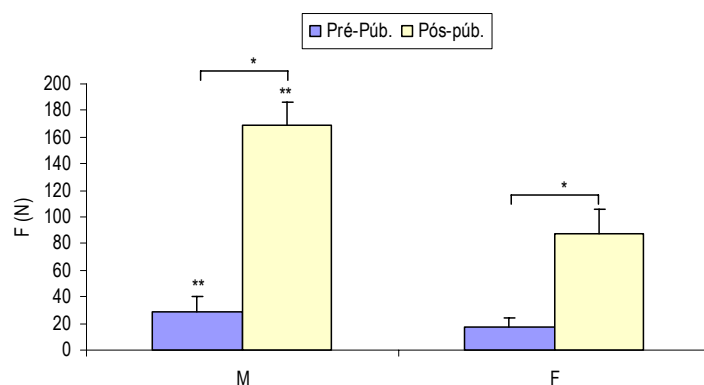
O estudo da interacção entre as variáveis dependentes sexo e grupo maturacional evidenciou a existência de interacção significativa para a força máxima absoluta ($F=84.047$, $p=0.001$) e a força máxima relativa ($F=30.209$, $p=0.001$), a Fmed absoluta ($F=102.463$, $p=0.001$) e a Fmed relativa ($F=42.257$, $p=0.001$), a força mínima absoluta ($F=87.371$, $p=0.001$) e a força mínima relativa ($F=44.158$, $P=0.001$), e não significativa para o CV da Fmed ($F=0.953$, $p=0.334$).

Na Figura 81 encontram-se representados, em quadro e graficamente, os valores médios e respectivos desvios padrão das forças máxima, média e mínima absolutas, bem como do CV da força média, obtidas pelos nadadores masculinos e femininos pré e pós-púberes.

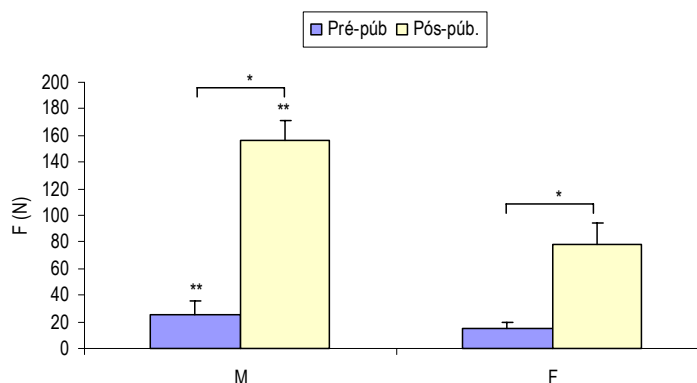
As forças máxima, média e mínima absolutas obtidas em *swim bench* foram significativamente superiores nos nadadores, comparativamente com as nadadoras, em todos os escalões maturacionais.

O perfil das diferenças observadas entre grupos maturacionais foi igual em todas as variáveis. Os nadadores pré-púberes de ambos os sexos tiveram *outputs* de força significativamente inferiores aos dos pós-púberes e um CV da Fmed significativamente superior.

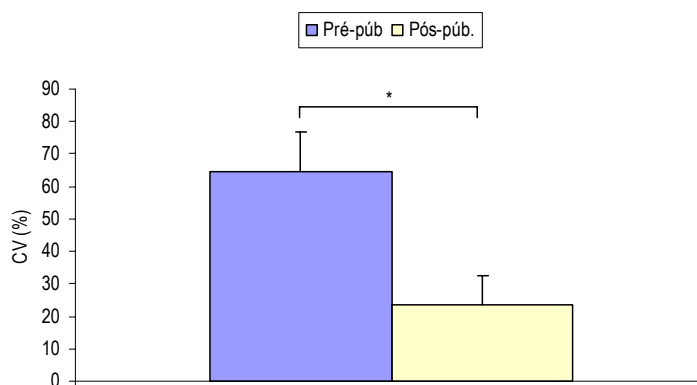
Fmax abs (N)	X±SD
Pré-púb. M	28.67±11.52*
Pré-púb. F	17.68±6.47
Pós-púb. M	168.80±16.88 ^a
Pós-púb. F	87.18±18.36 ^a



Fmed abs (N)	X±SD
Pré-púb. M	24.86±10.74 [*]
Pré-púb. F	15.27±4.35
Pós-púb. M	156.11±15.41 ^{*,a}
Pós-púb. F	78.18±15.55 ^a



CV (%)	X±SD
Pré-púb.	64.46±12.28
Pós-púb.	23.60±9.01



Fmin abs (N)	X±SD
Pré-púb. M	20.90±9.15 [*]
Pré-púb. F	12.15±4.21
Pós-púb. M	140.24±17.28 ^{*,a}
Pós-púb. F	68.52±14.30 ^a

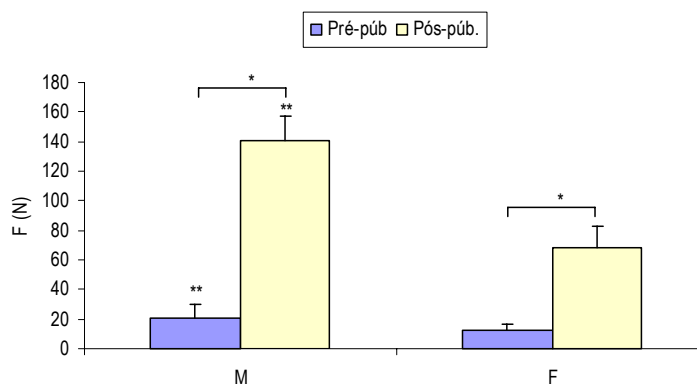
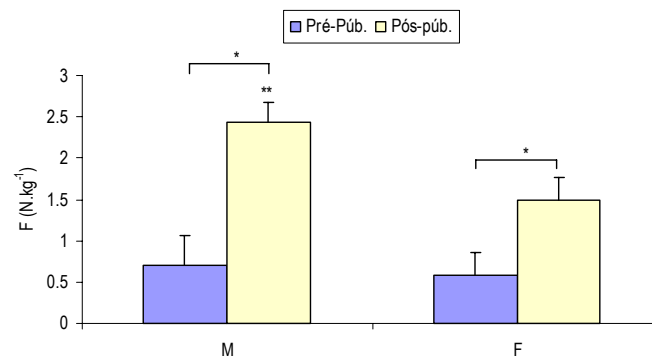


Figura 81. Valores médios absolutos (abs) e respectivos desvios padrão (X±SD) da força máxima (Fmax), da força média (Fmed) e da força mínima (Fmin), obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) pré e pós-púberes e referentes ao teste de nado simulado em *swim bench*. Para o CV apresentam-se apenas as médias de cada grupo.

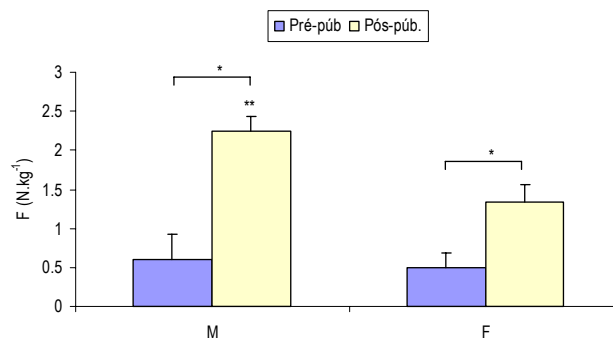
Legenda quadros: significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^{*}sexo feminino; ^apré-púberes do mesmo género. **Legenda gráficos:** significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, ^{*}entre grupos maturacionais; ^{**}entre géneros.

Os valores das forças máxima, média e mínima, relativizados ao peso corporal, são apresentados, graficamente e em quadro, na Figura 82. A relativização dos valores absolutos de força ao peso corporal não alterou as diferenças observadas entre grupos maturacionais. Contudo, verificou-se uma perda do significado estatístico das diferenças antes existentes entre os nadadores e as nadadoras pré-púberes.

Fmax rel (N/kg)	X±SD
Pré-púb. M	0.70±0.36
Pré-púb. F	0.58±0.27
Pós-púb. M	2.43±0.24 ^{*a}
Pós-púb. F	1.49±0.27 ^a



Fmed rel (N/kg)	X±SD
Pré-púb. M	0.60±0.32
Pré-púb. F	0.50±0.19
Pós-púb. M	2.24±0.19 ^{*a}
Pós-púb. F	1.34±0.22 ^a



Fmin rel (N/kg)	X±SD
Pré-púb. M	0.51±0.28
Pré-púb. F	0.40±0.16
Pós-púb. M	2.01±0.18 ^a
Pós-púb. F	1.17±0.20 ^a

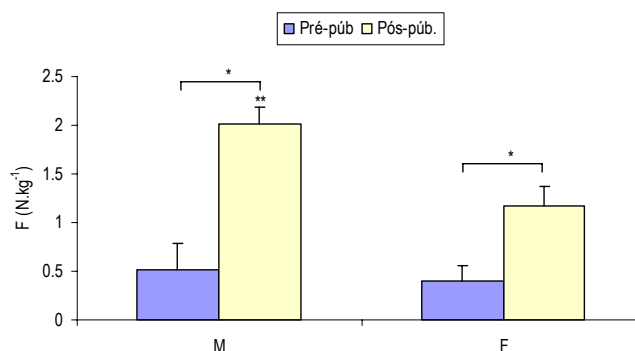


Figura 82. Valores médios relativos (rel) e respectivos desvios padrão ($X\pm SD$) da força máxima (F_{max}), da força média (F_{med}) e da força mínima (F_{min}), obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) pré e pós-púberes e referentes ao teste de nado simulado em *swim bench*.

Legenda quadros: significativamente diferente, para $p\leq 0.05$, de: ^{*}sexo feminino; ^apré-púberes do mesmo género. **Legenda gráficos:** significativamente diferente, para $p\leq 0.05$, ^{*}entre grupos maturacionais; ^{**}entre géneros.

4.4.3.3. Número de ciclos e tempo de ciclo

O estudo da interacção entre as variáveis dependentes sexo e grupo maturacional evidenciou a ausência de interacção para o tempo total de teste ($F=84.047$, $p=0.001$), o número de ciclos realizados ($F=0.003$, $p=0.957$) e para o tempo de ciclo ($F=0.222$, $p=0.640$).

Os valores médios do número de ciclos e do tempo médio de ciclo correspondentes ao teste de nado simulado encontram-se no Quadro 48. A correspondente representação gráfica pode ser visualizada na Figura 83. Os nadadores pré-púberes realizaram um número de ciclos significativamente superior ao observado para os nadadores mais velhos, mas o tempo de ciclo não mostrou diferenças significativas.

Quadro 48. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X\pm SD$) do tempo total, número de ciclos e tempo de ciclo registados para os nadadores pré e pós-púberes no teste de nado simulado em *swim bench*.

^aSignificativamente diferente, para $p\leq 0.05$, de pré-púberes.

	Pré-púberes	Pós-púberes
Número de ciclos	27.92±3.88	1.04±0.13 ^a
Tempo de ciclo	24.63±5.47	1.11±0.14

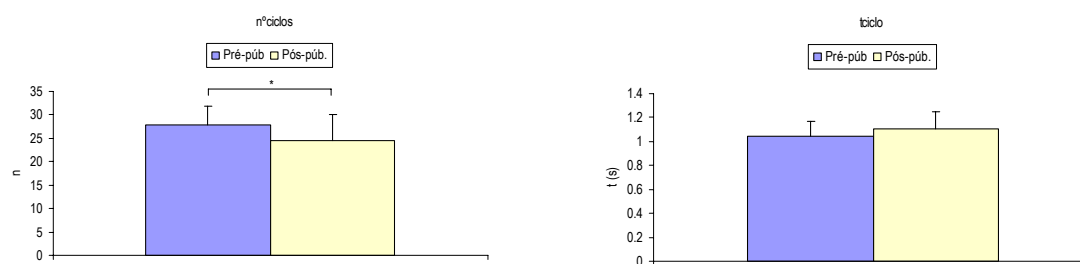


Figura 83. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos (n° ciclos) e tempo de ciclo (t(ciclo)) registados para os nadadores pré e pós-púberes no teste de nado simulado em *swim bench*.

4.4.4. Teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços

4.4.4.1. Valores absolutos e relativos das potências máxima, média e mínima obtidos com teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços

O estudo da interacção entre as variáveis dependentes sexo e grupo maturacional indicou a existência de interacção significativa para todas as variáveis dependentes referentes ao teste *Wingate* de braços (Pmax absoluta: $F=24.881$, $p=0.001$; Pmax relativa: $F=12.962$, $p=0.001$; Pmed absoluta: $F=27.180$; $p=0.001$; Pmed relativa: $F=10.510$; $p=0.001$; Pmin absoluta: $F= 21.785$, $p=0.001$; Pmin relativa: $F= 6.653$, $p=0.002$).

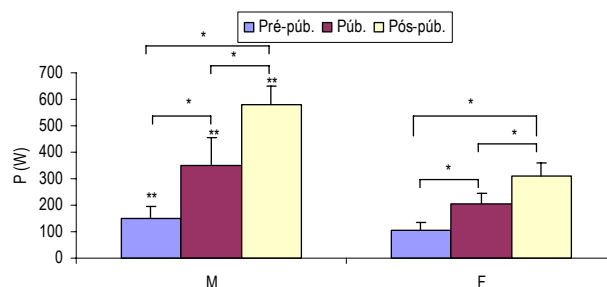
Na Figura 84 encontram-se representados, em quadro e graficamente, os valores médios e respectivos desvios padrão das potências máxima, média e mínima absolutas obtidas no teste *Wingate* de braços.

A potência máxima absoluta foi significativamente superior nos nadadores, comparativamente com as nadadoras, dentro de cada escalão maturacional. Em termos maturacionais, a potência máxima absoluta cresceu significativamente, em ambos os géneros, dos pré-púberes para os pós-púberes.

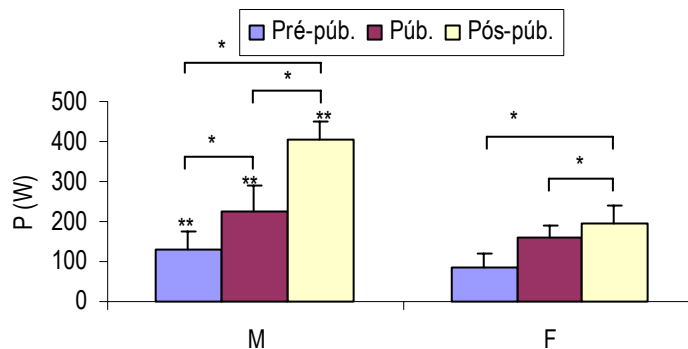
A potência média absoluta foi significativamente superior nos rapazes, comparativamente com as raparigas, em todos os escalões maturacionais. A mesma variável decresceu significativamente com a maturação nos rapazes. Nas nadadoras o perfil foi similar, não se tendo verificado diferenças apenas entre as púberes e as pré-púberes.

A potência mínima absoluta foi significativamente menor para as nadadoras, comparativamente com os nadadores, em todos os escalões maturacionais. Ao nível das diferenças maturacionais, a potência mínima absoluta aumentou significativamente com a maturação, para os rapazes. Os mesmos valores de potência das nadadoras dos dois grupos mais jovens foram significativamente inferiores aos das mais velhas, mas não significativamente diferentes entre si.

Pmax abs (W)	X±SD
Pré-púb. M	148.40±47.84*
Pré-púb. F	103.73±29.54
Púb. M	350.14±104.81 ^{*,a}
Púb. F	206.84±38.32 ^a
Pós-púb. M	577.73±70.22 ^{*,a,b}
Pós-púb. F	311.67±47.14 ^{a,b}



Pmed abs (W)	X±SD
Pré-púb. M	130.60±46.79*
Pré-púb. F	85.13±36.03
Púb. M	226.07±64.88 ^{*,a}
Púb. F	160.93±28.63 ^a
Pós-púb. M	402.53±49.33 ^{*,a,b}
Pós-púb. F	195.13±45.56 ^a



Pmin abs (W)	X±SD
Pré-púb. M	108.67±45.73*
Pré-púb. F	72.53±39.04
Púb. M	162.04±44.70 ^a
Púb. F	133.04±25.69 ^a
Pós-púb. M	288.33±37.28 ^{a,b}
Pós-púb. F	139.53±40.42 ^a

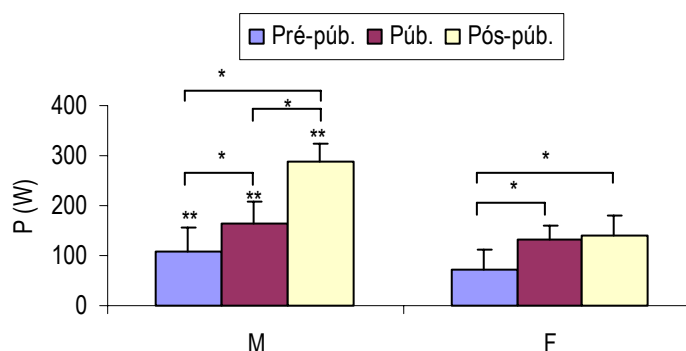
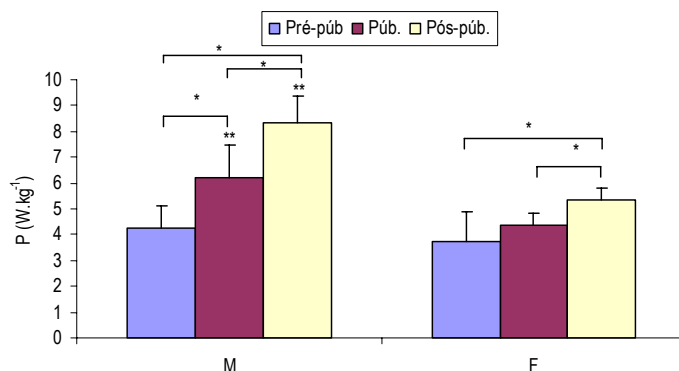


Figura 84. Valores médios absolutos (abs) e respectivos desvios padrão da potência máxima (Pmax), da potência média (Pmed) e da potência mínima (Pmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste Wingate de braços.

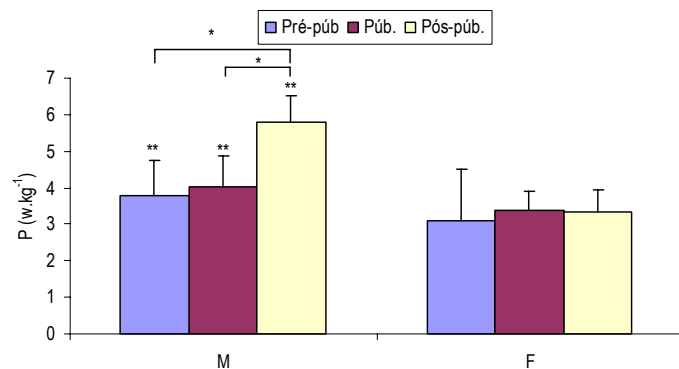
Legenda quadros: significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: *sexo feminino; ^apré-púberes do mesmo género. **Legenda gráficos:** significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, *entre grupos maturacionais; **entre géneros.

Os valores das potências máxima, média e mínima, relativizados ao peso corporal, são apresentados, graficamente e em quadro, na Figura 85. A relativização dos valores absolutos de potência ao peso corporal alterou algumas das diferenças observadas entre grupos maturacionais e sexos. Ao nível da potência máxima, a relativização teve como consequência a atenuação das diferenças entre géneros no grupo dos pré-púberes. Em termos maturacionais, os valores de potência máxima das nadadoras pré-púberes e púberes aproximaram-se, deixando de ser significativamente diferentes. A relativização da potência média teve como consequência o desaparecimento do significado estatístico das diferenças entre as nadadoras dos três escalões maturacionais e entre os nadadores pré-púberes e púberes. As alterações da variação da potência mínima com a maturação, após a relativização da variável, foram similares às já descritas para a potência mínima, acrescidas da atenuação das diferenças entre géneros antes observadas nos escalões pré-púberes e púberes.

Pmax rel (N.kg⁻¹)	X±SD
Pré-púb. M	4.28±0.83 [*]
Pré-púb. F	3.73±1.16
Púb. M	6.22±1.28 ^{a,a}
Púb. F	4.34±0.51
Pós-púb. M	8.33±1.04 ^{a,b}
Pós-púb. F	5.33±0.50 ^{a,b}



Pmed rel (N.kg⁻¹)	X±SD
Pré-púb. M	3.77±0.96 [*]
Pré-púb. F	3.09±1.40
Púb. M	4.04±0.82 [*]
Púb. F	3.39±0.50
Pós-púb. M	5.81±0.71 ^{a,b}
Pós-púb. F	3.33±0.62



Pmin rel (N.kg⁻¹)	X±SD
Pré-púb. M	3.14±1.19
Pré-púb. F	2.65±1.50
Púb. M	2.92±0.65
Púb. F	2.81±0.49
Pós-púb. M	4.16±0.56 [*]
Pós-púb. F	2.40±0.56 ^{a,b}

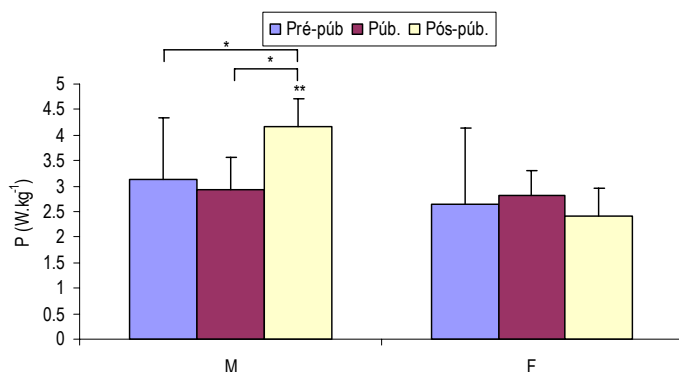


Figura 85. Valores médios relativos (rel) e respectivos desvios padrão da potência máxima (Pmax), da potência média (Pmed) e da potência mínima (Pmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de *Wingate* de braços.

Legenda quadros: significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^{*}sexo feminino; ^apré-púberes do mesmo género. **Legenda gráficos:** significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, ^{*}entre grupos maturacionais; ^{**}entre géneros.

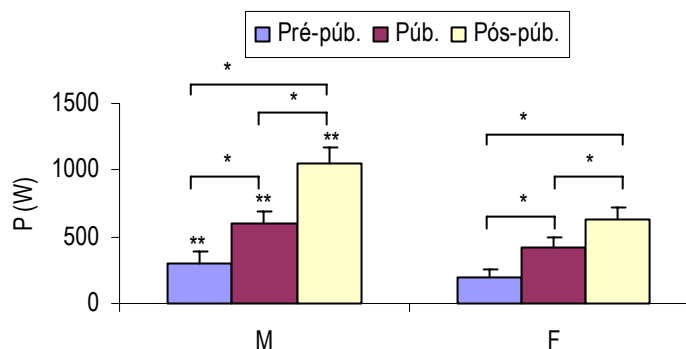
4.4.5. Cicloergometria

4.4.5.1. Valores absolutos das potências máxima, média e mínima obtidos em cicloergometria

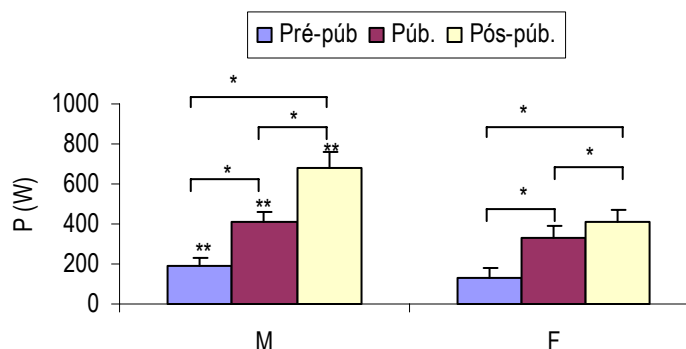
O estudo da interacção entre as variáveis dependentes sexo e grupo maturacional indicou a existência de interacção significativa para todas as variáveis dependentes referentes ao teste de cicloergometria (Pmax absoluta: $F=26.081$, $p=0.001$; Pmax relativa: $F=7.739$, $p=0.001$; Pmed absoluta: $F=29.600$; $p=0.001$; Pmed relativa: $F=10.525$; $p=0.001$; Pmin absoluta: $F=19.529$, $p=0.001$; Pmin relativa: $F=7.419$, $p=0.002$).

Na Figura 86 apresentam-se, em quadro e graficamente, os valores médios e respectivos desvios padrão das potências máxima, média e mínima absolutas, obtidas no teste de cicloergometria.

Pmax abs (W)	X±SD
Pré-púb. M	298.40±87.96*
Pré-púb. F	192.13±66.35
Púb. M	605.59±80.40 ^{*,a}
Púb. F	415.09±75.60 ^a
Pós-púb. M	1054.87±113.96 ^{*,a,b}
Pós-púb. F	631.67±93.16 ^{a,b}



Pmed abs (W)	X±SD
Pré-púb. M	193.67±40.92*
Pré-púb. F	128.33±48.45
Púb. M	413.35±51.35 ^{*,a}
Púb. F	333.07±58.23 ^a
Pós-púb. M	684.87±79.91 ^{*,a,b}
Pós-púb. F	405.93±68.24 ^{a,b}



Pmin abs (W)	X±SD
Pré-púb. M	135.33±25.99 [*]
Pré-púb. F	91.80±40.17
Púb. M	302.71±43.70 ^{*,a}
Púb. F	278.09±53.85 ^a
Pós-púb. M	469.93±65.26 ^{*,a,b}
Pós-púb. F	291.33±65.16 ^a

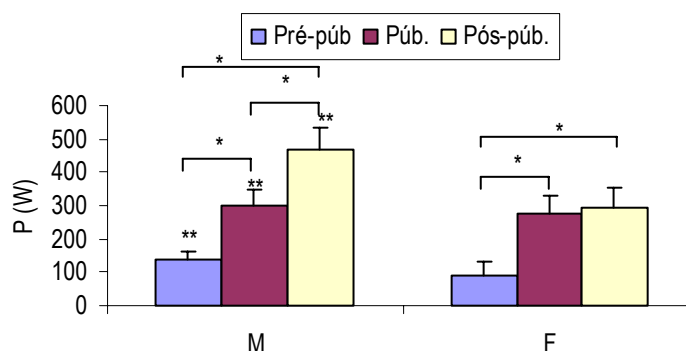


Figura 86. Valores médios absolutos (abs) e respectivos desvios padrão da potência máxima (Pmax), da potência média (Pmed) e da potência mínima (Pmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de cicloergometria.

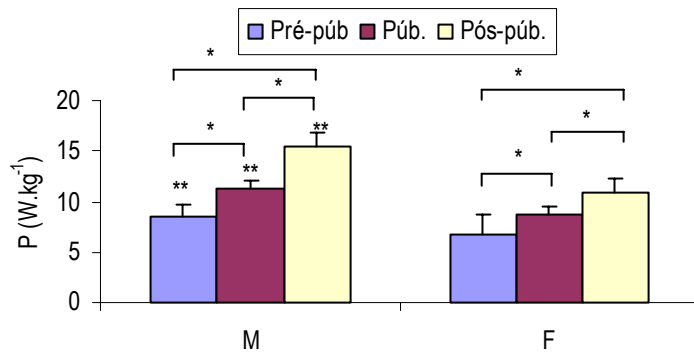
Legenda quadros: significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^{*}sexo feminino; ^apré-púberes do mesmo género. **Legenda gráficos:** significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, ^{*}entre grupos maturacionais; ^{**}entre géneros.

A potência máxima e média absolutas mostraram ser significativamente menores para as nadadoras, comparativamente com os nadadores, em todos os grupos maturacionais. As mesmas variáveis cresceram significativamente, quer nos nadadores, quer nas nadadoras, com a maturação.

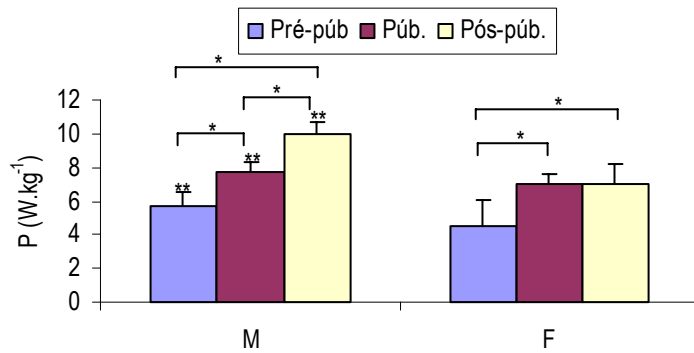
A potência mínima absoluta foi diferente entre géneros em todos os grupos. Em termos de comparação de grupos maturacionais, a potência mínima absoluta mostrou crescer significativamente com a maturação, nos rapazes. Nas raparigas, o grupo das pré-púberes destaca-se inferiormente dos dois grupos das nadadoras mais velhas, não tendo sido estas diferentes entre si.

Os valores das potências máxima, média e mínima, relativizados ao peso corporal, são apresentados, graficamente e em quadro, na Figura 87. A relativização dos valores absolutos não teve qualquer consequência sobre os valores da potência máxima e levou à aproximação dos valores de potência média das nadadoras púberes e pós-púberes e dos valores de potência mínima de nadadores e nadadoras púberes.

Pmax rel (N.kg⁻¹)	X±SD
Pré-púb. M	8.60±1.14*
Pré-púb. F	6.75±1.94
Púb. M	11.37±0.78 ^a
Púb. F	8.70±0.77 ^a
Pós-púb. M	15.40±1.35 ^{a,b}
Pós-púb. F	10.93±1.43 ^{a,b}



Pmed rel (N.kg⁻¹)	X±SD
Pré-púb. M	5.71±0.78*
Pré-púb. F	4.54±1.55
Púb. M	7.76±0.54 ^a
Púb. F	6.99±0.65 ^a
Pós-púb. M	9.99±0.74 ^{a,b}
Pós-púb. F	7.01±1.13 ^a



Pmin rel (N.kg⁻¹)	X±SD
Pré-púb. M	4.03±0.76*
Pré-púb. F	3.28±1.43
Púb. M	5.70±0.67 ^a
Púb. F	5.84±0.74 ^a
Pós-púb. M	6.85±0.72 ^{a,b}
Pós-púb. F	5.05±1.07 ^a

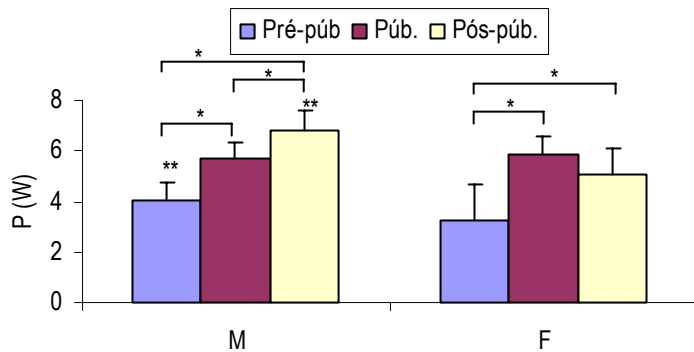


Figura 87. Valores médios relativos (rel) e respectivos desvios padrão da potência máxima (Pmax), da potência média (Pmed) e da potência mínima (Pmin) obtidos pelos nadadores masculinos (M) e femininos (F) de cada grupo maturacional e referentes ao teste de cicloergometria.

Legenda quadros: significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: *sexo feminino; ^apré-púberes do mesmo género. **Legenda gráficos:** significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, *entre grupos maturacionais; **entre géneros.

4.5. Determinação de limiares de fadiga

Uma das dificuldades da análise dos resultados referentes ao momento de ocorrência dos limiares nos diferentes grupos maturacionais e sexos foi o facto do n dos grupos de sujeitos a comparar ter sido obtido *a posteriori*. O uso de testes estatísticos paramétricos, subsequente a um estudo prévio do efeito interactivo da maturação e do sexo, deixou de ser possível, face à violação severa, em bastantes situações, dos pressupostos de aplicação dos mesmos. Por exemplo, após a análise das curvas de velocimetria foi possível perceber que, dentro do grupo dos pré-púberes, apenas 3 nadadores e 2 nadadoras apresentavam curvas com 1 LF. Neste sentido, a primeira opção prévia à da aplicação de testes estatísticos foi a de anular a variável sexo e distinguir, apenas, grupos maturacionais. Ainda assim e continuando com o exemplo acima, o grupo de nadadores pré-púberes com curvas com 1 LF estava reduzido a 5 elementos, tornado difícil comparar, usando testes paramétricos, aquele limiar com os dois limiares determinados nas 19 curvas com 2 LF do mesmo grupo pré-púbere. Para análise inferencial dos resultados deste capítulo foram, então, utilizados procedimentos estatísticos não paramétricos. Como tal, os valores médios e desvios padrão das variáveis são apresentados apenas a título ilustrativo, dada a sua mais fácil leitura e interpretação. Os resultados que se assinalam como significativamente diferentes dizem respeito a diferenças de valores de *ranking* entre os grupos, valores cujo significado substantivo é dificilmente entendível, e asseguram que as médias apresentadas provêm de populações diferentes, mas não asseguram diferenças efectivas nessas mesmas médias.

4.5.1. Curva de declínio da velocidade em nado livre

A análise matemática das curvas de velocidade produzidas pelos nadadores da amostra no teste de nado livre com velocímetro permitiu determinar entre 1 a 3 LF. O número de limiares encontrados tendeu a ser maior nos nadadores menos maturados e menos experientes. As curvas com dois LF foram as mais representativas para os três grupos maturacionais (Figura 88), independentemente do sexo. Observaram-se diferenças significativas entre as proporções de 1 e 2 limiares para as nadadoras pré-púberes.

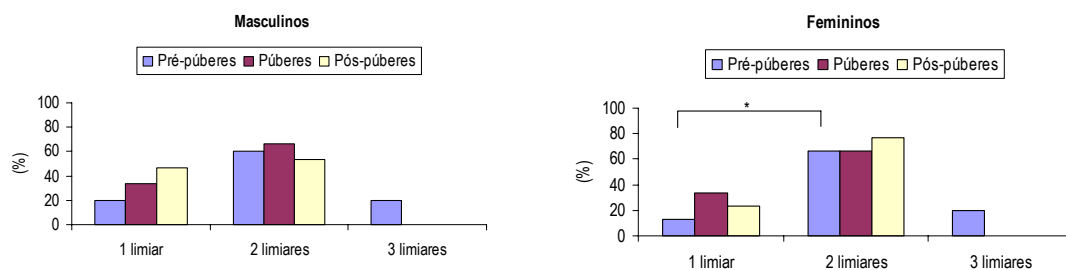


Figura 88. Frequência relativa de curvas de velocidade com 1, 2 e 3 limiares de fadiga, por grupo maturacional e por sexo.

*Proporções significativamente diferentes para $p \leq 0.05$.

O tempo correspondente à ocorrência de cada LF da velocidade de nado é apresentado no Quadro 49. É de reforçar que a existência do 1º LF de curvas com 2 limiares não pode ser confirmado através do conteúdo das frequências de cada curva, como poderá ser observado mais à frente. Os resultados referentes às curvas com 3 LF não são apresentados, uma vez que nenhum daqueles pôde ser confirmado.

Quadro 49. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondentes aos limiares de fadiga das curvas de velocidade.

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ¹limiar correspondente dos pré-púberes; ^(*)limiar das curvas com um limiar; ^(**)1º limiar das curvas com dois limiares.

	Um limiar	Dois limiares	
	Limiar	1º limiar	2º limiar
Pré-púberes	15.80±3.11 ^a	9.21±3.10 ^{d, (*)}	17.26±3.09 ^(**)
Púberes	13.83±1.33 ^b	9.67±2.27 ^{e, (*)}	17.42±2.35 ^{(*), (**)}
Pós-púberes	12.1±1.66 ^{c, 1}	8.94±1.55 ^{f, (*)}	16.22±2.65 ^{(*), (**)}
X±SD	13.48±2.44	9.22±2.39^(*)	16.92±2.76^(**)

^an=5; ^bn=6; ^cn=10; ^dn=19; ^en=12; ^fn=18

A análise dos resultados apresentados no Quadro 49 mostra que o primeiro LF calculado com base na velocidade (correspondente a um queda acentuada da velocidade de nado) num esforço máximo de 30s de nado, ocorreu perto dos 13s ou perto dos 9s (diferenças significativas nos valores de *ranking*), se considerarmos, respectivamente, curvas de velocidade com um ou com dois LF. O

segundo LF ocorreu próximo dos 17s do esforço máximo, valor distinto dos outros dois limiares (diferenças significativas nos valores de *ranking*). Não são apresentados os resultados referentes às curvas com 3 limiares por não ter sido possível fazer a sua confirmação através do conteúdo das frequências de cada intervalo. Comparados os três grupos maturacionais, apenas se verificaram diferenças significativas nos valores de *ranking* correspondentes ao tempo de ocorrência do LF de curvas com 1 limiar entre os nadadores pós-púberes e os nadadores pré-púberes.

Os quadros abaixo mostram os resultados da análise espectral, em termos da frequência com a máxima amplitude (Quadro 50), bem como da frequência com valor máximo (Quadro 51), para todos os intervalos temporais definidos pelos LF predeterminados.

Quadro 50. Valores médios e respectivos desvios padrão dos valores de frequência (Hz) com a máxima amplitude das curvas de velocidade, por intervalo temporal (int), para atenuação de 0dB. A análise foi feita considerando curvas com 1, 2 e 3 limiares de fadiga (LF).

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^a2º intervalo; ^b3º intervalo.

Frequência com a máxima amplitude (Hz)				
Atenuação de 0dB				
LF	1º int	2º int	3º int	4º int
Um*	2.92±1.30 ^a	1.80±0.36		
Dois**	2.42±1.79 ^b	2.03±0.79 ^b	1.66±0.70	
Três***	1.00±0.44	2.82±0.85	2.47±1.68	1.67±0.73

*n=21; **n=49; ***n=6

Quadro 51. Valores médios e respectivos desvios padrão da frequência (Hz) de valor máximo das curvas de velocidade, por intervalo temporal (int), para intervalos de atenuação de 0-5 e de 5-10dB. A análise foi feita considerando curvas com 1, 2 e 3 limiares de fadiga (LF).

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^a2º intervalo; ^b3º intervalo.

Frequência de valor máximo (Hz)								
Atenuação de 0 a 5dB					Atenuação de 5 a 10 dB			
LF	1º int	2º int	3º int	4º int	1º int	2º int	3º int	4º int
Um*	4.68±0.75 ^a	2.60±0.78			4.54±1.42 ^a	3.38±1.20		
Dois**	3.94±1.79 ^b	3.46±0.96 ^b	2.51±0.86		4.83±1.92 ^b	4.48±1.80 ^b	3.29±1.08	
Três***	4.55±2.24	3.97±0.66	3.98±0.72	2.95±0.92	4.08±0.71	5.20±1.78	3.06±0.74	3.62±0.97

*n=21; **n=49; ***n=6

A elevada variabilidade intra-grupo pode ser inferida pelos elevados valores dos desvios padrão observados nas frequências médias, particularmente para alguns casos. Os valores médios das frequências de valor máximo correspondentes aos dois intervalos de atenuação considerados foram muito similares, variando entre 2.60 e 5.20Hz. Uma vez que o conteúdo da frequência dos intervalos

temporais definidos pelas curvas com 1 LF é significativamente diferente, podemos concluir que, neste caso, os referidos limiares foram determinados com precisão. As curvas com 2 LF só apresentam diferenças significativas entre o segundo e terceiro intervalos, parecendo que o 1º limiar terá sido predeterminado com alguma imprecisão. As curvas com 3 LF foram observadas exclusivamente no grupo dos nadadores pré-púberes. Nestas curvas, o conteúdo da frequência dos intervalos temporais não foi significativamente diferente, pelo que a confirmação dos limiares predeterminados, enquanto verdadeiros LF, não foi possível.

A variação intracíclica da velocidade de nado foi estudada como variável discriminante do comportamento observado nas curvas de velocidade dos nadadores nos diferentes intervalos temporais definidos pelos LF predeterminados. Nas Figura 89 a Figura 95 podem observar-se os ciclos médios correspondentes aos intervalos temporais definidos nas curvas com um e dois LF para os três escalões maturacionais. Apresentam-se ainda os ciclos médios correspondentes às curvas com 3 limiares dos nadadores pré-púberes, que reforçam a dificuldade em aceitar este número de limiares. As representações gráficas são apresentadas quer com a escala normalizada para todos os escalões maturacionais, de forma a melhor poder compará-los, quer com o melhor ajuste de escala feito caso a caso, de forma a melhor se poderem observar as flutuações da velocidade que ocorreram antes e após cada LF.

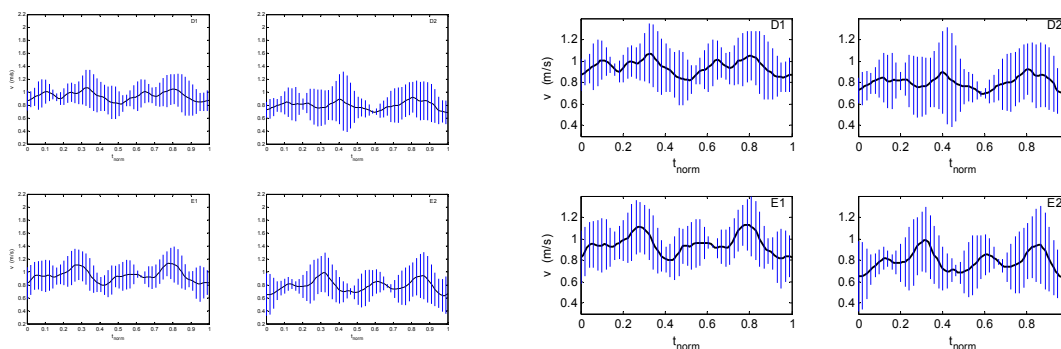


Figura 89. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pré-púberes ($n=3$). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.

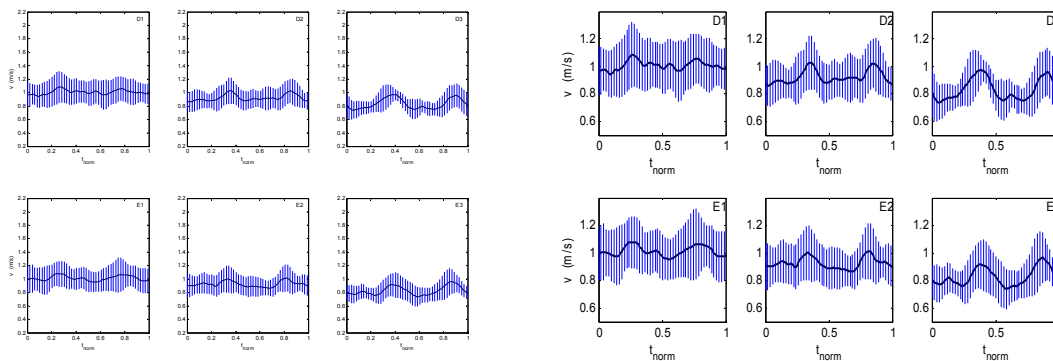


Figura 90. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pré-púberes (n=12). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.

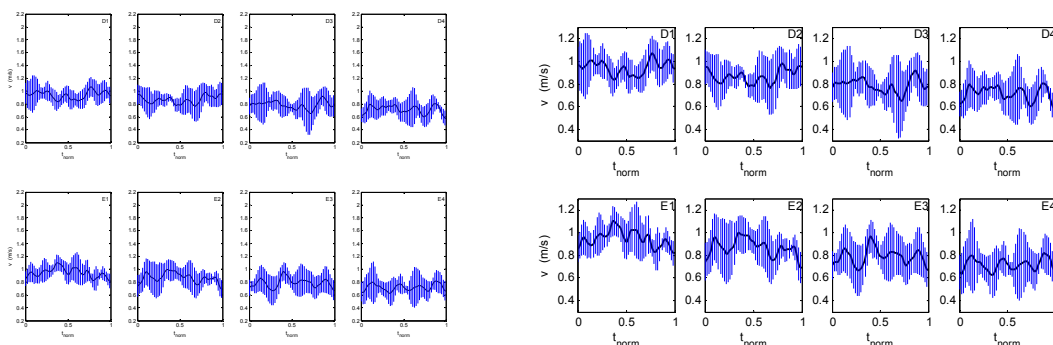


Figura 91. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2), terceiro (3) e quarto (4) intervalos temporais definidos em curvas com três limiares de fadiga de nadadores pré-púberes (n=4). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala. Esta figura é apresentada apenas a título ilustrativo, uma vez que a existência dos limiares de fadiga não pode ser confirmada através do conteúdo das frequências das curvas de velocidade.

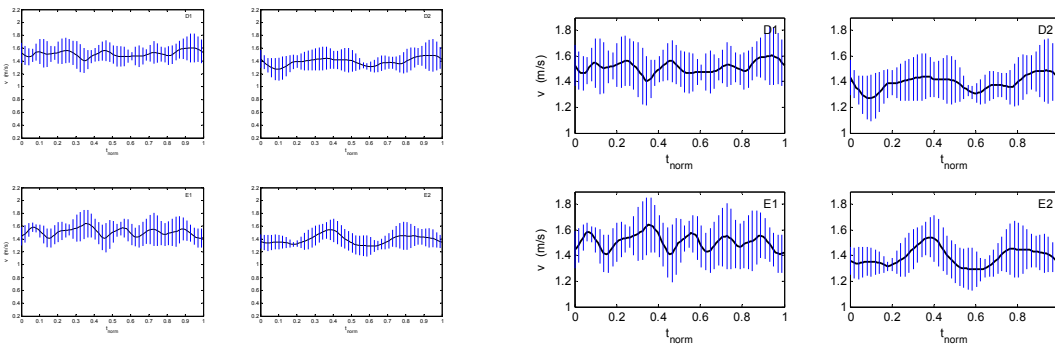


Figura 92. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores púberes ($n=5$). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto.

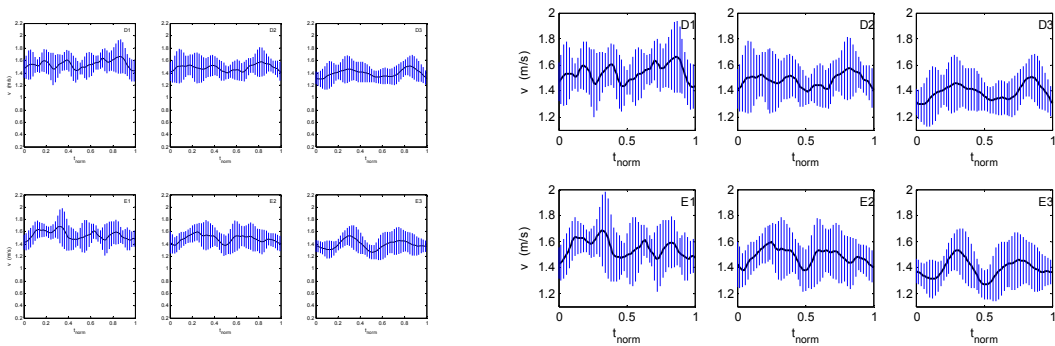


Figura 93. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores púberes ($n=11$). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.

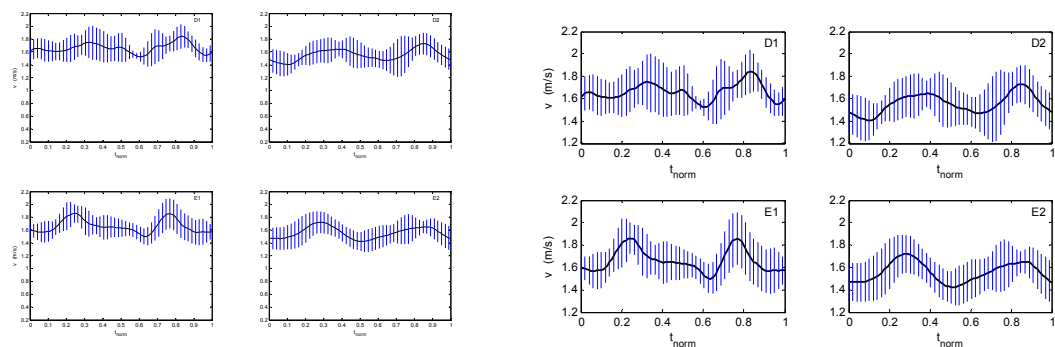


Figura 94. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pós-púberes ($n=7$). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.

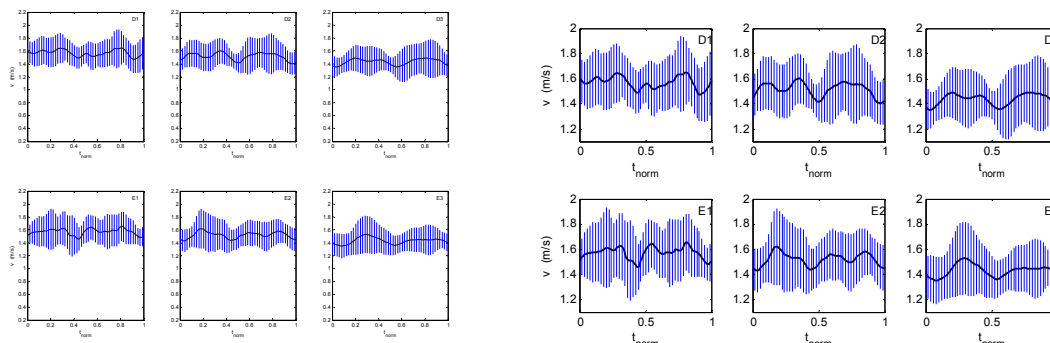


Figura 95. Ciclos médios de expressão da variação intraciclica da velocidade de nado do MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pós-púberes (n=16). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.

Nos Quadro 52 a Quadro 54 podem ser observadas outras variáveis discriminantes do comportamento dos nadadores nos diferentes intervalos temporais definidos pelos LF predeterminados, nomeadamente indicadores macroscópicos de alteração do padrão de nado.

Quadro 52. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, distância (d) total de nado, tempo médio de ciclo, distância média de ciclo (DC), frequência gestual (FG), índice de ciclo (IC), velocidade média (Vmed) e coeficiente de variação (CV) da velocidade média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de velocidade obtidas com velocímetro, para os nadadores pré-púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo	4º intervalo
t total (s)				
1 limiar*	11.76±3.74	10.37±3.10		
2 limiares**	5.14±3.33	6.88±3.17	10.50±2.83	
3 limiares***	6.12±1.08	5.42±0.44	5.00±1.33	5.80±2.07
d total (m)				
1 limiar*	11.21±4.60	8.51±3.73		
2 limiares**	5.29±3.69	6.23±2.70	8.79±2.78	
3 limiares***	5.69±0.66	4.66±0.20	4.06±0.99	4.17±1.65
t ciclo (s)				
1 limiar*	1.31±0.27	1.51±0.33		
2 limiares**	1.08±0.19 ^b	1.17±0.22 ^b	1.29±0.17	
3 limiares***	1.14±0.10 ^c	1.21±0.04	1.26±0.05	1.37±0.05
DC (m)				
1 limiar*	1.21±0.05	1.17±0.13		
2 limiares**	1.08±0.21	1.07±0.20	1.07±0.15	
3 limiares***	1.08±0.14	1.05±0.14	1.00±0.12	0.98±0.05
FG (ciclos.s⁻¹)				
1 limiar*	0.79±0.15	0.68±0.14		
2 limiares**	0.95±0.15 ^b	0.88±0.14 ^b	0.79±0.09	
3 limiares***	0.89±0.09 ^c	0.83±0.03	0.80±0.03	0.74±0.03

IC (m².s⁻¹)				
1 limiar*	1.13±0.14	0.94±0.29		
2 limiares**	1.11±0.32 ^b	0.99±0.26	0.90±0.21	
3 limiares***	1.03±0.18 ^c	0.92±0.21	0.81±0.16	0.71±0.08
V_{med} (m.s⁻¹)				
1 limiar*	0.94±0.14	0.79±0.18		
2 limiares**	1.01±0.15 ^b	0.92±0.01 ^b	0.83±0.09	
3 limiares***	0.94±0.05 ^c	0.87±0.09	0.79±0.07	0.72±0.05
CV (%)				
1 limiar*	25.33±7.51	29.00±4.58		
2 limiares**	17.58±3.15 ^b	19.67±3.37 ^b	23.33±3.45	
3 limiares***	22.00±2.52	22.00±3.21	25.75±8.10	25.00±1.15

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^bterceiro intervalo; ^cquarto intervalo; *n=3; **n=12; ***n=4

Em relação ao Quadro 52, pode observar-se a inexistência de diferenças significativas entre os intervalos definidos nas curvas com 3 LF dos nadadores pré-púberes, para todas as variáveis, o que reforça a ideia de que os limiares não puderam ser determinados com precisão.

Quadro 53. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, distância (d) total de nado, tempo médio de ciclo, distância média de ciclo (DC), frequência gestual (FG), índice de ciclo (IC), velocidade média (V_{med}) e coeficiente de variação (CV) da velocidade média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de velocidade obtidas com velocímetro, para os nadadores púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo
t total (s)			
1 limiar*	10.16±1.63	13.73±1.34	
2 limiares**	5.69±2.08 ^b	6.25±1.66 ^b	11.38±2.03
d total (m)			
1 limiar*	15.34±2.15	19.09±2.03	
2 limiares**	8.77±3.21 ^b	9.21±2.28 ^b	15.89±3.19
t ciclo (s)			
1 limiar*	1.07±0.05 ^a	1.16±0.07	
2 limiares**	1.04±0.08 ^b	1.09±0.08	1.16±0.08
d ciclo (m)			
1 limiar*	1.62±0.11	1.62±0.15	
2 limiares**	1.60±0.13	1.61±0.15	1.61±0.15
FG (ciclos.s⁻¹)			
1 limiar*	0.94±0.05 ^a	0.86±0.05	
2 limiares**	0.97±0.08 ^b	0.92±0.07	0.87±0.06
IC (m².s⁻¹)			
1 limiar*	2.45±0.24 ^a	2.26±0.30	
2 limiares**	2.47±0.27 ^b	2.40±0.33 ^b	2.25±0.29
V_{med} (m.s⁻¹)			
1 limiar*	1.51±0.05 ^a	1.39±0.06	
2 limiares**	1.54±0.07 ^b	1.48±0.08	1.39±0.06
CV (%)			
1 limiar*	15.80±2.68 ^a	14.20±2.39	
2 limiares**	15.45±4.37	14.82±2.36	14.55±2.46

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^asegundo intervalo; ^bterceiro intervalo; *n=5; **n=11

Quadro 54. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, distância (d) total de nado, tempo médio de ciclo, distância média de ciclo (DC), frequência gestual (FG), índice de ciclo (IC), velocidade média (Vmed) e coeficiente de variação (CV) da velocidade média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de velocidade obtidas com velocímetro, para os nadadores pós-púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo
t total (s)			
1 limiar*	7.73±1.70 ^a	15.07±2.05	
2 limiares**	4.50±1.84 ^b	6.00±2.09 ^b	11.22±3.02
d total (m)			
1 limiar*	12.78±2.60 ^a	23.43±3.20	
2 limiares**	7.05±3.02 ^b	9.05±3.24 ^b	16.04±4.63
t ciclo (s)			
1 limiar*	1.06±0.07 ^a	1.14±0.08	
2 limiares**	1.09±0.10 ^b	1.13±0.11 ^b	1.20±0.12
d ciclo (m)			
1 limiar*	1.76±0.13	1.77±0.14	
2 limiares**	1.70±0.13	1.70±0.16	1.71±0.16
FG (ciclos.s⁻¹)			
1 limiar*	0.95±0.06 ^a	0.88±0.07	
2 limiares**	0.92±0.08 ^b	0.89±0.09 ^b	0.84±0.09
IC (m².s⁻¹)			
1 limiar*	2.93±0.26 ^a	2.76±0.31	
2 limiares**	2.68±0.40 ^b	2.59±0.44 ^b	2.47±0.42
Vmed (m.s⁻¹)			
1 limiar*	1.66±0.06 ^a	1.56±0.08	
2 limiares**	1.57±0.15 ^{a,b}	1.52±0.15 ^b	1.44±0.15
CV (%)			
1 limiar*	15.71±2.50	15.43±3.91	
2 limiares**	13.31±1.66	13.31±1.66	13.06±1.44

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^asegundo intervalo; ^bterceiro intervalo.

*n=7; **n=16

4.5.2. Curva de declínio da força em nado amarrado

A análise matemática das curvas de força produzidas a partir do teste de nado amarrado permitiu determinar entre 1 a 2 LF. As curvas com 1 LF foram as mais representativas para os três grupos maturacionais (Figura 96), independentemente do sexo, tendo-se notado uma maior tendência dos nadadores menos maturados para produzirem curvas com número superior de LF. Neste capítulo, observaram-se uma proporção significativamente superior de curvas com um limiar entre dos nadadores pós-púberes masculinos, comparativamente com os pré-púberes. Nas nadadoras, a proporção de curvas com 1 limiar foi significativamente superior à proporção de curvas com dois limiares para os grupos púbere e pós-púbere.

Apenas um nadador pré-púbere apresentou 1 curva com 3 LF, a qual, por se tratar de caso único, não foi considerada para efeito de tratamento dos dados.

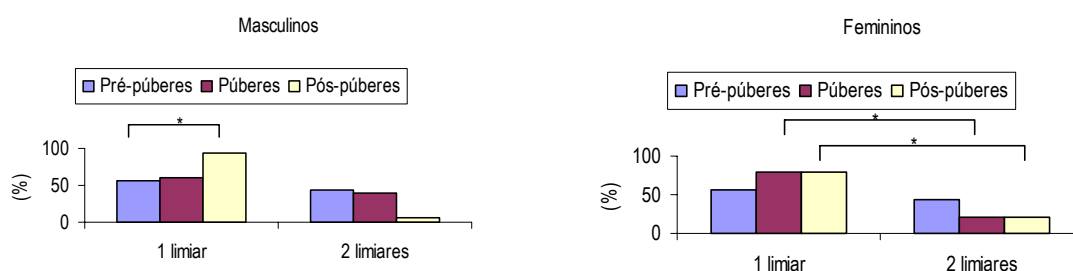


Figura 96. Percentagem de curvas de força, produzida em nado amarrado, com 1 e 2 limiars de fadiga, por grupo maturacional e por género.

O tempo correspondente à ocorrência de cada LF da força aplicada em nado amarrado é apresentado no Quadro 55. De salientar que a precisão do cálculo do primeiro LF das curvas de força obtida em nado amarrado com dois limiars não pôde ser confirmada através do conteúdo das frequências das mesmas, tal como poderá ser observado mais à frente.

Quadro 55. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondentes aos limiars de fadiga de todos os tipo de curvas de força, obtidas em nado amarrado. Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: (*)limiar das curvas com um limiar; (**)1º limiar das curvas com dois limiars.

	Um limiar	Dois limiars	
	Limiar	1º limiar	2º limiar
Pré-púberes	14.41±2.79 ^a	10.08±2.31 ^{d, (*)}	19.25±3.44 ^{(*), (**)}
Púberes	13.60±3.87 ^b	9.44±1.51 ^{e, (*)}	17.44±2.30 ^{(*), (**)}
Pós-púberes	14.54±2.60 ^c	9.25±0.50 ^{f, (*)}	19.25±2.36 ^{(*), (**)}
X±SD	14.21±3.08	9.72±1.84^(*)	18.60±2.94^{(*), (**)}

^an=17; ^bn=20; ^cn=26; ^dn=12; ^en=9; ^fn=4

A análise dos resultados apresentados no Quadro 55 mostra que o primeiro LF da força aplicada em nado amarrado (queda acentuada da força) num esforço máximo de 30s, ocorreu perto dos 14s ou perto dos 10s, se considerarmos, respectivamente, curvas de força com um ou com dois LF. O segundo LF ocorreu próximo dos 19s do esforço máximo. Não se verificaram diferenças

estatisticamente significativas nos tempos de ocorrência de cada limiar dos nadadores dos três grupos maturacionais.

Os Quadro 56 e Quadro 57 mostram os resultados da análise espectral em termos da frequência com a máxima amplitude, bem como da frequência com valor máximo, para todos os intervalos temporais definidos pelos LF predeterminados.

Quadro 56. Valores médios e respectivos desvios padrão dos valores da frequência (Hz) com a máxima amplitude das curvas de força produzidas em nado amarrado, por intervalo temporal (int), para atenuação de 0dB. A análise foi feita considerando curvas com 1 e 2 limiares de fadiga (LF). Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^asegundo intervalo.

Frequência com a máxima amplitude (Hz)			
Atenuação de 0dB			
LF	1° int	2° int	3° int
Um*	3.15±1.28 ^a	2.66±1.22	
Dois**	2.90±2.05	2.38±1.52	2.46±1.35

*n=62; **n=25

Quadro 57. Valores médios e respectivos desvios padrão da frequência (Hz) de valor máximo das curvas de força produzidas em nado amarrado, por intervalo temporal (int), para intervalos de atenuação de 0-5 e de 5-10dB. A análise foi feita considerando as curvas com 1 e 2 limiares de fadiga (LF). Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^asegundo intervalo; ^bterceiro intervalo.

Frequência de valor máximo (Hz)						
	Atenuação de 0 a 5dB			Atenuação de 5 a 10 dB		
	1° int	2° int	3° int	1° int	2° int	3° int
Um*	4.12±1.67 ^a	3.57±1.89		6.50±3.64 ^a	5.42±2.82	
Dois**	4.18±1.67 ^b	3.43±2.19	3.99±2.21	7.84±3.84 ^b	7.63±3.65	5.95±3.84

*n=62; **n=25

Tal como se observou nas curvas de velocidade, existiu uma elevada variabilidade intra-grupo nos valores das frequências, em ambos os intervalos de atenuação, como se pode inferir pelos elevados valores dos desvios padrão. Os valores médios das frequências de valor máximo correspondentes aos dois intervalos de atenuação considerados foram distintos. O conteúdo da frequência dos intervalos temporais definidos pelas curvas com 1 LF foi significativamente diferente, em ambos os intervalos de atenuação, pelo que foi possível concluir que, neste caso, os referidos limiares foram determinados com precisão. A existência de dois LF em curvas de força de nado amarrado não foi

possível de comprovar, na medida em que o conteúdo das frequências de cada intervalo temporal foi igual, em ambos os intervalos de atenuação, entre o primeiro e o segundo intervalos temporais.

A variação intracíclica da força aplicada em nado amarrado foi estudada como variável discriminante do comportamento observado nos diferentes intervalos temporais definidos pelos LF predeterminados. Nas Figura 97 e Figura 98 podem observar-se os ciclos médios correspondentes aos intervalos temporais definidos nas curvas com um e dois LF para o escalão maturacional dos nadadores pré-púberes. As Figura 100 e Figura 101 expressam os mesmos resultados para os nadadores pós-púberes. As representações gráficas correspondentes aos nadadores pré-púberes são apresentadas quer com a escala normalizada para todos os escalões maturacionais, de forma a melhor poder compará-los, quer com o melhor ajuste de escala feito caso a caso, de forma a melhor se poderem observar as flutuações da força que ocorreram antes e após cada LF. No caso dos nadadores pós-púberes, o melhor ajuste de escala coincidiu com a escala normalizada, pelo que é apresentada uma única representação gráfica. Por dificuldades técnicas na recolha das imagens vídeo, não foi possível determinar a variação intracíclica da força aplicada em nado amarrado pelos nadadores púberes.

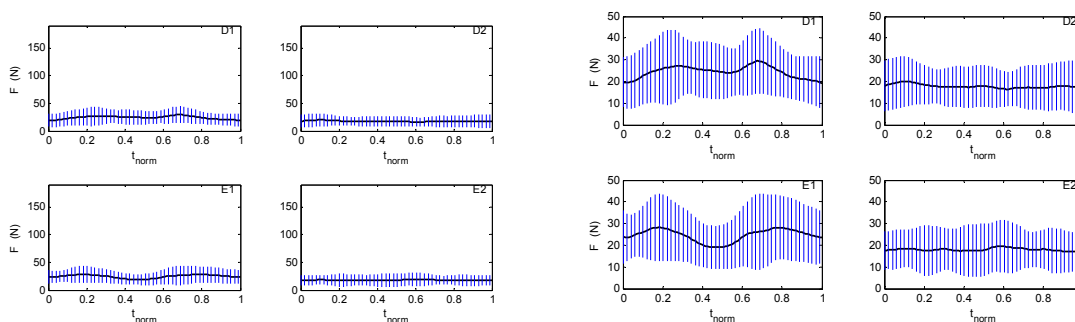


Figura 97. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em nado amarrado com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pré-púberes (n=16). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.

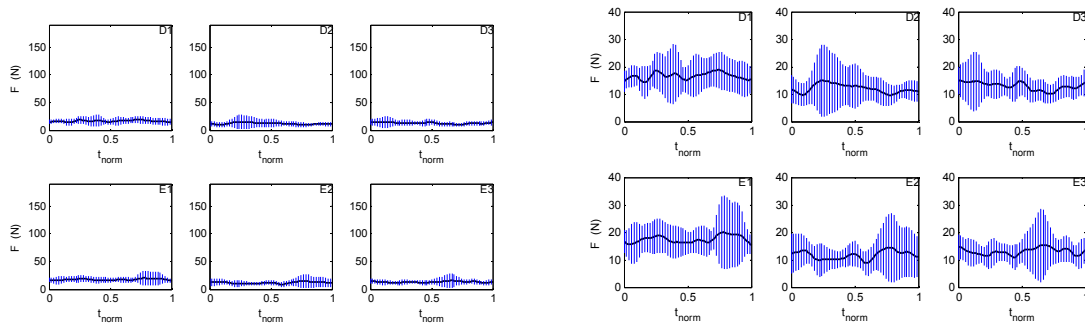


Figura 98. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em nado amarrado com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pré-púberes ($n=9$). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.

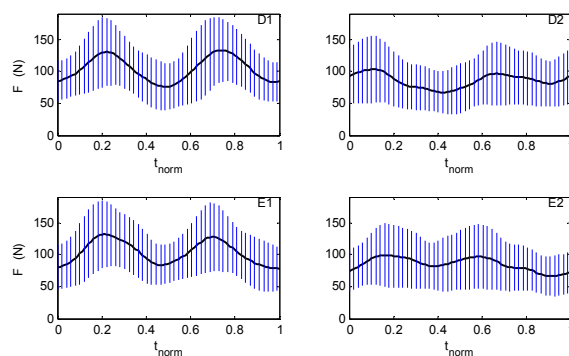


Figura 99. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em nado amarrado com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pós-púberes ($n=26$). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto.

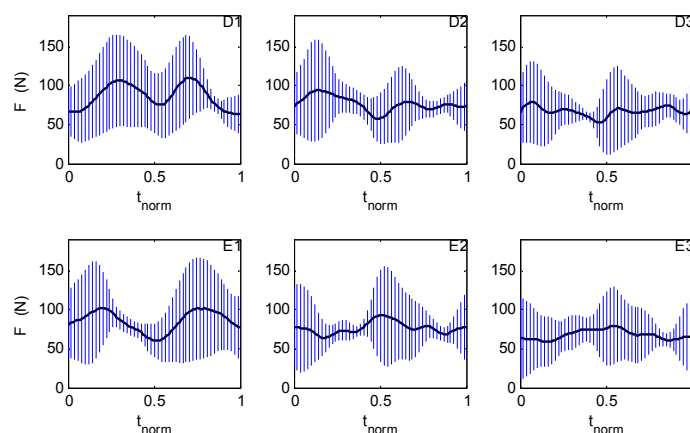


Figura 100. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em nado amarrado com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pós-púberes (n=4). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto.

Nos Quadro 58 e Quadro 59 podem ser observados os valores de outras variáveis discriminantes do comportamento dos nadadores nos diferentes intervalos temporais definidos pelos LF predeterminados, nomeadamente indicadores macroscópicos de alteração do padrão de nado. Pelo motivo já enunciado, não foi possível obter estes dados para o grupo de nadadores púberes.

Quadro 58. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, tempo médio de ciclo, frequência gestual (FG), força média (Fmed) e coeficiente de variação (CV) da força média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de força obtidas em nado amarrado, para os nadadores pré-púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo
t total (s)			
1 limiar*	11.96±2.99	13.70±3.36	
2 limiares**	7.01±2.05	8.40±2.62	9.52±2.72
t ciclo (s)			
1 limiar*	1.23±0.22 ^a	1.35±0.24	
2 limiares**	1.14±0.13 ^b	1.25±0.13 ^b	1.42±0.12
FG (ciclos.s⁻¹)			
1 limiar*	0.84±0.15 ^a	0.76±0.15	
2 limiares**	0.88±0.10 ^b	0.81±0.09 ^b	0.71±0.06
Fmed (m.s⁻¹)			
1 limiar*	24.49±9.78 ^a	17.80±7.94	
2 limiares**	16.70±4.13 ^{a,b}	10.91±6.23	12.77±3.22
CV (%)			
1 limiar*	58.25±18.39 ^a	61.89±24.95	
2 limiares**	62.89±9.33	62.29±27.75	71.89±18.40

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^asegundo intervalo; ^bterceiro intervalo.

*n=16; **n=9

Quadro 59. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, tempo médio de ciclo, frequência gestual (FG), força média (Fmed) e coeficiente de variação (CV) da força média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de força obtidas em nado amarrado, para os nadadores pós-púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo
t total (s)			
1 limiar*	11.89±2.79	13.90±2.85	
2 limiares**	6.90±0.76	8.86±2.24	9.36±1.79
t ciclo (s)			
1 limiar*	1.19±0.11 ^a	1.28±0.11	
2 limiares**	1.07±0.08 ^b	1.13±0.08	1.19±0.09
FG (ciclos.s⁻¹)			
1 limiar*	0.84±0.08 ^a	0.79±0.07	
2 limiares**	0.94±0.07 ^b	0.89±0.07	0.85±0.07
Fmed (m.s⁻¹)			
1 limiar*	105.29±32.81 ^a	86.21±26.66	
2 limiares**	86.60±34.73 ^b	76.66±27.64	67.11±24.05
CV (%)			
1 limiar*	43.58±7.52 ^a	47.08±8.81	
2 limiares**	38.75±14.24	37.00±8.98	41.50±8.10

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^asegundo intervalo; ^bterceiro intervalo.

*n=26; **n=4

4.5.3. Curva de declínio da força em nado simulado

A análise matemática das curvas de força produzidas a partir do teste de nado simulado em *swim bench*, pelos nadadores pré e pós-púberes permitiu determinar entre 1 a 2 LF. As curvas com 1 LF foram as mais representativas para ambos os grupos (Figura 101), independentemente do sexo. Contrariamente aos resultados do nado livre e amarrado, no nado simulado não se notou uma maior tendência dos nadadores menos maturados para produzirem curvas com número superior de LF. A diferença entre o número de curvas com um limiar produzidas pelos nadadores dos dois grupos maturacionais foi significativa, com os pré-púberes a apresentarem uma proporção mais elevada. Nas nadadoras verificou-se a mesma diferença, mas tendo sido as pós-púberes a apresentarem uma proporção superior. As nadadoras pré-púberes apresentaram, ainda, uma proporção significativamente superior de curvas com 1 limiar, em comparação com a proporção de curvas com 2 limiares.

Apenas um nadador pré-púbere, que não o mesmo atrás referido para o nado amarrado, apresentou uma curva com 3 LF, a qual, por se tratar de caso único, não foi considerada para efeito de tratamento dos dados. Devido a problemas de ordem metodológica, não foi possível apresentar as curvas de força produzidas em *swim bench* pelos nadadores púberes da amostra.

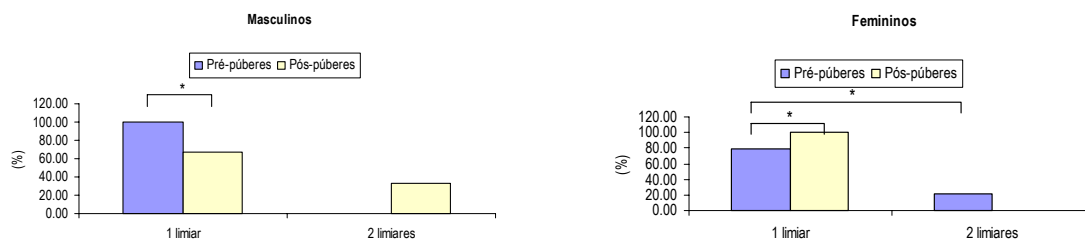


Figura 101. Percentagem de curvas de força, obtidas em *swim bench*, com 1 e 2 limiares de fadiga, por grupo maturacional e por género.

Apesar dos LF predeterminados a partir de curvas de força obtida em nado simulado em *swim bench* não terem sido confirmados pelo conteúdo das frequências de cada intervalo temporal, como se poderá confirmar mais à frente, o tempo correspondente à ocorrência de cada LF é apresentado no Quadro 60.

Quadro 60. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondentes aos limiares de fadiga de todos os tipo de curvas de força, obtidas em nado simulado em *swim bench*. Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: (*)limiar das curvas com um limiar; (**)1º limiar das curvas com dois limiares.

	Um limiar	Dois limiares	
	Limiar	1º limiar	2º limiar
Pré-púberes	13.74±2.75 ^a	8.33±1.53 ^{c, (*)}	18.00±2.00 ^{(*), (**)}
Pós-púberes	12.36±2.0 ^b	8.60±0.89 ^{d, (*)}	18.20±2.59 ^{(*), (**)}
X±SD	13.02±2.46	8.50±1.07^(*)	18.13±2.23^{(*), (**)}

^an=23; ^bn=25; ^cn=3; ^dn=5

A análise dos resultados apresentados no Quadro 60 mostra que o primeiro LF da força aplicada em nado simulado em *swim bench* (queda acentuada da força) num esforço máximo de 30s, ocorreu perto dos 13s ou perto dos 9s, se considerarmos, respectivamente, curvas de força com um ou com

dois LF. O segundo LF ocorreu próximo dos 18s do esforço máximo. Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos maturacionais em qualquer dos limiares predeterminados.

Os Quadro 61 e Quadro 62 mostram os resultados da análise espectral em termos da frequência com a máxima amplitude, bem como da frequência com valor máximo, para todos os intervalos temporais definidos pelos LF predeterminados.

Quadro 61. Valores médios e respectivos desvios padrão dos valores da frequência (Hz) com a máxima amplitude das curvas de força produzidas em *swim bench*, por intervalo temporal (int), para atenuação de 0dB. A análise foi feita considerando curvas com 1 e 2 limiares de fadiga (LF).

Frequência com a máxima amplitude (Hz)			
Atenuação de 0 dB			
LF	1° int	2° int	3° int
Um*	1.75±0.48	1.75±0.58	
Dois**	2.09±1.04	2.09±1.00	1.93±0.61

*n=48; **n=8

Quadro 62. Valores médios e respectivos desvios padrão da frequência (Hz) de valor máximo das curvas de força produzidas em *swim bench*, por intervalo temporal (int), para intervalos de atenuação de 0-5 e de 5-10dB. A análise foi feita considerando as curvas com 1 e 2 limiares de fadiga (LF).

^asignificativamente diferente do 2° intervalo.

	Frequência de valor máximo (Hz)					
	Atenuação de 0 a 5dB			Atenuação de 5 a 10 dB		
	1° int	2° int	3° int	1° int	2° int	3° int
Um*	2.36±1.21	2.27±0.71		4.29±1.48	3.57±1.99	
Dois**	3.00±1.60	3.65±2.20	3.35±1.95	4.56±3.42	7.07±3.74	5.40±3.18

*n=48; **n=8

A elevada variabilidade intra-grupo já observada nas frequências das curvas de velocidade e das curvas de força obtidas em nado amarrado continua a manifestar-se nas curvas de força obtidas em *swim bench*. A ausência de diferenças significativas no conteúdo das frequências de cada intervalo temporal das curvas com 1 e 2 LF sugere uma eventual falta de precisão na determinação dos mesmos.

A variação intracíclica da força aplicada em *swim bench* foi estudada como variável discriminante do comportamento observado nos diferentes intervalos temporais definidos pelos LF predeterminados.

Nas Figura 102 e Figura 103 podem observar-se os ciclos médios correspondentes aos intervalos temporais definidos nas curvas com um e dois LF para o escalão maturacional dos nadadores pré-púberes. As Figura 104 e Figura 105 expressam os mesmos resultados para os nadadores pós-púberes. As representações gráficas são apresentadas quer com a escala normalizada para todos os escalões maturacionais, de forma a melhor poder compará-los, quer com o melhor ajuste de escala feito caso a caso, de forma a melhor se poderem observar as flutuações da força que ocorreram antes e após cada LF. Por dificuldades técnicas na aplicação do protocolo de nado simulado em *swim bench*, não foi possível determinar a variação intracíclica da força para os nadadores púberes.

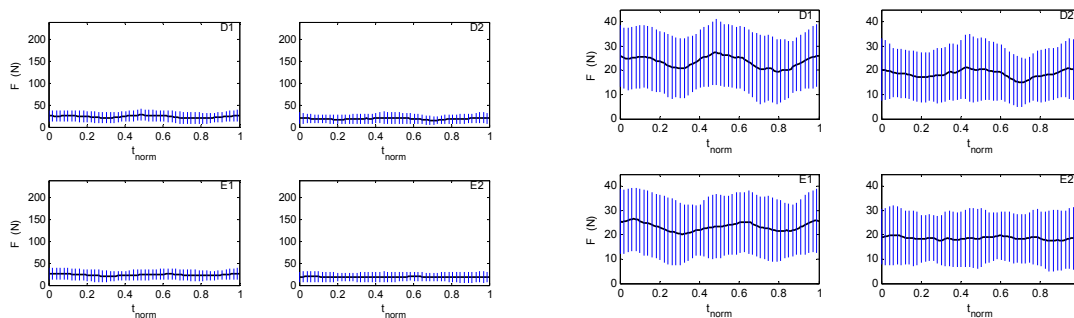


Figura 102. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em *swim bench* com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pré-púberes ($n=23$). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.

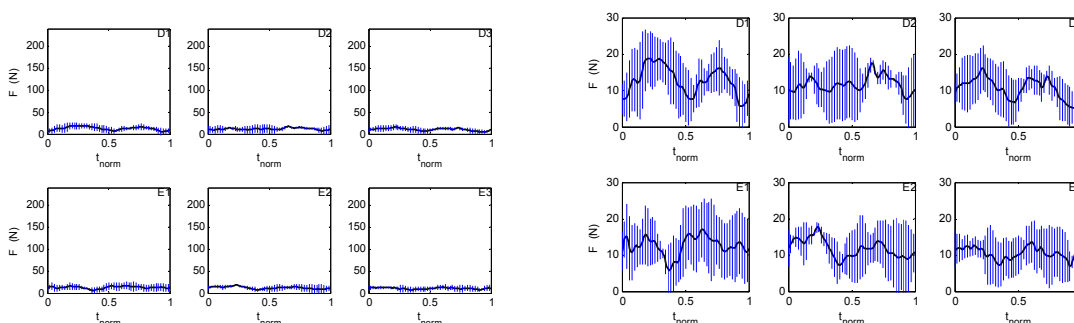


Figura 103. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em *swim bench* com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pré-púberes ($n=3$). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.

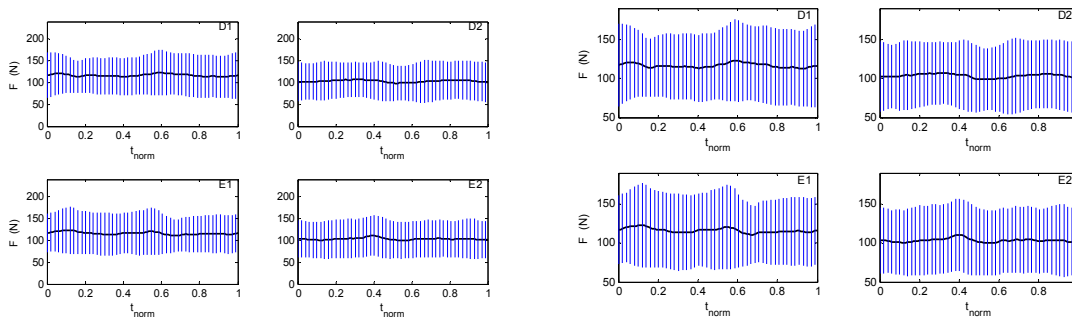


Figura 104. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em *swim bench* com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1) e segundo (2) intervalos temporais definidos em curvas com um limiar de fadiga de nadadores pós-púberes ($n=25$). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.

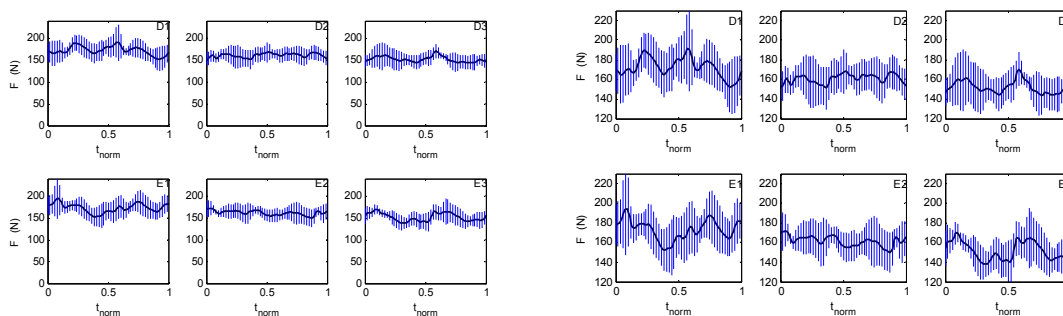


Figura 105. Ciclos médios de expressão da variação intracíclica da força aplicada em *swim bench* com o MS direito (D) e esquerdo (E) no primeiro (1), segundo (2) e terceiro (3) intervalos temporais definidos em curvas com dois limiares de fadiga de nadadores pós-púberes ($n=5$). Os riscos verticais ao longo da curva representam os valores de desvio padrão, calculados ponto a ponto. À esquerda são apresentados os gráficos com a escala normalizada para todos os grupos maturacionais e à direita são apresentados os mesmos gráficos com o melhor ajuste de escala.

Nos Quadro 63 e Quadro 64 podem ser observados os valores de outras variáveis discriminantes do comportamento dos nadadores pós e pré-púberes nos diferentes intervalos temporais definidos pelos LF predeterminados, nomeadamente indicadores macroscópicos de alteração do padrão de nado.

Quadro 63. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, tempo médio de ciclo, frequência gestual (FG), força média (Fmed) e coeficiente de variação (CV) da força média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de força obtidas em *swim bench*, para os nadadores pré-púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo
t total (s)			
1 limiar*	12.26±2.69	14.86±3.38	
2 limiares**	6.83±1.24	8.61±2.31	10.27±2.20
t ciclo (s)			
1 limiar*	1.08±0.14	1.08±0.15	
2 limiares**	1.09±0.08	1.03±0.11	1.10±0.06
FG (ciclos.s⁻¹)			
1 limiar*	0.94±0.13	0.95±0.14	
2 limiares**	0.92±0.07	0.98±0.10	0.91±0.04
Fmed (m.s⁻¹)			
1 limiar*	23.51±10.45 ^a	18.65±8.84	
2 limiares**	12.87±1.21	11.84±2.56	10.58±0.78
CV (%)			
1 limiar*	58.09±14.70 ^a	65.74±12.25	
2 limiares**	70.67±8.62	66.33±11.37	74.00±5.00

^asignificativamente diferente do 2º intervalo.

*n=23; **n=3

Quadro 64. Valores médios e respectivos desvios padrão do número de ciclos realizados, tempo (t) total de nado, tempo médio de ciclo, frequência gestual (FG), força média (Fmed) e coeficiente de variação (CV) da força média, nos diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de força obtidas em *swim bench*, para os nadadores pós-púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo
t total (s)			
1 limiar*	10.88±2.04 ^a	14.74±4.41	
2 limiares**	7.14±1.29	8.34±2.83	7.76±4.20
t ciclo (s)			
1 limiar*	1.17±0.15	1.13±0.28	
2 limiares**	1.08±0.10	1.07±0.11	1.10±0.11
FG (ciclos.s⁻¹)			
1 limiar*	0.87±0.11	0.87±0.14	
2 limiares**	0.93±0.09	0.94±0.10	0.92±0.10
Fmed (m.s⁻¹)			
1 limiar*	116.64±42.81 ^a	103.48±39.90	
2 limiares**	172.39±15.39 ^b	160.90±9.69	152.07±10.96
CV (%)			
1 limiar*	22.00±9.80 ^a	25.00±10.34	
2 limiares**	15.00±1.58	15.60±2.88	15.20±2.59

^asignificativamente diferente do 2º intervalo; ^bsignificativamente diferente do terceiro intervalo.

*n=25; **n=5

4.5.4. Curva de declínio da potência obtida em ergómetro de braços adaptado

A análise matemática das curvas de potência produzidas a partir do teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços adaptado permitiu determinar entre 1 a 3 LF. As curvas com 1 e 2 LF foram as mais representativas para os três grupos maturacionais (Figura 106). As curvas com 3 LF foram observadas predominantemente no grupo dos púberes. Apenas 1 nadador pré-púbere apresentou uma curva com 3 LF. Os nadadores pós-púberes apresentaram uma proporção significativamente superior de curvas com 2 limiares, comparativamente com a proporção de curvas com 1 limiar. Não se observaram diferenças significativas nas proporções apresentadas pelas nadadoras.

Pelo facto do número de casos de curvas com 3 limiares ter sido muito pequeno, as mesmas não foram consideradas para efeito de tratamento.

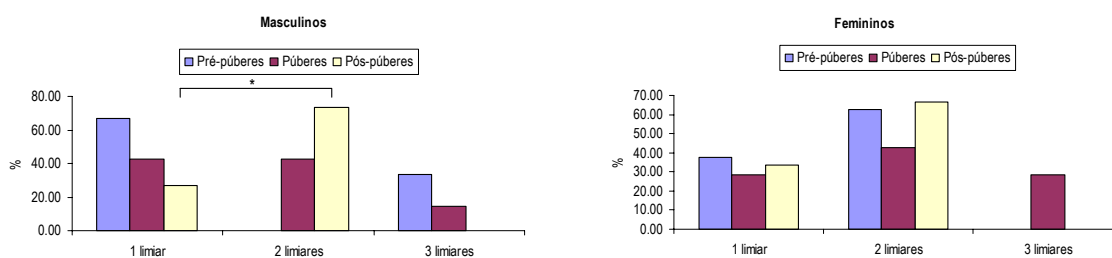


Figura 106. Percentagem de curvas de potência, obtidas com o teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços adaptado, com 1, 2 e 3 limiares de fadiga, por grupo maturacional e por género.

O tempo correspondente à ocorrência de cada LF da potência correspondente ao teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços adaptado é apresentado no Quadro 65. Não se apresentam os resultados para as curvas com 3 LF pelo facto de não se ter conseguido confirmar nenhum dos limiares, como se poderá confirmar mais à frente.

Quadro 65. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondentes aos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas com o teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços.

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: (*)limiar das curvas com um limiar; (**)1º limiar das curvas com dois limiares.

	Um limiar		Dois limiares	
	1º limiar	1º limiar	1º limiar	2º limiar
Pré-púberes	12.20±5.40 ^a	8.40±2.41 ^{d, (*)}	20.80±1.64 ^(*)	19.83±4.24 ^(*)
Púberes	14.70±4.69 ^b	8.75±3.08 ^{e, (*)}	19.83±4.24 ^(*)	17.52±4.11 ^(*)
Pós-púberes	11.67±4.0 ^c	7.29±1.95 ^{f, (*)}	17.52±4.11 ^(*)	18.68±4.07
X±SD*	13.04±4.64	7.89±2.45	18.68±4.07	

^an=5; ^bn=10; ^cn=9; ^dn=5; ^en=12; ^fn=21

Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos maturacionais no que se refere aos momentos da ocorrência dos LF.

Os Quadro 66 a Quadro 68 mostram as diferenças observadas, para os três grupos maturacionais, nos declives das rectas ajustadas aos grupos de valores de potência de cada intervalo temporal definido pelos LF predeterminados, indicando-se, também, o respectivo valor médio de R². A potência e RPMs médias referentes a cada intervalo temporal são também apresentadas e comparadas.

Quadro 66. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R², potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em ergómetro de braços adaptado, para os nadadores pré-púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo
Declive (W.s⁻¹)			
1 limiar*	-4.19±1.76 ^a	-0.56±0.31	
2 limiares**	-3.09±2.24	-1.83±1.16	-0.28±0.67
R²			
1 limiar*	0.97±0.02 ^a	0.56±0.36	
2 limiares**	0.80±0.39	0.94±0.03	0.43±0.27
Potência média (W)			
1 limiar*	74.80±27.62 ^a	48.08±23.95	
2 limiares**	79.00±22.00 ^b	56.14±21.26	46.48±22.06
RPM médias			
1 limiar*	51.52±15.10 ^a	33.04±14.79	
2 limiares**	58.84±21.45 ^b	41.64±18.89	34.66±19.08

^asignificativamente diferente do 2º intervalo.

*n=5; **n=5

A análise dos resultados dos nadadores pré-púberes parece apontar no sentido do reconhecimento de curvas com 1 LF, dada a ausência dominante de diferenças estatisticamente significativas entre os intervalos temporais definidos pelas curvas com 2 limiares.

Quadro 67. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R², potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em ergômetro de braços adaptado, para os nadadores púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo	4º intervalo
Declive (W.s⁻¹)				
1 limiar*	-12.96±7.63 ^a	-1.61±2.09		
2 limiares**	-16.14±12.97 ^{a,b}	-5.41±4.84	-0.44±2.99	
3 limiares***	-9.86±9.47	-5.32±7.11	-0.54±5.00	-0.64±2.75
R²				
1 limiar*	0.99±0.01 ^a	0.65±0.33		
2 limiares**	0.98±0.02 ^b	0.95±0.06 ^b	0.68±0.33	
3 limiares***	0.87±0.25	0.88±0.14	0.80±0.17	0.64±0.38
Potência média (W)				
1 limiar*	230.90±64.48 ^a	142.85±35.44		
2 limiares**	289.33±139.63 ^{a,b}	204.92±81.96	171.25±51.04	
3 limiares***	224.17±77.52 ^{b,c}	180.00±53.58	164.00±35.98	155.83±31.22
RPM médias				
1 limiar*	80.33±10.04 ^a	50.74±11.56		
2 limiares**	94.71±20.55 ^{a,b}	68.66±11.86	58.97±10.70	
3 limiares***	85.17±12.18 ^{b,c}	69.42±11.89	63.95±10.03	61.15±12.94

^asignificativamente diferente do 2º intervalo; ^bsignificativamente diferente do 3º intervalo; ^csignificativamente diferente do 4º intervalo.

*n=10; **n=12; ***n=6

Nas curvas dos nadadores púberes foi notória a ausência de diferenças entre os 2º e 3º intervalos temporais das curvas com dois LF e entre os intervalos temporais das curvas com 3 LF, o que não concorre no sentido da confirmação daqueles limiares.

Quadro 68. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R², potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em ergômetro de braços adaptado, para os nadadores pós-púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo
Declive (W.s⁻¹)			
1 limiar*	-20.45±8.93 ^a	-4.91±2.81	
2 limiares**	-25.21±9.78 ^{a,b}	-9.01±5.09	-2.41±7.03
R²			
1 limiar*	0.99±0.01 ^a	0.88±0.25	
2 limiares**	0.97±0.05 ^b	0.93±0.11 ^b	0.66±0.36

Potência média (W)			
1 limiar*	372.22±129.23 ^a	223.44±87.22	
2 limiares**	428.52±148.94 ^{a,b}	302.00±125.29 ^b	239.33±96.22
RPM médias			
1 limiar*	102.87±23.73 ^a	61.53±17.57	
2 limiares**	107.49±26.04 ^{a,b}	75.13±23.41 ^b	59.68±18.85

^asignificativamente diferente do 2º intervalo.

*n=9; **n=21

Como se pode observar no Quadro 68, os intervalos temporais definidos pelos LF predeterminados parecem poder ser confirmados pelos declives das rectas de ajuste dos pontos de cada intervalo, excepção feita para o 2º limiar das curvas de dois limiares, o que parece ter consequência nos valores muito elevados do desvio padrão.

4.5.5. Curva de declínio da potência obtida em cicloergómetro

A análise matemática das curvas de potência produzidas a partir do teste *Wingate* realizado em cicloergómetro permitiu determinar entre 1 a 3 LF, para os nadadores, e 1 a 2 limiares, para as nadadoras. As curvas com 1 e 2 LF foram as mais representativas para os três grupos maturacionais (Figura 107). Não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre as proporções calculadas. Apenas 2 nadadores, 1 púbere e 1 pré-púberes apresentaram curvas com 3 LF, as quais, por se tratar de casos únicos, não foram consideradas para efeito de tratamento dos dados.

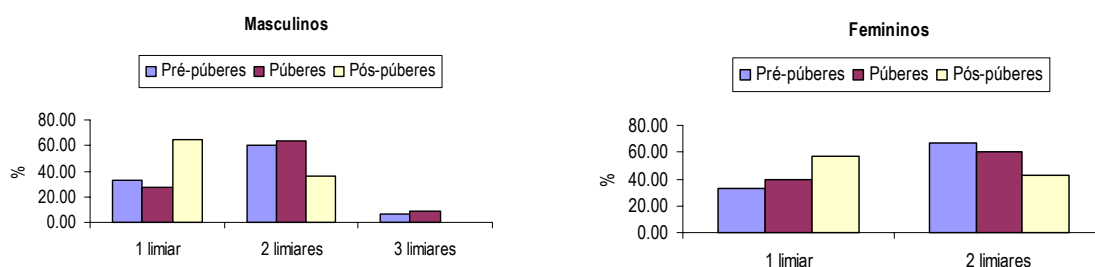


Figura 107. Percentagem de curvas de potência, obtidas com o teste *Wingate* realizado em cicloergómetro, com 1, 2 e 3 limiares de fadiga, por grupo maturacional e por género.

O tempo correspondente à ocorrência de cada LF da potência correspondente ao teste *Wingate* realizado em cicloergómetro é apresentado no Quadro 69.

Quadro 69. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondentes aos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas com o teste *Wingate* realizado em cicloergómetro.

¹significativamente diferente dos pré-púberes; ²significativamente diferente dos púberes.

	Um limiar		Dois limiares	
	1º limiar	1º limiar	1º limiar	2º limiar
Pré-púberes	12.90±5.40 ^a	6.05±3.24 ^{d,(*)}	18.37±4.28 ^{(*),(**)}	
Púberes	13.44±4.85 ^{b,1}	6.94±4.09 ^{e,(*)}	19.19±4.26 ^{(*),(**)}	
Pós-púberes	9.29±2.52 ^{c,1,2}	7.09±1.87 ^{f,(*)}	17.09±3.30 ^{(*),(**)}	
X±SD^c	11.33±4.43	6.61±3.28^(*)	18.35±4.06^{(*),(**)}	

^an=10; ^bn=9; ^cn=17; ^dn=19; ^en=16; ^fn=11

Como se pode observar no quadro anterior, os três grupos maturacionais distinguiram-se significativamente no momento da ocorrência do LF das curvas com 1 limiar, o mesmo não se verificando com o momento de ocorrência dos LF das curvas com dois limiares.

Os Quadro 70 a Quadro 72 mostram as diferenças observadas, para os três grupos maturacionais, nos declives das rectas ajustadas aos grupos de valores de potência em cada intervalo temporal definido pelos LF predeterminados, indicando-se, também, o respectivo valor médio de R². Como se pode observar, a maioria dos LF predeterminados parecem poder ser confirmados pelas diferenças significativas entre os declives das rectas de ajuste dos valores de cada intervalo temporal. Os valores de R² são, na generalidade, muito elevados e muito semelhantes entre intervalos temporais adjacentes. A potência e RPMs médias referentes a cada intervalo temporal foram também apresentadas e comparadas, tendo sido as diferenças estatisticamente significativas.

Quadro 70. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R², potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em cicloergómetro, para os nadadores pré-púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo
Declive (W.s⁻¹)			
1 limiar*	-12.57±4.00 ^a	-2.98±1.18	
2 limiares**	-15.64±13.63 ^{a,b}	-5.70±4.33 ^b	-0.91±2.15
R²			
1 limiar*	0.99±0.01 ^a	0.85±0.27	
2 limiares**	0.98±0.02 ^b	0.91±0.22 ^b	0.56±0.39

Potência média (W)			
1 limiar*	238.20±60.33 ^a	142.48±39.3 ^b	
2 limiares**	226.68±96.09 ^{a,b}	153.36±57.05 ^b	115.49±39.50
RPM médias			
1 limiar*	86.44±17.63 ^a	51.85±13.4 ^b	
2 limiares**	83.04±20.02 ^{a,b}	57.28±16.59 ^b	43.47±13.37

^asignificativamente diferente do 2º intervalo; ^bsignificativamente diferente do 3º intervalo.
n=10; **n=19

Quadro 71. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R², potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em cicloergómetro, para os nadadores púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo
Declive (W.s⁻¹)			
1 limiar*	-17.85±11.59 ^a	-4.72±3.64	
2 limiares**	-22.91±16.17 ^{a,b}	-8.67±4.21 ^b	0.67±6.35
R²			
1 limiar*	0.97±0.02	0.82±0.25	
2 limiares**	0.94±0.11	0.92±0.22	0.73±0.33
Potência média (W)			
1 limiar*	418.11±177.03	278.78±106.81	
2 limiares**	485.63±136.08 ^{a,b}	364.25±74.82 ^b	307.88±60.25
RPM médias			
1 limiar*	124.56±8.26 ^a	88.56±13.00	
2 limiares**	128.06±12.01 ^{a,b}	98.54±13.98 ^b	84.10±15.12

^asignificativamente diferente do 2º intervalo; ^bsignificativamente diferente do 3º intervalo.
*n=9; **n=16

Quadro 72. Valores médios e respectivos desvios padrão do declive, R², potência e RPM observados para os diferentes intervalos temporais definidos pelos limiares de fadiga das curvas de potência obtidas em cicloergómetro, para os nadadores pós-púberes.

	1º intervalo	2º intervalo	3º intervalo
Declive (W.s⁻¹)			
1 limiar*	-50.23±19.25 ^a	-9.91±4.86	
2 limiares**	-59.16±19.82 ^{a,b}	-14.71±14.14	-4.64±8.63
R²			
1 limiar*	0.94±0.05	0.94±0.07	
2 limiares**	0.97±0.02 ^b	0.96±0.04	0.83±0.26
Potência média (W)			
1 limiar*	754.06±212.61 ^a	463.71±132.10	
2 limiares**	775.73±225.50 ^{a,b}	493.27±141.78	395.55±118.35
RPM médias			
1 limiar*	115.44±23.98 ^a	71.06±15.48	
2 limiares**	125.23±20.68 ^{a,b}	79.96±14.67	64.16±12.79

^asignificativamente diferente do 2º intervalo; ^bsignificativamente diferente do 3º intervalo.
*n=17; **n=11

No quadro anterior é de salientar a ausência de diferenças entre o 2º e 3º intervalos temporais, o que parece comprometer o reconhecimento do segundo limiar.

4.5.6. Comparação dos momentos de ocorrência dos limiares de fadiga dos diferentes testes

Os momentos (tempo médio, em s) a que ocorreram os LF definidos através do tratamento das curvas de velocidade obtidas em nado livre, das curvas de força obtidas em nado amarrado e em nado simulado em *swim bench* e das curvas de potência mecânica externa obtidas em ergómetro de braços adaptado e em cicloergómetro foram comparados entre si, quer para curvas com 1 limiar (Quadro 73), quer para curvas com 2 limiares (Quadro 74).

Quadro 73. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondente ao limiar de fadiga de curvas com 1 limiar, obtidas em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em *swim bench* (SWb), *Wingate* braços (Wb) e cicloergometria (Wc).

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ¹NA; ²Wc; (*)pré-púb; (**)púb.

	1 limiar			X±SD
	Pré-púb	Púb	Pós-púb	
NL	15.80±3.11 ^a	13.83±1.33 ^b	12.1±1.66 ^{c,1,2,(*)}	13.48±2.44
NA	14.41±2.79 ^a	13.60±3.87 ^b	14.54±2.60 ^{c,2}	14.21±3.08
SWb	13.74±2.75 ^a	-----	12.36±2.0 ^{c,1,2}	13.02±2.46
Wb	12.20±5.40 ^a	14.70±4.69 ^b	11.67±4.0 ^{c,1,2}	13.04±4.64
Wc	12.90±5.40 ^a	13.44±4.85 ^{b,(*)}	9.29±2.52 ^{c,1,(*)(**)}	11.33±4.43¹
	13.83±3.58	13.84±3.96	12.31±3.07^{(*)(**)}	13.15±4.43

Nado livre: ^an=5; ^bn=6; ^cn=10; Nado amarrado: ^an=17; ^bn=20; ^cn=26; Nado simulado: ^an=23; ^cn=25; *Wingate* braços: ^an=5; ^bn=10; ^cn=9; cicloergometria: ^an=10; ^bn=9; ^cn=17

Não foram encontradas diferenças significativas entre testes nos grupos de nadadores pré-púberes e púberes. No grupo de nadadores pós-púberes quer o teste de nado amarrado, quer o teste de cicloergómetro revelaram resultados que os distinguiram significativamente entre si e entre todos os outros testes.

As representações gráficas dos valores médios totais, por grupo maturacional (Figura 108a) e por teste (Figura 108b), dos momentos de ocorrência dos LF de curvas com um limiar são apresentados seguidamente. Para melhor observar a alteração dos resultados com a maturação e em função do teste considerado foram adicionadas linhas de tendência, baseadas em potências de grau 2 e 4, respectivamente.

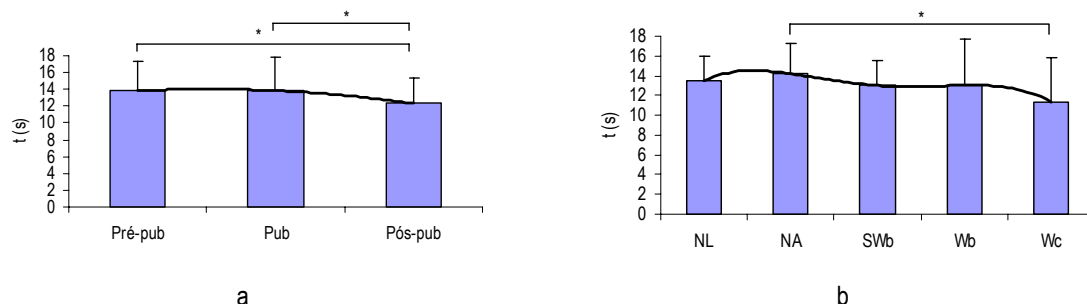


Figura 108. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos momentos de ocorrência dos limiares de curvas com um limiar, em função do grupo maturacional (a) e do teste realizado (b). Foram adicionadas linhas de tendência de potência de grau 2 (a) e 4 (b) para melhor se perceber a variação dos resultados em ambos os casos.

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$. Legenda: pré-púberes (pré-pub), púberes (pub), pós-púberes (pós-pub), nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em *swim bench* (SWb), *Wingate* de braços (Wb) e cicloergometria (Wc).

Seguindo as linhas de tendência, podemos observar que o LF de curvas com um limiar tende a ocorrer ligeiramente mais cedo para os nadadores pós-púberes. Em termos de testes, os resultados mostram uma tendência para a ocorrência do limiar mais cedo durante a realização do teste *Wingate* em cicloergómetro e mais tarde nos testes de NL e NA, notando-se um resultado intermédio para os testes realizados em SWb e em ergómetro de braços adaptado para teste *Wingate*..

Quadro 74. Tempo médio (s) e respectivo desvio padrão correspondente ao primeiro e segundo limiares de fadiga de curvas com 2 limiares, obtidas em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em *swim bench* (SWb), *Wingate* braços (Wb) e cicloergometria (Wc).

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de ¹NL; ²NA; ³Wb; ⁴Wc; (*)pré-púb; (**)púb.

	1º limiar				2º limiar			
	Pré-púb.	Púb.	Pós-púb.	X±SD*	Pré-púb.	Púb.	Pós-púb.	X±SD*
NL	9.21±3.10 ^a	9.67±2.27 ^b	8.94±1.55 ^c	9.22±2.39	17.26±3.09	17.42±2.35	16.22±2.65	16.92±2.76
NA	10.08±2.31 ^a	9.44±1.51 ^b	9.25±0.50 ^c	9.72±1.84	19.25±3.44	17.44±2.30	19.25±2.36	18.60±2.94
SWb	8.33±1.53 ^a	-----	8.60±0.89 ^c	8.50±1.07	18.00±2.00	-----	18.20±2.59	18.13±2.23
Wb	8.40±2.41 ^a	8.75±3.08 ^b	7.29±1.95 ^{c,1}	7.89±2.45	20.80±1.64	19.83±4.24	17.52±4.11	18.68±4.07
Wc	6.05±3.24 ^{a,1,2}	6.94±4.09 ^b	7.09±1.87 ^c	6.61±3.28^{1,2}	18.37±4.28	19.19±4.26	17.09±3.30	18.35±4.06
	8.24±3.24	8.51±3.21	7.52±2.39	8.23±2.81	13.38±3.54	18.59±3.61	17.50±3.60	18.03±3.53

Nado livre: ^an=20; ^bn=13; ^cn=18; Nado amarrado: ^an=12; ^bn=9; ^cn=4; Nado simulado: ^an=3; ^cn=5; *Wingate* braços: ^an=5; ^bn=12; ^cn=21; cicloergometria: ^an=19; ^bn=16; ^cn=11

No grupo de nadadores pré-púberes, o primeiro limiar de curvas com dois limiares ocorreu significativamente mais cedo que o correspondente aos testes de NL e NA. No grupo de nadadores púberes não foram encontradas diferenças entre os momentos de ocorrência dos primeiros limiares dos diferentes testes. No grupo dos nadadores pós-púberes, apenas o primeiro limiar do teste *Wingate* de braços foi significativamente inferior ao primeiro limiar do teste de NL. Não foram encontradas diferenças significativas, dentro de nenhum dos grupos maturacionais, entre os segundos limiares médios de fadiga correspondentes aos diferentes testes.

As representações gráficas dos valores médios totais, por grupo maturacional (Figura 109a,c) e por teste (Figura 109b,d), do primeiro e segundo momentos de ocorrência dos LF de curvas com dois limiares são apresentados seguidamente. Para melhor observar a alteração dos resultados com a maturação e em função do teste considerado foram adicionadas linhas de tendência, baseadas em potências de grau 2 e 4, respectivamente.

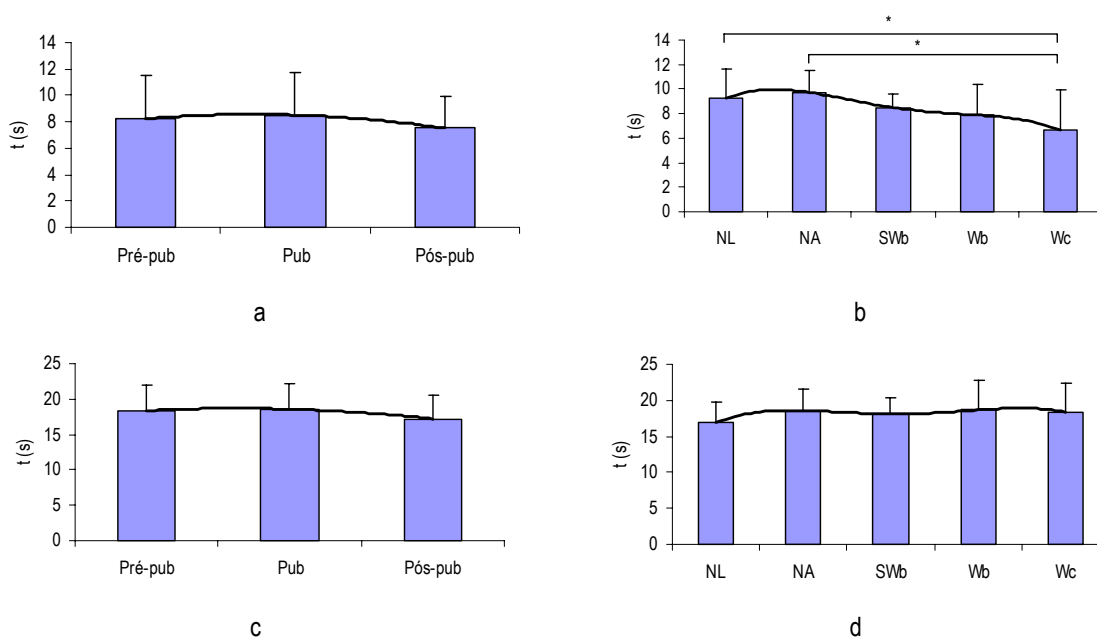


Figura 109. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos momentos de ocorrência dos primeiros (a,b) e segundos (c,d) limiares de curvas com dois limiares, em função do grupo maturacional (a,c) e do teste realizado (b,d). Foram adicionadas linhas de tendência baseadas em potências de grau 2 (a) e 4 (b) para melhor se perceber a variação dos resultados em ambos os casos.

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$. Legenda: pré-púberes (pré-pub), púberes (pub), pós-púberes (pós-pub), nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em *swim bench* (SWb), *Wingate* braços (Wb) e *Wingate* ciclo (Wc).

Seguindo as linhas de tendência, podemos observar que ambos os LF de curvas com dois limiares tendem a ocorrer ligeiramente mais cedo para os nadadores pós-púberes, ainda que as diferenças entre os grupos não sejam significativas. Em termos de testes, os resultados mostram uma tendência para a ocorrência do primeiro limiar mais cedo durante a realização do teste *Wingate* em cicloergómetro e mais tarde nos testes de NL e NA, notando-se um resultado intermédio, não significativamente diferente dos dois anteriores, para os testes realizados em SWb e em ergómetro de braços adaptado para *Wingate*. O segundo limiar parece ocorrer mais ou menos no mesmo momento para todos os testes.

4.5.7. Acumulação sanguínea de lactato num teste incremental de 30s

A acumulação sanguínea máxima de La^- pós esforço curto e intenso foi estudada através de um teste incremental com 6 patamares (5, 10, 15, 20, 25 e 30s). No Quadro 75 podem ser observados os valores máximos absolutos acumulados em cada patamar, bem como os respectivos valores *net*. As diferenças na La_{max} respeitante a cada patamar foram significativamente diferentes, podendo observar-se os respectivos valores na Figura 110. Pode observar-se, na mesma figura, que a maior acumulação de La^- no sangue ocorreu na transição do 2º para o 3º patamar de nado, entre os 10 e os 15s.

Quadro 75. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm \text{SD}$) do La^- (mmol.l^{-1}) de repouso e pós-esforço, expresso em termos absolutos e *net*.

	Repouso	5s	10s	15s	20s	25s	30s
La^- Absoluto	1.12±0.20*	2.56±0.64*	3.23±0.64*	4.61±0.89*	5.76±1.04*	6.56±1.22*	7.69±1.21*
Lanet		1.44±0.76*	2.11±0.71*	3.49±0.95*	4.64±1.17*	5.44±1.33*	6.57±1.30*

*Diferenças estatisticamente significativas, para $p \leq 0.05$, entre patamares adjacentes.

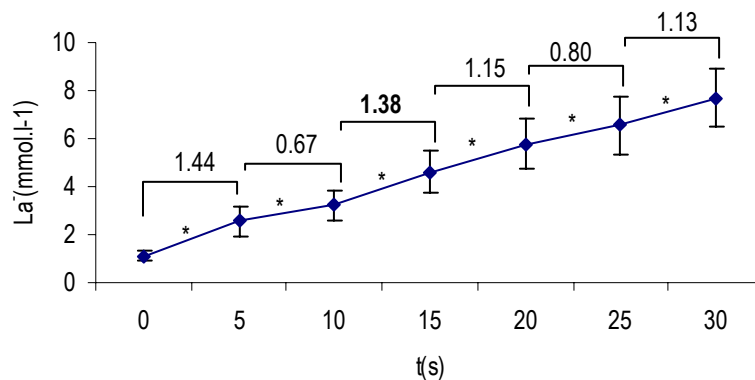


Figura 110. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do La^- de repouso e dos valores máximos absolutos encontrados após cada patamar de nado. Está assinalado a negrito o maior valor da diferença no La^- acumulado entre patamares adjacentes.

*Diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$.

No sentido de determinar a existência de um possível limiar alático-lático observável na curva individual de acumulação de La_{max} absoluto em função do tempo de nado procedeu-se ao ajuste de duas funções lineares aos valores constantes daquela curva. Ensaíram-se três hipóteses de ajuste (2 pontos vs. 4 pontos; 3 pontos vs. 3 pontos; 4 pontos vs. 2 pontos). Na Figura 111 apresentam-se os gráficos individuais de cada nadador com aquela que pareceu a melhor opção de ajuste. O mesmo tipo de ajustes foi também experimentado para a curva de expressão dos valores médios do grupo (*in box*, na mesma figura).

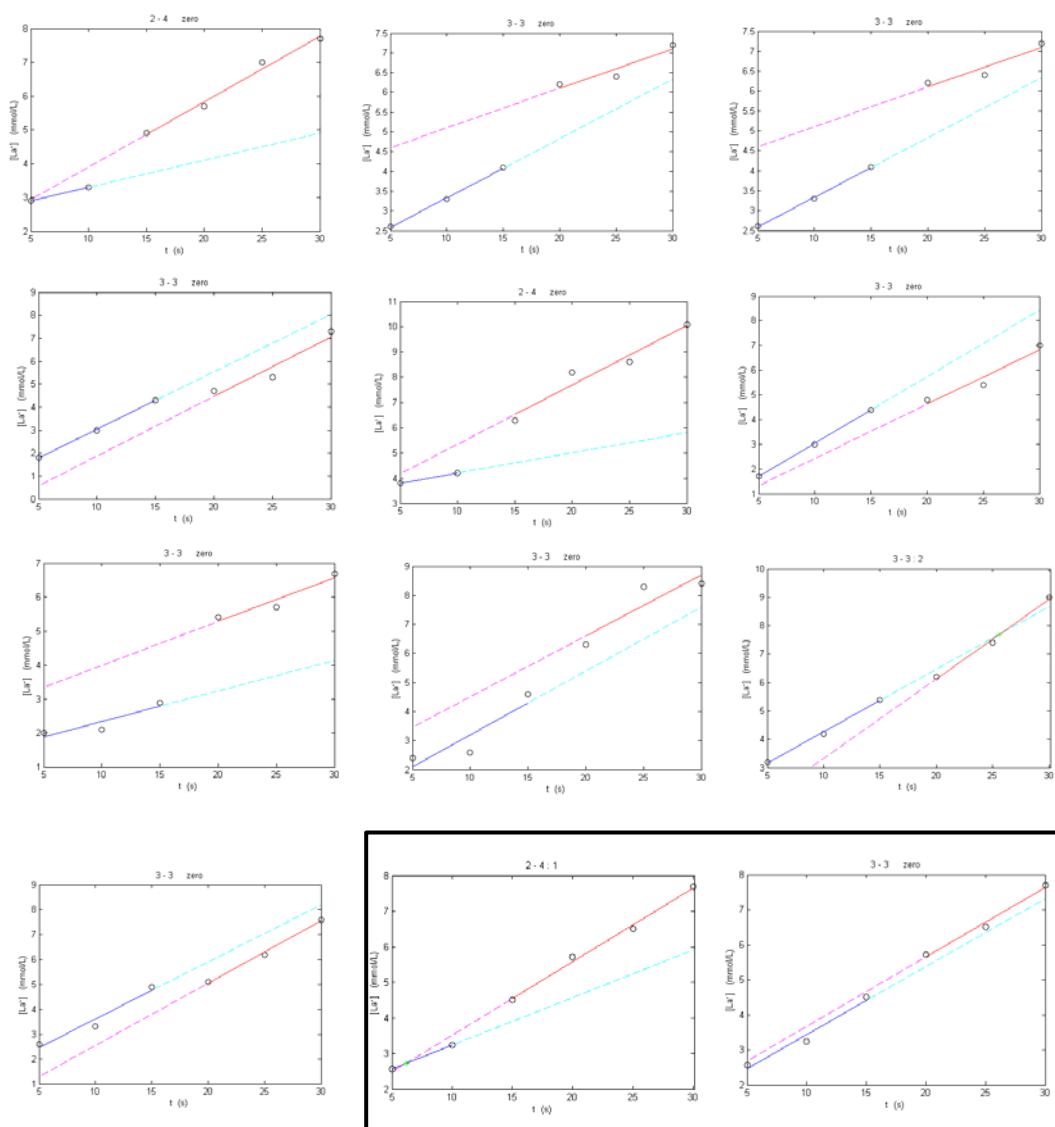


Figura 111. Diagramas de expressão dos melhores resultados individuais do ajuste de duas funções lineares (modelação considerando a origem no valor zero) aos gráficos individuais de expressão do La^- máximo absoluto acumulado em função do tempo de nado. Na caixa (abaixo, à direita) encontram-se duas opções de ajuste para os valores médios do grupo.

De acordo com a figura acima, os modelos melhor sucedidos foram aqueles em que se observou uma alteração no perfil de acumulação de La^- entre os 10 e os 15s (2 nadadores) e entre os 15 e os 20s (8 nadadores) de nado, tal como se pôde também confirmar ao modelar os valores médios do grupo.

A procura do limiar aláctico/láctico foi também tentada através da análise da velocidade de crescimento do La^- sanguíneo, no caso presente expresso pelo La^- acumulado por segundo de nado em cada patamar, à excepção do primeiro, que se removeu devido à sobrestimação da velocidade causada pelo impulso na parede (Quadro 76 e Figura 112).

Quadro 76. Valores médios e respectivos desvios padrão dos valores de ΔLa^- acumulado por segundo de nado ($\text{mmol.l}^{-1}.\text{s}^{-1}$) em cada patamar.

Patamares	2	3	4	5	6
$\Delta\text{La.t}^{-1}$	0.21 ± 0.07	0.23 ± 0.06	0.23 ± 0.06	0.22 ± 0.05	0.22 ± 0.04

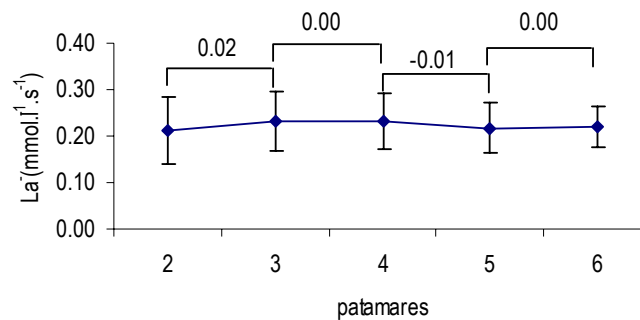


Figura 112. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores de La^- acumulado por segundo de nado ($\text{mmol.l}^{-1}.\text{s}^{-1}$) em cada patamar, à excepção do primeiro.

A velocidade máxima de crescimento do La^- sanguíneo parece ser igual em cada patamar, dada a ausência de diferenças significativas entre os valores de La^- acumulado por segundo de nado. Neste sentido, não foi possível a determinação de limiares.

A procura de um limiar entre os valores de potência glicolítica expressos pela relação entre os incrementos dos valores de lactatemia e do tempo de nado ($\Delta\text{La}^- / \Delta t$) foi também tentada e o 1º intervalo entre patamares adjacentes expurgado, por forma a remover o efeito do impulso da parede (Quadro 77 e Figura 113).

Quadro 77. Valores médios e respectivos desvios padrão do incremento de La^- por segundo ($\text{mmol.l}^{-1}.\text{s}^{-1}$), entre patamares ($\Delta\text{La} \cdot \Delta t^{-1}$).

Intervalos	5/10s	10/15S	15/20S	20/25S	25/30S
$\Delta\text{La} \cdot \Delta t^{-1}$	0.13 ± 0.08	$0.28 \pm 0.09^*$	0.23 ± 0.16	0.16 ± 0.12	0.23 ± 0.12

*Significativamente diferente de 20/25, para $p \leq 0.05$.

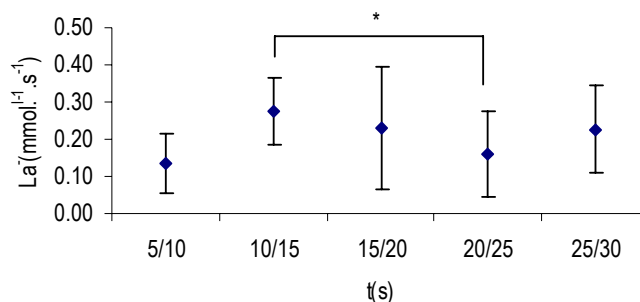


Figura 113. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do incremento de La^- acumulado, por segundo ($\text{mmol.l}^{-1}.\text{s}^{-1}$), entre patamares ($\Delta\text{La} \cdot \Delta t^{-1}$).

*diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$.

Verificaram-se diferenças estatisticamente significativas entre os valores de potência glicolítica referentes à transição entre os 10/15s e os 20/25s.

Os dados do teste incremental permitiram ainda a procura de limiares na relação entre os incrementos de La^- e os incrementos da distância nadada em cada patamar ($\Delta\text{La} \cdot \Delta d^{-1}$), relação esta que expressa o custo energético láctico.

Quadro 78. Valores médios e respectivos desvios padrão do incremento de La^- acumulado, por metro ($\text{mmol.l}^{-1}.\text{m}^{-1}$), entre patamares ($\Delta\text{La} \cdot \Delta d^{-1}$).

Intervalos	5-10s	10-15S	15-20S	20-25S	25-30S
$\Delta\text{Lanet} \cdot \Delta d^{-1}$	0.09 ± 0.06^a	0.20 ± 0.06^b	0.16 ± 0.10	0.11 ± 0.07	0.16 ± 0.08

^aSignificativamente diferente de 10-15m e ^bsignificativamente diferente de 20/25m, para $p \leq 0.05$.

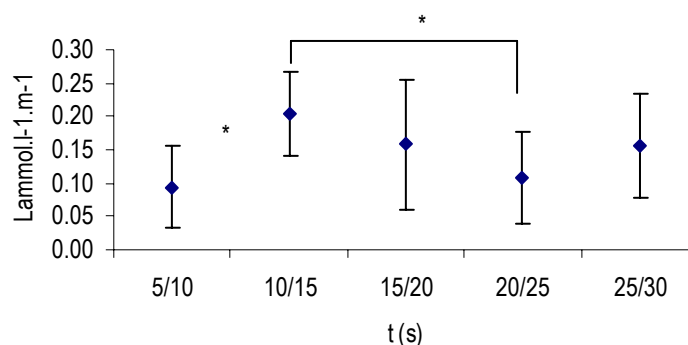


Figura 114. Expressão gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão do incremento de La- acumulado, por metro (mmol.l⁻¹.m⁻¹), entre patamares (ΔL . Δd^{-1}). *diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0.05$.

Na figura anterior pode observar-se a possível existência de dois limiares, um a ocorrer entre a transição dos 5 para os 10s e outro após a transição dos 15 para os 20s.

4.6. O valor de *b* enquanto indicador de potencial anaeróbio

No Quadro 79 podem ser observados os valores médios do tempo que os nadadores masculinos e femininos de cada grupo maturacional despenderam a nadar cada uma das distâncias utilizadas para definir as rectas individuais de regressão entre a distância e o tempo de nado referentes ao estudo 6 (VCaer6).

Quadro 79. Valores médios e respectivos desvios padrão do tempo (s) dispendido a nadar cada uma das distâncias utilizadas no teste da VC referente ao estudo 6, calculados para os grupos de nadadores pré-púberes (Pré-púb), púberes (Púb) e pós-púberes (Pós-púb).

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^asexo feminino; ^bpré-púberes masculinos; ^cpré-púberes femininos.

	Pré-púb		Púb		Pós-púb	
	M (n=13) [*]	F (n=14) [*]	M (n=15)	F (n=13) ^{**}	M (n=15)	F (n=15)
50m	54.44±7.76 ^a	63.18±11.17				
200m	275.27±35.80 ^a	316.28±48.77	144.03±7.60 ^{a,b}	151.84±6.56 ^c	143.42±11.85 ^{a,b}	156.64±8.68 ^c
800m			636.03±37.92 ^a	680.47±31.78	642.06±56.34 ^a	687.82±45.79

^{*}Dois nadadores e uma nadadora do grupo dos mais jovens não foram capazes de cumprir a distância de 200m de nado; ^{**}Não foi possível realizar o teste a duas das nadadoras da amostra.

O efeito da interacção das variáveis independentes sexo e maturação foi estatisticamente significativo ($F = 3.778$, $p = 0.027$) para a variável dependente *b*, mas não para o tempo *b* ($F = 2.084$,

$p=0.131$), tendo-se observado um padrão de evolução diferente do b ao longo da maturação para os dois sexos, onde se salienta a aparente involução dos valores de b das nadadoras na passagem da puberdade para a idade adulta.

O Quadro 80 mostra os valores médios de b (suposta distância máxima nadada em regime predominantemente anaeróbio) obtidos através das rectas individuais da VCaer6. É também apresentado o valor correspondente daquela distância em tempo de nado (tempo de b). A representação gráfica dos mesmos valores pode ser observada na Figura 115.

Quadro 80. Valores médios e respectivos desvios padrão dos valores de b (m) obtidos através das rectas individuais da VCaer6 e correspondente valor em tempo de nado (tempo de b , em s).

	Pré-púb M	Pré-púb F	Púb M	Púb F	Pós-púb M	Pós-púb F
b	13.75±3.48	12.82±3.35	24.22±4.08 ^b	27.48±6.59 ^c	27.18±6.79 ^{a,b}	22.79±6.41 ^c
tempo de b	15.42±4.94	16.03±3.81	17.47±3.31 ^a	20.82±4.98 ^c	19.50±5.07	17.91±5.22

Significativamente diferente, para $p \leq 0.05$, de: ^asexo feminino; ^bpré-púberes masculinos; ^cpré-púberes femininos.

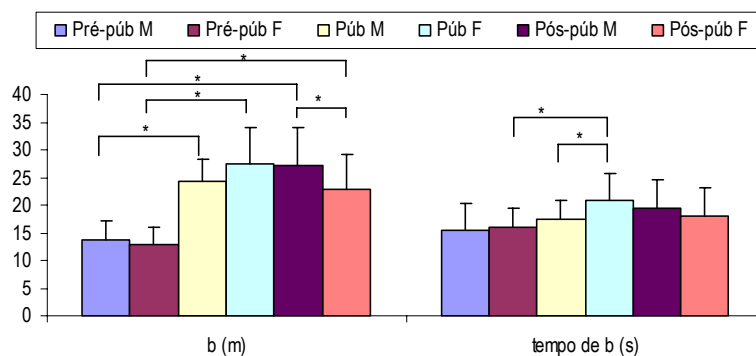


Figura 115. Representação gráfica dos valores médios e respectivos desvios padrão dos valores de b (m) obtidos a partir das rectas individuais da VCaer6 e do correspondente valor em tempo de nado (tempo de b , em s).

*Diferenças estatisticamente significativas, para $p \leq 0.05$.

Com vista ao estudo do b e do tempo de b , obtidos no teste da VCaer6, enquanto potenciais indicadores de capacidade anaeróbia, foi realizada a correlação entre aqueles valores e a distância de nado realizada no teste de nado livre e os LF, respectivamente, determinados para o mesmo. Os valores médios das variáveis correlacionadas, bem como os resultados da correlação para curvas com 1 limiar podem ser observados nos Quadro 81 e Quadro 82. Os resultados referentes a curvas

com dois limiares encontram-se nos quadros Quadro 83 e Quadro 84. Os nadadores de cada escalão maturacional com curvas de nado livre com 1 LF foram agrupados independentemente do género, devido ao baixo número de elementos constituintes de cada grupo.

Quadro 81. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) de b e do respectivo tempo (tempo b), calculados a partir da recta da VCaer6, da distância total e do limiar de fadiga correspondentes a nadadores com curvas de nado livre com 1 limiar.

	Pré-púb (n=5)	Púb (n=6)	Pós-púb (n=10)
b (m)	9.43±1.56	23.65±5.47	27.56±6.89
tempo b (s)	11.37±1.63	17.18±3.97	20.80±5.40
dTot (m)	22.60±4.39	39.17±1.13	39.54±2.71
LF (s)	15.80±3.11	13.83±1.33	12.10±1.66

Quadro 82. Valores de correlação entre a distância total percorrida no teste de nado livre (m) e o valor b (m), calculado a partir da recta da VCaer6, e entre o tempo de b e o tempo correspondente ao limiar de fadiga de nadadores com curvas de nado livre com 1 limiar.

	Pré-púb (n=5)		Púb (n=6)		Pós-púb (n=10)	
	b (m)	$t b$ (s)	b (m)	$t b$ (s)	b (m)	$t b$ (s)
dTot (m)	0.16	-----	-0.17	-----	0.48	-----
LF (s)	-----	0.34	-----	-0.31	-----	-0.14

Quadro 83. Valores médios e respectivos desvios padrão ($X \pm SD$) de b e do respectivo tempo (tempo b), calculados a partir da recta da VCaer6, da distância total e do limiar de fadiga correspondentes a nadadores com curvas de nado livre com 2 limiares.

	Pré-púb M (n=9)	Pré-púb F (n=10)	Púb M (n=6)	Púb F (n=6)	Pós-púb M (n=8)	Pós-púb F (n=10)
b (m)	14.87±2.56	12.93±3.67	25.23±3.18	24.97±7.04	25.93±6.65	24.11±3.62
tempo b (s)	16.60±4.43	15.68±3.52	18.55±2.91	18.72±5.24	18.07±4.48	18.84±2.87
dTot (m)	25.00±3.26	22.19±3.60	39.52±2.38	38.10±2.18	41.26±1.30	37.19±2.05
LF1 (s)	9.44±3.24	9.00±3.13	9.17±2.32	10.17±2.32	8.50±1.69	9.30±1.42
LF2 (s)	18.67±2.74	16.00±2.94	16.83±1.72	18.00±2.90	15.38±2.39	16.90±2.77

Quadro 84. Valores de correlação entre a distância total percorrida no teste de nado livre (m) e o valor b (m), calculado a partir da recta da VCaer6, e entre o tempo de b e o tempo correspondente ao limiar de fadiga de nadadores com curvas de nado livre com 2 limiares

	Pré-púb M (n=10)		Pré-púb F		Púb M		Púb F		Pós-púb M		Pós-púb F	
	b (m)	$t b$ (s)	b (m)	$t b$ (s)	b (m)	$t b$ (s)	b (m)	$t b$ (s)	b (m)	$t b$ (s)	b (m)	$t b$ (s)
dTot (m)	-0.30	-----	0.52	-----	0.18	-----	-0.26	-----	-0.48	-----	0.42	-----
LF1 (s)	-----	-0.11	-----	0.05	-----	-0.32	-----	-0.15	-----	-0.13	-----	-0.37
LF2 (s)	-----	0.08	-----	0.05	-----	-0.26	-----	-0.26	-----	0.03	-----	-0.72*

*Estatisticamente significativo para $p \leq 0.05$.

Como se pôde observar, os valores de correlação foram, na sua generalidade, muito baixos, indiciando o b como fraco propiciador de informação relevante no tocante ao potencial anaeróbio de nadadores.

As matrizes de correlação dos valores *b* e valores correspondentes em tempo de nado (tempo de *b*) do teste da VCaer6 com todas as variáveis estudadas encontram-se expressas nos Quadro 85 a Quadro 89.

Quadro 85. Matriz de correlação entre os valores de *b*, expressos em m e em tempo de nado (tempo de *b*, em s), calculados para cada sexo e grupo maturacional, e os valores máximos (max), médios (med) e mínimos (min) de velocidade (*V*), em m.s⁻¹, força (*F*), em N, e potência (*P*), em W, obtidos em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em *swim bench* (Sb) e teste *Wingate* realizado em *Wingate* braços (Wb) e em cicloergometria (Wc).

	Pós-púb M		Pós-púb F		Púb M		Púb F		Pré-púb M		Pré-púb F	
	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>
NL			n=13	n=13	n=9	n=9	n=9	n=9				
Vmax	-0.52*	-0.57*	0.32	-0.12	0.36	0.12	0.45	0.44	-0.13	-0.52*	0.59*	0.08
Vmed	-0.36	-0.48	-0.07	-0.24	0.40	0.17	0.19	0.15	-0.12	-0.52*	0.47	-0.12
Vmin	-0.28	-0.41	-0.30	-0.49	0.36	0.21	0.14	0.09	-0.05	-0.06	0.41	-0.08
NA							n=12	n=12				
Fmax	-0.49	-0.50	0.40	0.29	0.44	0.30	0.60*	0.64*	-0.07	-0.16	0.16	-0.24
Fmed	-0.44	-0.48	0.39	0.27	0.44	0.30	0.50	0.55	-0.07	-0.19	0.06	-0.33
Fmin	-0.39	-0.45	0.36	0.24	0.39	0.27	0.33	0.39	-0.01	-0.15	-0.07	-0.44
Sb									n=10	n=10	n=14	n=14
Fmax	-0.07	-0.13	0.27	0.18	a)	a)	a)	a)	-0.65*	-0.64*	0.43	0.04
Fmed	-0.24	-0.25	0.30	0.20					-0.64*	-0.70*	0.16	-0.24
Fmin	-0.20	-0.23	0.31	0.20					-0.76*	-0.78*	-0.15	-0.55*
Wb					n=14	n=14	n=13	n=13				
Pmax	0.08	0.03	-0.06	-0.16	0.55*	0.48	0.61*	0.58*	-0.40	-0.36	-0.05	-0.24
Pmed	-0.03	-0.06	0.30	0.23	0.52	0.44	0.57*	0.53	-0.36	-0.39	-0.05	-0.16
Pmin	0.08	-0.01	0.39	0.35	0.44	0.35	0.62*	0.59*	-0.34	-0.45	-0.03	-0.12
Wc					n=12	n=12	n=13	n=13				
Pmax	-0.03	0.04	0.28	0.24	0.50	0.47	0.73*	0.77*	-0.49	-0.60*	0.02	-0.44
Pmed	-0.20	-0.13	0.55*	0.51	0.37	0.36	0.74*	0.78*	-0.51	-0.67*	0.14	-0.33
Pmin	-0.04	0.11	0.36	0.35	0.11	0.08	0.65*	0.69*	-0.51	-0.69*	0.23	-0.19

*Estatisticamente significativo para $p \leq 0.05$; o valor do *n* é indicado sempre que diferente de 15.

a) inexistência de dados, por motivos de ordem metodológica.

A análise do Quadro 85 permite verificar a baixa correlação existente entre o valor *b* e a maioria dos valores máximos, médio e mínimo da velocidade, força e potência referentes aos diferentes testes realizados. Acresce, ainda, a notória falta de correlações com significado estatístico e a diferença no próprio sentido da correlação (positiva/negativa), que se observa quer nos diferentes grupos maturacionais, quer para os diferentes testes. São de ressaltar, apenas, as correlações significativas mais elevadas encontradas para os nadadores púberes nos testes *Wingate*, quer realizados em ergómetro de braços, quer em cicloergómetro.

Quadro 86. Matriz de correlação entre os valores de *b*, expressos em m e em tempo de nado (tempo de *b*, em s), calculados para cada sexo e grupo maturacional, e os valores máximos (Max) e *net* de La: (mmol.l⁻¹), obtidos em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em *swim bench* (Sb) e teste *Wingate* realizado em ergômetro de braços (Wb) e em cicloergômetro (Wc).

	Pós-púb M		Pós-púb F		Púb M		Púb F		Pré-púb M		Pré-púb F	
	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>
NL					n=11	n=11	n=9	n=9				
Lamax	0.26	0.32	-0.13	-0.13	0.54	0.69*	-0.28	-0.27	-0.09	-0.25	0.13	-0.21
Lanet	0.31	0.35	-0.17	-0.15	0.58	0.70*	0.18	0.12	-0.04	-0.19	0.06	-0.28
NA							n=13	n=13				
Lamax	-0.37	-0.26	-0.04	-0.08	0.21	0.37	-0.17	-0.19	-0.23	-0.36	-0.01	-0.29
Lanet	-0.36	-0.27	-0.09	-0.12	0.26	0.40	-0.07	-0.09	-0.17	-0.31	-0.05	-0.33
NS							n=13	n=13				
Lamax	-0.17	-0.15	0.15	0.13	-0.05	0.17	0.16	0.21	-0.44	-0.63*	0.37	0.20
Lanet	-0.12	-0.13	0.09	0.09	-0.02	0.20	0.39	0.43	-0.35	-0.53*	0.14	0.06
Wb					n=14	n=14	n=13	n=13				
Lamax	-0.22	-0.19	0.48	0.40	0.18	0.24	-0.08	-0.13	-0.37	-0.40	-0.15	-0.41
Lanet	-0.19	-0.18	0.42	0.36	0.24	0.29	0.10	0.03	-0.32	-0.36	-0.27	-0.56*
Wc							n=13	n=13				
Lamax	0.12	0.21	0.61*	0.57*	0.68*	0.83*	0.13	0.12	-0.61*	-0.65*	0.21	-0.23
Lanet	0.17	0.23	0.56*	0.53*	0.73*	0.85*	0.27	0.25	-0.54*	-0.58*	0.15	-0.31

*Estatisticamente significativo para $p \leq 0.05$; o valor do *n* é indicado sempre que diferente de 15.

A correlação do valor *b* com a *Lamax* e *net* (Quadro 86) revelou um comportamento semelhante ao já descrito para as variáveis velocidade, força e potência referentes a cada teste.

Quadro 87. Matriz de correlação entre os valores de *b*, expressos em m e em tempo de nado (tempo de *b*, em s), calculados para cada sexo e grupo maturacional, e os valores percentuais de índice de fadiga (IF) e de frequência gestual (FG), em cic.s⁻¹, correspondentes aos testes de nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em *swim bench* (Sb) e *Wingate* realizado em ergômetro de braços (Wb) e em cicloergômetro (Wc).

	Pós-púb M		Pós-púb F		Púb M		Púb F		Pré-púb M		Pré-púb F	
	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>
NL		n=12	n=13	n=11	n=9	n=8	n=9	n=8	n=10	n=9		
IF	-0.03	0.07	0.40	0.41	-0.11	-0.19	0.46	0.52	0.07	0.05	0.25	0.27
FG	-0.30	-0.37	-0.58	-0.74*	-0.40	-0.37	0.13	0.06	-0.28	-0.46	0.49	0.42
NA							n=12	n=12				
IF	-0.16	-0.05	0.47	0.46	0.07	0.06	0.04*	0.64*	-0.04	0.02	0.38	0.45
FG	0.15	0.16	-0.38	-0.45					-0.04	-0.29	0.62*	0.40
NS									n=12	n=12		
IF	0.22	0.16	-0.08	-0.04	a)	a)	a)	a)	0.45	0.60	0.66*	0.56*
FG	0.22	0.13	-0.58*	-0.55*					-0.18	-0.38	-0.23	-0.18
Wb					n=14	n=14	n=13	n=14				
IF	0.02	0.05	-0.62*	-0.64*	0.26	0.26	-0.03	-0.01	0.14	0.35	0.05	0.10
FG	-0.01	-0.03	0.62*	0.56*	0.15	0.10	0.14	0.09	-0.14	-0.11	0.01	-0.06
Wc					n=12	n=12	n=13	n=13				
IF	-0.03	-0.14	-0.23	-0.24	0.45	0.43	0.01	0.03	-0.10	-0.14	-0.35	-0.12
FG	-0.11	-0.01	0.80*	0.80*	0.14	0.19	0.55	0.49	-0.14	-0.31	0.27	-0.16

*Estatisticamente significativo para $p \leq 0.05$; o valor do *n* é indicado sempre que diferente de 15.

a) inexistência de dados, por motivos de ordem metodológica.

O IF e a FG respeitantes aos 5 primeiros testes do protocolo experimental também não revelaram, salvo em casos muito pontuais, correlações significativas com o valor de *b*.

Quadro 88. Matriz de correlação entre os valores de *b*, expressos em m e em tempo de nado (tempo de *b*, em s), calculados para cada sexo e grupo maturacional, e os valores de frequência cardíaca (FC, em bpm) máximos, correspondentes aos 30s de esforço (maxEs) e incluindo os primeiros 30s do tempo de recuperação (maxR), médios (med) e mínimos (min), obtidos em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em *swim bench* (Sb) e teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços (Wb) e em cicloergómetro (Wc).

	Pós-púb M		Pós-púb F		Púb M		Púb F		Pré-púb M		Pré-púb F	
	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>
NL	n=12	n=12	n=11	n=11	n=9	n=9	n=6	n=6	n=10	n=10	n=9	n=9
FCmaxE	0.12	0.14	0.24	0.29	0.76*	0.79*	-0.21	-0.15	-0.25	-0.13	0.41	-0.04
FCmaxR	0.12	0.23	0.60	0.62*	0.86*	0.90*	-0.09	-0.02	-0.37	-0.30	0.26	-0.16
FCmed	0.10	0.13	0.22	0.30	0.36	0.42	-0.52	-0.49	-0.31	-0.19	0.45	0.17
FCmin	0.09	0.10	0.26	0.37	-0.22	-0.13	-0.48	-0.49	-0.27	-0.17	0.59	0.49
NA	n=13	n=13	n=13	n=13	n=12	n=12	n=12	n=12	n=14	n=14	n=14	n=14
FCmaxE	0.22	0.35	0.23	0.22	-0.14	-0.04	-0.16	-0.15	-0.32	-0.14	0.28	-0.10
FCmaxR	0.08	0.18	0.16	0.12	0.04	0.12	-0.08	-0.06	-0.24	-0.09	0.19	-0.17
FCmed	0.06	0.18	0.28	0.29	-0.22	-0.14	-0.29	-0.27	-0.19	-0.15	0.22	-0.16
FCmin	-0.21	-0.21	0.22	0.23	-0.26	-0.19	-0.43	-0.43	-0.10	-0.30	0.31	0.07
NS	n=8	n=8	n=12	n=12	n=12	n=12	n=6	n=6	n=14	n=14	n=14	n=14
FCmaxE	0.49	0.38	0.20	0.23	-0.01	0.15	-0.68	-0.59	-0.20	-0.04	-0.03	0.20
FCmaxR	0.43	0.37	0.42	0.44	0.03	0.17	-0.30	-0.19	-0.12	-0.05	0.48	0.57*
FCmed	0.57	0.47	0.19	0.26	0.01	0.15	-0.72	-0.63	-0.16	-0.01	0.03	0.28
FCmin	0.50	0.48	0.29	0.39	-0.01	0.11	-0.70	-0.63	-0.06	0.08	0.39	0.61*
Wb	n=12	n=12	n=14	n=14	n=14	n=14	n=12	n=12	n=14	n=14	n=14	n=14
FCmaxE	0.66*	0.59*	0.18	0.21	0.30	0.39	-0.50	-0.44	-0.43	-0.24	-0.47	-0.49
FCmaxR	0.77*	0.71*	0.30	0.32	0.13	0.26	-0.43	-0.36	-0.61*	-0.62*	-0.43	-0.50
FCmed	0.43	0.34	0.11	0.18	0.32	0.39	-0.20	-0.16	-0.28	-0.16	-0.44	-0.44
FCmin	0.32	0.24	0.24	0.31	0.27	0.30	0.16	0.16	0.04	0.12	-0.21	-0.21
Wc	n=12	n=12	n=13	n=13	n=13	n=13	n=13	n=13	n=14	n=14	n=14	n=14
FCmaxE	0.47	0.49	0.21	0.29	0.05	0.12	-0.07	-0.03	0.03	0.06	-0.17	-0.38
FCmaxR	.50	0.52*	0.29	0.34	-0.18	-0.09	-0.34	-0.32	0.04	0.08	0.01	-0.15
FCmed	0.42	0.41	0.12	0.22	-0.02	-0.01	-0.04	0.02	0.29	0.30	-0.34	-0.39
FCmin	0.42	0.38	0.07	0.18	-0.10	-0.10	0.07	0.13	0.56*	0.60*	-0.29	-0.21

*Estatisticamente significativo para $p \leq 0.05$; o valor do *n* é indicado sempre que diferente de 15.

O valor *b* correlacionou-se pouco com as alterações da FC observadas para cada teste, seja em termos dos valores máximos, médios e mínimos (Quadro 88), como também ao nível dos incrementos ocorridos, quer exclusivamente durante o esforço, quer quando os primeiros 30s da recuperação foram considerados (Quadro 89).

Quadro 89. Matriz de correlação entre os valores de *b*, expressos em m e em tempo de nado (tempo de *b*, em s), calculados para cada sexo e grupo maturacional, e os valores de incremento da frequência cardíaca (IncrFC, em bpm), correspondentes aos 30s de esforço (E) e incluindo os primeiros 30s do tempo de recuperação (R), obtidos em nado livre (NL), nado amarrado (NA), nado simulado em *swim bench* (Sb) e teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços (Wb) e em cicloergómetro (Wc).

	Pós-púb M		Pós-púb F		Púb M		Púb F		Pré-púb M		Pré-púb F	
	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>	<i>b</i>	t de <i>b</i>
NL	n=12	n=12	n=11	n=11	n=9	n=9	n=6	n=6	n=10	n=10	n=9	n=9
IncrFCE	0.01	0.01	0.01	-0.12	0.68*	0.62	0.25	0.35	0.13	0.15	-0.47	-0.72*
IncrFCR	-0.03	0.03	0.14	-0.01	0.49	0.44	0.40	0.45	0.09	0.02	-0.50	-0.57
NA	n=13	n=13	n=13	n=13			n=12	n=12	n=14	n=14	n=14	n=14
IncrFCE	0.34	0.47	-0.05	-0.07	0.23	0.23	0.44	0.44	0.01	0.25	0.06	-0.11
IncrFCR	0.25	0.32	-0.15	-0.18	0.33	0.30	0.48	0.48	0.03	0.26	-0.07	-0.14
NS	n=8	n=8	n=12	n=12	n=12	n=12	n=6	n=6	n=14	n=14		
IncrFCE	-0.05	-0.12	-0.22	-0.30	0.03	0.11	-0.06	0.01	-0.38	-0.12	-0.44	-0.37
IncrFCR	-0.30	-0.31	0.04	-0.05	0.09	0.10	0.84*	0.88*	-0.23	-0.17	0.29	0.14
Wb			n=14	n=14	n=14	n=14	n=12	n=12				
IncrFCE	-0.01	0.04	-0.16	-0.22	-0.08	-0.03	-0.42	-0.39	-0.53*	-0.39	-0.31	-0.29
IncrFCR	-0.14	-0.08	-0.15	-0.21	-0.25	-0.22	-0.30	-0.28	-0.47	-0.58*	-0.21	-0.28
Wc					n=13	n=13	n=13	n=13	n=14	n=14	n=14	n=14
IncrFCE	0.01	0.06	0.11	0.08	0.12	0.16	-0.17	-0.22	-0.61*	-0.65*	0.24	-0.06
IncrFCR	-0.05	-0.01	0.09	0.01	0.05	0.07	-0.18	-0.24	-0.61*	-0.64*	0.34	0.16

*Estatisticamente significativo para $p \leq 0.05$; o valor do *n* é indicado sempre que diferente de 15.

No Quadro 90 pode se observado o valor médio do tempo dispendido a nadar cada uma das distâncias utilizadas para definir as rectas individuais de regressão entre a distância e o tempo de nado referentes ao estudo 7 (VCaer7), bem como o valor *b* médio obtido, em m, e convertido para tempo de nado, em s (tempo de *b*).

Quadro 90. Valores médios e respectivos desvios padrão do tempo dispendido a nadar cada uma das distâncias utilizadas no teste da VCaer7, do valor *b* (m) e correspondente valor em tempo de nado (tempo de *b*, em s).

	Púb M (n=10)	<i>b</i> (m)	Tempo de <i>b</i> (s)
200m	143.17±10.28		
800m	647.64±46.24	29.53±5.18	21.10±3.77

No Quadro 91 podem ser observados os valores médios das distâncias nadadas em cada um dos patamares temporais do teste incremental referente ao estudo 7, utilizadas no cálculo da recta da VC (VCanaer), bem como o valor *b* médio obtido, em m, e convertido para s (tempo de *b*).

Quadro 91. Valores médios das distâncias (m) nadadas em cada patamar do teste incremental referente ao estudo 7 e utilizadas no cálculo da recta da VCanaer e do respectivo valor b (m) e correspondente valor em tempo de nado (tempo de b , em s).

Patamar (duração, s)	Distância nadada (m)	b (m)	Tempo b (s)
5	10.55±0.72		
10	18.00±1.25		
15	24.75±1.59	3.65±0.64	5.62±1.18
20	31.65±2.36		
25	38.85±2.27		
30	45.95±2.14		

O Quadro 92 mostra a matriz de correlação dos valores de b (m) e tempo b calculados através das rectas da VCaer7 e da VCanaer7 com os valores máximos de La correspondentes a cada patamar do teste incremental do estudo 7.

Quadro 92. Matriz de correlação entre os valores de b , expressos em m e em tempo de nado (tempo de b , em s), obtidos através das rectas individuais da VCaer7 e da VCanaer, e os valores máximos de La (mmol.l⁻¹) correspondentes a cada patamar do teste incremental do estudo 7.

	Lamax 5s	Lamax 10s	Lamax 15s	Lamax 20s	Lamax 25s	Lamax 30s
b (VCaer7)	0.58	0.26	0.39	0.43	0.70*	0.42
b (VCanaer)	0.36	0.06	0.01	0.55	0.37	0.21
t de b (VCaer7)	0.43	0.25	0.36	0.16	0.51	0.26
t de b (VCanaer)	0.43	0.10	0.06	0.64*	0.43	0.29

*Estatisticamente significativo para $p \leq 0.05$

Os valores mais elevados e significativos foram encontrados entre o b da VCaer7 e o Lamax correspondente a 25s de nado e entre o tempo b e o Lamax correspondente a 20s de nado.

5. Discussão

5.1. Discussão da metodologia

Neste capítulo serão discutidas algumas das limitações de cada um dos métodos utilizados para determinação da capacidade de desempenho anaeróbio de nadadores e apontadas orientações futuras para a implementação de alterações passíveis de minimizar o erro naturalmente associado a qualquer medida. A escolha dos melhores instrumentos de medida é crucial para a recolha de dados válidos e fiáveis, considerando o significado estatístico dos termos. Contudo, dada a complexidade de algumas variáveis, a existência do “melhor” instrumento nem sempre é óbvia, havendo que ponderar as várias alternativas em função dos objectivos da pesquisa.

5.1.1. Problemas e limitações do teste de velocimetria de nado

O teste de velocimetria constitui-se como um verdadeiro teste de nado livre, na medida em que a ligação entre o fio de *nylon* e o nadador não implicou qualquer tipo de frenagem do seu deslocamento, nem qualquer alteração evidente na mecânica do nado. Demonstrou, contudo, ter uma limitação importante, não detectável através da observação directa do nadador durante o teste, mas facilmente observada no traçado velocimétrico produzido durante o mesmo e visualizado no computador. Na Figura 116 apresentamos um exemplo de um traçado velocimétrico onde, em vários momentos, a velocidade instantânea ascende a valores superiores a $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, caindo, em seguida, de forma abrupta, chegando a obter-se valores de $0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, sem que o nadador tenha alguma vez parado o seu *sprint* de nado. O que se passa, nesta situação, é o enlace do(s) pé(s) do nadador no fio de *nylon* durante o movimento de pernada. Aquando do enlace e na sequência do movimento enérgico da pernada, o fio é puxado violentamente, originando um pico de força perfeitamente atípico e, de seguida, perde tensão. Durante alguns momentos a linha permanece frouxa na água, sem ser puxada, ainda que o nadador continue o seu deslocamento, e o carreto onde a linha está enrolada deixa de se mover, não acusando qualquer movimento. Como tal, a velocidade cai até ao momento em que o fio volta a ficar tenso e se reinicia o movimento rotativo do carreto.

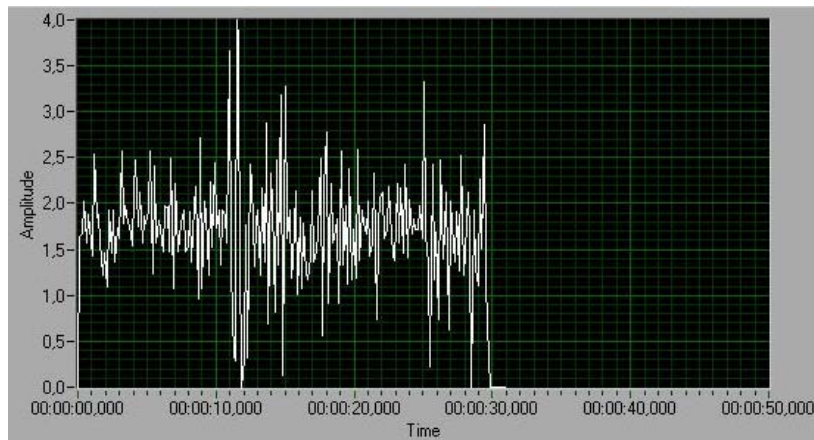


Figura 116. Exemplo de traçado velocimétrico em que o fio de *nylon* é puxado em várias perradas realizadas pelo sujeito testado.

A limitação descrita foi detectada em situação de pré-teste e solucionada através da utilização de uma vara dotada de uma roldana na extremidade, que permitiu elevar a altura do fio e impediu o enlace dos pés do nadador no mesmo (confr. Figura 13). A vara foi transportada por um elemento da equipa de investigação (sempre o mesmo), numa posição fixa, e acreditamos que o movimento oscilatório da mesma não foi suficiente para induzir uma aceleração do fio não imputável ao deslocamento do próprio nadador.

Apesar não ter sido detectada qualquer interferência do movimento da vara na velocidade instantânea do nado, é possível minimizar a hipótese desta ocorrência com algum suporte material fixo. Por exemplo, a roldana que foi colocada no extremo da vara pode, em alternativa ser colocada num cabo de aço, fixo de parede a parede, a meio da pista onde o nadador se desloca. Nesta situação a roldana vai ser puxada e vai acompanhar o movimento do nadador sem qualquer movimento oscilatório (Figura 117). Será necessário, eventualmente, ter apenas algum cuidado com a escolha da altura a que o cabo vai ser colocado, na medida em que o ângulo formado entre o plano de água e o fio de *nylon* do velocímetro aumente até a um valor tal que não mais possa ser desprezável.

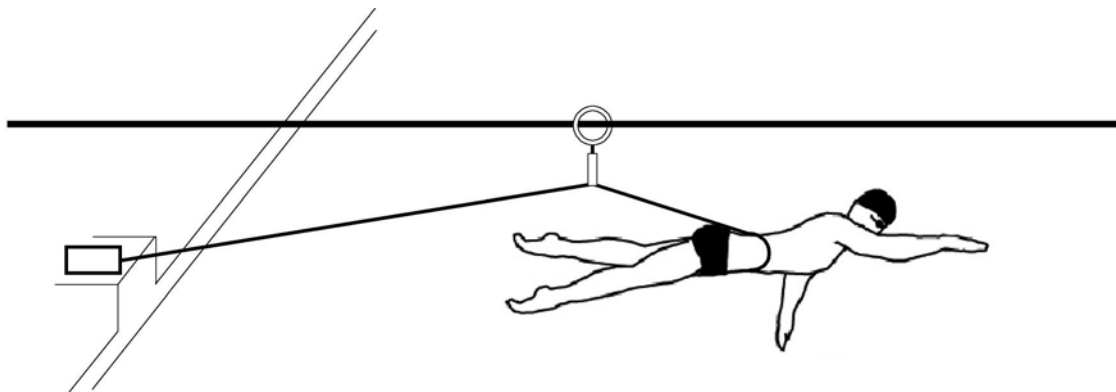


Figura 117. Representação esquemática da solução possível de implementar para impedir a interferência de qualquer movimento oscilatório do fio na determinação da velocidade instantânea de nado.

A solução anterior não foi implementada pelo facto da piscina onde decorreram os testes ter uma cobertura de material insuflável, não permitindo a colocação de ganchos de suporte para o cabo de aço.

5.1.2. Problemas e limitações do teste de nado amarrado

Uma decisão importante a tomar, no caso da utilização do sistema de nado amarrado para avaliação de nadadores, é a escolha do sistema de fixação a utilizar. A opção pelo uso de um cabo fixo não elástico, em detrimento de um sistema que permite algum deslocamento do nadador, teve a ver com o facto de, no presente estudo, quer a força, quer a potência, constituírem *outputs* mecânicos passíveis de serem tratados de forma a fornecerem as informações pretendidas relativas ao potencial anaeróbio de nadadores. Sistemas que permitem o nado não estacionário em que são utilizados elásticos do tipo tubo cirúrgico (2005aa), por exemplo, teriam a vantagem de permitir realizar cálculos de potência de nado, até ao limite de elasticidade do mesmo. Contudo, a resistência variável e crescente que o tubo oferece ao nadador não é facilmente determinável e influencia o cálculo da força e potência efectivas que o nadador desenvolve. Papoti et al. (2005aa) utilizaram o tubo cirúrgico sem ter este problema uma vez que utilizaram a tensão do tubo para realizar nado estacionário em patamares de intensidade crescente. Em alternativa ao tubo elástico podem usar-se, ainda, sistemas de nado semi-amarrado, constituídos por um sistema de roldanas

com o cabo fixo a um peso de valor conhecido (Swaine e Doyle, 1999; Wirtz et al., 1999). Contudo, se por um lado os sistemas de nado semi-amarrado constituem um *instrumentarium* mais pesado, de mais difícil transporte e montagem (factor, apesar de tudo, pouco relevante no presente estudo), por outro, a determinação da carga a aplicar pode implicar a estimação de um valor de arrasto (Pessoa Filho et al., 2007), o que se traduz num aumento da complexidade do procedimento experimental e acresce todas as objecções legitimamente impostas à estimação de parâmetros. O cabo fixo tem a vantagem de se poder utilizar directamente a medida da força fornecida pelo transdutor de força, não havendo necessidade de estimar parâmetros, e de ser de fácil utilização e baixo custo. A principal desvantagem do nado amarrado parece ser a alteração induzida no padrão técnico de nado (Maglischo e Maglischo, 1984), o que parece ter sido confirmado pelos nadadores da nossa amostra, que, independentemente do escalão maturacional, referiram ter deglutido água, nalguns momentos da respiração, durante o teste. Esta alteração da técnica, contudo, a não ser um exclusivo da situação de nado amarrado com cabo fixo não condiciona a sua escolha enquanto equipamento de testagem. A desvantagem do cabo fixo é o pico de força produzido pelo “esticão” que ocorre quando o nadador puxa a água, o qual pode ser minimizado usando um sistema dissipador de força ou um cabo elástico muito rígido, que permita apenas um pequeno amortecimento das tracções violentas induzidas pelo nadador (Kjendlie e Thorsvald, 2006).

5.1.3. Problemas e limitações do teste de nado simulado em *swim bench*

A decisão pela escolha do ergómetro simulador de nado da *Fahneman* para a realização da recolha de dados de força e potência em nado simulado, em detrimento de uma máquina especialmente construída para o efeito, por exemplo, assentou, essencialmente, no facto do *swim bench da Fahneman* ser um instrumento de fácil aquisição no mercado e vastamente utilizado no treino de nadadores, ou melhor, não é difícil encontrá-lo à disposição do treinador num clube com algum protagonismo em termos desportivos. A vasta utilização destes bancos de nado simulado fez emergir a necessidade da sua avaliação na produção de resultados de avaliação utilizáveis no âmbito do controlo de treino, particularmente através da sua equiparação com outros instrumentos de medida. Feita a escolha, as limitações do instrumento só puderam ser verdadeiramente

compreendidas aquando da análise dos valores de potência das braçadas simuladas produzidos pelos nadadores, particularmente no que toca à velocidade de deslocamento dos MS, implicada directamente no cálculo da potência. Ao tratar os dados com maior profundidade, verificámos a existência de algum desajuste nos valores da velocidade (Figura 118). Por um lado, foi possível observar que, aparentemente, o *swim bench* não é capaz de dissociar a velocidade referente a cada braçada, particularmente em momentos em que há sobreposição de acções propulsivas simultâneas dos dois MS (por exemplo, braço direito em acção ascendente final e braço esquerdo já em acção descendente inicial). Por outro lado, quando a acção ascendente final foi muito rápida e forte (nadadores mais velhos), havendo uma forte tracção do cabo fixado à pala onde a mão se fixa, verificou-se que o carro onde o cabo enrola continuou a rodar, por inércia, após o nadador ter deixado de traccionar. A acrescer às limitações anteriores, a determinação da velocidade associada a cada nível de resistência do *swim bench* não foi facilmente compreensível, dado o facto de se tratar de um instrumento efectivamente não isocinético. Pelo facto de, durante o desenrolar do trabalho, termos percebido da inutilidade dos dados da velocidade, optamos pela utilização da força aplicada nas braçadas simuladas para análise do potencial anaeróbio dos nadadores, em detrimento da potência.

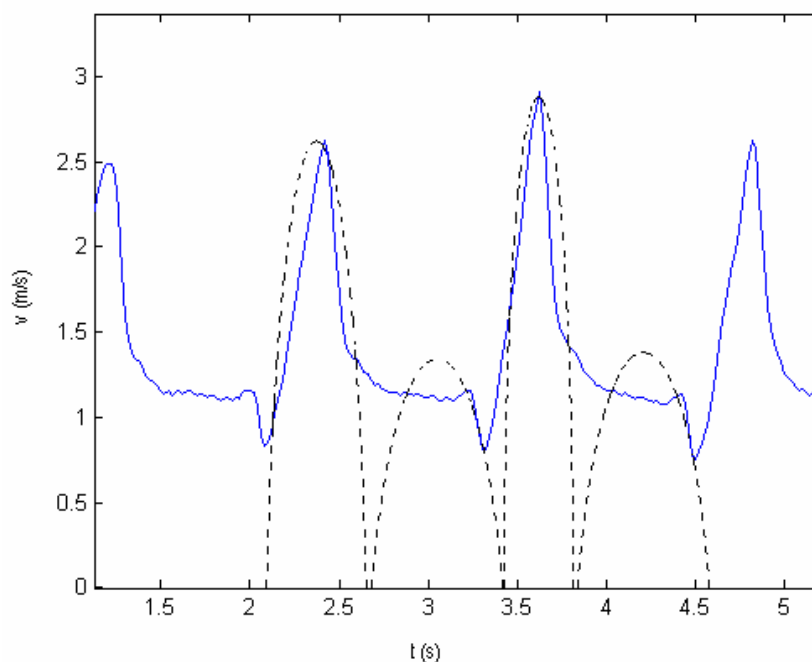


Figura 118. Flutuação da velocidade referente aos ciclos de nado simulado realizados durante os primeiros 5s de teste. A contínuo pode ver-se o padrão medido de variação da velocidade e a tracejado o padrão que seria de esperar em função da mecânica da braçada simulada.

Em consequência do acima descrito, parte do presente trabalho serve para demonstrar a utilização do banco biocinético enquanto instrumento de avaliação da potência de nado simulado, na sua versão comercial, carece de particular cuidado, pelo menos até que se estabeleçam claramente as suas limitações e se clarifique a forma de cálculo dos parâmetros de *output*. Pelo facto da determinação da força da braçada não levantar problemas do foro metodológico, a sua utilização enquanto instrumento de avaliação desta qualidade física e enquanto instrumento de treino parece não carecer do mesmo tipo de atenção.

5.1.4. Problemas e limitações dos testes *Wingate* realizados em ergómetro de braços adaptado e em cicloergómetro

As bicicletas ergométricas, ou cicloergómetros, são, pela natureza do movimento realizado, consideradas inespecíficas para sujeitos envolvidos em actividades desportivas em que os MS

tenham uma função muito mais do que equilibradora, como sejam os remadores e os nadadores, por exemplo. Por isso surgiram, em alternativa aos cicloergómetros, os ergómetros de braços funcionantes por pedalagem (*crank ergometers*), quer específicos, ou seja, pensados e construídos para avaliação da potência dos MS, quer adaptados, como seja o aproveitamento da própria bicicleta ergométrica, colocada numa posição e plano tais que permita a pedalagem com os MS. Uma das limitações apontadas à utilização de ergómetros de braços de pedal com nadadores, específicos ou adaptados, é a posição sentada, uma vez que a posição de nado é deitada. As alterações em parâmetros cardio-respiratórios em função da posição de pedalagem levou alguns autores a aconselhar a posição deitada (Figoni et al., 1999), posição possível de adoptar quando os ergómetros de pedal são construídos propositadamente para ergometria de braços. Contudo, os ergómetros que implicam pedalagem com os MS não são instrumentos comuns, estando, na maioria dos casos, na posse de equipas de investigação desportiva, médico-desportiva, ou mesmo clínica. Em situações adaptadas torna-se ainda desconfortável colocar o sujeito deitado e Pluto et al. (1988) observaram que os substratos da glicólise não mostraram diferenças óbvias na dependência da posição corporal, o que nos levou a optar, no nosso protocolo experimental, pela situação adaptada com o nadador sentado. A grande vantagem em usar o mesmo cicloergómetro para testar a potência dos MS (adaptado) e dos MI e que também nos conduziu na tomada dessa decisão, é a da impossibilidade das diferenças dos resultados se deverem a factores intrínsecos à própria mecânica do instrumento, garantindo que a expressão do resultado se centra, basicamente, no nível de desempenho do sujeito testado.

Uma outra dificuldade, que está associada a ergómetros frenados mecanicamente, quer específicos para pedalagem com os MS, quer cicloergómetros, centra-se na escolha da carga de resistência a aplicar a cada nadador. Aquele que é considerado como o Manual do *Wingate* (Inbar et al., 1996) aconselha prudência nas cargas a aplicar, na medida em que o valor da potência mecânica apresenta uma relação em U invertido com a resistência aplicada (Winter et al., 1996). Contudo, a literatura, dada a diversidade de amostras e protocolos, não permite chegar facilmente a um valor de consenso em relação à carga. Muitos dos trabalhos revistos não continha sequer esta informação e é de supor que alguns tenham utilizado o valor padrão de $0.075 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ou 7.5% do

peso corporal), independentemente da idade ou do biotipo dos sujeitos. Assim, ainda que cientes da importância da determinação ajustada da carga de resistência, por um lado, mas também conscientes, por outro, do dispêndio de tempo que implicaria a realização de dois pré-testes a cada um dos 90 nadadores da amostra, por forma a individualizar a carga de resistência a aplicar, optámos pela realização do pré-teste a apenas 3 nadadores e a 3 nadadoras de cada grupo maturacional. A escolha dos nadadores, de desenvolvimento maturacional distinto, para realizar o pré-teste foi parcialmente aleatória, na medida em que foi realizada em função dos resultados desportivos. Foi escolhido, aleatoriamente, um nadador entre os melhores, um nadador entre os de resultado desportivo menos bom e um nadador entre os de médio rendimento, de forma a chegar a um valor de carga de resistência tão balanceado quanto possível.

O pré-teste realizado em cicloergómetro não permitiu chegar à mesma tendência de resultados apontados na literatura por Inbar et al. (1996) e por Dotan e Bar-Or (1983). De acordo com estes autores, a carga de resistência a aplicar, em g.kg⁻¹, cresce com a maturação, quer em rapazes (pré-pub: 7.5; púb: 8.7; pós-pub: 10.5), quer em raparigas (pré-pub: 7.5; púb: 8.5; pós-pub: 10), sendo as cargas a aplicar aos dois sexos bastante próximas. Na nossa amostra, o resultado mais surpreendente foram os valores elevados de resistência obtidos pelos nadadores pré-púberes (8.5 para os nadadores e 9.0 para as nadadoras) e o valor reduzido de resistência, comparativamente com a literatura e com os sujeitos menos desenvolvidos, das nadadoras púberes. Provavelmente, a razão para as diferenças encontradas entre os nossos valores e os da literatura encontra-se no seio das próprias amostras sobre as quais se determinaram as cargas de resistência. Sujeitos diferentes implicam medidas antropométricas (principalmente peso) e de composição corporal distintas, bem como um tipo e carga de treino também eles distintos. Os valores de carga de resistência a aplicar obtidos no pré-teste realizado em cicloergómetro mostraram uma evolução com a maturação mais consonante com o esperado pela literatura, ainda que alguns valores tenham sido claramente distintos (pós-púberes femininos e pré-púberes masculinos). Relativamente à situação de ergometria de braços, utilizando ergómetro de pedal adaptado, o número de trabalhos encontrados é menor e os diferentes tipos de ergómetros utilizados pode marcar a diferença na expressão dos resultados obtidos. Para finalizar, os valores dos índices de fadiga relativos aos dois testes

ergométricos de pedalagem, de MS e MI, não sugeriram uma influência evidente das cargas escolhidas na capacidade de suportar a exigência do teste.

5.2. Discussão dos resultados

5.2.1. Características da amostra

Num estudo onde se pretende discriminar a resposta de grupos maturacionalmente distintos a esforços aquáticos e terrestres de carácter marcadamente anaeróbio, ainda que utilizando predominantemente resultados não relativizados, é importante perceber até que ponto as sub-amostras em estudo se distinguem efectivamente entre si e são comparáveis com outras já utilizadas em estudos de carácter semelhante. É claro em investigação científica que a proximidade de características entre amostras, métodos, instrumentos e protocolos, é primordial para a comparação directa de resultados e a compreensão da maior ou menor consistência dos mesmos.

Os nadadores da nossa amostra, quando comparados com outros descritos na literatura mais recente, de idade cronológica igual ou muito próxima, tendem a apresentar valores médios de peso e altura quer superiores, quer inferiores. Wells et al. (2006) apresentaram uma base de dados normativa de algumas características fisiológicas de nadadores canadianos com idades compreendidas entre os 12 e os 18 anos, na qual incluíram algumas características descritivas. Os nadadores púberes daquele estudo eram 8 a 9kg mais pesados e 5 (♀) a 8cm (♂) mais altos que os presentes. Os nadadores pós-púberes masculinos mostraram uma relação semelhante, enquanto as nadadoras apenas se distinguiram por serem ligeiramente mais pesadas. Num outro estudo realizado com nadadores Canadianos (Leone et al., 2002), o peso e altura médios dos nadadores púberes masculinos da nossa amostra foram, respectivamente, 1kg e 3cm superiores. Os nossos nadadores pré-púberes, quer masculinos, quer femininos, aparentaram ter valores de peso e altura similares aos de nadadores europeus de origem Dinamarquesa (Bencke et al., 2002) e Hungara (Farkas et al., 2003).

Os valores de composição corporal, expressos apenas pela quantidade de massa gorda e magra e pelo IMC dos nadadores avaliados no presente estudo também se apresentaram ora ligeiramente

superiores, ora ligeiramente inferiores, aos de outros grupos de nadadores encontrados na literatura. Comparativamente com a caracterização de Wells et al. (2006), os nossos grupos amostrais púberes e pós-púberes tenderam a revelar valores inferiores de massa gorda, à exceção das nadadoras pós-púberes, cujo valor foi muito similar nos dois estudos. As nossas nadadoras pós-púberes mostraram valores de IMC inferiores (1.14 kg.m²) e de massa gorda superiores (3.3%) ao de nadadoras Americanas universitárias (Petersen et al., 2006). O percentual de massa gorda dos nossos nadadores pós-púberes foi 9.3% inferior ao de nadadores Brasileiros de idade similar (Guglielmo e Denadai, 2000). Crianças Húngaras pré-púberes apresentaram valores de IMC similares aos dos nossos nadadores e nadadoras do mesmo estado de desenvolvimento maturacional, mas na percentagem de massa gorda foi ligeiramente inferior para as raparigas (3.07%) e similar para os rapazes.

Em termos anamnese de treino desportivo em natação, se o número de anos de treino é similar, em termos de carga de treino semanal, os valores de referência da literatura parecem ser superiores aos correspondentes às nossas amostras, particularmente no que toca ao número de horas de treino em seco e de água devotadas aos nadadores pós-púberes (Maglischo, 2003; Olbrecht, 2000; Sweetenham e Atkinson, 2003). Estas diferenças são muito importantes aquando da comparação de resultados de variáveis fisiológicas, pelo efeito que o treino tem no desenvolvimento das mesmas.

A avaliação maturacional revelou a existência de uma maior proximidade, ao nível do desenvolvimento, entre os nadadores púberes e pós-púberes, comparativamente com os pré-púberes, evidência particularmente importante para interpretar, principalmente, a expressão dos resultados de cada grupo maturacional. Esta proximidade era, obviamente, esperada.

5.2.2. Validação dos testes concorrentes do teste *Wingate* realizado em cicloergómetro

Um dos principais objectivos do presente estudo foi o de tentar discriminar o melhor teste de avaliação do potencial anaeróbio de nadadores, de entre os 5 realizados, tomando como teste padrão o teste *Wingate* realizado em cicloergómetro. À partida, seria o melhor teste aquele que

propiciasse a maior quantidade de informação similar àquela que é obtida através do teste *Wingate*. A escolha do teste *Wingate* como teste padrão do presente estudo foi alvo de particular ponderação, na medida em que se trata de um teste laboratorial, terrestre, e não de um teste de água. A escolha deveu-se basicamente a duas razões de peso muito similar: a ausência de um teste válido de água, de validade e fiabilidade já claramente demonstradas, e a aceitação do teste *Wingate* como o melhor método de avaliação indirecta do potencial anaeróbio, independentemente da actividade desportiva em questão (Bar-Or, 1987), um teste já utilizado em inúmeros trabalhos de investigação científica (2854 trabalhos encontrados na base *Sport Discus*, 1001 na *PubMed* e 2684 na *Academic Search Complete*, usando apenas o termo *Wingate*). A validação foi realizada utilizando 8 variáveis de *output* comuns aos 5 testes, sendo 2 de carácter metabólico (Lamax e *net*), 2 de *output* mecânico (IF e FG) e 4 relacionadas com funcionamento cardíaco (FCmaxE, FCmaxR, FCmed e IncrFC). Os parâmetros metabólico e mecânico reuniram as variáveis de maior importância para o processo de validação. A FC foi utilizada apenas de forma exploratória, uma vez que o seu uso associado a esforços de natureza anaeróbia não é comum, particularmente devido à necessidade de um tempo variável de adaptação cardíaca ao esforço máximo (a adaptação não é imediata) que pode corresponder a uma percentagem grande do tempo total do esforço curto e pelo facto de, neste tipo de esforços não se alcançarem valores máximos de *output* cardíaco, perdendo-se um importante valor de referência aquando da realização de comparações entre sujeitos. A FC parece não poder traduzir uma intensidade de exercício anaeróbio, mas desconhecemos se o seu perfil de variação ou os valores máximos alcançados durante ou imediatamente após o esforço são comuns para esforços de duração semelhante e de carácter marcadamente anaeróbio.

As variáveis metabólicas foram as únicas em que se observaram valores elevados de correlação entre os testes concorrentes e o teste *Wingate* ($r \geq 0.79$), salientando a forte possibilidade de qualquer um dos testes concorrentes produzir informação similar à do teste critério em termos de produção de La^- . O maior valor de correlação verificou-se entre o teste *Wingate* realizado em cicloergómetro e o mesmo teste realizado em ergómetro de braços adaptado, seguindo-se o nado simulado em *swim bench*, o nado livre e o nado amarrado. O maior distanciamento dos testes de água em relação ao teste critério pode dever-se a aspectos da *performance* específicos, sejam eles

de ordem biomecânica, como a especificidade gestual, decorrente das diferenças mecânicas entre os próprios testes ou da maior ou menor adequação do sujeito a cada tipo de teste, ou de ordem fisiológica, como a quantidade e tipo de musculatura envolvida no movimento. Isto mesmo foi traduzido, também, pela análise factorial confirmatória, em que os valores de *loading* estandardizados para a solução factorial do modelo que melhor representou a noção e potencial anaeróbio mostraram uma relação muito semelhante entre os testes. Assim, atendendo à produção máxima e *net* de La^- , qualquer um dos testes realizados parece constituir uma boa alternativa ao teste *Wingate*, ganhando-se, na opção pelo nado livre, maior especificidade no resultado. A limitação que se pode colocar a este resultado advém do facto do La^- ser um metabolito reconhecidamente polémico no que toca à avaliação de ordem anaeróbia, particularmente pelo facto de ser muito influenciado pelas características de cada sujeito e pelo facto de ser mensurado no sangue, constituindo o resultado de três processos indissociáveis: produção no músculo, transporte via sangue e remetabolização, via órgãos como o fígado e o rim, e via musculatura activa (Costill, 1990; Rushall, 1991; Simon, 1997), desconhecendo-se qual o verdadeiro percentual de produção. É, no entanto, o indicador metabólico anaeróbio que se pode utilizar com menor invasibilidade e autores como Olbrecht e Mader (2006) referem-no mesmo como parâmetro mais preciso que o VO_2 na avaliação do nível de condicionamento do nadador, no contexto do controlo de treino.

As variáveis relacionadas com o funcionamento cardíaco mostraram valores de correlação na generalidade baixos e não significativos entre os testes concorrentes e o teste critério, pelo que se verifica uma fraca possibilidade de qualquer um dos testes concorrentes produzir informação semelhante à do teste critério. Os valores de correlação para a FC_{maxE} foram particularmente baixos, tendo melhorado um pouco quando, na determinação da FC_{max} se consideram os primeiros 30s de recuperação. Na FC_{maxR} encontrou-se um valor razoável e significativo de correlação entre o teste de nado amarrado e o teste critério ($r=0.54$). No que toca à FC_{med} e ao $IncrFC$ os diferentes testes também mostraram valores de correlação muito baixos com o teste critério. O teste de nado simulado em *swim bench* pareceu ser o menos correlacionável com o teste critério, excepto no que toca ao $IncrFC$, em que o nado livre e amarrado mostraram a quase inexistência de correlação. Estes resultados parecem poder ser explicados pelas próprias variáveis utilizadas, mas, no entanto,

não podemos deixar de referir que as conclusões seriam mais seguras se não tivesse havido um elevado número de valores omissos, particularmente nos testes de água, decorrentes da dificuldade de captação do sinal telemétrico. É um facto que a FC é um parâmetro lábil para ser utilizados em avaliações da *performance*, mais ainda da *performance* anaeróbia e, face aos resultados, a FC parece não ser uma variável importante a considerar numa futura tentativa de validação de testes de avaliação do potencial anaeróbio.

As variáveis com forte dependência da mecânica do movimento, como sejam o IF e a FG também conduziram a resultados inconclusivos quanto à escolha de um teste mais acertado para nadadores. A fadiga que vai surgindo com o desenrolar do esforço parece ser fortemente influenciada pelas condições particulares de cada teste e a FG também, ainda que esta última tenha mostrado um valor de correlação médio ($r=0.46$) significativo entre o nado livre e o teste critério.

Em síntese, poderemos sugerir que, em futuras tentativas de validação de testes de avaliação da *performance* anaeróbia, se utilizem mais variáveis fisiológicas, em detrimento daquelas que possam sofrer uma maior influência decorrente da mecânica do movimento associado a cada teste.

A tentativa de estabelecer relações entre diferentes testes anaeróbios não é nova na literatura, ainda que continue a faltar o elemento principal que permitiria nomear o teste mais adequado, o qual seria um parâmetro directo de origem fisiológica. Rohrs et al. (1990) mostraram a relação entre 7 testes anaeróbios, com uma mecânica gestual tão diferente como saltar na vertical, subir escadas, nadar em ergómetro simulador de nado e nadar amarrado, e a *performance* de nado. Estes autores encontraram valores de correlação significativos entre a potência máxima obtida com o teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços e a força máxima ($r=0.45$) e média ($r=0.43$) obtidas em nado amarrado e também entre a potência média do *Wingate* e a força máxima ($r=0.55$) e média ($r=0.54$) em nado amarrado. As correlações encontradas por aqueles autores são inferiores às obtidas no presente estudo quando os tempos foram comparados usando os valores de *Lactato* pós-esforço. As conclusões foram pouco satisfatórias do ponto de vista da eleição de um teste supostamente melhor, na medida em que o teste mais adequado para um grupo de sujeitos pode não o ser para outro, dependendo do nível de habilidade dos grupos e do sexo dos sujeitos. A esta mesma conclusão já havia sido possível chegar comparando, por exemplo, os trabalhos de

Sharp et al. (1982) e de Costill et al. (1986). Os primeiros autores não encontraram uma correlação significativa entre a potência dos MS medida em banco biocinético e a velocidade de nado, o que o segundo já observou usando uma amostra mais heterogénea, no que respeita ao nível de habilidade dos sujeitos (nadadores de baixo nível competitivo). A relação entre o desempenho avaliado em diferentes testes anaeróbios e a velocidade de nado foi também estudada por Rohrs et al. (1990), que encontraram correlações significativas entre a potência máxima obtida em teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços e a V_{med} correspondente a 45.72m de nado ($r=0.53$) e entre a potência correspondente a um teste de 30s realizado em banco biocinético e a mesma velocidade ($r=0.89$). A força máxima e média obtidas em nado amarrado não se correlacionaram significativamente com a V_{med} do teste de nado. Guglielmo e Denadai (2000) também não encontraram correlação significativa entre as potências máxima e média e o IF obtido durante um teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços e a V_{med} correspondente a 50m de nado máximo. Os autores concluíram que o teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços não é adequado para avaliar a potência anaeróbia de nadadores, um resultado não absolutamente concordante com o presente estudo e que poderá estar relacionado não só com as condições particulares de realização de cada teste e amostras utilizadas, mas mais em particular, com as variáveis utilizadas para determinar a capacidade de cada teste para avaliar o potencial anaeróbio de nadadores.

Pelo facto de não ter sido possível validar os testes concorrentes em função do teste *Wingate* realizado em cicloergómetro, foi realizada a análise comparativa dos valores das variáveis comuns aos vários testes, por forma a determinar associações entre os mesmos, baseadas na especificidade dos movimentos realizados, nomeadamente, nado completo, esforço realizado apenas com os MS e esforço realizado apenas com os MI. Este estudo permitiu associar os testes de nado completo realizados na água (nado livre e nado amarrado), os testes realizados em terra apenas com os MS e um comportamento algo mais independente do teste critério, ora mais próximo, dependendo da variável, do *Wingate* realizado em ergómetro de braços ou dos testes de água. Esta mesma relação será reforçada no capítulo seguinte.

5.2.3. Comparação da resposta a cada teste considerando o estado de desenvolvimento maturacional e o género dos nadadores

Neste capítulo, os 5 testes de determinação do potencial anaeróbio são comparados do ponto de vista da exigência específica que colocam a cada grupo maturacional e sexo, cujos resultados foram apresentados no ponto 4.2.

Numa análise geral, os testes de nado livre, nado amarrado e cicloergometria induzem respostas lácticas máximas e *net* ao esforço de maior expressão, comparativamente com o *Wingate* realizado em ergómetro de braços e o nado simulado em *swim bench*. Na base deste resultado pode estar uma massa muscular diferente e/ou mais responsável pela produção de movimento, uma vez que nos dois primeiros testes há um envolvimento conjunto dos MS e dos MI e os grupos musculares dos MI envolvidos no movimento de pedalagem são maiores e mais fortes do que os grupos musculares dos MS envolvido no *Wingate* realizado em ergómetro de braços e no *swim bench*. Esta diferença no envolvimento muscular responsável pela produção do movimento é muitas vezes apontada em estudos onde se compara a produção de La^- consequente de padrões de movimento diferentes (e. g. Ratel et al., 2004), ainda que os valores de La^- pós-esforço em diferentes estudos sejam muito variáveis e conduzam, algumas vezes, a conclusões contraditórias. Froese e Houston (1987) estudaram as diferenças na acumulação de La^- entre homens e mulheres, em resposta a um teste *Wingate* realizado em cicloergómetro, e concluíram que os valores mais elevados apresentados pelo sexo masculino, em exercícios anaeróbios de curta duração, se relacionam com a influência significativa da morfologia muscular. Ogita e Taniguchi (1995) não encontraram diferenças nos valores de La^- quando compararam o VO_2 de nadadores adultos associado a nado real só com os MS e a nado simulado em *swim bench*. O VO_2 foi, contudo, inferior em nado simulado e os autores apontaram como uma das possíveis causas deste resultado um menor ou diferente envolvimento muscular nos dois tipos de movimento. Swaine e Winter (1999) também não encontraram diferenças nos valores de La^- quando compararam a braçada realizada em *swim bench* e em ergómetro de braços adaptado, mas observaram valores mais elevados de VO_2 em *swim bench*, e também associaram esta diferença ao envolvimento de mais massa muscular no nado simulado, comparativamente com o movimento circular realizado no ergómetro adaptado. A

ausência de diferenças nos valores de lactatemia observadas nos trabalhos de Ogita e Taniguchi (1995) e de Swaine e Winter (1999) poderão dever-se ao facto daqueles autores terem utilizado protocolos de exercício de domínio metabólico aeróbio, contrário à dominância anaeróbia dos nossos testes. Meyer et al. (1988) não encontraram diferenças entre o La^- produzido com nado completo, nado só com MS e nado só com MI, a várias intensidades de nado, por nadadores de uma equipa universitária, contrariando a ideia da influência do envolvimento muscular na produção daquele metabolito.

Quando a resposta láctica é observada considerando independentemente cada grupo maturacional e sexo, observa-se que as diferenças com significado estatístico observadas entre os diferentes testes não são coincidentes. Por exemplo, os valores mais elevados de La^- obtidos pelos nadadores pré-púberes masculinos foram encontrados após o teste de cicloergometria, sendo este teste, no tocante à acumulação sanguínea de La^- , significativamente diferente dos demais. No entanto, para o mesmo grupo maturacional, mas analisando a resposta do sexo feminino, e para o grupo de nadadores púberes masculinos, não só a cicloergometria, mas também o nado livre e amarrado, originaram lactatemias significativamente diferentes dos dois testes de ergometria de braços. Estes resultados mostram que existe uma diferença na forma como nadadores distintos, em maturação e em sexo, se adaptam e respondem aos diferentes tipos de esforço. A dependência dos valores de lactatemia pós-esforço parece ir além da duração e da intensidade do esforço realizado (Troup et al., 1991). A capacidade de responder a diferentes tipos de esforço é, pelo menos, também diversa entre sujeitos de diferente maturação e sexo. Por exemplo, foi claro na observação do teste de nado amarrado que, apesar da totalidade dos sujeitos da amostra se ter adaptado totalmente ao teste e de ter cumprido todos os requisitos solicitados pela equipa de investigação, os nadadores mais novos apresentavam alguma dificuldade em estabilizar os gestos de nado, sendo mais ou menos frequentes desvios laterais em relação à direcção do movimento e a alteração da sincronização dos MS no momento da respiração, que supomos que acarretem uma alteração do padrão de nado, com consequências sobre o padrão da contracção muscular e, eventualmente, sobre a produção de La^- sanguíneo.

A forma como o coração responde, em termos de FC, ao esforço solicitado por cada um dos testes anaeróbios foi analisada e foi possível observar que, de uma forma geral, o nado simulado em *swim bench* não exige frequências cardíacas tão elevadas, sejam elas máximas ou médias, nem incrementos de FC de esforço tão marcados, em comparação com os restantes testes. O maior número de diferenças relevantes entre o nado simulado e as restantes formas de exercício foi encontrado no grupo de nadadores pré-púberes. Estes resultados são difíceis de comparar com outros da literatura, uma vez que a utilização da FC em esforços de curta duração é atípica, pelo facto do coração necessitar de um período de adaptação ao esforço variável de indivíduo para indivíduo e por não alcançar a sua máxima frequência de contracção. Taoutaou et al. (2003) avaliaram a *performance* de nadadores de várias idades no teste *Wingate* realizado em cicloergómetro e encontraram valores de FCmax pós-esforço em nadadores de idade muito próximas dos do presente estudo, ainda que aqueles autores não os tenham agrupado de acordo com o desenvolvimento maturacional.

A comparação do valor de FCmax obtido durante os 30s de esforço com o valor da FCmax obtido no período imediato de 30s de recuperação passiva mostrou uma clara tendência para a continuação da aceleração do ritmo cardíaco logo após o término do período de esforço. Esta situação é típica de esforços curtos e muito intensos, uma vez que não há nenhum tipo de bloqueio do funcionamento cardíaco que faça desacelerar o seu funcionamento de uma forma abrupta, mas não acontece quando a respiração é sustida (Ahn et al., 1989). A situação de apneia leva a um aumento da tensão arterial e a uma activação dos quimiorreceptores localizados nas artérias periféricas e que reagem à situação de asfixia, e dos baroreceptores, reactivos à elevada pressão sanguínea. A consequência é uma depressão da FC. Apesar de 36.7% das diferenças não terem revelado significado estatístico, é de ressaltar que só foram encontrados valores superiores da FC máxima de esforço, comparativamente com a correspondente da recuperação, no teste de nado simulado em *swim bench* e para o escalão pré-púbere. O motivo poderá estar relacionado com a própria mecânica do gesto da braçada. Parece ser legítimo afirmar que as crianças, por terem uma competência técnica de nado ainda débil, possam ter maior dificuldade em transpor esse movimento para a situação simulada, produzindo um movimento mais lento e mais pensado, por oposição a um

movimento potente, típico dos adultos. Por outro lado, as crianças também não realizam o bloqueio respiratório observado nos nadadores mais velhos (podemos observar que respiram durante o exercício), pelo que o fenómeno da depressão da FC, em princípio, não tem razão para ocorrer.

Os perfis de variação da FC ao longo, quer dos 30s de esforço, quer dos primeiros 30s da recuperação, reforçam o anteriormente discutido. De facto, para os nadadores mais novos, o perfil de variação da FC é inferior no *swim bench* em comparação com o observado para os restantes testes. Nos nadadores mais velhos observa-se uma situação interessante, que é a do nado livre ser o teste em que a FC é mais baixa durante o esforço, mas que sobe rapidamente assim que os nadadores entram em recuperação. Este resultado sugere um comportamento distinto da FC em esforços curtos e intensos em nadadores mais experientes e pode ser resultante de uma eventual capacidade anaeróbia mais desenvolvida. A capacidade de lidar com acidoses metabólicas elevadas e a baixa frequência respiratória (os *sprints* curtos de nado realizados por nadadores experientes decorrem, na sua maioria, sem que ocorram ciclos respiratórios) poderão ter, eventualmente e como já referimos, um efeito depressor sobre o funcionamento cardíaco (Ahn et al., 1989), sendo a aceleração posterior ao esforço necessária para repor rapidamente a homeostasia celular e proceder à remoção de alguns produtos das vias metabólicas anaeróbias. Apesar da falta de interesse que se tem devotado à FC enquanto parâmetro indicador de intensidade em esforço de curta duração, o presente resultado merece ser melhor explorado, de futuro, no sentido de melhor se compreenderem as alterações cardíacas agudas decorrentes de esforços curtos de carácter marcadamente anaeróbio e do eventual efeito crónico que o treino possa ter sobre as mesmas.

Ainda que a FC seja considerada um parâmetro particularmente lábil, há opiniões favoráveis e estudos que mostram a sua utilidade enquanto parâmetro de controlo de treino aeróbio (Foster et al., 1999; Smith et al., 2002). No que se refere ao comportamento da FC em exercícios de domínio metabólico anaeróbio, apesar do controlo do treino não ser a questão relevante, não deixa de ser interessante saber qual a %FCmax correspondente àqueles tipos de esforços. De facto, em 30s de esforço máximo, a intensidade é máxima e o coração não aumenta a sua FC até ao máximo, mas sujeita-se a uma sobrecarga quantificável. Considerando a amostra total de nadadores e a

totalidade dos testes anaeróbios, a %FCmax variou entre os 72 e os 89% da FCmax que os sujeitos são capazes de atingir e que foi estimada através da equação de Tanaka et al. (2001). O teste de nado simulado em *swim bench* foi o teste em que a %FCmax foi menor, para os grupos pré-púbere e púberes, seguida pelo teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços. Nos nadadores mais maturados não se notaram diferenças significativas na sobrecarga cardíaca induzida por cada um dos 5 testes, o que será, eventualmente, uma consequência adaptativa do próprio treino. Neste sentido, é possível verificar as diferenças com significado estatístico na %FCmax induzida pelos testes decrescem dos pré para os pós-púberes.

O IF e a FG parecem ser duas variáveis fortemente influenciadas pela mecânica dos movimentos característicos de cada teste. Os movimentos cíclicos rotacionais induzidos pelo cicloergómetro e pelo ergómetro de braços adaptado induziram os índices de fadiga mais elevados (43 a 54% de decaimento da potência mecânica externa) no conjunto dos 5 testes anaeróbios realizados pelos nadadores púberes e pós-púberes. Os valores do IF obtidos pelos nossos nadadores nos testes *Wingate* são similares aos de outros estudos (Maud e Shultz, 1989; Okano et al., 2001). No caso do *Wingate* de braços, os valores são mesmo similares a sujeitos tão diferentes como portadores de vários tipos de paralisia dos membros e hemofílicos (Falk et al., 2000; Hutzler et al., 1998). No entanto, são superiores aos encontrados por Naughton et al. (1992), para crianças de 6 a 12 anos (27 e os 44%), em cicloergómetro. É possível que a razão para a diferença no IF e na FG correspondente aos testes *Wingate* e aos restantes testes se encontre na aplicação da carga externa que é preciso vencer, depois de estar a pedalar à velocidade máxima, característica que mais nenhum dos outros testes apresenta. Nos nadadores pré-púberes, o teste *Wingate* realizado em cicloergómetro distinguiu-se de todos os restantes, mas o teste correspondente realizado em ergómetro de braços adaptado apenas induziu IF superiores aos do nado livre. O menor decaimento da velocidade associada ao nado livre e da força associada ao nado amarrado, parece traduzir uma maior adaptação da globalidade dos nadadores aos esforços de nado, ou a ele associados de alguma forma, uma vez que esta provável maior adaptação se verifica mesmo em situação de nado simulado em *swim bench*.

Tal como o IF, a FG é mais elevada, em nadadores púberes e pós-púberes nos testes realizados em cicloergómetro e ergómetro de braços adaptado, diferenças que são mais notórias para o sexo masculino. Nos nadadores menos maturados, contudo, a FG correspondente ao teste de cicloergometria é muito baixa e a correspondente ao *Wingate* de braços é muito alta. Aparentemente, a fadiga induzida pelo teste *Wingate* realizado em cicloergómetro, que foi superior para os nadadores mais novos, limitou a FG neste teste, dando-se o processo contrário no *Wingate* de braços. Este resultado pode revelar uma maior dificuldade dos nadadores mais jovens em suportarem a fadiga localizada nas massas musculares dos MI responsáveis pela produção do movimento de pedalagem. Não foi possível confrontar estes valores de FG associados ao teste *Wingate* com valores da literatura, na medida em que este não é um parâmetro que tem sido apenas pontualmente controlado em testes onde se usam ergómetros frenados mecanicamente. Relativamente aos restantes testes de *swim bench* e de nado amarrado há alguns indicadores de FG (Cabri et al., 1988; Swaine e Reilly, 1983), mas pouco interessantes para o âmbito do presente trabalho, pela diferença de protocolos dos testes realizados. A FG encontrada em nado livre para os nossos nadadores mais velhos parece ser similar à encontrada noutros estudos que utilizaram amostras semelhantes (Alberty et al., 2005; Toussaint et al., 2006), superior à de estudos que utilizaram protocolos de duração muito superior a 30s (Silva, 1999) e é inferior à apresentada por nadadores de elite (Arellano et al., 1994). A maioria dos valores de FG refere-se, também, à amostra de nadadores adultos, havendo pouco dados relativos a crianças. Kjendlie et al. (2004b) compararam valores de FG em crianças, e adultos, mas associados a esforços submáximos, pelo que a comparação com os resultados dos nadadores do presente estudo não é relevante.

5.2.4. Influência do desenvolvimento maturacional na resposta a cada teste e pré-teste

No presente capítulo é discutido o efeito da maturação na resposta a esforços de carácter marcadamente anaeróbio, com duração igual, mas mecanicamente distintos. Partindo da caracterização de variáveis de repouso (L_a e FC), este efeito é analisado estudando quer as variáveis de resposta comuns aos diferentes testes, quer as variáveis particulares de cada teste. De uma forma geral, temos a ideia de que a capacidade anaeróbia, sendo que o termo mais correcto

seria, talvez, o de potencial anaeróbio (confr. 2.2.3), aumenta com a maturação (Bar-Or, 1996; 2001; Malina et al., 2004; Rowland, 1996a; Van Praagh, 1996). Como tal, é de esperar que a magnitude das variáveis de resposta a cada teste cresça (ou decresça, se for o caso) no mesmo sentido, ou seja, dos pré para os pós-púberes, ainda que com alguma possibilidade de variação no grupo peri-pubertário, por estar, exactamente, a atravessar o processo de maturação, sem que se distingam os nadadores que estão a iniciar, no meio ou no fim do mesmo.

A análise dos valores de Larep parecem deixar antever uma evolução irregular ao longo da maturação, na medida em que os valores dos nadadores pré e pós-púberes são muito próximos, mas os dos púberes são significativamente mais baixos. Contudo, uma avaliação substantiva das diferenças permite observar que as mesmas se situam entre as 0.22 e as 0.33 mmol.l⁻¹. Em termos práticos, a magnitude das diferenças é muito pequena, ainda que ultrapasse o CV do analisador utilizado (3.2%). Assim, de acordo com os nossos resultados e também como já observado noutros estudos, a maturação parece não influenciar os valores de Larep dos nadadores (Hebestreit et al., 1996; Lehmann et al., 1981), o que pode decorrer da ausência de diferenças, entre crianças e adultos, nos níveis de repouso de glicose sanguínea (Lehmann et al., 1981; Ratel et al., 2004; Wirth et al., 1978) ou de outros factores, apontados de forma mais contraditória na literatura, como as concentrações musculares de repouso de fosfatos de alta energia, o funcionamento da glicólise anaeróbia em repouso e a concentração de enzimas glicolíticas também no músculo em repouso [para refs. ver Boisseau e Delamarche (2000) e Van Praagh e Dore (2002)].

No nosso estudo, a FC de repouso decresce significativamente com a maturação, o que parece ser um resultado facilmente explicado pelo aumento do volume e força do músculo cardíaco com o crescimento. Contudo, há estudos que mostram a ausência destas diferenças com a idade. Taoutaou et al. (2003), por exemplo, não encontraram diferenças significativas nos valores de FC de repouso entre sujeitos com 9-10 anos, 11-12 anos, 13-14 anos, 15-16 anos e 17-24 anos.

A confrontação dos valores de lactatemia obtidos pelos nadadores da nossa amostra com alguns valores de referência da literatura permite observar que os nossos valores tendem a ser mais baixos que os apontados noutros estudos [para refs. ver Williams (1997)]. Esta constatação deve, contudo, ser lida com algum cuidado, dada a diversidade de amostras e protocolos utilizados para determinar

a lactatemia pós-esforço. Independentemente do tipo de esforço realizado e do tipo de sujeitos, os valores da Lamax pós-esforço curto de carácter anaeróbio tendem a aumentar com a maturação, para ambos os géneros, tal como os correspondentes valores de Lanet (Avlonitou, 1996; Beneke et al., 2005; Williams, 1997). A proximidade dos resultados da Lamax e *net* era esperada a partir do momento em que se percebeu que a amplitude das diferenças nos valores de repouso de La tinham fraca expressão do ponto de vista substantivo. A análise deste crescimento, intrínseca a cada teste, mostrou o mesmo padrão, ainda que o significado estatístico das diferenças entre os valores médios calculados para os três grupos maturacionais se tenha alterado nalguns testes: no teste de nado livre, o Lamax pós-esforço e *net* foi muito similar entre as nadadoras púberes e as pós-púberes, no teste de nado amarrado não se observaram diferenças entre pré-púberes e púberes de ambos os sexos e no *Wingate* de braços e na cicloergometria a resposta das nadadoras pré-púberes e púberes não foi significativamente diferente. A proximidade dos resultados das nadadoras púberes com as mais velhas no teste de nado livre parece não ser muito surpreendente, na medida em que a expressão do nível competitivo (bom) é também próxima nos dois grupos. A disparidade destes últimos resultados pode estar relacionada com a resposta específica dos sujeitos testados a cada teste e não, eventualmente, com causas atribuíveis à maturação.

O Lamax acumulado pós-esforço foi significativamente superior para os nadadores pós-púberes, comparativamente com as nadadoras. Froese e Houston (1987) também encontraram esta mesma relação entre os valores de Lamax para os diferentes géneros. A diferença entre géneros não se observou nos restantes grupos maturacionais, salvo na Lamax (e *net*) obtida pelos nadadores púberes após nado simulado. Estes resultados estão de acordo com o perfil esperado em função da maturação, uma vez que, durante a infância e a adolescência, é esperado que as raparigas tenham níveis de La ligeiramente superiores aos dos rapazes após exercícios máximos (Rowland, 1996a), esperando-se um aumento da amplitude das diferenças inter-sexuais com o crescimento, passando os rapazes a atingir níveis pós-exercício superiores daquele metabolito.

Passando à análise do efeito da maturação e do género nos valores da FC, foi possível observar que a resposta cardíaca aos esforços anaeróbios induzidos pelos diferentes testes mostrou resultados independentes do género dos nadadores, ou seja, rapazes e raparigas do mesmo

escalão maturacional mostram padrões de FC de esforço similares. As diferenças entre escalões maturacionais também foram muito pontuais, o que mostra que, quando os valores da FC são considerados de forma absoluta, verifica-se independência do funcionamento cardíaco, sob regimes anaeróbios, de factores como a idade, o peso, a altura dos sujeitos e a sua composição corporal. Taoutaou et al. (2003) observaram a mesma ausência da influência da idade nos valores da FC máxima de esforço, associada ao teste *Wingate* realizado em cicloergómetro, em nadadores e sujeitos não desportistas com idades compreendidas entre os 9 e os 24 anos. Dupont et al. (2000) também não encontraram diferenças significativas nos valores da FC obtida por crianças e adultos no final de cada um de 6 percursos de 20s de nado. Neste sentido, a utilização da FCmax do teste de esforços com a duração de 30s, enquanto parâmetro de treino e de controlo de treino de domínio anaeróbio, parece ser particularmente difícil, o que tem sido opinião consensual, pelo menos na literatura técnica da natação, onde o valor e o controlo deste parâmetro, quando associado a esforços anaeróbios curtos, são apontados como irrelevantes (Maglischo, 2003; Navarro e Arsenio, s.d.). A mesma ilação pode ser retirada quanto à utilização da FCmax correspondente ao período de recuperação. De acordo com os nossos resultados, a função cardíaca, na sua expressão máxima em esforços de curta duração, e na sua correspondente recuperação, parece encerrar um conjunto de mecanismos de resposta que são independentes de factores que parecem influenciar outros parâmetros biológico, como, por exemplo, a Lamax pós-esforço. Não deixa, contudo, de ser um resultado interessante notar que, quer em termos máximos, quer médios, no nado livre, aquele para o qual os sujeitos da amostra estão em processo de treino, os valores da FC associada ao esforço decrescem com a maturação, sendo o decréscimo significativo entre os grupos extremos. Dado que isto não se passa em mais nenhum teste, é possível que a resposta relativa ao nado livre possa conter algum efeito adaptativo ao treino.

A maturação parece não ter efeito na %FCmax estimada associada a exercícios curtos de dominância anaeróbia. Constituiu apenas excepção o teste de nado simulado, que parece ter constituído um esforço de intensidade maior para os nadadores pós-púberes, comparativamente com nadadores de outros escalões maturacionais. Este resultado parece, no entanto e na nossa perspectiva, poder ser expressão de um nível de adaptação superior dos nadadores mais velhos ao

banco simulador de nado, na medida em que, muitos deles utilizam o banco enquanto dispositivo de treino de força.

O decaimento da velocidade, da força ou da potência durante o tempo de esforço, expressos pelo IF, em função da maturação e do sexo mostrou alguns resultados interessantes. Nos testes de água e de nado simulado, os nadadores parecem tender a suportar melhor o esforço à medida que maturam e crescem, o que poderá traduzir um efeito adaptativo ao treino da natação. Relativamente aos testes *Wingate*, a tendência parece ser contrária. No *Wingate* de braços é claro o aumento do IF com a maturação e no *Wingate* realizado em cicloergómetro verifica-se uma diferença significativa do IF entre as crianças (valores inferiores) e os nadadores pós-púberes, havendo apenas um resultado do grupo púbere que não seguiu o padrão esperado em função do resultado observado no teste de braços. Este aumento do valor do IF associado ao teste *Wingate* realizado em cicloergómetro foi também encontrado por Beneke et al. (2005). Estes autores utilizaram, contudo, 3 grupos de idade diferentes dos nossos (12.0, 16.3 e 27.2 anos), não sendo possível constatar algum eventual efeito semelhante ao do nosso grupo púbere. Voltando aos resultados referentes aos testes relacionados com o nado, importa referir que o decréscimo do IF, mais do que a maturação ou para além desta, poderá também traduzir o aumento da competência de nado que se observa à medida que os nadadores vão treinando e crescendo. Os IF superiores dos nadadores mais novos poderão ser induzidos pelo facto dos seus padrões de nado serem menos eficazes (técnica de nado ainda menos apurada) que os utilizados pelos nadadores mais velhos e experientes no nado livre. Esta menor competência das crianças no nado livre, poderá, também, ter-se reflectido nas outras formas de nado utilizadas, o nado amarrado e o nado simulado.

De acordo com os nossos resultados, a FG associada aos testes de água e de nado simulado parece não se alterar com a maturação. Pelayo et al. (1997) observaram um resultado semelhante num estudo realizado na natação com sujeitos de idades compreendidas entre os 11 e os 17 anos. Os autores não observaram alterações significativas da FG correspondente a um esforço máximo de 50m entre os nadadores das diferentes idades. Num estudo similar, mas usando a distância de 100m de nado Vorontsov e Binevsky (2003) observaram a mesma ausência de diferenças na FG relacionadas com a idade. Devido à associação do padrão mecânico do movimento de nado livre

com o nado amarrado e simulado, parece compreensível observar-se a mesma ausência de variação da FG com a maturação para aqueles tipos de esforço. Nos testes *Wingate* verificaram-se algumas diferenças significativas entre os resultados dos diferentes grupos maturacionais. Não foi, contudo, possível, perceber um padrão naquela variação, quer ao comparar o *Wingate* de braços com o realizado em cicloergómetro, quer ao comparar as diferenças observadas entre grupos dentro de cada um. As conclusões são similares quando se compara a FG obtida pelos dos nadadores masculinos e femininos em cada teste. Só se observaram diferenças entre géneros nos valores de FG referentes ao teste *Wingate*, quer realizado em ergómetro de braços, quer em cicloergómetro. A semelhança entre a FG de sujeitos adultos de ambos os sexos já foi verificada noutros estudos em esforços de 50m de nado livre (Seifert et al., 2004; Seifert et al., 2007).

A análise da variação da velocidade, da força e da potência de nadadores de idade e desenvolvimento diferentes é particularmente importante, quer para abrir interesses de investigação, quer para balizar as expectativas dos treinadores de nadadores de diferentes escalões de nado, cujo nível maturacional deverá, à partida, ser sempre determinado. Parece útil saber como se espera que aqueles parâmetros se alterem durante a maturação, antevendo ainda algumas respostas em função do género.

As velocidades máxima, média e mínima alcançadas em nado livre foram, tal como esperado, significativamente superiores para os nadadores pós-púberes, comparativamente com as nadadoras e semelhantes entre os pré-púberes de ambos os géneros. São vários os trabalhos encontrados na literatura em que os autores mostram esta relação entre o género e a velocidade de nado. Pelayo et al. (1997) observaram velocidades médias em 50m de nado significativamente superiores em rapazes, comparativamente com as raparigas, considerando todas as idades situadas entre os 13 e os 17 anos. Apesar da mesma diferença significativa ocorrer ao 11 anos de idade, aos 12 anos a velocidade não foi, do ponto de vista estatístico, superior para os rapazes, ainda que o tenha sido do ponto de vista substantivo. Seifert et al. (2007) observaram velocidades de nado significativamente superiores em nadadores adultos de elite e em nadadores de nível médio, quando ambos os grupos foram comparados com nadadoras de elite. A razão para as diferenças de género observadas nas velocidades máxima, média e mínima só terem verdadeira expressão nos

nadadores mais velhos pode estar relacionada com o facto de alguns dos determinantes desta capacidade, como, por exemplo, a capacidade anaeróbia, que distinguem o potencial de nado de nadadores de ambos os géneros ainda não estarem desenvolvidos.

Considerando o efeito maturacional, observou-se um incremento de todas as velocidades para o sexo masculino, um resultado esperado na medida em que os nadadores mais velhos, comparativamente com os mais novos, já desenvolveram características que predispõe para um melhor desempenho em esforços curtos de domínio metabólico anaeróbio, como sejam uma capacidade anaeróbia superior e uma maior potência muscular. Jurimae et al. (2007) observou este mesmo incremento da velocidade de nado entre nadadores pré-púberes e púberes, ainda que associadas a um esforço aeróbio. Nas nadadoras, contudo, verificou-se uma ausência de diferenças significativas entre o grupo púbere e pós-púbere. Se bem que era esperado o mesmo efeito da maturação no comportamento da velocidade para os nadadores de ambos os géneros, também é legítimo especular que a diferença pode estar relacionada com o momento que os sujeitos atravessavam dentro do próprio período peri-pubertário, uma vez que não foi determinado se estavam em fases mais ou menos adiantadas do seu desenvolvimento, dentro de cada escalão maturacional. Neste âmbito, a observação dos resultados de Pelayo et al. (1997), relativos à evolução da V_{med} de nado em sujeitos não nadadores, permitem verificar que os incrementos na velocidade, observados ano em ano, são mais evidentes nos rapazes, comparativamente com as raparigas, cujos valores, para os 16 anos, são pouco superiores aos observados para os 11 anos. Contrariamente, nos nossos resultados, talvez pelo efeito do treino, a aproximação dos valores da velocidade das nadadoras deu-se no sentido pós-púbertário.

O CV da V_{med} , tradutor da oscilação daquela durante o tempo de nado cumprido, não foi sensível a diferenças de género e mostrou uma alteração significativa com maturação na transição da fase pré-pubertária para a fase pubertária. Este resultado parece estar de acordo com a evolução da V_{med} com a maturação observada, no nosso estudo, para as nadadoras, na medida em se encontra uma estabilização do CV durante a fase pubertária que parece manter-se na idade adulta.

O estudo do número de ciclos realizados durante o tempo efectivo de nado (tempo de deslize inicial e chegada não considerados), do tempo de duração média dos ciclos de nado e da DC, parâmetros

da braçada, mostrou a inexistência do efeito do sexo, o que significa que a tendência da evolução destas variáveis com a maturação é igual para nadadores e para nadadoras. O número de ciclos realizados durante o tempo de nado, aumentou significativamente com a passagem para o estado pubertário, desconhecendo-se o efeito relativo à transição para a idade adulta, na medida em que o número de ciclos realizados pelos nadadores mais velhos se reporta a 50m de nado e não a 30s de teste. Este resultado parece, no entanto, contradizer os resultados relativos ao cálculo efectivo da FG, apresentados anteriormente, e deve ser considerado com algum cuidado.

O tempo de duração médio dos ciclos de nado foi superior para os nadadores pré-púberes, comparativamente com os púberes, que mostraram valores semelhantes aos pós-púberes. Este tempo de duração superior dos ciclos não significou, contudo, maior competência de nado, porque, nas crianças, não só a força aplicada durante as acções propulsivas da braçada é menor, como o próprio padrão da braçada é menos definido, ou seja, a braçada é menos eficiente (Kjendlie et al., 2002; Klika e Thorland, 1994).

A DC aumentou significativamente, tal como esperado e como foi observado por outros autores, da pré-puberdade para a puberdade (Jurimae et al., 2007) e para a idade adulta (Kjendlie et al., 2002; Pelayo et al., 1997). Ainda que fosse esperado também um salto quantitativo entre a fase pubertária e a idade adulta (Vorontsov e Binevsky, 2003), esta evolução não se verificou, o que poderá estar relacionado com as características particulares da nossa amostra.

O IC foi o único parâmetro de braçada onde se verificou o efeito interactivo do género com a maturação e mostrou uma variação semelhante à da velocidade de nado, parâmetro utilizado no seu cálculo, a par da DC. Estes resultados, quer para o sexo masculino, quer para o sexo feminino, encontram equiparação na literatura, mesmo em amostras de não nadadores (Jurimae et al., 2007; Pelayo et al., 1997).

As forças máxima, média e mínima, medidas em nado amarrado mostraram uma variação com a maturação e com o género dos nadadores semelhante à descrita para as velocidades máxima, média e mínima obtidas em nado livre, uma relação particularmente interessante quando sabemos que a velocidade de nado parece ser fortemente influenciada pela força (Tanaka et al., 1993),

sempre que a técnica de nado assim o permite (Bollens et al., 1988; Konstantaki et al., 1999; Maglischo e Maglischo, 1984). Os valores de força, quer absolutos, quer relativizados ao peso corporal, tenderam, assim, a aumentar com a maturação para o sexo masculino e a aumentar para as nadadoras na passagem do estado pré-pubertário para o pubertário, estabilizando de seguida. O CV da Fmed diminuiu significativamente do estado pré-pubertário para o pubertário, fase a partir da qual estabilizou. Os valores máximos de força obtidos em nado amarrado pelos nossos nadadores pós-púberes foram ligeiramente inferiores aos encontrados em nadadores de elite (13.30kg, considerando a máxima FG) (Cabri et al., 1988) e em nadadores de outros níveis competitivos (Adams II et al., 1983; Dopsaj et al., 2003; Hooper et al., 1998; Magel, 1971; Yeater et al., 1981). Os nadadores pré-púberes obtiveram valores máximos de força inferiores (menos 45%) aos obtidos por Ria et al. (1990) num teste de 6s de nado amarrado. O estudo de Ria et al. (1990), contudo, foi realizado com crianças de 11 a 13 anos de idade e os nadadores do nosso estudo têm entre 8 e 9 anos. Desconhecemos outros registos de força, obtida em nado amarrado com nadadores pré-púberes, que possam ser comparados com os nossos resultados.

A estabilização do desenvolvimento da força nas raparigas durante o período pubertário está bem descrita na literatura (Rowland, 1996a; Vorontsov e Binevsky, 2003), apesar de nos nossos resultados não aparecer o incremento seguinte esperado para a idade adulta, como está igualmente descrito. Este resultado, tal como já foi referido para a velocidade, deverá estar relacionado com as características particulares dos sujeitos constituintes da amostra e poderá constituir uma resposta específica de nadadores, comparativamente com outros sujeitos treinados e não treinados. Taylor et al. (2001) também encontraram diferenças significativas para o sexo e para a maturação na força máxima e média obtidas em 30s nado amarrado. Contudo, estes autores estudaram apenas a variação da força com os estados 2, 3 e 4 de Tanner, pelo que a abrangência dos seus resultados é mais limitada, comparativamente com os do presente estudo. Vorontsov et al. (1999a; 1999b) observaram um crescimento significativo da força obtida em nado amarrado em nadadores e nadadoras circumpubertárias e em nadadores com idades compreendidas entre os 11 e os 18 anos. O uso dos valores não relativizados da força apenas retirou o significado estatístico às diferenças inter-sexuais correspondentes ao escalão de nadadores púberes, factor facilmente entendível

quando se sabe que, nesta fase, as raparigas são, na sua generalidade, maiores e mais pesadas, ou seja, tendencialmente mais desenvolvidas que os rapazes (Rowland, 1996a). Os restantes padrões de variação foram iguais aos dos valores não relativizados.

O número de ciclos realizados em nado amarrado e a duração de cada ciclo não foram significativamente diferentes entre nadadores pré e pós-púberes. Estes resultados poderão estar relacionados com as alterações à técnica de nado induzidas pela situação de nado amarrado (Adams II et al., 1983). O tempo de duração do ciclo de nado agarrado foi estudado nos inícios da utilização do nado amarrado por Goldfuss e Nelson (1970). Contudo, estes autores não estabeleceram qualquer relação entre este e a maturação e desconhecemos outros estudos que o tenham feito.

A comparação dos valores de força obtidos em *swim bench* pelos nossos nadadores com valores de referência da literatura foi bastante difícil, na medida em que, usualmente, os trabalhos realizados em banco biocinético usam *outputs* de potência, existe uma dominância de protocolos onde os exercícios utilizados são aeróbios e os estudos foram basicamente realizados com amostras de sujeitos adultos.

Os níveis de força medidos em nado simulado em *swim bench* foram, tal como seria de esperar, significativamente superiores para os nadadores pós-púberes, comparativamente, apenas, com os pré-púberes, uma vez que não se conseguiram resultados relativos ao grupo maturacional intermédio. Os nadadores mais novos apresentaram, também, coeficientes de variação da Fmed superiores aos mais velhos, o que indicia uma maior dificuldade em manter constante a força aplicada em cada braçada e uma eventual menor adequação técnica dos mais novos à braçada em seco. Estes níveis de força mais elevados dos nadadores mais maturados foram conseguidos aplicando cargas de resistência também superiores. As cargas de resistência foram significativamente diferentes entre rapazes e raparigas pré-púberes, sendo superiores para os rapazes, que alcançaram níveis de força absoluta significativamente mais elevados que os nadadoras pré-púberes. Esta diferença significativa de força entre géneros em crianças pré-púberes não é usualmente descrita (a literatura descreve níveis de força similares entre rapazes e raparigas durante a infância) e não foi, inclusivamente observada no teste de nado amarrado, realizado pelos mesmos sujeitos.

A relativização dos valores da força ao peso corporal veio resolver parcialmente a questão anterior, uma vez que as diferenças de género para o escalão pré-púbere atenuaram-se e perderam o significado estatístico. Aparentemente, poderemos estar perante um problema de dimensão corporal, que eventualmente se pode traduzir numa dificuldade de adaptação ao tamanho do ergómetro simulador de nado. O facto da criança ser maior ou mais pequena pode, pelo menos aparentemente, influenciar a posição adoptada no ergómetro de braços, mais ou menos facilitadora da aplicação de força. Quanto maior o tamanho corporal, mais fácil será, teoricamente, a adaptação da posição corporal ao banco biocinético, que tem dimensões fixas. O maior tamanho corporal e o maior peso dos rapazes poderá, neste sentido, ter traduzido a superioridade aparente observada na força quando expressa em termos absolutos. A ideia da influência do tamanho corporal no desempenho no banco biocinético sai reforçada quando se nota que, em nado amarrado, não se manifestou o mesmo fenómeno. Independentemente do tamanho corporal, a força obtida em nado amarrado, quer quando expressa em termos absolutos, quer quando relativizada ao peso corporal, não evidenciou diferenças de género entre os nadadores pré-púberes. Neste último teste, o facto do nadador ser maior ou menor não tem significado, uma vez que a fixação ao ergómetro é realizada ao nível da cintura.

O número de ciclos realizados em nado simulado em *swim bench* foi significativamente superior nos nadadores pré-púberes, que parecem ter tido mais dificuldade em terminar a braçada em seco, em comparação com os nadadores pós-púberes. O tempo de duração de cada ciclo foi, obviamente, face ao resultado anterior, menor para os mais novos, ainda que não significativamente menor. O encurtamento da braçada de crol, geralmente consequente de uma entrada precoce da mão na água e de uma saída também precoce, é um fenómeno (ou erro típico, ou correcção técnica) observável durante o nado em nadadores ainda em formação (Kjendlie et al., 2004a), pelo que os resultados sugerem uma transferência do comportamento aquático para o nado simulado terrestre, com a diferença que o elemento produtor de resistência num caso é a água e no outro é a resistência oferecida pela própria máquina. Estes resultados, relativos ao número de ciclos e respectivo tempo médio de ciclo, realizados em *swim bench* por nadadores de diferentes escalões maturacionais e sexos, não são comparáveis com dados similares da literatura, na medida da sua

aparente inexistência. Dos vários estudos realizados em banco biocinético que consultámos, aquele que mais se aproximou de preocupações relativas ao número de ciclos foi um estudo de Swaine, relativo à FG crítica em nado simulado. Ainda assim, tratou-se de um estudo de claro âmbito aeróbio, não distinguindo nadadores em diferente estado de maturação ou sexo, pelo que a comparação com os nossos resultados não se torna viável.

Ainda não considerando o significado estatístico das diferenças, a observação dos valores de potência, máximos, médios e mínimos, absolutos ou relativos, obtidos com teste *Wingate* realizado, quer em ergómetro de braços, quer em cicloergómetro, permite concluir que há uma tendência para os valores de potência aumentarem com a maturação, resultado que não é, de todo, surpreendente, uma vez que, como temos vindo a referir para a velocidade e para a força, é esperado que assim aconteça no curso do desenvolvimento humano (Beneke et al., 2005). Dado que um dos testes mais utilizados na avaliação do potencial anaeróbio é o teste *Wingate*, podemos referir que os nossos resultados também traduzem o aumento deste potencial com a maturação. São apontados como responsáveis pelo incremento da potência e, indirectamente, do potencial de desempenho anaeróbio, factores de ordem morfológica, como o aumento do tamanho corporal e da massa muscular activa (Blimkie e Sale, 1998), de ordem bioquímica, como o aumento do conteúdo de glicogénio e do ritmo com que é utilizado (Inbar e Bar-Or, 1986) e o aumento das concentrações da enzima chave da glicólise (PFK) (Eriksson et al., 1973), de ordem neuromuscular, como uma maior percentagem de activação de fibras musculares, particularmente rápidas (tipo II) e um melhor padrão do seu recrutamento, e de ordem hormonal, como o aumento das concentrações de estrogénios e testosterona (Mero et al., 1990a). A importância relativa de cada um dos factores anteriores é algo que carece de estudo aprofundado. Comumente, os estudos analisam o efeito de vários factores sobre um dado valor de *performance*, mas sem saber qual o que contribui mais ou menos para o fenómeno observado. Keller et al., (2000) mediram a *performance* anaeróbia de crianças com 5 a 7 anos que nasceram prematuramente. Verificaram que estas crianças apresentavam uma menor capacidade de desempenho anaeróbio e que tal era atribuível ao facto de terem menor quantidade de massa muscular, uma menor percentagem de fibras rápidas, um baixo conteúdo em fosfagénios e uma menor capacidade de controlo motor, comparativamente com

crianças nascidas com o tempo normal de gestação, mas não referiram qual, se é que existe, o factor de maior relevância neste conjunto. Berg e Keul (1984) estudaram também várias alterações bioquímicas decorrentes do exercício em crianças, mas também sem evidenciar qualquer tipo de hierarquização na sua ocorrência.

Através dos resultados da análise estatística relativos ao teste *Wingate* de braços verifica-se, em termos absolutos, que as diferenças entre as potências máxima, média e mínima entre grupos maturacionais e sexos são maioritariamente significativas. Com a relativização dos resultados, observam-se alterações nas relações entre grupos muito pontuais para o sexo masculino, e mais evidentes para o sexo feminino. Observa-se, também em resultado da relativização a aproximação dos valores de potência de braços dos nadadores e das nadadoras pré-púberes, o mesmo efeito que já descrevemos para a velocidade e para a força, medida quer em nado amarrado, quer em *swim bench*.

A comparação dos nossos resultados com valores da literatura mostrou uma tendência para os nossos nadadores evidenciarem potência máximas e médias de braços superiores às obtidas noutros estudos com crianças de idades próximas das dos sujeitos do presente estudo. Falk et al. (2000) compararam a potência máxima e média obtida em teste *Wingate* de braços por crianças hemofílicas do sexo masculino e por controlos saudáveis com 11.86 anos de idade. Os valores de potência relativizados dos seus controlos foram superiores aos das crianças hemofílicas e ligeiramente superiores (0.52 W.kg^{-1}), para a potência máxima, e ligeiramente inferiores (-0.69 W.kg^{-1}), para a potência média, aos dos nadadores pré-púberes do nosso estudo, mais novos 2.44 anos. Estes resultados mostram que parece existir um efeito do treino no desenvolvimento da potência de braços, particularmente na potência máxima, e que, como tal, deve haver um particular cuidado na comparação de resultados de estudos que utilizam sujeitos com nível de actividade física diferente. Falk et al. (2000) também mediram a potência máxima e média obtida em teste *Wingate* realizado em cicloergómetro e a comparação dos valores dos seus controlos com os obtidos pelos nossos nadadores pré-púberes mostra que os valores destes últimos são 0.77 W.kg^{-1} inferiores para a potência máxima e 1.23 W.kg^{-1} para a potência média. Este resultado mostra que o efeito do treino é superior nos MS, comparativamente com os MI. Quando se compara a potência de crianças não

treinadas com a de crianças treinadas mais novas que as primeiras, observa-se que as que são nadadoras têm potências superiores nos MS e potências inferiores nos MI, comparativamente com as primeiras, provavelmente pela sobrecarga que a natação coloca especificamente sobre os MS. Os valores, quer absolutos, mas particularmente relativizados ao peso corporal, de potência máxima e média dos nadadores púberes e pós-púberes do presente estudo foram muito semelhantes aos encontrados por Little (1991) em judocas, outra modalidade onde, tal como na natação, os MS estão particulares activos. Remadores masculinos adultos estudados por Koutedakis e Sharp (1986) alcançaram potências máximas e médias de MS, absolutas e relativizadas à massa corporal total, superiores às dos nossos nadadores pós-púberes, provavelmente devido ao facto da resistência oferecida pelo remo ser superior àquela que a água oferece ao deslocamento do nadador, levando a um desenvolvimento da potência dos MS superiormente estimulado para os remadores. Colantonio et al. (2003) estudaram nadadores adultos e obtiveram valores de potência máxima e média de braços inferiores aos obtidos pelos do presente estudo. A diferença poderá dever-se ao facto destes autores terem utilizado uma carga de resistência do teste *Wingate* de braços inferior à correspondente ao nosso protocolo de avaliação (4% vs. 5.8% da massa corporal).

Os resultados da análise estatística relativos ao teste *Wingate* realizado em cicloergómetro mostraram que, em termos absolutos, todas as diferenças observadas para as potências máxima, média e mínima entre grupos maturacionais e sexos foram significativas, excepto a potência mínima de MI das nadadoras púberes e pós-púberes, que evidenciaram valores próximos. Contrariamente aos resultados obtidos nos restantes testes de 30s constantes do protocolo experimental do presente estudo, no teste *Wingate* de MI não se observou a aproximação da potência máxima de nadadores e nadadoras pré-púberes com a relativização dos valores ao peso corporal, tal como indicado noutros estudos (Chia et al., 1997). Com a relativização dos valores da potência, observam-se duas alterações pontuais no perfil dos resultados: a aproximação dos valores de potência média das nadadoras púberes e pós-púberes e o desaparecimento das diferenças de género na potência mínima dos MI para as nadadoras pós-púberes. Falk e Bar-Or (1993) e Armstrong et al. (1997) também puderam notar a alteração do padrão de variação da potência

máxima e média obtida em cicloergómetro com a maturação quando relativizaram aqueles valores à massa corporal.

Mais uma vez, por motivos relacionados com a amostra em estudo, a comparação dos nossos resultados com valores de referência da literatura foi difícil de realizar. Falk e Bar-Or (1993), naquele que parece ser o primeiro estudo longitudinal relativo à avaliação das alterações da potência mecânica anaeróbia com a maturação e com a idade cronológica em rapazes circumpubertários, observaram um crescimento significativo da potência máxima e média obtida com teste *Wingate* realizado em cicloergómetro, com a maturação. Os nossos resultados mostraram, para idades cronológicas correspondentes, valores próximos dos obtidos no estudo de Falk e Bar-Or (1993) e, curiosamente, os nossos nadadores pós-púberes (idade média 18.18 anos) mostraram valores de potência máxima mais elevados que o grupo mais maturado (idade média 16.2 anos) estudado por aqueles autores (sujeitos activos não treinados), reforçando a ideia do incremento da potência anaeróbia com a maturação. Colantonio et al. (2003) obtiveram valores de potência máxima e média de nadadores adultos inferiores às dos nadadores pós-púberes do presente estudo. A diferença nos resultados poderá dever-se, contudo, ao facto da carga de resistência aplicada durante a realização do teste *Wingate* ter sido muito inferior à aplicada para os nossos nadadores (7% vs 10.5% da massa corporal). Armstrong et al. (2000) observaram um incremento da potência máxima dos MI com a idade em rapazes e raparigas de idades muito próximas das dos nadadores e nadadoras do nosso grupo pubertário. Os valores máximos registados por estes autores foram inferiores aos obtidos no presente estudo, (467.5W vs. 605.59W, para o sexo masculino, e 454.2W vs. 415.09W, para o sexo feminino). A potência média dos nossos nadadores foi também superior à encontrada por aqueles autores, ainda que a amplitude da diferença tenha sido muito menor, comparativamente com a potência máxima. As diferenças poderão estar relacionadas com o facto do estudo de Armstrong et al. (2000) utilizar crianças não treinadas e o nosso nadadores treinados. Crielaard et al., (1986) num estudo da relação entre o crescimento e a potência anaeróbia láctica referiram que esta capacidade aumenta significativamente com o crescimento, mas que os resultados das raparigas, particularmente quando normalizados ao peso, são menos robustos, comparativamente com os dos rapazes. É possível que este fenómeno seja decorrente do padrão de evolução da força

nas raparigas, que se sabe diminuir durante a fase pubertária. Doré et al. (2000) referiram que a velocidade de pedalagem é um factor não diferenciável entre crianças e adultos, sendo a força de pedalagem o maior determinante das diferenças na potência máxima de pedalagem verificadas entre crianças e adultos. Sendo a força de pedalagem o factor determinante, será natural a menor diferenciação da potência anaeróbia das raparigas quando medida por cicloergometria. Em termos de diferenças de género, Armstrong et al. (2000) utilizando a análise da regressão multinível observaram que a potência máxima dos MI é inferior para raparigas, comparativamente com rapazes de 12.2 anos de idade, resultado também obtido pelos nadadores púberes do presente estudo. De Ste Croix et al. (2001) obtiveram os mesmos resultados na comparação de rapazes e raparigas de 10 anos e de 12 anos de idade. Chia et al. (1997) não observaram diferenças de género em crianças não treinadas com 9.7 anos de idade. Os nossos nadadores pré-púberes, contudo, revelaram valores de potência absoluta e relativa superiores aos das nadadoras. Os nossos resultados mostram que parece haver uma resposta específica dos nadadores pré-púberes ao teste *Wingate* realizado em cicloergómetro que não se observa nos restantes testes do protocolo aplicado e em crianças não treinadas.

De uma maneira geral, é possível dizer que os valores de velocidade, força e potência tendem a aumentar com o desenvolvimento maturacional e a ser, na maioria dos casos, superiores para sujeitos do sexo masculino, mesmo quando se usa um factor de atenuação das diferenças imputáveis ao tamanho corporal, como seja o peso. Esta é uma conclusão importante para o treino desportivo em natação, na medida em que obriga à busca de explicações para o desvio daquelas tendências, que o treinador possa observar em nadadores de qualquer escalão competitivo ou sexo.

5.2.5. Limiares de fadiga

Na literatura do treino da natação parece estar ausente uma delimitação clara de uma fronteira aláctica-láctica, realizada por via directa, à imagem de outros limiares, como o láctico ou anaeróbio e o aeróbio, apesar de, do ponto de vista metabólico, ser clássico distinguir o potencial anaeróbio aláctica do potencial anaeróbio láctico (Navarro e Arsenio, s.d.; Troup e Trappe, 1994; Vilas-Boas,

2000) e, inclusivamente, determinar a percentagem de participação relativa do sistema aláctico enquanto fornecedor de energia (Maglischo, 2003; Rodríguez e Mader, 2003; Troup, 1984). Apesar da delimitação clara de um limiar, o desenvolvimento da capacidade aláctica continua a constituir um dos objectivos de treino da natação, existindo séries de treino, propostas por diferentes autores, construídas com base na pretensa duração do funcionamento, em regime de dominância, do sistema aláctico (Navarro e Arsenio, s.d.; Troup e Trappe, 1994; Vilas-Boas, 2000). Autores como Hirvonen et al. (1987), sugeriram, contudo, a partir da análise dos valores de ATP, CP e *L*-musculares, que estas duas vias funcionam praticamente em simultâneo, logo desde o início do esforço, o que parece desviar a atenção de um pretenso limiar aláctico-láctico e, neste sentido, questionar as séries de treino propostas para o desenvolvimento predominante do sistema aláctico. Considerando a opinião de autores como Hirvonen et al. (1987), parece, inclusivamente, ser extremamente difícil testar estas duas qualidades em separado, seja na criança, seja no adulto.

Atendendo à posição da fisiologia do esforço, o limiar aláctico-láctico, a existir, corresponderia, quando muito, ao momento em que o *shuttle* ATP-CP atinge a sua velocidade máxima de funcionamento, deixando de ser capaz de repor mais ATP por unidade de tempo do que aquele que repôs até aí. Convém reforçar que, na visão fundamental da fisiologia, não é função do *shuttle* ATP-CP fornecer energia para a contracção muscular, mas sim regular os sistemas responsáveis por aquela função (Greenhaff, 2001). Digamos que o *shuttle* ATP-CP é um sistema imediato protector de depleções acentuadas de ATP, na medida em que é capaz de repor aquele que é gasto com as primeiras contracções, enquanto, simultânea e imediatamente, estimula as vias efectivamente responsáveis pela sua produção. Neste sentido, parece particularmente ousada a busca da existência de um limiar aláctico-láctico por via indirecta, usando apenas *outputs* de esforços mecânicos, ainda que sejam estes mesmos esforços, particularmente os decorrentes de testes de força-velocidade e do teste *Wingate*, sejam vastamente utilizados para o estudo da vertente metabólica anaeróbia. No entanto, dado que a literatura da fisiologia aplicada ao treino continua a referenciar uma capacidade anaeróbia aláctica a desenvolver, neste último sentido, a ideia avançou para o campo da investigação e, mais do que um valor específico de sinalização de transição de regimes de dominância metabólica, aquilo que se procurou, inicialmente, foi um padrão de mudança

de regime de manifestação de uma dada capacidade motora, eventualmente comum a diferentes esforços, eventualmente comum em nadadores de diferentes idades e eventualmente comum a nadadores de ambos os sexos. Procurou-se ainda a eventualidade de um indicador metabólico particularmente lábil, o La^- sanguíneo capilar, proporcionar também uma aproximação a este possível limiar alático-lático, consonante com os resultados da avaliação mecânica. Nesta busca por coincidências, de certa forma solitária, não balizada por dados da literatura e, por isso, plena de expectativas, encontraram-se alguns padrões interessantes que se passam a discutir, quer numa abordagem fisiológica fundamental, quer aplicada.

O número total de LF determinados a partir de curvas de velocidade, força e potência variou entre 1 e 3, sendo que o número mais representativo para cada grupo maturacional foi função da variável de *output* de cada teste. Foi possível perceber uma predominância de curvas com 2 LF para a velocidade de nado livre, a predominância de curvas com 1 LF para a força medida em nado amarrado e simulado, e uma distribuição mais ou menos equitativa de curvas com 1 e com 2 limiares para a potência de MS e de MI, medida em teste *Wingate*. Contudo, nem todos os limiares anteriormente descritos puderam ser confirmados através do conteúdo das frequências de cada intervalo temporal por eles definido, nomeadamente o primeiro limiar de curvas com 2 limiares de velocidade, obtidas em nado livre, e de força, obtidas em nado amarrado, bem como qualquer dos limiares determinados em curvas de força obtidas em nado simulado em *swim bench*. Seria lógico, por assim acontecer, desconsiderar a existência desses limiares, mas três ordens de razões presidiram à decisão de os continuar a considerar enquanto LF, apesar da falta da sua confirmação pelo conteúdo das frequências. Primeiro, como discutiremos mais à frente, através da análise da variação intracíclica da velocidade e da força foi possível observar uma alteração do padrão de comportamento da curva média de variação intracíclica da velocidade e da força referentes a cada intervalo temporal. Segundo, foi possível comparar outros indicadores de fadiga, de ordem mais macroscópica, calculados para cada intervalo temporal, e perceber a existência de diferenças com significado estatístico antes e após a ocorrência dos LF em causa. Por fim, a estratégia adoptada para comparar o conteúdo das frequências de cada intervalo temporal poderá ter ocultado a verdadeira expressão dos resultados, particularmente devido à sua elevada variabilidade

interindividual. O conteúdo das frequências de cada intervalo foi analisado utilizando apenas o valor da frequência máxima e o valor da frequência de lobo de amplitude máxima, não se considerando o restante espectro de frequências do intervalo. Pensamos que, de futuro, será de repensar a forma de análise do conteúdo do todo do espectro das frequências, não limitando a análise a apenas dois valores principais e tentando minimizar o efeito das diferenças de resposta nos diferentes sujeitos, se bem que não utilizando (como não utilizámos) a frequência média, que teria como efeito a atenuação das eventuais diferenças. Desta forma, talvez saia reforçada a confirmação dos limiares calculados e se aprimore o procedimento matemático de análise até agora desenvolvido. Ultrapassada a questão anterior, os resultados referentes ao número total de limiares determinados em cada tipo de curva parecem ser particularmente lógicos, na medida em que se reconheçam enquanto momentos de alteração de frequências de sinal, os quais podem ser mais ou menos coincidentes com possíveis limiares de origem metabólica.

No caso particular da velocidade, uma capacidade física muito dependente de uma relação óptima entre a força do nadador e a sua capacidade de desempenho técnico, ou do seu nível de coordenação (Costill, 1999; Tanaka et al., 1993), faz algum sentido que a instalação da fadiga, nomeadamente a nível central, mas também com contornos periféricos, possa justificar um primeiro momento do decaimento da velocidade de nado (1º limiar). O decréscimo da actividade nervosa cerebral e, em consequência, do impulso nervoso que percorre os nervos motores, reduz a frequência de disparo dos motoneurónios, havendo UM que deixam de ser recrutadas e UM que ficam menos aptas a desencadear o potencial de acção responsável pela contracção muscular. Em nadadores menos treinados, a perda de capacidade contráctil e a consequente menor capacidade de manter o mesmo nível de coordenação, levará a uma perda de eficácia propulsiva e ao aparecimento de um LF. O'Beirne et al. (1994) encontraram esta relação entre fraca coordenação e baixa velocidade em crianças pré-púberes no desempenho em *sprint* de corrida de 50m e Vandewalle et al. (1991) encontraram evidências da ocorrência de fadiga central num teste *Wingate* com 45s de duração.

Do ponto de vista metabólico e numa visão mais periférica da fadiga, o primeiro LF poderá também ter origem, na visão do treino e da fisiologia, respectivamente, na falência do sistema ATP-CP

(cessação do fornecimento de energia determinantemente pela via aláctica) ou no alcance da velocidade máxima de funcionamento do *shuttle* ATP-CP. O 2º LF parece, contudo, menos justificável pela perspectiva anterior. A ser o 1º LF um limiar metabólico aláctico-láctico, então, o 2º limiar já deveria, por lógica, corresponder a um limiar láctico-aeróbio, o que parece fazer pouco sentido face ao tempo total de esforço de 30s. A explicação metabólica para o segundo limiar não parece, assim, ser razoável, o que nos leva a uma terceira hipótese explicativa do fenómeno observado, assente no padrão de recrutamento alternado das fibras musculares. Dado que o esforço realizado em qualquer um dos testes realizados foi máximo logo desde o início, o apelo às fibras do tipo IIB/IIX (Lefaucheur et al., 1998) terá sido particularmente importante. Estas fibras, altamente potentes pela elevada capacidade de funcionamento da via anaeróbia, fatigam depressa, dando lugar às fibras do tipo IIA (1º limiar), inicialmente, e às fibras do tipo I (2º limiar), quando as anteriores fatigam, todas a funcionar em dominância metabólica anaeróbia. Sargeant e de Haan (2006) desenvolveram uma técnica de micro dissecação para obter fragmentos de fibras musculares e estudar o padrão de recrutamento das fibras musculares e a concentração de fosfatos de alta energia nestas mesmas fibras, antes e após esforço máximo em cicloergómetro. Os autores observaram uma redução de 70% das concentrações de ATP, após 10s de esforço, nas fibras tipo IIX e de 40% nas fibras tipo IIA, em relação aos valores de repouso. Ao fim de 25s de esforço, as fibras tipo IIA tinham já uma depleção de 60% do valor de repouso. Os percentuais de depleção observados por estes autores parecem poder deixar adivinhar a ocorrência de LF eventualmente próximos dos observados no presente estudo, através da análise de sinais de velocidade, e, como veremos mais à frente, também de força e potência musculares.

Os nadadores pré-púberes, de menor competência técnica comparativamente com os mais velhos, tenderam a apresentar o maior número de limiares em curvas de velocidade. Esta relação tendencialmente inversa observada entre o número de LF (ou decréscimos acentuados da velocidade de nado), determinados a partir das curvas de velocidade, e o estatuto maturacional, leva-nos a pensar, também, numa eventual causa de origem biomecânica, como seja a instabilidade técnica do nado, particularmente porque as crianças parecem ser mais resistentes à fadiga do que os adultos (Ratel et al., 2004). A maior instabilidade dos padrões técnicos de nado das crianças,

comparativamente com os adultos, foi também mostrada por Chollet et al. (1997) e Kjendlie et al. (2004a). Uma vez que, no nosso estudo, ao desenvolvimento maturacional mais avançado corresponde, também, uma maior experiência de treino e uma melhor competência técnica, é possível que a instabilidade mecânica da braçada seja mais responsável pela ocorrência dos LF do que as alterações metabólicas musculares propriamente ditas. Neste sentido, nalguns dos nadadores menos maturados, a alteração do registo das frequências das curvas da velocidade instantânea de nado pode ter decorrido da instabilidade do nado e não de qualquer fenómeno energético ou outro com ele mais ou menos relacionado. Os LF mais precisos foram os determinados a partir de curvas de velocidade caracterizadas por um ou dois limiares, tal como demonstrado a partir da análise estatística efectuada sobre os resultados dos valores das frequências. Neste sentido, ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os intervalos temporais das curvas com 3 LF do grupo pré-púbere parecem reforçar a ideia da sua técnica de nado ser mais instável. Pelo menos, torna-se difícil explicar tantos limiares à luz do metabolismo celular ou do padrão de recrutamento alternado das fibras musculares. A aproximação dos resultados do grupo pubertário, em termos de número de limiares, aos resultados do grupo pós-púbere, parece revelar-se, ainda, como mais um ponto a favor da inexperiência técnica de nado como um dos factores responsáveis pelas várias quedas da V_{med} de nado em esforços máximos anaeróbios.

Em suma, para alguns dos nadadores mais novos, eventualmente os tecnicamente menos competentes, o facto de se encontrarem vários momentos de alteração óbvia da frequência do sinal da velocidade poderá não ser imputável, na nossa opinião, a alterações dos processos metabólicos ou ao próprio processo da contracção muscular. Neste sentido, os LF, quando de curvas em que há um ou dois limiares, poderão ter uma origem e/ou justificação da sua ocorrência diferente dos LF de curvas em que há três ou mais limiares.

Em esforços que envolveram essencialmente força, ou em que esta foi medida como parâmetro de *output*, o 2º limiar tendeu a desaparecer. A frequência do sinal de força das curvas analisadas, seja de nado amarrado, seja de nado simulado em *swim bench*, tendeu a alterar-se apenas uma vez, possivelmente no decurso da ocorrência da transição de um regime metabólico muito potente, de

dominância aláctica, para um regime menos potente, de dominância láctica, encarando a explicação do fenómeno na perspectiva do treino. O alcance da velocidade máxima de funcionamento do *shuttle* ATP-CP, a falência das fibras tipo IIB e a ocorrência de fadiga central, com efeitos negativos sobre a capacidade de contracção muscular, são factores que, num âmbito mais puramente fisiológico, também poderão caber na explicação do fenómeno.

A potência é uma capacidade dependente quer da força, quer da velocidade, na medida em que se constitui como produto das mesmas, e a análise da sua variação ao longo do tempo de esforço foi analisado através de um procedimento matemático diferente do utilizado para a velocidade e para a força. Ainda que utilizando uma metodologia de análise que não passou pela frequência do sinal, foi interessante perceber que o número predominante de limiares determinados a partir das curvas de potência também variou entre 1 e 3, com predominância, mais uma vez, para as curvas com 1 e 2 limiares. Curvas com 3 LF foram observadas para alguns nadadores pré-púberes e púberes masculinos, nos testes *Wingate* realizados em ergómetro de braços e em cicloergómetro e nas nadadoras púberes, apenas no teste de *Wingate* para determinação da potência dos MS. Tal como aconteceu com a velocidade e com a força obtida em nado amarrado, também no caso da potência o número mais elevado de limiares foi determinado em curvas de nadadores mais jovens. Dado o tipo de movimento cíclico realizado nos testes *Wingate*, a atribuição da eventual responsabilidade do resultado à mecânica do gesto realizado parece não ser tão evidente, ainda que a descoordenação também ocorre nos movimentos circulares típicos de pedalagem, descoordenação essa que pode passar pela aplicação da força num momento menos apropriado da volta do pedal.

Mais importante do que conhecer o número de LF afectos a curvas de velocidade, força ou potência é, sem dúvida, saber o momento temporal a que cada um deles corresponde. Saber a quantos segundos do início de esforço curto, realizado à intensidade máxima ocorre a primeira transição de regime metabólico é algo que interessa muito quer à ciência, quer particularmente ao treinador, que poderá, eventualmente, ter aqui uma ferramenta de controlo e de apoio ao planeamento do treino da resistência, desta vez, anaeróbia. Os autores da fisiologia do treino até agora apenas apontaram valores teóricos prováveis para a ocorrência de um primeiro LF, variáveis entre os 5 e os 20s e correspondentes, segundo os mesmos, à capacidade do sistema aláctico. É importante ressaltar,

no entanto, que a partir da análise das *wavelets* é apenas possível determinar zonas onde o padrão de comportamento do conteúdo das frequências se altera visivelmente, zonas essas que encontram uma correspondência directa sobre as curvas de força ou velocidade. Este não é, aliás, um feito inesperado, uma vez que o nadador vai ajustando a técnica de acordo com a fadiga que vai sentindo e o ajustamento não é instantâneo (Keskinen, 1997), requer antes um determinado intervalo de tempo. A questão fundamental que aqui se coloca é se a mudança de regime de velocidade, força ou potência pode, ou não, espelhar a ocorrência de um limiar metabólico.

Os momentos de ocorrência dos LF encontrados nas curvas velocimétricas obtidas em nado livre situaram-se entre os 9 e os 17s, ou seja, dentro dos valores apontados por Gatin (2001), quando se refere à predominância de participação da via aláctica nos esforços curtos e de intensidade máxima. O primeiro LF determinado em curvas com 2 limiares ($\cong 9s$) foi sempre de valor significativamente inferior ao limiar das curvas com 1 limiar ($\cong 13s$), mas é um facto que não foi possível confirmá-lo a partir do conteúdo das frequências dos 1º e 2º intervalos temporais por ele definidos, possivelmente devido à elevada variabilidade observada nos resultados dos diferentes nadadores. O 2º limiar das curvas com 2 limiares ($\cong 17s$) foi sempre superior ao limiar das curvas com 1 limiar. Neste sentido e ainda que no domínio puramente especulativo, parece ser mais seguro, pelo menos de momento e face às análises que foram possíveis realizar, dizer que um possível limiar aláctico-láctico estará mais próximo da zona dos 13 do que dos 9s, ainda que estejamos a falar de momentos temporais muito adjacentes e que os LF definidos correspondam, mais efectivamente, a zonas temporais de mudança e menos a pontos exactos no tempo. Foi ainda interessante notar que a ocorrência dos vários limiares parece não ser influenciada pelo estatuto maturacional dos nadadores, pelo menos nas curvas com 2 limiares, onde o comportamento dos sujeitos foi muito idêntico. Apenas foram diferentes o LF de curvas com 1 limiar de nadadores pré ($\cong 15s$) e pós-púberes ($\cong 12s$), facto possivelmente explicado pelo menor nível de competência técnica dos primeiros, que não aplicarão a sua força com a mesma eficácia que os nadadores mais velhos, retardando o aparecimento da fadiga.

A partir da avaliação das curvas de força obtidas em nado amarrado foi possível perceber a mesma tendência dos resultados já discutidos para a velocidade, como sejam o limiar das curvas com um

LF a ocorrer significativamente mais tarde ($\cong 14s$) que o 1º limiar das curvas com 2 limiares ($\cong 10s$). Percebeu-se também um 2º limiar das curvas com 2 limiares ainda significativamente mais tardio ($\cong 19s$). Na tentativa de olhar para os primeiros limiares como indicadores de transição de regime de predominância metabólica, mais uma vez se nota uma aproximação a Gatin (2001) e a Brooks et al. (2000) e um distanciamento de autores como Powers e Howley (1997), Maughan et al. (1997) e Guyton e Hall (2002), que apontam para uma perda de protagonismo da via aláctica anterior aos 10s. Aos resultados de Guyton e Hall (2002) aproximam-se os valores do 1º limiar das curvas com dois limiares, mas tal como aconteceu para a velocidade, também para a força não foi possível confirmá-lo a partir do conteúdo das frequências dos intervalos temporais adjacentes. O estudo da força em nado amarrado permitiu reforçar a ideia já expressa para a velocidade de que a maturação parece não influenciar o momento de ocorrência dos LF, sendo que a exceção encontrada para a velocidade desapareceu na força, possivelmente pela menor influência da técnica de nado.

O LF das curvas com 1 limiar correspondentes ao teste de nado simulado em *swim bench* foi significativamente mais tardio que o 1º LF das curvas com 2 limiares ($\cong 13$ vs. $\cong 9s$) e ocorreu significativamente mais cedo que o 2º limiar ($\cong 13$ vs. $\cong 18s$), seguindo o perfil dos resultados referentes ao nado livre e amarrado e mostrando uma relação com um possível limiar aláctico-láctico próximo do sugerido por Gatin (2001) e Brooks et al. (2000). Um resultado que se mostrou distinto do dos testes de nado livre e amarrado foi a impossibilidade de confirmar, utilizando o conteúdo das frequências de cada intervalo temporal, quer o limiar referente às curvas com 1 limiar, quer os limiares referentes às curvas com dois limiares. Mais uma vez se reforça, também, a ideia de que a maturação não parece influenciar os resultados, apesar dos dados de nado simulado se reportarem apenas aos grupos maturacionais extremos, uma vez que para o grupo de nadadores púberes não foi possível realizar a mesma análise.

Como já referimos anteriormente, é um facto que os LF apenas indicam que o conteúdo da frequência do sinal de velocidade ou de força se alterou de forma evidente, o que pode não ter ocorrido obrigatoriamente devido à fadiga, nomeadamente a decorrente de alterações do fornecimento energético associado a mudanças no regime metabólico. Referimos também ser

possível que as poucas curvas com 3 limiares (e mesmo uma com 4 limiares) que surgiram durante a análise efectuada no grupo dos nadadores pré-púberes possam estar relacionadas com uma grande instabilidade na técnica de nado, até porque o grupo pré-púbere era basicamente constituído por nadadores ainda em formação. Neste sentido, para podermos confirmar ou reconfirmar os limiares predeterminados e para podermos reforçar a relação eventualmente existente entre os LF de velocidade e de força e a fadiga decorrente da falência dos processos metabólicos mais potentes ou doutra alteração fisiológica afim, como a falência das fibras musculares de contracção rápida, procedemos à análise da variação intracíclica da velocidade e da força, referentes a cada intervalo temporal, bem como à análise do comportamento de alguns indicadores mais macroscópicos de alteração do padrão de nado, alteração essa muitas vezes justificada pela ocorrência da fadiga (Alberty et al., 2003; Toussaint et al., 2006).

No âmbito da variação intracíclica da velocidade, foi possível observar a ocorrência de uma redução do valor médio da velocidade instantânea depois de cada um dos LF determinados. Foi também visível a atenuação de alguns picos de velocidade intracíclica, principalmente nos nadadores pré-púberes e púberes, do primeiro para o último intervalos temporais definidos por esses mesmos limiares, o que parece traduzir uma perda de capacidade de aceleração, dentro do ciclo de nado, com a fadiga. No início do teste máximo de nado livre os nadadores parecem ter realizado uma braçada mais concordante com as várias fases constituintes do trajecto subaquático descrito para a técnica de crol, com as mudanças de direcção do movimento a ocorrerem durante o mesmo, o que conduz a várias fases de aceleração responsáveis pela existência de picos de velocidade mais marcados no perfil de velocidade do ciclo de nado. Depois da ocorrência do ou dos LF e mais para o final do esforço máximo de nado de 30s, quando a fadiga parece ter-se declaradamente instalado, o padrão da braçada parece também ter-se tornado mais rectilíneo, uma vez que os picos de aceleração estão atenuados, o que resulta numa menor V_{med} de deslocamento por braçada. Estas conclusões encontraram alguma concordância com resultados de estudos relativos aos efeitos da fadiga sobre o padrão de nado. Alberty et al. (2003), num estudo relativo aos efeitos da fadiga sobre a coordenação dos MS na técnica de crol, concluíram que os nadadores realizam acções propulsivas mais demoradas sob condições de fadiga, mas a V_{med} , tal como no presente estudo,

cai com o aumento do tempo de esforço. Aujouannet (2006) encontrou, também, alterações nos parâmetros temporais da braçada, relativos à trajectória aquática dos dedos na técnica de crol. O maior tempo dispendido nas acções propulsivas encontrado por Alberty et al. (2003) e por Aujouannet (2006) parece poder relacionar-se também com alterações da trajectória do punho (Deschodt, 1999) e com o decréscimo da velocidade do deslocamento da mão (Alves, 1999), factores que também podem estar na base da atenuação de alguns dos picos de aceleração, dentro do ciclo de nado, que observamos no presente estudo. Foi interessante notar a ausência de um padrão concreto de variação intracíclica da velocidade nos casos das curvas em que foram determinados três LF. Os quatro intervalos temporais definidos pelos três limiares mostraram ciclos médios de variação intracíclica da velocidade absolutamente atípicos entre si, o que parece reforçar a ideia já atrás enunciada de que, provavelmente, a falta de estabilidade técnica dos nadadores pré-púberes não deixa perceber a ocorrência de um LF que se esperaria ser de maior motivação fisiológica do que mecânica. Esta mesma ideia sai ainda mais reforçada quando, ao analisar a alteração do padrão de variação intracíclica da velocidade com a maturação, para além do óbvio decréscimo da V_{med} , foi possível perceber um aumento da regularidade das curvas, quer com 1, quer com 2 LF, dos nadadores pré para os nadadores pós-púberes.

Em termos de padrão de variação intracíclica, no capítulo da força obtida em nado amarrado é também visível a atenuação de picos de força, no ciclo médio, de intervalo temporal para intervalo temporal. Ou seja, após os LF, os nadadores continuam a aplicar força sensivelmente nas mesmas fases do trajecto motor, mas os valores intracíclicos máximos são inferiores aos das fases iniciais do esforço. A principal ocorrência que se encontra, na variação intracíclica da força obtida em nado amarrado, ao analisar o factor maturação, é, tal como na velocidade, uma menor F_{med} , a par da inexistência de valores intracíclicos máximos de força tão acentuados, para os nadadores mais velhos. Este resultado parece poder ser explicado pelo facto da força estar menos dependente da competência técnica dos nadadores, comparativamente com a velocidade. Aliás, na própria situação de nado amarrado, contemplar o desempenho técnico é, por si só, particularmente difícil, uma vez que desde há muito se enuncia como limitação do nado amarrado a incapacidade do nadador manter o mesmo perfil de braçada do nado livre (Maglischo e Maglischo, 1984).

A observação dos ciclos médios de variação da força obtida em nado simulado em *swim bench* permite concluir, desde logo, uma menor variação intracíclica, comparativamente com a velocidade e com a força obtida em nado amarrado, uma vez que os traçados gráficos tendem a ser mais planos. Este resultado parece poder decorrer do facto de muitos nadadores, particularmente os mais jovens e os que têm pouca experiência de treino no banco, de acordo com o que nos pudemos aperceber, terem particular dificuldade em reproduzir as componentes da acção subaquática da braçada da técnica de crol. Aliás, esta é uma limitação do próprio banco biocinético (Schleihauf et al., 1983). No nado simulado notou-se, assim, uma diminuição dos níveis médios de força produzidos nas fases iniciais do esforço, depois da ocorrência, quer do primeiro, quer do segundo LF, a par de uma tendência para a minimização da produção de picos de força dentro do ciclo médio de nado, picos estes que, como referimos, também já não eram tão expressivos, no início do esforço, como os observados nas curvas de nado livre e amarrado. A produção de força em cada ciclo de braçada simulada pareceu ser mais constante, quando comparada com o nado livre e amarrado. Apesar desta resposta ligeiramente diferente ao esforço de nado simulado, em termos de variação da força com a maturação, tal como nos dois primeiros testes, também foi claro o aumento da F_{med} dos nadadores pré para os pós-púberes.

Em relação a outras variáveis possivelmente discriminantes do comportamento dos nadadores nos diferentes intervalos temporais definidos pelos LF, foi possível observar algumas diferenças significativas que reforçam os LF determinados. No estudo da ocorrência de LF durante o nado livre, as variáveis mais importantes e aquelas em que se esperavam as maiores alterações após a ocorrência dos limiares eram, obviamente, a DC, a FG e o IC, parâmetros já várias vezes utilizados na literatura enquanto indicadores de fadiga (Keskinen, 1997). A par, esperavam-se também alterações significativas do tempo médio de duração dos ciclos antes e após os limiares, bem como a queda do valor médio da velocidade e o aumento do seu CV. Em duas outras variáveis de menor peso (tempo total de duração do esforço e distância total de nado correspondentes a cada intervalo) as expectativas para os resultados eram menores, particularmente porque a análise das *wavelets* foi aplicada após a remoção da partida e deslize iniciais e da chegada. De uma forma geral, observou-se que o número de diferenças com significado estatístico, nos parâmetros anteriores, observadas

entre intervalos temporais, aumentou com a maturação. Pensamos ser legítimo referir, mais uma vez, que tal se possa dever à maior estabilidade técnica de nado dos nadadores mais velhos e mais experientes. Nos nadadores pré-púberes, não foi mesmo possível discriminar diferenças no comportamento de qualquer das variáveis anteriores, observado antes e após a ocorrência do LF das curvas de velocidade com 1 limiar e do 1º LF das curvas com 2 limiares. O 2º limiar das curvas com dois limiares pôde ser confirmado pelo tempo de duração de cada ciclo, pela FG e pelo CV da Vmed, que aumentaram significativamente, e pela própria Vmed, que diminuiu significativamente. Nos nadadores púberes, o limiar de curvas com 1 limiar discriminou intervalos temporais com tempos de ciclo, FG, IC, Vmed e CV da Vmed significativamente diferentes. O 1º limiar de curvas com 2 limiares não parece ter discriminado, mais uma vez, intervalos temporais significativamente distintos, mas o 2º limiar discriminou intervalos temporais significativamente diferentes ao nível do tempo e distância totais de teste e do IC. Nos nadadores pós-púberes, o limiar observado em curvas onde apenas foi discriminado um limiar foi confirmado por todas as variáveis discriminantes de comportamentos distintos entre os intervalos temporais adjacentes, excepto pela DC e pelo CV da Vmed. Os resultados referentes à DC não são surpreendentes, na medida em que, na literatura, há várias referências ao facto dos nadadores, com a fadiga, estabilizarem a DC e aumentarem a FG, na tentativa de manterem a velocidade de nado (Keskinen, 1997; Toussaint et al., 2006). Os CV da Vmed semelhantes nos dois intervalos temporais indicam e reforçam o que temos vindo a afirmar acerca da maior estabilidade de nado dos nadadores mais velhos e mais experientes, que parecem alterar menos o padrão técnico de nado com a fadiga. Contudo, parece haver um contracenso com o facto do CV da Vmed ter mostrado resultados similares nos pré-púberes. Pensamos, no entanto, que a ausência de diferenças com significado estatístico neste grupo se deveu, exactamente, à maior grandeza da variação da Vmed, à instabilidade do nado, e à grande variação observada nos CVs entre nadadores. Ou seja, o valor do CV foi muito maior nos mais novos do que nos mais velhos, não havendo grandes diferenças entre intervalos temporais adjacentes, mas por motivos diferentes: instabilidade constante e elevada variabilidade nos resultados dos pré-púberes e estabilidade do nado nos nadadores pós-púberes. Os nadadores púberes situaram-se numa posição intermédia, mostrando CVs significativamente diferente nas curvas com 1 limiar, mas similar nas curvas com dois limiares. Foi ainda curioso notar, seguindo esta linha de análise, que nos

nadadores pré-púberes, o CV tendeu a aumentar com a fadiga (ainda maior instabilidade no nado nas fases finais do esforço), ainda que não de forma significativa entre intervalos adjacentes. Nos mais velhos, púberes e pós-púberes, tendeu a diminuir ligeiramente ou a manter-se (maior capacidade em controlar a fadiga, mantendo um padrão de nado semelhante do início ao fim do esforço).

Nas curvas de velocidade dos nadadores pós-púberes em que foram determinados dois LF, o 1º limiar apenas pôde ser confirmado pela V_{med} , que foi significativamente menor no segundo intervalo temporal, enquanto os restantes parâmetros não sofreram alteração significativa com a fadiga. É possível que tal tenha acontecido pelo facto deste limiar acontecer mais cedo que o correspondente às curvas com 1 limiar, não dando tempo a que as manifestações mecânicas da fadiga se tornassem mais evidentes, tal como já aconteceu no segundo limiar, em que os resultados estatísticos mostraram diferenças em todas as variáveis, excepto na DC e no CV, tal como já se havia verificado para as curvas com apenas 1 limiar.

Em termos de análise do decaimento da força obtida em nado amarrado e em nado simulado em *swim bench* e da capacidade dos LF discriminarem intervalos temporais com características diferentes ao nível de algumas variáveis mecânicas, particularmente variáveis indicadoras de estabilidade ou instabilidade técnica de nado, os resultados foram ligeiramente diferentes dos observados para a velocidade. Relembremos ainda que, no estudo da força, apenas foi possível estudar os grupos maturacionais extremos. Tendo esta indicação em mente, contrariamente ao que se havia observado nas curvas de velocidade, foi possível discriminar, para ambos os grupos maturacionais, intervalos temporais adjacentes significativamente diferentes em curvas com um limiar. Foram significativamente diferentes variáveis como o tempo de ciclo, a FG a F_{med} e o seu CV, para o nado amarrado, e a F_{med} e o seu CV, para o nado simulado (e também o tempo de ciclo, mas apenas para os nadadores mais maturados). Nas curvas com 2 limiares, apenas referentes a nado amarrado e a nadadores pré-púberes, apenas a F_{med} teve capacidade para discriminar comportamentos significativamente distintos entre o 1º e 2º intervalos temporais, tendo o tempo de ciclo e a FG tido capacidade discriminante relativa ao 2º e 3º intervalos temporais, mostrando uma influência mais tardia da fadiga sobre a mecânica de nado, a qual não se observou,

nem para os nadadores mais maturados, nem no teste de nado simulado. Este resultado foi contrário ao verificado para a velocidade, em que os segundos limiares das curvas com 2 limiares discriminavam intervalos temporais com diferenças mais marcadas que os relativos à força, provavelmente decorrentes das alterações do padrão técnico de nado. Note-se, em reforço da afirmação anterior, que o CV da Fmed tendeu a aumentar com a fadiga nos dois grupos maturacionais, quer em nado amarrado, quer em nado simulado. Pensamos que a diferença nos resultados, comparando com a velocidade, poderá ser o facto da técnica de nado não ter tanta influência sobre a competência para aplicar força, seja na água, nadando amarrado, seja em nado simulado em banco biocinético, como terá na competência para desenvolver a velocidade de nado.

Independentemente da variável de estudo considerada (velocidade ou força) e do nível maturacional dos nadadores, a maior capacidade de discriminação dos segundos LF, comparativamente com os primeiros, parece reunir alguma lógica quando pensamos que, quanto mais próximo está o nadador do final do esforço, maiores serão as alterações mecânicas do gesto que realizam e, em consequência, maior a amplitude das diferenças observadas.

Em jeito de síntese, podemos dizer que o uso de transformadas de *wavelet* mostrou ser um procedimento válido para determinar alterações no padrão da velocidade de nado e de força obtida em nado amarrado e simulado em *swim bench*. Essas alterações foram assinaladas como “limiares de fadiga” e, considerando apenas a análise do conteúdo da frequências dos sinais, os limiares pareceram ser particularmente válidos para nadadores mais experientes (púberes e pós-púberes), eventualmente por serem tecnicamente melhores que os pré-púberes. Contudo, após a discussão anterior, não nos parece de todo ilógico afirmar que a determinação de LF utilizando as *wavelets*, enquanto procedimento matemático, pode e deve ser acompanhada de outros recursos de confirmação dos limiares, que não só o conteúdo das frequências de cada intervalo temporal. Assim o fizemos neste estudo, utilizando alguns parâmetros de análise macroscópica de qualidade de nado. Desta forma conseguir-se-ão, até, informações particularmente importantes no âmbito das alterações encontradas no padrão técnico do nado, as quais terão ainda, de futuro, de ser estudadas com muito mais pormenor, nomeadamente associando cada alteração à fase do trajecto motor que lhe corresponde. Quando mais testes estiverem disponíveis, poderá ser possível mostrar

que o procedimento também é válido para indicar uma zona de transição entre sistemas metabólicos de produção de energia ou a alternância no padrão de recrutamento de fibras musculares. No fundo, espera-se poder vir a determinar as causas biológicas dos sinais mecânicos da fadiga. De momento, apenas um vasto conjunto de coincidências, que era o que procurávamos, parece indiciar este facto e entusiasmar os investigadores para percorrer novos caminhos.

A reduzida frequência de amostragem (1 Hz) do teste *Wingate* inibiu a utilização das *wavelets* para determinar LF nas curvas de potência, quer de MS, quer de MI. Neste sentido, foi tentado outro procedimento matemático distinto para chegar aos LF, cuja confirmação, através da distinção do conteúdo de cada intervalo, foi mais difícil, pelo facto do número de variáveis a comparar ser bastante mais escassa.

O LF de curvas com um limiar ($\cong 13s$) correspondente a esforços mecânicos realizados apenas com os MS ocorreu significativamente mais tarde que o primeiro limiar de curvas com dois limiares ($\cong 8s$) e significativamente mais cedo que o segundo limiar ($\cong 19s$), quando considerados os valores de todos os escalões maturacionais em conjunto. A análise independente, por escalão maturacional, revelou um perfil de resultado diferente apenas para os nadadores pré-púberes, onde se verificou ausência de diferenças significativas entre o limiar das curva com 1 limiar (12.90 ± 5.40) e o primeiro limiar da curva com dois limiares (6.05 ± 3.24). Dada a diferença de aproximadamente 6s entre os valores dos dois limiares, provavelmente a ausência de significado estatístico deveu-se ao reduzido número de sujeitos constituintes das amostras comparadas ($n=5$). As diferenças entre o primeiro e segundo limiares das curvas com dois LF foram estatisticamente significativas. Tal como já se havia verificado nos testes de nado livre, amarrado e simulado, também no teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços a ocorrência de cada limiar pareceu não estar dependente do desenvolvimento maturacional dos nadadores, uma vez que não se verificaram diferenças significativas entre grupos.

Relativamente a esforços mecânicos de pedalagem, realizados apenas com os MI, observaram-se diferenças significativas entre todos os limiares, quer quando os grupos maturacionais foram considerados de forma independente, quer quando os valores de todos os grupos foram analisados em conjunto. Neste sentido, o limiar de curvas com um limiar ($\cong 11s$) ocorreu significativamente

mais tarde que o primeiro limiar de curvas com dois limiares ($\cong 7s$), o qual, por sua vez, ocorreu significativamente mais cedo que o segundo limiar das mesmas curvas ($\cong 18s$). Contrariamente ao observado no teste *Wingate* realizado com os MS, em cicloergometria foram observadas diferenças significativas entre os LF de curvas com um limiar correspondentes a cada grupo maturacional. Os nadadores púberes apresentaram o limiar mais tardio (13.44 ± 4.9), seguindo-se os pré-púberes (12.90 ± 5.4) e os pós-púberes (9.29 ± 2.5). A ocorrência mais precoce do limiar nos nadadores mais maturados pode estar relacionada com o facto destes nadadores serem capazes de aplicar níveis de força superiores logo no início do teste, fatigando mais depressa, comparativamente com os nadadores dos restantes escalões maturacionais, cuja diferença, do ponto de vista substantivo, é mínima e a variação interindividual elevada (valores elevados dos desvios padrão). A expressão destes resultados pode, ainda, estar conforme a menor capacidade anaeróbia das crianças, vastamente referida na literatura no decurso da avaliação de *outputs* mecânicos do teste *Wingate* (Armstrong et al., 2000; Inbar e Bar-Or, 1986; Williams, 1997). O aparecimento mais tardio da fadiga com a maturação pode ser o resultado da melhoria da funcionalidade anaeróbia, no seu todo, ou nalgum dos seus aspectos particulares. A fundamentação destes resultados com a literatura torna-se particularmente difícil pela novidade da análise realizada e são necessários trabalhos futuros para atestar sobre a legitimidade da fundamentação realizada.

Na tentativa de confirmar os LF calculados em curvas de potência, comparou-se o valor do declive da recta ajustada a cada intervalo temporal definido por cada limiar e testou-se a qualidade do ajuste dessa mesma recta, utilizando, para tal, o valor de r^2 . A potência média e o número de RPM correspondentes a cada intervalo temporal também foram comparados. As comparações foram realizadas dentro de cada grupo maturacional.

O LF de curvas de potência de MS onde foi definido apenas um limiar discriminou dois intervalos temporais em cujos valores de declive, r^2 , potência média e número de RPM médias foram significativamente diferentes, para todos os grupos maturacionais. O declive tendeu a diminuir no segundo intervalo temporal, o que significa que a queda da potência é mais abrupta durante o primeiro intervalo, até à ocorrência do LF, tendendo, posteriormente a decair menos. Neste sentido, são óbvios, também, os menores valores de potência média e de RPMs observados no segundo

intervalo temporal. Ainda relativamente ao segundo intervalo, notou-se uma menor qualidade do ajuste das rectas, o que pareceu dever-se à maior dificuldade em manter o esforço estável, particularmente devido à fadiga acentuada, após a ocorrência do LF. Nas curvas com dois LF, o perfil dos resultados não foi similar entre grupos maturacionais. Assim, no grupo dos nadadores pré-púberes não se encontraram diferenças significativas nos declives, r^2 , potência média e número de RPM correspondentes a intervalos temporais adjacentes. No grupo de nadadores púberes, o primeiro limiar das curvas com dois limiares discriminou intervalos temporais onde o declive a potência média e o número de RPM foram significativamente diferentes (menores no segundo intervalo). Contudo, o segundo limiar não pode ser confirmado através das diferenças entre os intervalos temporais por ele definidos. O único factor que mostra a probabilidade da ocorrência deste segundo limiar é a pior qualidade de ajuste da recta correspondente ao terceiro intervalo temporal, comparativamente com o segundo, o que parece mostrar uma fase final do esforço particularmente árdua. Para os nadadores mais maturados, contudo, para além da confirmação do primeiro limiar, também foi possível a confirmação do segundo, quer através da potência e número de RPM médias, quer através da qualidade do ajuste das rectas. Apenas o declive das rectas do segundo e terceiro intervalos temporais não foram significativamente diferentes. Somente 6 nadadores púberes realizaram testes *Wingate* de braços em que as curvas de potência produzidas permitiram determinar a existência de três LF. Contudo, nenhum destes limiares pode ser confirmado a partir das variáveis discriminatórias de comportamentos entre intervalos temporais adjacentes.

São de ressaltar, nos resultados referentes à análise de curvas de potência dos MS, os elevados valores dos desvios padrão das variáveis discriminatórias de comportamentos nos intervalos temporais adjacentes, o que mostra uma elevada variabilidade interindividual, mesmo dentro de cada grupo maturacional.

Tal como se observou para a potência dos MS, também o LF de curvas de potência de MI onde foi definido apenas um limiar discriminou dois intervalos temporais em cujos valores de declive, potência e número de RPM médias foram significativamente diferentes (menores no segundo intervalo), para todos os grupos maturacionais. Constituiu excepção apenas a validade do ajuste

das rectas (r^2), que não foi diferentes entre intervalos adjacentes de curvas determinadas para púberes e pós-púberes, o que parece indicar uma maior capacidade para suportar o esforço realizado em cicloergómetro por parte dos nadadores mais maturados, ou uma eventual menor adaptação dos menos maturados ao testes de cicloergometria.

Nas curvas com dois LF, o perfil dos resultados foi similar entre os grupos maturacionais para o primeiro LF. Para o segundo limiar, os resultados foram similares entre pré-púberes e púberes, os quais se distinguiram dos pós-púberes. O primeiro limiar das curvas com dois limiares discriminou dois intervalos temporais adjacentes com características de declive, potência média e número de RPMs médio significativamente diferentes (valores mais baixos no segundo intervalo temporal). Apenas a qualidade do ajuste não foi significativamente diferente entre intervalos temporais distintos, mostrando alguma estabilidade no esforço típico em cada um destes intervalos. O segundo limiar separou intervalos temporais adjacentes com características significativamente diferentes (valores de todas as variáveis menores no terceiro intervalo temporal, comparativamente com o segundo), nos pré-púberes. Nos púberes, o mesmo limiar foi confirmado por todas as variáveis excepto pelo ajuste da recta, que não foi significativamente diferente entre intervalos temporais. Nos nadadores mais maturados, contudo, nenhuma das variáveis mostrou valores significativamente diferentes entre o segundo e o terceiro intervalos temporais, mostrando que este segundo limiar possa ser de confirmação mais débil, relativamente ao primeiro, pelo menos utilizando apenas o declive, a qualidade do ajuste da recta e a potência e número de RPMs médios como variáveis discriminantes.

Nos resultados referentes à análise de curvas de potência dos MI, ainda se encontrarem alguns valores elevados de desvios padrão das variáveis discriminatórias de comportamentos nos intervalos temporais adjacentes, mas menos que os correspondentes às curvas de potência dos MS, o que mostra uma menor variabilidade interindividual, que poderá ser decorrente do facto do movimento cíclico de cicloergometria ser um movimento mais familiar que o movimento circular dos MS. No teste de cicloergometria não se observaram rectas onde se predeterminaram 3 LF, em nenhum dos três grupos maturacionais, tal como aconteceu no teste *Wingate* de braços, nalguns nadadores púberes.

A determinação dos momentos em que ocorreram os LF e a sua expressão, em termos médios globais, em função da maturação e em função de cada teste permitiu, para curvas em que foi determinado um LF, chegar a um valor médio global de 13s, valor concordante com autores como Brooks et al. (2000) e Gatin (2001) que apontam para uma participação significativa da via aláctica, em esforços realizados à intensidade máxima, até aos 5 a 15s e os 10 a 20s, respectivamente. O mesmo valor parece também concordar os 70% de depleção de ATP nas fibras do tipo IIX, encontrada por Sargeant e de Haan (2006) ao fim de 10s de esforço em cicloergómetro. Em termos de uma possível influência da maturação, pode dizer-se que os nadadores pós-púberes revelam uma ligeira tendência para fatigar mais cedo que os nadadores dos outros dois grupos maturacionais, provavelmente porque também são capazes de alcançar esforços superiores num intervalo de tempo inferior. Não queremos deixar de salientar, no entanto, que este resultado tem de ser lido com muito cuidado. Uma vez que estamos a referir-nos apenas a uma diferença, ainda que com significado estatístico, de pouco mais de 1s e dado que os nossos limiares não são pontos exactamente definidos no tempo, mas sim indicadores de zonas de transição, a expressão do resultado estatístico pode não encontrar razão substantiva que o suporte. Como tal, a conclusão mais lógica a retirar parece ser a da ausência de influência da maturação no momento da ocorrência do LF em esforços que produziram curvas onde foi detectado apenas um limiar. Continuando numa análise de tendência, mas desta vez situando-nos nos resultados referentes aos diferentes testes, foi possível observar a ocorrência de um limiar mais cedo no teste de cicloergometria (11.33s), provavelmente devido à forte fadiga localizada nos grandes grupos musculares dos MI. A diferença apenas foi significativa relativamente ao teste de NA, variando, para os restantes testes, na ordem dos 2 a 3s, sensivelmente. O mesmo limiar tendeu a ocorrer mais tarde nos testes de NL (13.48s) e NA (14.21s), o que leva a supor que os nadadores possam ter uma melhor capacidade para lidar com a fadiga em esforços que lhes são mais habituais, no caso do nado livre, ou familiares, no caso do nado amarrado, e realizados no meio habitual de exercício, ou seja, a água. O nado simulado e o *Wingate* realizado em ergómetro de braços tenderam a produzir LF similares (13.02 e 13.04s, respectivamente), e intermédios relativamente à cicloergometria e ao NL e NA, o que poderá estar relacionado com o facto da sobrecarga mecânica incidir, basicamente, sobre os mesmos grupos musculares. De qualquer forma, à parte do exercício

de reflexão anterior, mais uma vez salientamos que, dos pontos de vista estatístico e substantivo, as diferenças entre os quatro últimos testes parecem-nos desprezíveis.

A determinação dos momentos em que ocorreram os LF e a sua expressão, em termos médios globais, em função da maturação e em função de cada teste, permitiu, para curvas em que foram determinados dois LF, chegar a um valor médio global de 8s, para o primeiro limiar, e de 18s para o segundo limiar. O valor do primeiro limiar é concordante, do ponto de vista da literatura, com o intervalo de 7 a 10s de participação aláctica dominante apontado por Guyton e Hall (2002) e parece ocorrer um pouco antes do total de depleção das fibras tipo IIX (Sargeant e de Haan, 2006). O segundo limiar insere-se no intervalo de 10 a 20s apontado por Gustin (2001). O que não encontramos na literatura foram autores a definir a existência não de um, mas de dois limiares de alteração metabólica, o que nos parece coerente, face à fisiologia do exercício. Dado que os nossos resultados não mediram limiares metabólicos, mas sim limiares de expressão mecânica da fadiga, pensamos ser possível que o primeiro limiar possa ter uma forte influência metabólica, a qual, dependendo do nível de competência desportiva do nadador possa desencadear uma maior ou menor perturbação no movimento, a qual, por sua vez, venha a desencadear um segundo LF, ou seja, um segundo patamar de decaimento da capacidade física que possa estar a ser medida (velocidade, força ou potência). À parte de uma explicação metabólica para os LF encontrados, é também de continuar a pensar numa outra razão de ordem muscular, como tem vindo a ser enunciado, como seja o padrão de recrutamento de fibras musculares. Ainda que a nossa opinião seja meramente especulativa, é possível que o primeiro e o segundo limiares traduzam, não uma “fadiga metabólica”, mas a fadiga sequencial das fibras tipo IIB/IIX, IIA e I, que vão deixando de ser capazes de responder anaerobicamente.

Em termos de uma possível influência da maturação na ocorrência dos LF, tal como já se havia concluído para os limiares obtidos em curvas com um limiar, os nadadores pós-púberes continuam a revelar a mesma tendência ligeira para fatigar mais cedo que os nadadores dos outros dois grupos maturacionais, isto quer em termos de primeiro, quer do segundo limiar. Contudo, a ausência de significado estatístico nas diferenças observadas entre os LF representativos de cada grupo maturacional e a reduzidíssima amplitude da mesma (0.99s para o 1º limiar e 1.09s para o

segundo limiar) impõe a conclusão de que não parece haver influência relevante da maturação no momento da ocorrência de LF de esforços de curta duração, 30s no caso presente, realizados à intensidade máxima. A análise de tendência dos resultados referentes aos diferentes testes revelou a ocorrência do primeiro limiar significativamente mais cedo no teste de cicloergometria (6.61s), comparativamente com o NL (9.22s) e o NA (9.72s), mais uma vez devido ao aparecimento muito provável de uma acentuada fadiga localizada nos grandes grupos musculares dos MI, consequência de um exercício pouco habitual. O primeiro limiar tendeu a ocorrer mais tarde nos testes em que os nadadores supostamente terão uma melhor capacidade para lidar com a fadiga, porque os esforços lhes são habituais ou familiares (NL e NA). O tempo médio de ocorrência do primeiro LF tendeu a ser também próximo entre os testes de nado simulado e *Wingate* de braços, mas, mais uma vez, a reduzida amplitude das diferenças e a ausência de significado estatístico sugere um cuidado particular com estas conclusões.

Em jeito de síntese, do somatório de reflexões relativas à ocorrência de LF em curvas de velocidade, força e potência muscular, importa dizer que vários autores referem que o sistema aláctico é dominante na alimentação energética da contracção muscular até aos 5 (Powers e Howley, 1997), 10 (Guyton e Hall, 2002), 15 (Brooks et al., 2000) e 20s (Gastin, 2001) de esforço realizado à intensidade máxima. Depois deste período de tempo, sugerem aqueles autores que o fornecimento energético dominante provém da glicólise anaeróbia, que mantém uma elevada capacidade de trabalho até cerca dos 2 min de esforço máximo. A fisiologia geral, contudo, não aceita esta divisão do sistema anaeróbio em aláctico e láctico, uma vez que desconsidera o ciclo do ATP-CP enquanto sistema de energia, ainda que a sua velocidade máxima de funcionamento possa eventualmente determinar a ocorrência de um limiar. O que não é conhecido é se há ocorrência de outros limiares durante o tempo de dominância da glicólise. Nos nossos resultados, a coincidência da existência de um LF decorridos cerca de 13s (curvas com 1 LF) e decorridos cerca de 8s (curvas com 2 LF) de esforço leva-nos a considerar duas possibilidades: a dos limiares reflectirem apenas um padrão alternado de recrutamento das fibras musculares, ou a possibilidade de usar as curvas de decaimento, com o tempo, da velocidade, da força e da potência, obtidas a partir de testes velocimétricos, de nado amarrado e simulado, em ergómetro adaptado para MS e em

cicloergómetro, para realizar avaliações bioenergéticas. Sendo este o caso, este método permitirá um melhor planeamento e controlo do treino, no que diz respeito a esforços anaeróbios. Asmussen (1979) e Asmussen e Mazin (1978) referiram, contudo, que neste tipo de esforços muito curtos e muito intensos, a fadiga parece estar mais relacionada com factores de ordem neural e com desequilíbrios musculares locais do que com falhas na suplementação energética por disfunção das vias metabólicas. Esta é outra das razões pelas quais esta conclusão, sem dúvida ainda ousada, necessita de ser confirmada.

Um outro ponto de interesse destes resultados relaciona-se com a coincidência existente entre os LF encontrados nas curvas de declínio da velocidade, força e potência de nado e nos tempos de estímulo de treino a que os nadadores são habitualmente sujeitos para treino da capacidade aláctica. Os nadadores de elite, por exemplo, com *performances* aos 25m da ordem dos 10 a 12s, sofrem muitos estímulos de treino da capacidade anaeróbia com repetições daquela metragem. Seguindo na linha de pensamento anterior, levanta-se aqui uma questão de particular interesse. Sendo a fadiga associada a este tipo de estímulos eventualmente de ordem mais neuronal que local, é possível que a resposta encontrada seja consequente de uma aprendizagem já realizada pelo SNC, dada a natureza repetitiva dos estímulos de treino (Sale, 2002). Dito de uma forma simples, é possível que o SNC tenha aprendido a reduzir a descarga nervosa no momento temporal correspondente à finalização de cada repetição.

No início da discussão deste sub-capítulo, referente à constatação da existência de LF em curvas de decaimento da velocidade, da força e da potência com o tempo de esforço, eventualmente tradutores de transição de regimes metabólicos de dominância aláctica para regimes de dominância láctica, foi levantada a possibilidade de um indicador metabólico particularmente lábil, o La^- sanguíneo capilar, proporcionar também uma aproximação a este possível limiar aláctico-láctico, consonante com os resultados da avaliação mecânica. Neste sentido, os resultados de um teste incremental cujo patamar final teve a duração de 30s foram explorados e expressos de diferentes formas, no sentido de tentar perceber a existência do referido limiar aláctico-láctico, desta vez calculado sob um indicador mais directo, comparativamente com *outputs* mecânicos. A primeira análise dos resultados orientou-se, de forma evidente, para a curva média de variação dos valores absolutos e *net* de La^- , correspondentes a cada patamar de nado, com o tempo de esforço. A

referida análise mostrou que o maior valor da diferença no La^- acumulado entre patamares adjacentes ocorreu entre os 10 e os 15s, intervalo que contém o valor de LF médio de 13s que havia sido encontrado em curvas com um limiar. Seguidamente, quer sobre as curvas individuais de crescimento do La^- com o tempo, quer sobre a curva média, foi realizado um procedimento de ajuste de funções lineares similar ao utilizado para as curvas obtidas com o teste *Wingate*. Para uma totalidade de 6 registos de variação da lactatemia com o tempo de nado, foram tentados ajustes de 2 vs. 4 pontos, o que apontaria para a ocorrência de um limiar entre os 10 e os 15s de esforço, de 3 vs. 3 pontos, apontando para um limiar situado entre os 15 e os 20s, e de 4 vs. 2 pontos, a apontar um limiar situado entre os 20 e os 25s. O modelo melhor sucedido, na análise das curvas de valores individuais foi aquele que aponta para a ocorrência de um limiar entre os 15 e os 20s, um resultado que está fora dos valores dos limiar único e primeiro limiar determinados sobre curvas de velocidade, força e potência. Neste intervalo de valores integra-se o segundo LF determinado em curvas com dois limiares (18s). Em termos de curva média, dois modelos de ajuste permitiram uma clara dissociação de duas rectas de equação distinta, apontando a ocorrência de um possível limiar entre os 10 e os 15s ou entre os 15 e os 20s. Os resultados deste tipo de modelações não foram, obviamente, conclusivos quanto à indicação de um limiar, o que pensamos ter sido resultado do reduzido número de pontos utilizados (6 pontos, em comparação com os 30 obtidos com os testes *Wingate*). A velocidade de crescimento do La^- sanguíneo em cada patamar de nado foi também expressa graficamente, no sentido de poder ser um indicador de limiar mais preciso, comparativamente com a expressão dos valores absolutos em função do tempo. A análise foi realizada com o primeiro patamar removido, no sentido de minimizar a influência da saída da parede em deslize sobre a produção de La^- . Os resultados mostraram que a velocidade máxima de crescimento do La^- sanguíneo é muito similar em cada patamar, não sendo possível, por este procedimento, a determinação de qualquer tipo de limiar. Este resultado não significa, obviamente, que não exista, de facto, um momento em que a produção de La^- aumente abruptamente, uma vez que, a par, podem também aumentar, por exemplo, as dificuldades de difusão do mesmo para o ambiente extra celular e/ou a sua remetabolização por meio de mecanismos fisiológicos externos e/ou internos ao próprio músculo onde está a ser produzido (Jacobs, 1986). Significa então que, a existir um limiar aláctico-láctico evidenciável pela variação do La^- sanguíneo, não parece ser

possível determiná-lo por este processo. A potência glicolítica, expressa pelo quociente entre cada incremento de La^- (ΔLa^-) e cada incremento de 5s no tempo de nado (Δt), foi também expressa graficamente no processo de busca de um limiar aláctico-láctico utilizando o La^- como indicador metabólico. Os resultados parecem indicar uma perda de potência a partir do patamar de transição dos 10 para os 15s, mas que só se verifica ser significativa a partir do patamar de transição dos 20 para os 25s. Este resultado parece ser interessante se considerarmos que o decaimento da velocidade, força e potência ocorreu, em curvas com um limiar, aproximadamente aos 13s. Ainda que a ilação seja audaz, é possível que as primeiras perdas de potência glicolítica, possivelmente decorrentes da perda de predominância da via aláctica, mais potente, possam influenciar a expressão das capacidades motoras mensuradas. A relação anterior, expressa não em relação ao tempo, mas à distância percorrida entre patamares de 5s ($\Delta\text{La}^- \cdot \Delta d^{-1}$), produziu um gráfico de traçado similar, ainda que tenha acrescido valor estatístico significativo à diferença entre o La^- acumulado por metro na transição dos 5 para os 10s e o La^- acumulado por metro na transição dos 10 para os 15s. Se bem que as diferenças entre os valores numéricos sejam, efectivamente, muito pequenas, após o patamar dos 5/10s há um crescimento significativo no La^- acumulado por metro de nado, o qual é possível que corresponda à elevação do domínio do funcionamento da glicólise anaeróbia, estando a via do ATP-CP ainda bem activa. Este intervalo temporal contém, também, o primeiro LF (8s) calculado sobre curvas de velocidade, força e potência com dois limiares. A aparente ligeira perda de potência láctica, significativa na transição dos 20 para os 25s, próximo do segundo limiar (18s) das curvas com dois limiares, observa-se uma curva média de acumulação de La^- por metro de nado também com dois limiares. Nesta situação, a explicação metabólica para o fenómeno da ocorrência de dois limiares torne-se menos provável e parece legítimo voltar à hipótese da explicação poder residir no padrão de recrutamento alternado das fibras musculares, coincidindo o segundo limiar com a fadiga das fibras tipo IIA.

Em jeito de síntese, podemos dizer que a exploração dos valores de La^- sanguíneo, expressos em diferentes funções, permitiu um exercício de interpretação interessante, ainda que pouco eficaz no tocante à determinação, com alguma exactidão, de um possível limiar aláctico-láctico. A reduzida amplitude das diferenças, a par da instabilidade da tríade produção-difusão-remoção de La^-

produzido no músculo, serão, muito provavelmente, as responsáveis pela dificuldade de interpretação dos presentes resultados.

5.2.6. Valor da ordenada na origem da recta de relação entre a distância e o tempo de nado enquanto indicador de potencial anaeróbio

Tal como já foi explicitado no capítulo da revisão da literatura, o valor da ordenada na origem (b) da função que expressa a relação entre a distância e o tempo de nado tem sido rodeado de alguma controvérsia. Do ponto de vista teórico e conceptual, o b nada mais é do que o ponto em que a recta que expressa a relação entre a distância e o tempo de nado corta o eixo dos yy . Na medida em que o declive dessa recta pudesse traduzir a velocidade de nado ao LAN, vulgarmente designada como VC, o valor de b expressaria, do ponto de vista teórico, o patamar, em metros, a partir do qual essa velocidade explica a variação do tempo com a distância de prova, sendo o número de metros nadados até essa distância correspondente a um percurso realizado sob um regime metabólico anaeróbio. Sob este prisma, o valor de b seria, então, um indicador de capacidade anaeróbia.

O apontar do valor b da equação da recta que expressa a relação entre a distância e o tempo de nado como indicador de capacidade anaeróbia decorre das descobertas de Jenkins e Quigley (1991) e de Moritani et al. (1981) que sugeriram a determinação de um valor de capacidade de trabalho anaeróbio através da equação da função que expressa a relação entre a potência e o tempo de esforço, ou entre a potência e o inverso do tempo de esforço. Contudo, o estabelecimento da relação directa entre as informações proporcionadas pelas equação das rectas que expressam a relação entre a potência e o tempo de esforço, entre a potência e o inverso do tempo de esforço e entre a velocidade e o tempo de nado tem de ser ponderado com todo o cuidado.

Foi com base na controvérsia que rodeia o valor de b enquanto indicador de capacidade anaeróbia de nado que o nosso grupo produziu alguns trabalhos prévios ao presente estudo (Soares et al., 2003a; Soares et al., 2006; Soares et al., 2003b), os quais, de uma forma geral, questionaram a atribuição, ao valor de b , de capacidade informativa relativa à capacidade anaeróbia de nadadores, independentemente do seu nível maturacional ou desportivo. As conclusões de cada trabalho foram

desencorajando o uso desta variável enquanto indicador de capacidade anaeróbia, apontando-o como um valor matemático de expressão fisiológica aparentemente difícil de explicar.

Dado que o nosso estudo se referiu à resposta de nadadores a esforços de carácter marcadamente anaeróbio e dado que dispúnhamos de uma série de *outputs* de esforços mecânicos que podiam ser correlacionados com o valor de b , reservamos uma parte para analisar, uma vez mais, a validade deste indicador, numa busca continuada do seu significado. Não só dispúnhamos de indicadores de uma possível capacidade anaeróbia de dominância láctica, quer de uma possível capacidade anaeróbia aláctica, uma vez definidos LF a partir de esforços mecânicos onde a velocidade, a força e a potência muscular puderam ser medidas. Neste sentido, propusemo-nos a juntar todas as informações referentes ao valor de b e a tentar, uma vez mais, perceber a existência eventual de algum sentido informativo de carácter anaeróbio, algo que seria particularmente bom para o controlo do treino, na medida da simplicidade e rapidez de determinação da recta da relação entre a distância e o tempo de nado. Foram realizados cálculos do valor de b com base, quer em duas distâncias extremas, quer em distâncias muito curtas (distâncias correspondentes a patamares de nado variáveis entre os 5 e os 30s), os quais foram comparados e correlacionados com variáveis distintas de expressão de esforços mecânicos de carácter marcadamente anaeróbio.

Dado que a influência da maturação sobre qualquer resultado de um esforço de carácter marcadamente anaeróbio foi algo sempre presente ao longo de todo o nosso trabalho, no estudo do valor de b a primeira tarefa consistiu na comparação dos tempos de nado dos nadadores masculinos e femininos de cada escalão maturacional correspondentes às distâncias utilizadas para produzir a função $d(t)$ e obter a respectiva recta. Foi possível observar tempos de nado, aos 50m (distância mais curta utilizada na determinação da função $d(t)$ para os nadadores pré-púberes), significativamente inferiores nos rapazes pré-púberes, comparativamente com as raparigas. Na distância de 200m (distância mais longa utilizada na determinação da função $d(t)$ para os nadadores pré-púberes; constituiu-se como a distância mais curta para os nadadores dos restantes escalões maturacionais), os tempos dos nadadores foram também sempre significativamente inferiores aos das nadadoras, seguindo o perfil esperado. Contudo, em termos de análise dos tempos de nado em função da maturação, apenas os tempos dos nadadores mais novos foram significativamente

superiores aos dos restantes nadadores. Curiosamente, púberes e pós-púberes não se distinguiram significativamente nas prestações, quer aos 200m de nado, quer aos 800m (distância mais longa utilizada na determinação da função $d(t)$ para nadadores púberes e pós-púberes), mostrando uma proximidade entre os dois grupos ao nível do resultado desportivo. Na distância de 800m apenas se mantiveram as diferenças sexuais, com os rapazes a continuarem a mostrar desempenhos de nado superiores aos das raparigas.

O valor de b mostrou um padrão de evolução inicial, de certa forma esperado, dados os restantes resultados do presente estudo, ou seja, tendeu a aumentar com a maturação da fase pré-pubertária para a pubertária. Contudo, a também esperada evolução seguinte para a idade adulta não se observou, tendo sido os valores de b das nadadoras pós-púberes inferiores aos das púberes, ainda que a diferença não tenha sido estatisticamente significativa. No entanto, em relação a este ponto, não deixa de ser interessante que a transformação do valor de b em tempo de nado, com base na distância mais curta utilizada no teste realizado para o obter (no caso presente, os 200m), tenha atenuado as diferenças observadas entre grupos e, no caso das nadadoras, aproximado os dois grupos das mais maturadas. Esta atenuação das diferenças quando a variável b é expressa numa unidade diferente torna mais difícil a análise daquele parâmetro enquanto indicador de capacidade anaeróbia, uma vez que atenua diferenças, levantando alguma confusão, e dificulta ainda mais a chegada a conclusões de, pelo menos, aparente validade.

Pela análise dos valores de b do presente estudo concluir-se-ia que a capacidade anaeróbia de nado aumenta, evidentemente, da fase pré-pubertária para a pubertária e muito ligeiramente para a idade adulta, para os nadadores. Nas nadadoras, o sentido do último salto seria involutivo, ou seja, perderiam capacidade anaeróbia na passagem da puberdade para o final do processo de maturação. Estes resultados, contudo, não só não estão de acordo com os demais obtidos no presente estudo, como com os da literatura.

A comparação dos valores de b obtidos pelos nadadores dos dois géneros dos três grupos maturacionais mostrou uma aproximação dos resultados dos nadadores e das nadadoras nos dois grupos dos menos maturados. O valor de b apenas se distinguiu, entre sexos, no grupo dos pós-púberes, com os rapazes a mostrarem valores superiores aos das raparigas. A tendência destes

resultados está de acordo com o esperado do ponto de vista da evolução da capacidade anaeróbia (confr. 2.1.2.1), à excepção, talvez, da aproximação dos valores verificada entre os nadadores e as nadadoras púberes, que se esperava serem já significativamente diferentes.

O valor de b , entendido como potencial indicador de capacidade anaeróbia e o respectivo valor correspondente em tempo de nado, foram correlacionados com os LF de curvas com um e dois limiares e com as distâncias médias totais de nado correspondentes a cada caso (curva com um ou dois limiares). Esperava-se a obtenção de valores de correlação médios a elevados com as distâncias de nado, na medida em que são distâncias onde a sobrecarga parece ser predominantemente anaeróbia láctica, e uma baixa correlação com os primeiros LF, na medida em que aqueles pudessem eventualmente expressar uma zona de transição aláctica-láctica. A correlação com o segundo LF levantava algumas expectativas, pelo facto de ser um limiar consideravelmente mais tardio e mais próximo dos valores dos tempos de b calculados. Os resultados mostraram, basicamente, correlações muito baixas (todas abaixo de 0.48) entre o valor b e respectivo tempo e a distância de nado e o LF de curvas com um limiar. Para curvas com dois limiares, o perfil dos resultados foi idêntico (correlações abaixo de 0.52) excepto a correlação significativa, mas negativa ($r=-0.72$), observada entre o segundo LF e o tempo de b das nadadoras pós-púberes. Apesar deste valor de correlação de -0.72 ser interessante do ponto de vista numérico, o seu significado é de interpretação difícil. Se, por um lado, a leitura deste resultado parece dizer que quanto maior é o tempo nadado em regime de predominância anaeróbia, mais tardiamente acontece o segundo LF de curvas com dois limiares, por outro, quando olhamos para o valor de correlação correspondente dos rapazes ($r=-0.03$) coloca-se-nos a questão de se tal diferença de valores, ainda que estejamos a analisar géneros diferente, deverá ser considerada.

À parte dos resultados anteriores, os valores de b e do tempo de b calculados para cada sexo e para cada escalão maturacional foram correlacionados com variáveis de *output* mecânico dos vários testes realizados (velocidade, força e potência máximas, médias e mínimas), com uma variável metabólica (concentrações de La^- sanguíneo) e também com variáveis de *output* mecânico (IF e FG). Ainda que não estivéssemos à espera de resultados muito favoráveis com a variável FC, face ao perfil já observado anteriormente, aquando da análise da resposta dos nadadores em função da

maturação e do tipo de teste, foi também realizado o estudo da correlação entre o valor de b e do seu respectivo tempo com variáveis relacionadas com a FC. A ser o valor de b efectivamente um indicador de capacidade anaeróbia, esperávamos valores de correlação elevados com, pelo menos, as velocidade, força e potência máximas e com o L_{max} , ficando expectantes relativamente aos indicadores mecânicos de fadiga. Globalmente podemos dizer que os resultados mostraram-se consideravelmente incongruentes, não só no valor das correlações observadas para os nadadores dos dois sexos dentro de mesmo grupo maturacional, como no próprio sinal da correlação. Este último revelou-se positivo ou negativo, pelo menos aparentemente, de forma aleatória, quer entre sexos, quer entre grupos maturacionais. Em síntese, não foi possível encontrar um padrão estável na variação das correlações efectuadas. Dados que os resultados das várias correlações mostraram, basicamente, a mesma falta de um padrão de variação identificável, vamos apenas referir-nos, a título de exemplo, à correlação do valor de b com a V_{max} . O valor de b mostrou um valor significativo e moderado de correlação com a V_{max} para os nadadores pós-púberes masculinos ($r=-0.52$, $p\leq 0.05$), com a particularidade de ser uma correlação de sentido negativo. Sugere este resultado que quanto maior é o valor de b (ou, supostamente, quanto mais elevada for a capacidade anaeróbia do nadador), menor será a sua V_{max} , o que parece ser particularmente incongruente do ponto de vista biológico. Por outro lado, ao olhar para o valor de correlação correspondente das nadadoras ($r=0.32$), encontramos uma correlação fraca, não significativa e de inexplicável sinal contrário à dos nadadores. Observou-se, também, uma ocorrência similar com os nadadores pré-púberes ($r_{\text{♂}}=0.59$, $p\leq 0.05$ e $r_{\text{♀}}=-0.13$). Os valores de correlação do valor b com a V_{max} aparentemente mais coerentes, ainda que insatisfatoriamente baixos e não significativos, foram os dos nadadores púberes ($r_{\text{♂}}=0.36$ e $r_{\text{♀}}=0.45$). Esta aparente maior coerência nos resultados do grupo púbere, contudo, desapareceu quando observada outra variável, como a P_{max} obtida em teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços. A correlação do valor de b e do tempo de b com a L_{max} e net correspondentes a cada teste mostrou a mesma incongruência de resultados entre sexos e grupos maturacionais e mais ainda entre os próprios testes, observando-se, por exemplo, resultados de correlação do valor de b com o L_{max} obtido em nado livre de 0.26 e de -0.37 em nado amarrado. Relativamente às variáveis indicadoras de fadiga (IF e FG) e às variáveis associadas ao comportamento da FC, volta-se a reforçar a disparidade dos resultados.

Neste sentido e em resumo, dado o perfil dos resultados anteriores e tal como concluído noutros estudos do nosso grupo (Soares et al., 2003a; Soares et al., 2006; Soares et al., 2003b) e os resultados que a literatura têm vindo a indiciar (Dekerle e Carter, 2006; Papoti et al., 2005b; Thanopoulos et al., 2004; Toussaint, 1998; Toussaint et al., 1998), não foi possível chegar a uma conclusão favorável ao uso, quer do valor de b , quer do tempo do b enquanto indicador de capacidade anaeróbia de nadadores.

O cálculo do valor de b e do respectivo tempo foi também realizado por duas vias diferentes, num estudo que se pode considerar paralelo ao corpo principal de estudos do presente trabalho. Sobre uma amostra de nadadores infantis, de nível de maturação intermédio, obteve-se o valor de b potencialmente indicador de capacidade anaeróbia a partir da regressão linear de duas distâncias (200 e 800m) com o respectivo tempo de nado, seguindo o mesmo procedimento que havia sido aplicado para os 90 nadadores da amostra principal do estudo [b (VCaer)]. Um outro valor de b foi calculado com base em distâncias predominantemente anaeróbias [b (VCanaer)], com vista à sua correlação com os valores de L_{max} obtidos após cada patamar de nado, no sentido de perceber se o b calculado de acordo com este procedimento poderia, de alguma forma, explicar a capacidade anaeróbia de nado de distâncias curtas. Abe et al. (2006) parecem ter sido os primeiros a estabelecer, para a técnica de bruços, a relação hiperbólica entre a velocidade e o tempo de duração correspondentes ao nado de três distâncias curtas (50, 75 e 100m). Os autores levantaram a hipótese de que a constante da curvatura da curva hiperbólica seria explicada pela capacidade de trabalho anaeróbio e estaria significativamente relacionada com a *performance* de nado de curtas distâncias. Os resultados mostraram, contudo, a ausência de correlação entre a constante da curvatura da curva hiperbólica e a velocidade aos 50m de nado e a potência anaeróbia máxima determinada em cicloergómetro. Estudos exploratórios do nosso grupo de trabalho mostraram uma relação parabólica entre a distância e o tempo de nado de distâncias anaeróbias, onde não encontramos, também, resultados razoáveis no âmbito da utilização de um indicador de capacidade anaeróbia de nado. No presente estudo, realizamos a relação linear entre a distância e o tempo de nado sobre distâncias muito curtas (10 a 46m de nado), obtendo um valor de b por inerência ao procedimento utilizado. Este valor foi testado no sentido de poder estar relacionado com a

lactatemia correspondente aos esforços de nado realizados e foi comparado com os LF determinados sobre curvas de velocidade. Este último estudo permitiu chegar a um b (VCaer) de cerca de 30m e um b (VCanaer) de aproximadamente 4m. A primeira observação relativa a estes resultados é o desfasamento temporal, quer do primeiro e principalmente do segundo valor, dos valores médios de qualquer dos LF calculados sobre curvas de velocidade. Em termos de correlação com valores máximos de lactatemia, relativamente ao valor de b (VCaer) foi encontrado um valor de correlação significativo ($r=0.70$, $p\leq 0.05$) com a Lamax correspondente a 25s de nado. O melhor valor de correlação para o respectivo tempo de nado ($r=0.51$) foi também correspondente a este patamar. O b (VCanaer) correlacionou-se em 0.55 com a Lamax correspondente aos 20s de nado, tal como o tempo de b ($r=0.64$, $p\leq 0.05$) correspondente. A maior incongruência nos resultados surgiu quando se observaram valores de correlação também interessantes, ainda que não significativos, com a Lamax correspondente aos 5s de nado.

O valor de b calculado através da relação linear da distância com o tempo de nado, a partir de distâncias aeróbias e anaeróbias continua a carecer de futuros desenvolvimentos que venham, eventualmente, a permitir a sua utilização enquanto indicador de capacidade anaeróbia de nado. O valor de b calculado através da relação linear da distância com o tempo de nado, a partir de distâncias anaeróbias parece ser destituído de sentido.

6. Conclusões

O processo de validação dos testes concorrentes do teste Wingate realizado em cicloergómetro (teste critério) permitiu chegar às seguintes conclusões:

1. Os indicadores metabólicos Lamax e lactatemia *net* (Lanet) indiciam a forte possibilidade de qualquer um dos testes concorrentes produzir informação semelhante à do teste critério. As variáveis relacionadas com a FC, o IF e a FG falham no estabelecimento da mesma relação, eventualmente por serem variáveis mais lábeis ou mais influenciadas pelas particularidades mecânicas de cada teste.
2. A análise factorial confirmatória, realizada apenas com base na Lamax e *net*, permite concluir que os testes de nado simulado em *swim bench* e o teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços são os testes de maior proximidade com o teste critério na representação do potencial de desempenho anaeróbio. Os testes de nado livre e amarrado, provavelmente por serem testes realizados em condições distintas (meio aquático) também representam a mesma noção, mas com ligeiramente menor robustez que os dois testes anteriores.

As relações observadas entre testes, considerando o estado de desenvolvimento maturacional e o sexo dos nadadores, permitiram chegar às seguintes conclusões:

1. O efeito do género na resposta a cada teste, quando considerado de forma interactiva com a maturação, não é significativo para a maioria das variáveis comuns aos diferentes testes.
2. A Lamax pós-esforço e a Lanet tendem a ser superiores nos testes de nado livre, nado amarrado e cicloergometria, provavelmente devido ao envolvimento de uma maior quantidade de massa muscular nos movimentos. Existe uma proximidade na resposta láctica aos testes de nado simulado em *swim bench* e *Wingate* de braços.
3. As variáveis da FC mostram valores inferiores no teste realizado em *swim bench*, devido, provavelmente, ao envolvimento de menor quantidade de massa muscular no nado simulado. A %FCmax em nado simulado é maior para nadadores maturados.

4. O decaimento do nível de prestação motora, traduzido pelo IF, é menor no nado livre e maior nos dois testes *Wingate* (ergómetro de braços e cicloergómetro), o que mostra uma possível influência do nível de adaptação ao esforço na capacidade de suportar essa mesma carga de esforço.
5. A FG tende a ser superior nos testes *Wingate* e similar nos testes de nado livre, amarrado e simulado.

O estudo das diferenças de resposta dos nadadores dos diferentes grupos maturacionais e géneros a cada teste (variáveis comuns a todos os testes) permitiu chegar às seguintes conclusões:

1. A influência do género na resposta dos diferentes grupos maturacionais aos diferentes testes é, para a maioria das variáveis, indiferenciada.
2. A Larep é menor nos nadadores púberes, mas as diferenças com os restantes escalões maturacionais são muito reduzidas e sem expressão substantiva, e a FCrep decresce com a evolução maturacional.
3. A Lamax pós-esforço e *net* aumentam com a maturação, independentemente do tipo de esforço realizado.
4. O perfil de variação da FC de esforço e de repouso é muito idêntico entre os vários grupos maturacionais, mostrando que a resposta cardíaca a esforços de carácter predominantemente anaeróbio parece não estar dependente do nível de desenvolvimento maturacional dos nadadores. A %FCmax é também similar para os nadadores dos diferentes grupos maturacionais.
5. Os índices de fadiga são superiores em nadadores pré-púberes, quando os esforços se relacionam com nado. Contrariamente, os nadadores mais maturados têm menor capacidade de manter a intensidade do esforço nos testes *Wingate*. Os resultados estão, provavelmente, relacionados com o efeito do treino específico da natação.
6. O comportamento da FG em cada grupo maturacional varia em função de cada teste. Nos testes realizados em ergómetro de braços adaptado e em cicloergómetro, os nadadores conseguem valores superiores de FG, comparativamente com as nadadoras.

O estudo das diferenças de resposta dos nadadores dos diferentes grupos maturacionais e géneros a cada teste (variáveis particulares de cada teste) permitiu chegar às seguintes conclusões:

1. Os nadadores mais maturados apresentam valores de velocidade máxima, média e mínima superiores aos das nadadoras, sendo estas mesmas velocidades similares entre géneros durante as fases pré e peri-pubertária. O decréscimo do CV da V_{med} acompanha a evolução maturacional, o que poderá estar relacionado com a própria evolução da competência de nado, nomeadamente da estabilização da técnica, dos nadadores. O tempo de duração de cada ciclo de nado livre tende a diminuir ligeiramente com a maturação, contrariamente à distância e ao IC, que aumentam, excepto para nadadoras maturadas.

2. Nadadores menos maturados de ambos os sexos têm níveis similares de força máxima, média e mínima em nado amarrado, forças estas que tendem a aumentar com a evolução maturacional no sexo masculino e, no sexo feminino, a estabilizar após a fase púbertária. O coeficiente da F_{med} tende a diminuir com a evolução maturacional, pela eventual melhoria da competência técnica de nado, mas a maturação não influencia o tempo de duração de cada ciclo de nado amarrado.

3. Nadadores menos maturados de ambos os sexos têm níveis similares de força máxima, média e mínima de nado simulado em *swim bench*, sendo as mesmas forças superiores em nadadores mais maturados e o CV da F_{med} inferior. O desenvolvimento maturacional parece não influenciar o tempo de duração de cada ciclo de nado simulado.

4. As potências máxima, média e mínima obtidas em teste *Wingate* realizado em ergómetro de braços adaptado e em cicloergómetro são superiores em nadadores, independentemente do escalão maturacional, comparativamente com as nadadoras, o que mostra uma influência mais evidente do sexo na resposta a estes testes. As mesmas potências aumentam com a maturação, mas o incremento que se observa das nadadoras púberes para as nadadoras pós-púberes é pouco expressivo.

A determinação de LF em curvas de velocidade força e potência permitiu chegar às seguintes conclusões:

1. É possível determinar LF em curvas que expressam a variação da velocidade, força e potência com o tempo de esforço.
2. De uma forma geral, no teste de nado livre e nos testes *Wingate* realizados em ergómetro de braços e em cicloergómetro, o número de curvas com dois LF tende a ser superior, excepto para os

nadadores pós-púberes. Nos testes de nado amarrado e de nado simulado, o número de curvas com um LF tende a ser superior. Estes resultados poderão estar relacionados com uma possível influência negativa da perturbação na coordenação motora, decorrente da fadiga, na velocidade de nado.

3. A confirmação dos LF determinados, através dos conteúdos das frequências dos intervalos temporais adjacentes por ele definidos, nem sempre foi possível nas curvas com dois limiares.

4. A análise da variação intracíclica da velocidade de nado mostrou alterações visíveis do padrão de nado antes e após a ocorrência dos LF. Muitas destas alterações também puderam ser evidenciadas por outras variáveis discriminantes do comportamento técnico dos nadadores, como sejam o número de ciclos realizados, o tempo de duração de cada ciclo, a distância e o IC.

5. Em termos globais, foi possível chegar a um valor aproximado de 13s para o primeiro limiar de curvas com apenas um limiar e de 8 e 18s para, respectivamente, o primeiro e segundo limiares de curvas com dois limiares. Os valores anteriores dos primeiros limiares são concordantes com valores já apontados na literatura para tempos de duração da predominância do fornecimento de energia por via predominantemente aláctica, parecendo poder ser classificados como limiares de transição aláctico-láctico. O segundo limiar, contudo, não se enquadra numa explicação de âmbito bioenergético e levanta a possibilidade da causa dos limiares poder estar no padrão de recrutamento alternado das fibras musculares.

6. A acumulação sanguínea de La^- num teste incremental de 30s, com incrementos de 5s entre patamares, mostra a existência de limiares metabólicos, decorrentes da exponenciação da acumulação láctica sanguínea, relativamente próximos dos LF determinados sobre curvas de velocidade, força e potência muscular.

O estudo do valor de b da função de relação entre a distância e o tempo de nado, enquanto possível indicador de capacidade anaeróbia, permitiu chegar às seguintes conclusões:

1. O valor de b determinado com base na recta de regressão $d(t)$ estabelecida através de uma distância longa e de uma distância curta não parece ser indicador de capacidade anaeróbia de nado.

2. O valor de b determinado apenas com distâncias muito curtas, predominantemente anaeróbias, parece não reunir potencial informativo relativo à mesma capacidade.

Em geral, o estudo evidenciou que todos os testes realizados (nado livre, amarrado e simulado em *swim bench* e *Wingate* realizado em ergómetro de braços e cicloergómetro) parecem, em função da variável metabólica La sanguíneo capilar, traduzir informação semelhante relativamente ao potencial de desempenho anaeróbio de nadadores. O teste a utilizar parece, contudo, dever ser ponderado em função do desenvolvimento maturacional dos nadadores, uma vez que se notaram algumas diferenças na adaptação às exigências mecânicas de cada teste em particular. Neste sentido, os testes de nado amarrado e simulado em *swim bench* pareceram adequar-se melhor a nadadores mais maturados, comparativamente com os pré-púberes.

Numa abordagem global aos resultados, parece-nos poder-se afirmar que a resposta anaeróbia a cada teste segue o perfil de desenvolvimento esperado para cada variável. Numa abordagem mais particular, foi possível observar algumas variações na resposta anaeróbia a cada teste que nos pareceram ser decorrentes da influência do treino específico da natação.

7. Perspectivas futuras

Do ponto de vista metodológico, parecem ser necessários desenvolvimentos futuros do ergómetro de nado simulado utilizado no presente estudo, particularmente no que se refere à dissociação das variáveis de *output* correspondentes à acção de cada membro superior (MS).

Na perspectiva metodológica, parece ainda necessário aferir, futuramente, as cargas de resistência para testes *Wingate* realizados, quer em ergómetro de braços, quer em cicloergómetro, uma vez que a literatura refere valores padrão que poderão não estar adequados a nadadores, principalmente aos menos maturados. Esta aferição de cargas pode passar pela determinação de cargas de resistência padrão, estabelecidas em função do sexo e desenvolvimento maturacional de nadadores, ou pela aplicação de um teste padrão, a funcionar como pré-teste do teste *Wingate*.

De acordo com os resultados do presente estudo, é possível que o processo de validação dos testes concorrentes do teste critério tenha que ser realizado com base em mais variáveis de carácter metabólico, em detrimento de variáveis lábeis (FC) ou fortemente influenciáveis pelos aspectos mecânicos particulares de cada tipo de esforço (IF e FG).

A novidade da utilização de *wavelets* no estudo do comportamento de curvas de velocidade, força e potência abre um vasto leque de possibilidades de estudos futuros a realizar no âmbito da fadiga, nomeadamente na extensão da análise efectuada a outras técnicas de nado e no estudo pormenorizado da influência da fadiga sobre o padrão técnico das braçadas. O estudo futuro principal parece-nos, contudo, dever ser o da interpretação fisiológica dos LF determinados com suporte naquele procedimento matemático.

Dado o volume de estudos já realizados no âmbito da determinação do valor de b da função $d(t)$ e dadas as questões levantadas à sua utilização enquanto indicador de capacidade anaeróbia de nadadores, parece-nos ser necessário avançar nos estudos que utilizam outras relações de variáveis (potência/tempo, velocidade/tempo), aplicando-os à natação, num esforço continuado para encontrar um procedimento válido e simples de determinação daquela capacidade.

Bibliografia

Abe, D.; Tokumaru, H.; Niihata, S.; Muraki, S.; Fukuota, Y.; Usui, S.; Yoshida, T. (2006). Assesment of short-distance breaststroke swimming performance with critical velocity. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5: 340-348.

Adams II, T.A.; Martin, R.B.; Yeater, R.A.; Gilson, K.A. (1983). Tethered force and velocity relationships. *Swimming Technique*, Nov 83/Jan 1984: 21-26.

Ahn, B.; Nishibayashi, Y.; Okita, S.; Masuda, A.; Takaishi, S.; Paulev, P.E.; Honda, Y. (1989). Heart rate response to breath-holding during supramaximal exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 59 (1-2): 146-151.

Alberty, M.; Sidney, M.; Hespel, J.M.; Dekerle, J.; Pelayo, P. (2003). Effects of an exhaustive exercise on upper limb coordination and intracyclic velocity variations in front crawl stroke. In: J.-C. Chatard (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, 81-85. Publications de l'Université de Saint-Étienne, Saint-Étienne.

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

Alves, F. (1996). Economia de nado, técnica e desempenho competitivo nas técnicas alternadas. *Natação*, V (28): Separata.

Alves, F. (1999). Analyse de la technique de nage en situation de compétition. In: Faculty of Sports and Physical Education Sciences (Eds.), *2èmes Journées spécialisées de natation*, 3-8. Lievin.

Alves, F.; Santos, P.M.; Veloso, A.; Correia, I.P.; Gomes-Pereira, J. (1994). Measurement of intracycle power variation in swimming. *Motricidade Humana*, 10 (1): 69-75.

American Academy of Pediatrics - Committee on Sports Medicine and fitness (2000). Intensive training and sports specialization in young athletes. *Pediatrics*, 106 (1): 154-157.

Arellano, R.; Brown, P.; Cappaert, J.; Nelson, R.C. (1994). Analysis of 50-, 100-, and 200-m Freestyle Swimmers at the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*, 10: 189-199.

Armstrong, N. (2001). Sex differences in paediatric exercise physiology. In: Ghent University (Eds.), *Abstracts of XXIst Symposium of The European Group of Pediatric Work Physiology*, University of Ghent, Belgium, Corsendonk.

Armstrong, N.; Davies, B. (1981). An ergometric analysis of age group swimmers. *Br J Sports Med*, 15 (1): 20-26.

Armstrong, N.; Welsman, J. (1997a). Anaerobic function during growth. *British Journal of Physical Education*, 28 (1): 3-6.

Armstrong, N.; Welsman, J. (1997b). *Young people & physical activity*. New York: Oxford University Press.

Armstrong, N.; Welsman, J.R.; Kirby, B.J. (1997). Performance on the Wingate Anaerobic Test and Maturation. *Pediatric Exercise science*, 9: 253-261.

Armstrong, N.; Welsman, J.R.; Williams, C.A.; Kirby, B.J. (2000). Longitudinal changes in young people's short-term power output. *Med Sci Sports Exerc*, 32 (6): 1140-1145.

Ascensão, A.; Magalhães, J.; Oliveira, J.; Duarte, J.; Soares, J. (2003). Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 3 (1): 108-123.

Asmussen, E. (1979). Muscle fatigue. *Med Sci Sports*, 11 (4): 313-321.

Asmussen, E.; Mazin, B. (1978). A central nervous component in local muscular fatigue. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 38 (1): 9-15.

Atha, J. (1990). Developments in the SSR. In: Leuven University (Eds.), *Satellite meeting of the V International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming*, Leuven, Belgium.

Atkins, S.J. (2006). Performance of the Yo-Yo Intermittent Recovery Test by Elite Professional and Semiprofessional Rugby League Players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20 (1): 222-225.

Ajouannet, Y. (2006). Effects of fatigue on the kinematic hands symmetry in freestyle. In: J.P. Vilas-Boas; F. Alves; A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, 24-26. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6: supl. 2, Porto, Portugal.

Auriacombe, L.; Mandel, C.; Fermont, L.; Simon, G.; Piechaud, J.F.; Pedroni, E.; Kachaner, J. (1987). Left ventricular function and cardiovascular adaptation to exercise in young sportsmen. *Arch Mal Coeur Vaiss*, 80 (4): 544-549.

Avlonitou, E. (1996). Maximal lactate values following competitive performance varying according to age, sex and swimming style. *J Sports Med Phys Fitness*, 36 (1): 24-30.

Ayabakan, C.; Akalin, F.; Mengutay, S.; Cotuk, B.; Odabas, I.; Ozuak, A. (2006). Athlete's heart in prepubertal male swimmers. *Cardiol Young*, 16 (1): 61-66.

Bangsbo, J. (1996). Oxygen deficit: a measure of the anaerobic energy production during intense exercise? *Can J Appl Physiol*, 21 (5): 350-363.

Bangsbo, J. (1998). Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 30 (1): 47-52.

Bangsbo, J.; Michalsik, L.; Petersen, A. (1993). Accumulated O₂ deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *Int J Sports Med*, 14 (4): 207-213.

Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med*, 4 (6): 381-394.

Bar-Or, O. (1993). Noncardiopulmonary pediatric exercise tests. In: T.W. Rowland (Eds.), *Pediatric Laboratory Exercise Testing* (pp. 165-185). Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers.

Bar-Or, O. (1994). Developing the prepubertal athlete: physiological principles. In: J.P. troupe; A.P. Hollander; D. Strasse; S.W. Trappe; J.M. Cappaert; T.A. Trappe (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, 135-139. F & FN Spon, Atlanta, United States.

Bar-Or, O. (1995). The young athlete: some physiological considerations. *J Sports Sci*, 13: S31-33.

Bar-Or, O. (1996). Anaerobic performance. In: D. Docherty (Eds.), *Measurement in pediatric exercise science* (pp. 161-182). Windsor, Canada: Human Kinetics.

Bar-Or, O. (2000). New and old in pediatric exercise physiology. *Int J Sports Med*, 21 (Suppl 2): S113-116.

Bar-Or, O.; Unnithan, V.; Illescas, C. (1994). Physiologic considerations in age-group swimming. In: M. Miyashita; Y. Mutoh; A.B. Richardso (Eds.), *Medicine and Science in Aquatic Sports. Proceedings of the 10th FINA World Sport Medicine Congress*, 199-205. Karger, Kyoto, Japan.

Barbosa, T.; Santos Silva, J.V.; Sousa, F.; Vilas-Boas, J.P. (2003). Comparative study of the response of kinematical variables from the hip and the center of mass in butterflyers. In: J.-C. Chatard (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, 93-98. Publications de l'Université de Saint-Étienne, Saint-Étienne, France.

Barbosa, T.M.; Lima, F.; Portela, A.; Novais, D.; Machado, L.; Colaco, P.; Goncalves, P.; Fernandes, R.; Keskinen, K.L.; Vilas-Boas, J.P. (2006). Relationships between Energy Cost, Swimming Velocity and Speed Fluctuation in Competitive Swimming Strokes. In: J.P. Vilas-Boas; F. Alves; A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, 192-194. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, 6: supl. 2, Porto, Portugal.

Barthels, K.M.; Adrian, M.J. (1975). Three-dimensional spatial hand patterns of skilled butterfly swimmers. In: L. Iwawaki; J.P. Clarys (Eds.), *Swimming II*, 154-160. University Park Press, Baltimore.

Barzdukas, A.; Spry, S.; Cappaert, J.M.; Troup, J.P. (1990a). Developmental changes in muscle size and power characteristics of elite age group swimmers. In: D. MacLaren; T. Reilly; A. Lees (Eds.), *Proceedings of the VI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 359-364. E & FN Spon, Liverpool, England.

Barzdukas, A.; Spry, S.; Cappaert, J.M.; Troup, J.P. (1990b). Growth and development characteristics of elite female age group swimmers. In: D. MacLaren; T. Reilly; A. Lees (Eds.), *Proceedings of the VI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 353-358. E & FN Spon, Liverpool, England.

Baxter-Jones, A.D.; Helms, P.; Baines-Preece, J.; Preece, M. (1994). Menarche in intensively trained gymnasts, swimmers and tennis players. *Ann Hum Biol*, 21 (5): 407-415.

Baxter-Jones, A.D.; Maffulli, N. (2002). Intensive training in elite young female athletes. Effects of intensive training on growth and maturation are not established. *Br J Sports Med*, 36 (1): 13-15.

Baxter-Jones, A.D.G.; Eisenmann, J.C.; Sherar, L.B. (2005). Controlling for Maturation in Pediatric Exercise Science. *Pediatric Exercise Science*, 17: 18-30.

Baxter-Jones, A.D.G.; Helms, P.J. (1996). Effects of training at a young age: a review of the training of young athletes (TOYA) study. *Pediatric Exercise science*, 8: 310-327.

Bedu, M.; Fellmann, N.; Spielvogel, H.; Falgairette, G.; Van Praagh, E.; Coudert, J. (1991). Force-velocity and 30-s Wingate tests in boys at high and low altitudes. *J Appl Physiol*, 70 (3): 1031-1037.

Bell, R.D.; MacDougall, J.D.; Billeter, R.; Howald, H. (1980). Muscle fiber types and morphometric analysis of skeletal muscle in six-year-old children. *Med Sci Sports Exerc*, 12 (1): 28-31.

Bencke, J.; Damsgaard, R.; Saekmose, A.; Jorgensen, P.; Jorgensen, K.; Klausen, K. (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scand J Med Sci Sports*, 12 (3): 171-178.

Beneke, R.; Hutler, M.; Jung, M.; Leithauser, R.M. (2005). Modelling the blood lactate kinetics at maximal short-term exercise conditions in children, adolescents, and adults. *J Appl Physiol*, 99 (2): 499-504.

Beneke, R.; Pollmann, C.; Bleif, I.; Leithauser, R.M.; Hutler, M. (2002). How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? *Eur J Appl Physiol*, 87 (4): 388-392.

Benwell, N.M.; Sacco, P.; Hammond, G.R.; Byrnes, M.L.; Mastaglia, F.L.; Thickbroom, G.W. (2006). Short-interval cortical inhibition and corticomotor excitability with fatiguing hand exercise: a central adaptation to fatigue? *Exp Brain Res*, 170 (2): 191-198.

Berg, A.; Keul, J. (1984). Biochemical changes during exercise in children. In: R. Malina (Eds.), *Proceedings of The Child and Sport Conference*, 61-77. Human Kinetics Books, Urbino, Italy.

Berthoin, S.; Baquet, G.; Dupont, G.; Blondel, N.; Mucci, P. (2003). Critical velocity and anaerobic distance capacity in prepubertal children. *Can J Appl Physiol*, 28 (4): 561-575.

Bessman, S.P.; Carpenter, C.L. (1985). The creatine-creatine phosphate energy shuttle. *Annu Rev Biochem*, 54: 831-862.

Beunen, G.; Lefevre, J.; Ostyn, M.; Renson, R.; Simons, J.; Van Gerven, D. (1990). Skeletal maturity in Belgian youths assessed by the Tanner-Whitehouse method (TW2). *Ann Hum Biol*, 17 (5): 355-376.

Biggerstaff, K.D.; Hill, D.W.; Jackson, S.L.; Sams, B.R. (1992). Use of critical power concept to evaluate anaerobic capacity in swimmers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24 (5): S75.

Billaut, F.; Basset, F.A.; Giacomoni, M.; Lemaitre, F.; Tricot, V.; Falgairette, G. (2006). Effect of high-intensity intermittent cycling sprints on neuromuscular activity. *Int J Sports Med*, 27 (1): 25-30.

Blazev, R.; Lamb, G.D. (1999). Low [ATP] and elevated [Mg²⁺] reduce depolarization-induced Ca²⁺ release in rat skinned skeletal muscle fibres. *J Physiol*, 520: 203-215.

Blimkie, C.; Sale, D. (1998). Strength development and trainability during childhood. In: E. Van Praagh (Eds.), *Pediatric Anaerobic Performance* (pp. 193-224). Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers, Inc.

Bober, T.; Czabanski, B. (1975). Changes in breaststroke techniques under different speed conditions. In: L. Lewillie; J.P. Clarys (Eds.), *Second International Symposium on Biomechanics in Swimming*, 188-193. University Park Press, Baltimore.

Boisseau, N.; Delamarche, P. (2000). Metabolic and hormonal responses to exercise in children and adolescents. *Sports Med*, 30 (6): 405-422.

Bollens, E.; Annemans, L.; Vaes, W.; Clarys, J.P. (1988). Peripheral EMG comparison between fully tethered and free front crawl swimming. In: B.E. Ungerechts; K. Reischle; K. Wilke (Eds.), *Swimming Science V*, 173-181. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois.

Bone, M.; Spry, S.; Trappe, S.; Troup, J.P. (1990). Differences in the anaerobic power of age group swimmers. In: T. Reilly; D. MacLaren (Eds.), *Abstracts of the Sixth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, Liverpool, England.

Bonen, A.; Wilson, B.A.; Yarkony, M.; Belcastro, A.N. (1980). Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. *J Appl Physiol*, 48 (2): 232-235.

Borer, K.T. (1995). The effects of exercise on growth. *Sports Med*, 20 (6): 375-397.

Bouchard, C.; Taylor, A.W.; Dulac, S. (1982). Testing maximal anaerobic power and capacity. In: J.D. MacDougall; H.A. Wenger; H.J. Green (Eds.), *Physiological testing of the elite athlete* (pp. 61-73). Champaign, Il.: Human Kinetics.

Bouchard, C.; Taylor, C.; Simoneau, J.-A.; Dulac, S. (1991). Testing anaerobic power and capacity. In: J.D. MacDougall; H.A. Wenger; H.J. Green (Eds.), *Physiological testing of the high performance athlete* (pp. 175-222). Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Bradshaw, A.; Hoyle, J. (1993). Correlation between sprinting and dry land power. *J. Swimming Research*, 9: 15-18.

Brooks, G.A.; Fahey, T.D.; White, T.P.; Baldwin, K.M. (2000). *Exercise physiology: human bioenergetics and its applications*. (3rd Edition). New York: Macmillan Publishing Company.

Cabri, J.; Annemans, L.; Clarys, J.P.; Bollens, E.; Publie, J. (1988). The relation of stroke frequency, force, and EMG in front crawl tethered swimming. In: B.E. Ungerechts; K. Wilke; K. Reischle (Eds.), *Swimming Science V*, 183-189. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois.

Caine, D.J. (1990). Growth Plate Injury and Bone Growth: An Update. *Pediatric Exercise Science*, 2: 209-229.

Calbet, J.A.; De Paz, J.A.; Garatachea, N.; Cabeza de Vaca, S.; Chavarren, J. (2003). Anaerobic energy provision does not limit Wingate exercise performance in endurance-trained cyclists. *J Appl Physiol*, 94 (2): 668-676.

Capitão, F.; Lima, A.B.; Goncalves, P.; Morouco, P.; Silva, M.; Fernandes, R.; Vilas-Boas, J.P. (2006). Videogrametrically and Velocimetrically Assessed Intra-Cyclic Variations of the Velocity in Breaststroke. In: J.P. Vilas-Boas; F. Alves; A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, 212-214. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, 6, supl. 2, Porto, Portugal.

Cappaert, J.M. (1999). Biomechanics of swimming analysed by three-dimensional techniques. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 141-145. University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland.

Cappaert, J.M.; Pease, D.L.; Troup, J.P. (1995). Three-Dimensional Analysis, of the Men's 100-m Freestyle During the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*, 11: 103-112.

Carlson, J.S.; Naughton, G.A. (1998). Assessing accumulated oxygen deficit in children. In: E. Van Praagh (Eds.), *Pediatric Anaerobic Performance* (pp. 119-136). Champaign, Il.: Human Kinetics.

Cazorla, G. (1993). *Tests spécifiques d' evaluation du nageur*. Association pour la Recherche et l'Evaluation en Activité Physique et en Sport, Cestas, France.

Cazorla, G.; Montpetit, R.; Prokop, P.; Cervetti, J.-P. (1984). De l'évaluation des nageurs de haut niveau... a la detection des jeunes "talents". *Travaux et Recherches*, 7: 185-208.

Chaouloff, F. (2000). Serotonin, stress and corticoids. *J Psychopharmacol*, 14 (2): 139-151.

Chia, M.; Armstrong, N.; Childs, D. (1997). The assesement of children's anaerobic performance using modifications of the Wingate Anaerobic Test. *Pediatric Exercise Science*, 9: 80-89.

Chollet, D.; Challes, S.; Chatard, J.C. (2000). A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *International Journal of Sports Medicine*, 21: 54-59.

Chollet, D.; Pelayo, P.; Delaplace, C.; Tourny, C.; Sidney, M. (1997). Stroking characteristic variations in the 100-M freestyle for male swimmers of differing skill. *Percept Mot Skills*, 85 (1): 167-177.

Colantonio, E.; Barros, R.V.; Kiss, M.A. (2003). Oxygen uptake during Wingate tests for arms and legs in swimmers and water polo players. *Rev. Bras. Med. esporte*, 9 (3): 141-144.

Constantini, N.W.; Warren, M.P. (1995). Menstrual dysfunction in swimmers: a distinct entity. *J Clin Endocrinol Metab*, 80 (9): 2740-2744.

Cook, P.C.; Leit, M.E. (1995). Issues in the pediatric athlete. *Orthop Clin North Am*, 26 (3): 453-464.

Costill, D.L. (1990). Lactate metabolism for swimming. In: D. MacLaren; T. Reilly; A. Lees (Eds.), *Proceedings of the VI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 3-11. E & FN Spon, Liverpool, England.

Costill, D.L. (1999). Training adaptations for optimal performance. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 381-389. University of Jyvaskyla, Jyvaskyla.

Costill, D.L.; Douglas, S.K.; Holdren, A.; Hargreaves, M. (1983). Sprint speed vs. swimming power. *Swimming Technique*, 20 (1): 20-22.

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

Costill, D.L.; Lee, G.; D'Acquisto, L. (1987). Video-computer assisted analysis of swimming technique. *J. Swimming Research*, 3 (2): 5-9.

Costill, D.L.; Maglischo, E.W.; Richardson, A.B. (1992). *Swimming*. London: Blackwell Scientific Publications.

Costill, D.L.; Rayfield, F.; Kirwan, J.; Thomas, R. (1986). A computer based system for the measurement of force and power during front crawl swimming. *J. Swimming Research*, 2 (1): 16-19.

Counsilman, J.E. (1968). *The science of Swimming*. Engle-wood cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Counsilman, J.E. (1971). The application of Bernoulli's principle to human propulsion in water. In: L. Lewillie; J.P. Clarys (Eds.), *First International Symposium on Biomechanics of Swimming*, 59-71. Université Libre de Bruxelles, Brussels.

Courteix, D.; Lespessailles, E.; Obert, P.; Benhamou, C.L. (1999). Skull bone mass deficit in prepubertal highly-trained gymnast girls. *Int J Sports Med*, 20 (5): 328-333.

Courteix, D.; Lespessailles, E.; Peres, S.L.; Obert, P.; Germain, P.; Benhamou, C.L. (1998). Effect of physical training on bone mineral density in prepubertal girls: a comparative study between impact-loading and non-impact-loading sports. *Osteoporos Int*, 8 (2): 152-158.

Courteix, D.; Obert, P.; Lecoq, A.M.; Guenon, P.; Koch, G. (1997). Effect of intensive swimming training on lung volumes, airway resistance and on the maximal expiratory flow-volume relationship in prepubertal girls. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 76 (3): 264-269.

Craig, A.B.; Skehan, P.L.; Pawelczyk, J.A.; Boomer, W.L. (1985). Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17 (6): 625-634.

Craig Jr, A.B.; Boomer, W.L.; Gibbons, J.F. (1979). Use of stroke rate, distance per stroke, and velocity relationships during training for competitive swimming. In: J. Terauds; E.W. Bedingfield (Eds.), *Proceedings of the Third International Symposium of Biomechanics in Swimming*, 265-274. University Park Press, Baltimore, Edmonton, Canada.

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

Craig Jr, A.B.; Pendergast, D.R. (1980). Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Swim. Tech.*, 17 (1): 26-29.

Crielaard, J.M.; Pirnay, F. (1981). Anaerobic and aerobic power of top athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 47 (3): 295-300.

Crielaard, J.M.; Pirnay, F.; Franchimont, P. (1986). *Croissance et exercice anaerobie lactique*.

Cruikshank, M.A. (1993). The effect of warm up time on power output during the Wingate Test. Master Thesis.

Cumming, G.R. (1973). Correlation of athletic performance and aerobic power in 12-17 year-old children with bone age, calf muscle, total body potassium, heart volume and two indices of anaerobic power. In: O. Bar-Or (Eds.), *Paediatric Work Physiology* (pp. 109-135). Netanya, Israel.: Wingate Institute.

Cureton, T.K. (1930). Mechanics and kinesiology of swimming. *Res. Quart.*, 1: 87-121.

D'Acquisto, L.J.; Costill, D.L. (1998). Relationship between intracyclic linear body velocity fluctuations, power, and sprint breaststroke performance. *J. Swimming Research*, 13: 8-14.

Dal Monte, A. (1971). Presenting an apparatus for motion picture, television and scan shots of the movement of swimming. In: L. Lewillie; J.P. Clarys (Eds.), *First International Symposium on Biomechanics in Swimming, waterpolo and Diving*, 127-128. Universite Libre de Bruxelles, Brussels.

Daly, R.M.; Rich, P.A.; Klein, R. (1998). Hormonal responses to physical training in high-level peripubertal male gymnasts. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 79 (1): 74-81.

Dawson, B.; Vladich, T.; Blanksby, B.A. (2002). Effects of 4 weeks of creatine supplementation in junior swimmers on freestyle sprint and swim bench performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16 (4): 485-490.

De Ste Croix, M.B. (2007). Advances in paediatric strength assessment: changing our perspective on strength development. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6: 292-304.

De Ste Croix, M.B.; Armstrong, N.; Chia, M.Y.; Welsman, J.R.; Parsons, G.; Sharpe, P. (2001). Changes in short-term power output in 10- to 12-year-olds. *J Sports Sci*, 19 (2): 141-148.

de Vries, H.A.; Moritani, T.; Nagata, A.; Magnussen, K. (1982). The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data. *Ergonomics*, 25 (9): 783-791.

de Vries, H.A.; Tichy, M.W.; Housh, T.J.; Smyth, K.D.; Tichy, A.M.; Housh, D.J. (1987). A method for estimating physical working capacity at the fatigue threshold (PWCFT). *Ergonomics*, 30 (8): 1195-1204.

Degroot, M.; Massie, B.M.; Boska, M.; Gober, J.; Miller, R.G.; Weiner, M.W. (1993). Dissociation of [H+] from fatigue in human muscle detected by high time resolution 31P-NMR. *Muscle Nerve*, 16 (1): 91-98.

Dekerle, J.; Brickley, G.; Hammond, A.J.; Pringle, J.S.; Carter, H. (2005). Validity of the two-parameter model in estimating the anaerobic work capacity. *Eur J Appl Physiol*, 96 (3): 257-264.

Dekerle, J.; Carter, H. (2006). The D-T relationship over a century of swimming olympic performances. A limit of the critical velocity concept. In: P. Hellard; M. Sidney; C. Fauquet; D. Lehénaff (Eds.), *Proceedings of the First International Symposium Sciences and Practices in Swimming*, 123-126. Atlantica, Biarritz, France.

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

Desbrosses, K.; Babault, N.; Scaglioni, G.; Meyer, J.P.; Pousson, M. (2006). Neural activation after maximal isometric contractions at different muscle lengths. *Med Sci Sports Exerc*, 38 (5): 937-944.

Deschodt, V. (1999). Modifications de la trajectoire aquatic du poignet liées à l'apparition de la fatigue lors d'exercices intermittents en natation. *Science et Motricité*, 37: 19-25.

di Prampero, P.; Dekerle, J.; Capelli, C.; Zamparo, P. (2007). The critical velocity in swimming (no prelo). *Eur. J. Appl. Physiol.*,

DiFiori, J.P. (1999). Overuse injuries in children and adolescents. *Physician & Sportsmedicine*, 27 (1): 75.

Dopsaj, M.; Matkovic, I.; Thanopoulos, V.; Okicic, T. (2003). Reliability and validity of basic kinematics and mechanical characteristics of pulling force in swimmers measured by the method of tethered swimming with maximum intensity of 60 seconds. *Physical education and Sport*, 1 (10): 11-12.

Dore, E.; Bedu, M.; Franca, N.M.; Van Praagh, E. (2001). Anaerobic cycling performance characteristics in prepubescent, adolescent and young adult females. *Eur J Appl Physiol*, 84 (5): 476-481.

Dore, E.; Diallo, O.; Franca, N.M.; Bedu, M.; Van Praagh, E. (2000). Dimensional changes cannot account for all differences in short-term cycling power during growth. *Int J Sports Med*, 21 (5): 360-365.

Dotan, R.; Bar-Or, O. (1983). Load optimization for the Wingate Anaerobic Test. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 51 (3): 409-417.

Duarte, J.A.; Magalhaes, J.F.; Monteiro, L.; Almeida-Dias, A.; Soares, J.M.; Appell, H.J. (1999). Exercise-induced signs of muscle overuse in children. *Int J Sports Med*, 20 (2): 103-108.

Dupont, G.; Berthoin, S.; Gerbeaux, M. (2000). Performances lors d'un exercice intermittent anaérobie: comparaison entre enfants et sujets matures. *Science & sports*, 15: 147-153.

Dutka, T.L.; Lamb, G.D. (2004). Effect of low cytoplasmic [ATP] on excitation-contraction coupling in fast-twitch muscle fibres of the rat. *J Physiol*, 560: 451-468.

Eisenmann, J.C.; Malina, R.M. (2002). Growth status and estimated growth rate of young distance runners. *Int J Sports Med*, 23 (3): 168-173.

Enoka, R.M.; Stuart, D.G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol*, 72 (5): 1631-1648.

Eriksson, B.O.; Gollnick, P.D.; Saltin, B. (1973). Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiol Scand*, 87 (4): 485-497.

Essen, B.; Jansson, E.; Henriksson, J.; Taylor, A.W.; Saltin, B. (1975). Metabolic characteristics of fibre types in human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand*, 95 (2): 153-165.

Ettema, J.H. (1966). Limits of human performance and energy-production. *Int F für Angew Physiol Einschl Arbeitphysiol*, 22: 45-54.

Fahnemann, A. (1996). *Biometer swim bench manual*. (German-English edition). Albrecht Fahnemann.

Faina, M.; Billat, V.; Squadrone, R.; De Angelis, M.; Koralsztein, J.P.; Dal Monte, A. (1997). Anaerobic contribution to the time to exhaustion at the minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakers and swimmers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 76 (1): 13-20.

Falgairrette, G.; Bedu, M.; Fellmann, N.; Van-Praagh, E.; Coudert, J. (1991). Bio-energetic profile in 144 boys aged from 6 to 15 years with special reference to sexual maturation. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 62 (3): 151-156.

Falgairrette, G.; Duche, P.; Bedu, M.; Fellmann, N.; Coudert, J. (1993). Bioenergetic characteristics in prepubertal swimmers. Comparison with active and non-active boys. *Int J Sports Med*, 14 (8): 444-448.

Falk, B.; Bar-Or, O. (1993). Longitudinal changes in peak aerobic and anaerobic mechanical power of circumpubertal boys. *Pediatric Exercise Science*, 5: 318-331.

Falk, B.; Portal, S.; Tikitsky, R.; Weinstein, Y.; Constantini, N.; Martinowitz, U. (2000). Anaerobic power and muscle strength in young hemophilia patients. *Med Sci Sports Exerc*, 32 (1): 52-57.

Falk, B.; Tenenbaum, G. (1996). The effectiveness of resistance training in children: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 22 (3): 176-186.

Faria, I.E.; Faria, E.W.; Parker, D. (1996). Metabolic and ventilatory response to cross-country skiing classical and double arm poling exercise. *J Sports Med Phys Fitness*, 36 (1): 1-6.

Farkas, A.; Zsidegh, M.; Tatar, A.; Prokai, A.; Meszaros, Z.; Uvacsek, M.; Vajda, I. (2003). Physique and body composition parameters of preadolescents. *Revista Portuguesa de Ciencias do Desporto*, 3 (2, supl.): 36-40.

Faulkner, R.A. (1996). Maturation. In: D. Docherty (Eds.), *Measurement in Pediatric Exercise Science* (pp. 129-158). British Columbia: Canadian Society for Exercise Physiology.

Fawkner, S.G.; Armstrong, N. (2002). Assessment of critical power with children. *Pediatric Exercise Science*, 14: 259-268.

Fellmann, N.; Bedu, M.; Coudert, J.; Falgairrette, G.; Van Praagh, E.; Spielvogel, H. (1987). Effect of high-altitude hypoxia on anaerobic metabolism in boys. In: S. Oseid; K. Carlsen (Eds.), *Proceedings of The XIIIth International Congress on Pediatric Work Physiology, Children and Exercise XIII (International Series on Sport Sciences, volume 19)*, 155-162. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois, Hurdal, Norway.

Fellmann, N.; Bedu, M.; Spielvogel, H.; Falgairrette, G.; Van Praagh, E.; Coudert, J. (1986). Oxygen debt in submaximal and supramaximal exercise in children at high and low altitude. *J Appl Physiol*, 60 (1): 209-215.

Fellmann, N.; Coudert, J. (1994). Physiology of muscular exercise in children. *Arch Pediatr*, 1 (9): 827-840.

Figoni, S.F.; Gupta, S.C.; Glaser, R.M. (1999). Effects of Posture on Arm Exercise Performance of Adults with Tetraplegia. *Clinical Exercise Physiology*, 1 (2): 74-86.

Finn, J.P.; Ebert, T.R.; Withers, R.T.; Carey, M.F.; Mackay, M.; Phillips, J.W.; Febbraio, M.A. (2001). Effect of creatine supplementation on metabolism and performance in humans during intermittent sprint cycling. *Eur J Appl Physiol*, 84 (3): 238-243.

Foster, C.; Fitzgerald, D.J.; Spatz, P. (1999). Stability of the blood lactate-heart rate relationship in competitive athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 31 (4): 578-582.

Freitas, D.; Maia, J.; Beunen, G.; Lefevre, J.; Claessens, A.; Marques, A.; Rodrigues, A.; Silva, C.; Crespo, M.; Thomis, M.; Sousa, A.; Malina, R. (2004). Skeletal maturity and socio-economic status in Portuguese children and youths: the Madeira growth study. *Ann Hum Biol*, 31 (4): 408-420.

Froese, E.A.; Houston, M.E. (1987). Performance during the Wingate anaerobic test and muscle morphology in males and females. *Int J Sports Med*, 8 (1): 35-39.

Frohner, G.; Keller, E.; Schmidt, G. (1990). Growth parameters of female athletes during periods of high training load. *Arztl Jugendkd*, 81 (5): 375-379.

Gaitanos, G.C.; Williams, C.; Boobis, L.H.; Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75 (2): 712-719.

Gandevia, S.C.; Allen, G.M.; Butler, J.E.; Taylor, J.L. (1996). Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. *J Physiol*, 490: 529-536.

Garagiola, U.; Buzzetti, M.; Cardella, E.; Confalonieri, F.; Giani, E.; Polini, V.; Ferrante, P.; Mancuso, R.; Montanari, M.; Grossi, E. (1995). Immunological patterns during regular intensive training in athletes: quantification and evaluation of a preventive pharmacological approach. *J Int Med Res*, 23 (2): 85-95.

Gastin, P.B. (1994). Quantification of anaerobic capacity. *Scand. J. Med. sci. Sports*, 4: 91-112.

Gastin, P.B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*, 31 (10): 725-741.

Gaul, C.A. (1996). Muscular strength. In: D. Docherty (Eds.), *Measurement in Pediatric Exercise Science* (pp. 225-260). British Columbia: Canadian Society for Exercise Physiology.

Gehlsen, G.M.; Grigsby, S.A.; Winant, D.M. (1984). Effects of an aquatic fitness program on the muscular strength and endurance of patients with multiple sclerosis. *Phys Ther*, 64 (5): 653-657.

Georgopoulos, N.; Markou, K.; Theodoropoulou, A.; Paraskevopoulou, P.; Varaki, L.; Kazantzi, Z.; Leglise, M.; Vagenakis, A.G. (1999). Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab*, 84 (12): 4525-4530.

Gergley, T.J.; McArdle, W.D.; DeJesus, P.; Toner, M.M.; Jacobowitz, S.; Spina, R.J. (1984). Specificity of arm training on aerobic power during swimming and running. *Med Sci Sports Exerc*, 16 (4): 349-354.

Gilliam, J.D.; Hohzorn, C.; Martin, D.; Trimble, M.H. (2000). Effect of oral creatine supplementation on isokinetic torque production. *Med Sci Sports Exerc*, 32 (5): 993-996.

Gladden, L.B. (2000). Muscle as a consumer of lactate. *Med Sci Sports Exerc*, 32 (4): 764-771.

Gladden, L.B. (2001). Lactic acid: New roles in a new millennium. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 98 (2): 395-397.

Globus Italia (s.d.). *Ergo Meter and "graph" operating manual*.

Goldfuss, A.J.; Nelson, R.C. (1970). A temporal and force analysis of the crawl arm stroke during tethered swimming. In: L. Lewillie; J.P. Clarys (Eds.), *First International Symposium on "Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving"*, 129-142. Université Libre de Bruxelles, Brussels.

Gratas-Delamarche, A.; Delamarche, P. (1990). L'entraînement des aptitudes aérobie et anaérobie de l'enfant. *Science et motricité*, 10: 44-50.

Green, H. (1995a). Metabolic determinants of activity induced muscular fatigue. In: M. Hargreaves (Eds.), *Exercise Metabolism* (pp. 221-256). Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Green, S. (1994). A definition and systems view of anaerobic capacity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 69 (2): 168-173.

Green, S. (1995b). Measurement of anaerobic work capacities in humans. *Sports Med*, 19 (1): 32-42.

Green, S.; Dawson, B.T. (1993). Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Med*, 15 (5): 312-327.

Green, S.; Dawson, B.T.; Goodman, C.; Carey, M.F. (1996). Anaerobic ATP production and accumulated O₂ deficit in cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28 (3): 315-321.

Greenhaff, P.L. (2001). The creatine-phosphocreatine system: there's more than one song in its repertoire. *J Physiol*, 537 (3): 657.

Greulich, W.; Pyle, S. (1959). *Radiografic atlas of skeletal development of the hand and wrist*. Stanford: Stanford University Press.

Grosser, M. (1992). *Entrenamiento de la velocidad: fundamentos métodos y programas*. Barcelona: Ediciones Martinez Roca, S. A.

Gudmundsson, H.; Sanders, R. (2006). Ence of swimming research. In: J.P. Vilas-Boas; F. Alves; A. Marques (Eds.), *Book of Abstracts of the Xth international Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 85. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, Porto.

Guglielmo, L.G.A.; Denadai, B.S. (2000). Assessment of anaerobic power of swimmers: the correlation of laboratory tests on an arm ergometer with field tests in a swimming pool. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 14 (4): 395-398.

Guyton, A.C.; Hall, J.H. (2002). *Tratado de fisiologia médica*. Rio de Janeiro: Editora Gunabara S. A.

Hagg, U.; Taranger, J. (1980). Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand*, 38 (3): 187-200.

Haller, R.G.; Clausen, T.; Vissing, J. (1998). Reduced levels of skeletal muscle Na⁺K⁺-ATPase in McArdle disease. *Neurology*, 50 (1): 37-40.

Hancock, C.R.; Brault, J.J.; Wiseman, R.W.; Terjung, R.L.; Meyer, R.A. (2005). ³¹P-NMR observation of free ADP during fatiguing, repetitive contractions of murine skeletal muscle lacking AK1. *Am J Physiol Cell Physiol*, 288 (6): 1298-1304.

Hawley, J.A.; Williams, M.M. (1991). Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *Int J Sports Med*, 12 (1): 1-5.

Hebestreit, H.; Meyer, F.; Htay, H.; Heigenhauser, G.J.; Bar-Or, O. (1996). Plasma metabolites, volume and electrolytes following 30-s high-intensity exercise in boys and men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 72 (5-6): 563-569.

Hebestreit, H.; Mimura, K.I.; Bar-Or, O. (1993). Recovery of muscle power after high-intensity short-term exercise: comparing boys and men. *Journal of Applied Physiology*, 74 (6): 2875-2880.

Heitkamp, H.C.; Horstmann, T. (2005). Discomforts and injuries of the spine and medical examinations in young talented female gymnasts. *Sportverletz Sportschaden*, 19 (2): 77-81.

Helms, P.J. (1997). Sports injuries in children: should we be concerned? *Arch Dis Child*, 77 (2): 161-163.

Herbestriet, H.; Mumura, K.-I.; Bra-Or, O. (1992). Recovery of anaerobic muscle power after supramaximal short-term exercise: comparing boys to men (abstract). *Pediatric Exercise Science*, (4): 183.

Hespel, P.; Eijnde, B.O.; Derave, W.; Richter, E.A. (2001). Creatine supplementation: exploring the role of the creatine kinase/phosphocreatine system in human muscle. *Can J Appl Physiol*, 26 Suppl S79-102.

Hill, D.W. (1993). The critical power concept. A review. *Sports Med*, 16 (4): 237-254.

Hill, D.W.; Smith, J.C. (1993). A comparison of methods of estimating anaerobic work capacity. *Ergonomics*, 12: 1495-1500.

Hill, D.W.; Steward Jr., R.P.; Lane, C.J. (1995). Application of the critical power concept to young swimmers. *Pediatric Exercise science*, 7: 281-293.

Hirvonen, J.; Rehunen, S.; Rusko, H.; Haerkoenen, M. (1987). Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 56 (3): 253-259.

Hollander, A.P.; de Groot, G.; van Ingen Schnau, G.J.; Toussaint, H.M.; de Best, H.; Peeters, W.; Meulemans, A.; Schreurs, A. (1986). Measurement of active drag during crawl arm stroke swimming. *Journal of Sport Sciences*, 4: 21-30.

Hollge, J.; Kunkel, M.; Ziemann, U.; Tergau, F.; Geese, R.; Reimers, C.D. (1997). Central fatigue in sports and daily exercises. A magnetic stimulation study. *Int J Sports Med*, 18 (8): 614-617.

Holmér, I. (1979). Analysis of acceleration as a measure of swimming proficiency. In: J. Terauds; E.W. Bedingfield (Eds.), *Third International Symposium of Biomechanics in Swimming, Swimming III*, 118-124. University Park Press, Baltimore.

Holmér, I.; Haglund, S. (1978). The swimming flume: experiences and applications. In: B. Eriksson; B. Furberg (Eds.), *Proceedings of The Fourth International Congress on Swimming Medicine*, 379-385. University Park Press, Baltimore, Stockholm, Sweden.

Hooper, S.L.; Mackinnon, L.T.; Ginn, E.M. (1998). Effects of three tapering techniques on the performance, forces and psychometric measures of competitive swimmers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 78 (3): 258-263.

Hopkins, W.G.; Edmond, I.M.; Hamilton, B.H.; Macfarlane, D.J.; Ross, B.H. (1989). Relation between power and endurance for treadmill running of short duration. *Ergonomics*, 1565.

Housh, T.J.; Johnson, G.O.; McDowell, S.L.; Housh, D.J.; Pepper, M. (1991). Physiological responses at the fatigue threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 305.

Houston, M.E.; Sharratt, M.T.; Bruce, R.W. (1983). Glycogen depletion and lactate responses in freestyle wrestling. *Can J Appl Sport Sci*, 8 (2): 79-82.

Hughson, R.L.; Orok, C.J.; Staudt, L.E. (1984). A high velocity treadmill running test to assess endurance running potential. *International Journal of Sports Medicine*, 5 (1): 23-25.

Hutzler, Y.; Ochana, S.; Bolotin, R.; Kalina, E. (1998). Aerobic and anaerobic arm-cranking power outputs of males with lower limb impairments: relationship with sport participation intensity, age, impairment and functional classification. *Spinal Cord*, 36 (3): 205-212.

Ibañez, J.; Pullinen, T.; Gorostiaga, E.; Postigo, A.; Mero, A. (1995). Blood lactate and ammonia in short-term anaerobic work following induced alkalosis. *J Sports Med Phys Fitness*, 35 (3): 187-193.

Ichikawa, H.; Ohgi, Y.; Miyaji, C. (1999). Analysis of stroke of the freestyle swimming using accelerometer. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 159-164. University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland.

Ikuta, Y.; Wakayoshi, K.; Nomura, T. (1996). Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimming. In: J.P. Troup; A.P. Hollander; D. Strass; S.W. Trappe; J.M. Cappaert; T.A. Trappe (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, 146-151.

Inbar, O.; Bar-Or, O. (1986). Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 264.

Inbar, O.; Bar-Or, O.; Skinner, J.S. (1996). *The Wingate Anaerobic Test*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Inbar, O.; Rotstein, A.; Jacobs, I.; Kaiser, P.; Dlin, R.; Dotan, R. (1983). The effects of alkaline treatment on short-term maximal exercise. *Journal of Sports Sciences*, 95.

Issurin, V.B.; Kaufman, L.E.; Tenenbaum, G. (2001). Modeling of velocity regimens for anaerobic and aerobic power exercises in high-performance swimmers. *J Sports Med Phys Fitness*, 41 (4): 433-440.

Jacobs, I. (1986). Blood lactate, implications for training and sports performance. *Sports Med*, 3 (1): 10-25.

Jacobs, I.; Bar-Or, O.; Karlsson, J.; Dotan, R.; Tesch, P.; Kaiser, P.; Inbar, O. (1982). Changes in muscle metabolites in females with 30-s exhaustive exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 14 (6): 457-460.

Jacobs, I.; Esbjornsson, M.; Sylven, C.; Holm, I.; Jansson, E. (1987). Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 368.

Jacobs, I.; Tesch, P.A.; Bar-Or, O.; Karlsson, J.; Dotan, R. (1983). Lactate in human skeletal muscle after 10 and 30s of supramaximal exercise. *J. Applied. Physiol.*, 55: 365-368.

Jaffre, C.; Courteix, D.; Dine, G.; Lac, G.; Delamarche, P.; Benhamou, L. (2001). High-impact loading training induces bone hyperresorption activity in young elite female gymnasts. *J Pediatr Endocrinol Metab*, 14 (1): 75-83.

Jaffre, C.; Lac, G.; Benhamou, C.L.; Courteix, D. (2002). Effects of chronic intensive training on androgenic and cortisol profiles in premenarchal female gymnasts. *Eur J Appl Physiol*, 87 (1): 85-89.

Jahreis, G.; Kauf, E.; Frohner, G.; Schmidt, H.E. (1991). Influence of intensive exercise on insulin-like growth factor I, thyroid and steroid hormones in female gymnasts. *Growth Regul*, 1 (3): 95-99.

Jenkins, D.G.; Quigley, B.M. (1990). Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 61 (3-4): 278-283.

Jenkins, D.G.; Quigley, B.M. (1991). The y-intercept of the critical power function as a measure of anaerobic work capacity. *Ergonomics*, 34 (1): 13-22.

Jenkins, D.G.; Quigley, B.M. (1992). Endurance training enhances critical power. *Med Sci Sports Exerc*, 24 (11): 1283-1289.

Jenkins, D.G.; Quigley, B.M. (1993). The influence of high-intensity exercise training on the Wlaim-Tlim relationship. *Med Sci Sports Exerc*, 25 (2): 275-282.

Johnson, R.E.; Sharp, R.L.; Hedrick, C.E. (1993). Relationship of swimming power and dryland power to sprint freestyle performance: A multiple Regression Approach. *J. Swimming Research*, 9: 10-14.

Jouaville, L.F.; Fellmann, N.; Coudert, J.; Clottes, E. (2006). Skeletal muscle expression of LDH and monocarboxylate transporters in growing rats submitted to protein malnutrition. *European Journal of Nutrition*,

Juhn, M.S.; Tarnopolsky, M. (1998). Oral creatine supplementation and athletic performance: a critical review. *Clin J Sport Med*, 8 (4): 286-297.

Jurimae, J.; Haljaste, K.; Cicchella, A.; Latt, E.; Purge, P.; Leppik, A.; Jurimae, T. (2007). Analysis of Swimming Performance From Physical, Physiological, and Biomechanical Parameters in Young Swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 19: 70-81.

Jürimäe, T.; Jürimäe, J.; Leppik, A. (2001). Changes in anthropometrical parameters, body composition and physical activity during one year in pubertal girls. In: Ghent University (Eds.), *Abstracts of the XXIst Symposium of the European Group of Pediatric Work Physiology*, University of Ghent, Corsendonk, Belgium.

Karpovich, P.V.; Karpovich, G.P. (1970). Magnetic tape natograph. *Res Q*, 41 (1): 119-122.

Karpovich, P.V.; Pestrecov, K. (1939). Mechanical work and efficiency in swimming crawl and back strokes. *Arbeitsphysiologie*, 10: 504-514.

Katch, V.; Weltman, A.; Martin, R.; Gray, L. (1977). Optimal test characteristics for maximal anaerobic work on the bicycle ergometer. *Res Q*, 48 (2): 319-327.

Keller, H.; Bar-Or, O.; Kriemler, S.; Ayub, B.V.; Saigal, S. (2000). Anaerobic performance in 5- to 7-yr-old children of low birthweight. *Med Sci Sports Exerc*, 32 (2): 278-283.

Kemper, H.C. (2000). Role of the pediatric exercise scientist in physical education, sports training and physiotherapy. *Int J Sports Med*, 21 Suppl 2 S118-123; discussion S124.

Kent, M.R.; Atha, J. (1975). A device for the on-line measurement of instantaneous swimming velocity. In: J.P. Clarys; L. Lewillie (Eds.), *Second International Symposium on Biomechanics in Swimming, Swimming II*, 58-63. University Park Press, Baltimore.

Keskinen, K.L. (1997). The relation of fatigue on stroking technique. In: B.O. Eriksson (Eds.), *XII FINA World Congress on Swimming Medicine*, FINA, Göteborg, Sweden.

Keskinen, K.L.; Komi, P.V. (1988). Interaction between aerobic/anaerobic loading and biomechanical performance in freestyle swimming. In: B.E. Ungerechts; K. Wilke; K. Reischle (Eds.), *Proceedings of Vth International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming (Swimming Science V)*, 285-293. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois, Bielefeld, Germany.

Keskinen, K.L.; Komi, P.V. (1993). Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. *Journal of Applied Biomechanics*, 9: 219-226.

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

Kjendlie, P.L.; Stallman, R.; Stray-Gundersen, J.S. (2002). A comparison of swimming technique of children and adult swimmers. In: (Eds.), (pp.

Kjendlie, P.L.; Stallman, R.K.; Stray-Gundersen, J. (2004b). Adults have lower stroke rate during submaximal front crawl swimming than children. *Eur J Appl Physiol*, 91 (5-6): 649-655.

Kjendlie, P.L.; Stallman, R.K.; Stray-Gundersen, J. (2004c). Adults have lower stroke rate during submaximal front crawl swimming than children. *European Journal of Applied Physiology*, 649.

Kjendlie, P.L.; Thorsvald, K. (2006). A tethered swimming power test is highly reliable. In: J.P. Vilas-Boas; F. Alves; A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, 231-233. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, Porto.

Klauck, J.; Daniel, K. (1990). Force and velocity characteristics of land training devices in swimming. In: D. MacLaren; T. Reilly; A. Lees (Eds.), *Proceedings of the VI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 219-223. E & FN Spon, Liverpool, England.

Klika, R.J.; Thorland, W.G. (1994). Physiological Determinants of Sprint Swimming Performance in Children and Young Adults. *Pediatric Exercise Science*, (abstract).

Konstantaki, M.; Swaine, I.L. (1999). Lactate and cardiopulmonary responses to simulated arm-pulling and leg-kicking in collegiate and recreational swimmers. *Int J Sports Med*, 20 (2): 118-121.

Konstantaki, M.; Trowbridge, E.A.; Swaine, I.L. (1998). The relationship between blood lactate and heart rate responses to swim bench exercise and women's competitive water polo. *J Sports Sci*, 16 (3): 251-256.

Konstantaki, M.; Winter, E.M.; Swaine, I.L. (1999). The effects of arms-or-legs-only training on indices of swimming performance and dry-land endurance in swimmers. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 391-395. University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland.

Konstantaki, M.; Winter, E.M.; Swaine, I.L. (2004). Peak Oxygen Uptake Responses to Free and Simulated Swimming Using Different Body Segments. *Journal of Swimming Research*, 18.

Kornecki, S.; Bober, T. (1978). Extreme velocities of a swimming cycle as a technique criterium. In: B. Eriksson; B. Furberg (Eds.), *Fourth International Congress on Swimming medicine, Swimming Medicine IV*, 402-407. University Park Press, Baltimore.

Koutedakis, Y.; Sharp, N.C. (1986). A modified Wingate test for measuring anaerobic work of the upper body in junior rowers. *Br J Sports Med*, 20 (4): 153-156.

Kreider, R.B. (2003). Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Mol Cell Biochem*, 244 (1-2): 89-94.

Kuno, S.Y.; Takahashi, H.; Fujimoto, K.; Akima, H.; Miyamaru, M.; Nemoto, I.; Itai, Y.; Katsuta, S. (1995). Muscle metabolism during exercise using phosphorus-31 nuclear magnetic resonance spectroscopy in adolescents. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 301.

Lasareishvili Kh, B.; Chakhunashvili, G.S. (2005). Structural indices of blood cells in young athletes after one month of training taking into account different types of sport. *Georgian Med News*, 128: 101-103.

LaVoie, N.; Dallaire, J.; Brayne, S.; Barrett, D. (1984). Anaerobic testing using the Wingate and Evans-Quinney protocols with and without toe stirrups. *Can J Appl Sport Sci*, 9 (1): 1-5.

Lefaucheur, L.; Hoffman, R.K.; Gerrard, D.E.; Okamura, C.S.; Rubinstein, N.; Kelly, A. (1998). Evidence for three adult fast myosin heavy chain isoforms in type II skeletal muscle fibers in pigs. *J Anim Sci*, 76 (6): 1584-1593.

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

Lemon, P.W. (2002). Dietary creatine supplementation and exercise performance: why inconsistent results? *Can J Appl Physiol*, 27 (6): 663-681.

Leone, M.; Lariviere, G.; Comtois, A.S. (2002). Discriminant analysis of anthropometric and biomotor variables among elite adolescent female athletes in four sports. *Journal of Sports Sciences*, 20: 443-449.

Letzelter, H.; Freitag, W. (1983). Stroke length and stroke frequency variation in men's and woman's 100-m freestyle swimming. In: P. Hollander; P. Huijing; G.d. Groot (Eds.), *Swimming Science IV*, 315-322. Human Kinetics, Champaign, IL.

Lima, A.B. (2006). Concepção, desenvolvimento de resultados e eficiência no treino da técnica em Natação. Tese de doutoramento. FCDEF-UP, Porto.

Lima, A.B.; Semblano, P.; Fernandes, D.; Gonçalves, P.; Morouço, P.; Sousa, F.; Fernandes, R.; Barbosa, T.; Correia, M.V.; Tani, G.; Vilas-Boas, J.P. (2006). A kinematical, imagiological, and acoustical biofeed-back system for the technical training in breaststroke swimming. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6 (supl. 1): 22.

Lima, T.; Gonçalves, C.A.; Coelho, O.; Longo, C.; Raposo, V.; Vieira, J.; Almeida, J.P. (s.d.). *Manual do monitor*. Ministério da Educação, Direcção-Geral dos Desportos.

Little, N.G. (1991). Physical performance attributes of junior and senior women, juvenile, junior, and senior men judokas. *J Sports Med Phys Fitness*, 31 (4): 510-520.

Lopategui, E.; Soler, R.L.; Rivera, M.A. (1995). La evaluación de la respuesta fisiológica y metabólica mediante procedimientos ergométricos: ambiente aire vs ambiente agua. *Archivos de Medicina del Deporte*, XII (45): 29-38.

Lopategui, E.C.; Soler, R.L.; Rivera, M.A.P. (1994). Physiological and metabolic responses of competitive swimmers during exercise in air and water environments. *P R Health Sci J.*, 13 (2): 133-141.

Maffulli, N. (1992). The growing child in sport. *Br Med Bull*, 48 (3): 561-568.

Maffulli, N.; Helms, P. (1988). Controversies about intensive training in young athletes. *Arch Dis Child*, 63 (11): 1405-1407.

Magel, J.R. (1970). Propelling force measured during tethered swimming in the four competitive swimming styles. *Res Q*, 41 (1): 68-74.

Magel, J.R. (1971). Comparison of the physiologic response to varying intensities of submaximal work in tethered swimming and treadmill running. *J Sports Med Phys Fitness*, 11 (4): 203-212.

Magel, J.R.; Faulkner, J.A. (1967). Maximum oxygen uptakes of college swimmers. *J Appl Physiol*, 22 (5): 929-933.

Magel, J.R.; McArdle, W.D. (1970). Propelling force and metabolic and circulatory considerations in swimming. *Scholastic Coach*, 40: 58-67.

Maglischo, C.W.; Maglischo, E.W. (1984). Tethered and nontethered crawl swimming. In: J. Terauds; K. Barthels; E. Kreighbaum; R. Mann; J. Crakes; C.A.D. Mar (Eds.), *Proceedings of the ISBS: sports biomechanics*, 163-176.

Maglischo, E.W. (1986). The application of energy metabolism to swimming training. In: B.E. Ungerechts; K. Wilke; K. Reischle (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming V (Swimming Science V)*, 209-218. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois.

Maglischo, E.W. (2003). *Swimming fastest*. (Rev. ed. of swimming even faster (1983)). USA: Human Kinetics.

Maimoun, L.; Lumbroso, S.; Manetta, J.; Paris, F.; Leroux, J.L.; Sultan, C. (2003). Testosterone is significantly reduced in endurance athletes without impact on bone mineral density. *Horm Res*, 59 (6): 285-292.

Makarenko, M.V.; Ivaniura, I.O.; Sheiko, V.I. (2002). Studies of psychophysiological functions of middle school age students after prolonged physical training. *Fiziol Zh*, 48 (5): 56-61.

Malina, R.M. (1983). Menarche in athletes: a synthesis and hypothesis. *Ann Hum Biol*, 10 (1): 1-24.

Malina, R.M. (1994). Physical activity and training: effects on stature and the adolescent growth spurt. *Med Sci Sports Exerc*, 26 (6): 759-766.

Malina, R.M.; Beunen, G.; Wellens, R.; Claessens, A. (1986). Skeletal maturity and body size of teenage Belgian track and field athletes. *Ann Hum Biol*, 13 (4): 331-339.

Malina, R.M.; Bouchard, C.; Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. (second edition). Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Malina, R.M.; Cumming, S.P.; Morano, P.J.; Barron, M.; Miller, S.J. (2005). Maturity status of youth football players: a noninvasive estimate. *Med Sci Sports Exerc*, 37 (6): 1044-1052.

Malina, R.M.; Little, B.B. (1981). Comparison of TW1 and TW2 skeletal age differences in American black and white and in Mexican children 6-13 years of age. *Ann Hum Biol*, 8 (6): 543-548.

Margaria, R.; Aghemo, P.; Rovelli, E. (1966). Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J Appl Physiol*, 21 (5): 1662-1664.

Marinho, D.A.; Vilas-Boas, J.P.; Keskinen, K.; Rodríguez, F.; Soares, S.; Carmo, C.; Vilar, S.; Fernandes, R. (*in press*). Behaviour of the kinematic parameters during a time to exhaustion test at VO₂max in elite swimmers. *J. Human Movement Studies*,

Marques, A. (1991). A especialização precoce na preparação desportiva. *Treino Desportivo*, (19): 9-15.

Marsh, G.D.; Paterson, D.H.; Govindasamy, D.; Cunningham, D.A. (1999). Anaerobic power of the arms and legs of young and older men. *Experimental Physiology*, (84): 589-597.

Matos, N.; Winsley, R.J. (2007). Trainability of young athletes and overtraining. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6: 353-367.

Matsumoto, T.; Ito, K.; Moritani, T. (1991). The relationship between anaerobic threshold and electromyographic fatigue threshold in college women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 63 (1): 1-5.

Matthews, B.L.; Bennell, K.L.; McKay, H.A.; Khan, K.M.; Baxter-Jones, A.D.; Mirwald, R.L.; Wark, J.D. (2006). The influence of dance training on growth and maturation of young females: a mixed longitudinal study. *Ann Hum Biol*, 33 (3): 342-356.

Maud, P.J.; Shultz, B.B. (1989). Norms for the Wingate anaerobic test with comparison to another similar test. *Res Q Exerc Sport*, 60 (2): 144-151.

Maughan, R.; Gleeson, M.; Greenhalf, P.L. (1997). *Biochemistry of exercise and training*. Oxford: Oxford University Press.

Mayhew, J.L.; Bemben, M.G.; Rohrs, D.M. (1992). Seated Shot Put as a Measure of Upper Body Power in Adolescent Wrestlers. *Pediatric Exercise Science*, 4: 78-84.

Mayhew, J.L.; Bemben, M.G.; Rohrs, D.M.; Piper, F.C.; Willman, M.K. (1995). Comparison of Upper Body Power in Adolescent Wrestlers and Basketball Players. *Pediatric Exercise Science*, 7: 422-431.

McArdle, D.; Reilly, T. (1991). Consequences of altering stroke parameters in front crawl swimming and its simulation. In: D. MacLaren; T. Reilly; A. Lees (Eds.), *Proceedings of The VI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 125-130. E & F Spon, Liverpool, England.

McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. (1994). *Essentials of exercise physiology*. Pensilvania: J. Matthew Harris.

McElroy, K.; Blanksby, B. (1976). Intra-cycle velocity fluctuations of highly skilled breaststroke swimmers. *Aust. J. Health, Phys. Educ. and Rec.*, March 25-34.

McKenna, M.J.; Morton, J.; Selig, S.E.; Snow, R.J. (1999). Creatine supplementation increases muscle total creatine but not maximal intermittent exercise performance. *J Appl Physiol*, 87 (6): 2244-2252.

McLean, S.R.; Norris, S.R.; Smith, D.J. (2004). Comparison of the Lactate pro and the YSI 1500 sport blood lactate analyzers. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 16 (2): 22-30.

McLester, J.R., Jr. (1997). Muscle contraction and fatigue. The role of adenosine 5'-diphosphate and inorganic phosphate. *Sports Med*, 23 (5): 287-305.

McMahon, S.; McMahon, S.; Jenkins, D. (2002). Factors affecting the rate of phosphocreatine resynthesis following intense exercise. *Sports Medicine*, 32 (12): 761-784.

Medbø, J.I.; Burgers, S. (1990). Effect of training on the anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc*, 22 (4): 501-507.

Medbø, J.I.; Mamen, A.; Holt Olsen, O.; Evertsen, F. (2000). Examination of four different instruments for measuring blood lactate concentration. *Scand J Clin Lab Invest*, 60 (5): 367-380.

Medbø, J.I.; Mohn, A.C.; Tabata, I.; Bahr, R.; Vaage, O.; Sejersted, O.M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *J Appl Physiol*, 64 (1): 50-60.

Medbø, J.I.; Tabata, I. (1989). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *J Appl Physiol*, 67 (5): 1881-1886.

Mendes, R.R.; Pires, I.; Oliveira, A.; Tirapegui, J. (2004). Effects of creatine supplementation on the performance and body composition of competitive swimmers. *J Nutr Biochem*, 15 (8): 473-478.

Mero, A. (1998). Power and speed training during childhood. In: E. Van Praagh (Eds.), *Pediatric Anaerobic Performance* (pp. 241-267). Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers, Inc.

Mero, A.; Jaakkola, L.; Komi, P.V. (1990a). Serum hormones and physical performance capacity in young boy athletes during a 1-year training period. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 60 (1): 32-37.

Mero, A.; Kauhanen, H.; Peltola, E.; Vuorimaa, T.; Komi, P.V. (1990b). Physiological performance capacity in different prepubescent athletic groups. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 30 (1): 57-66.

Meyer, J.; Bishop, P.; Horton, C.; Smith, J.; Whitehurst, M.; Lohberg, M. (1988). Blood lactate concentrations of swimming, pulling, and kicking. *Journal of Swimming Research*, 3: 11-14.

Miller, R.G.; Boska, M.D.; Moussavi, R.S.; Carson, P.J.; Weiner, M.W. (1988). ³¹P nuclear magnetic resonance studies of high energy phosphates and pH in human muscle fatigue. Comparison of aerobic and anaerobic exercise. *J Clin Invest*, 81 (4): 1190-1196.

Mitchell, J.B.; Huston, J.S. (1993). The effect of high- and low-intensity warm-up on the physiological responses to a standardized swim and tethered swimming performance. *Journal of Sports Sciences*, 11 (2): 159-165.

Mitra, G.; Mogos, A. (1982). *O desenvolvimento das qualidades motoras no jovem atleta*. Lisboa: Livros Horizonte.

Miyashita, M. (1971). An analysis of fluctuations of swimming speed. In: L. Lewillie; J.P. Clarys (Eds.), *Proceedings of the First International Symposium on Biomechanics in Swimming waterpolo and Diving*, 53-57. Université Libre de Bruxelles, Brussels.

Miyashita, M. (1974). Method of calculating mechanical power in swimming the breast stroke. *Res Q*, 45 (2): 128-137.

Miyashita, M.; Kanehisa, H. (1983). Effects of isokinetic, isotonic and swim training on swimming performance. In: P. Hollander; P.A. Huijing; G. de Groot (Eds.), *Proceedings of the IV International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 329-334. Human kinetics Publishers, Inc., Amsterdam, Netherlands.

Monod, H.; Scherrer, J. (1965). The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*, 8: 329-337.

Monteil, K.M.; Rouard, A.H.; Troup, J.P. (1994). Etude des parametres cinetiques du nageur de crawl au cours d'un exercice maximal dans un "flume". *STAPS: Revue des Sciences et Techniques des Activites Physiques et Sportives*, 57.

Moritani, T.; Nagata, A.; deVries, H.A.; Muro, M. (1981). Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics*, 24 (5): 339-350.

Morton, D.P.; Gustin, P.B. (1997). Effect of high intensity board training on upper body anaerobic capacity and short-lasting exercise performance. *Aust J Sci Med Sport*, 29 (1): 17-21.

Mosterd, W.L. (1961). Measuring of propelling force and stroke analysis in trained swimmers. Doctoral thesis. University of Utrecht, Schotanus & Jens.

Mosterd, W.L.; Jongbloed, J. (1964). Analysis of the Stroke of Highly Trained Swimmers. *Int Z Angew Physiol*, 20: 288-293.

Mujika, I.; Chatard, J.C.; Lacoste, L.; Barale, F.; Geysant, A. (1996). Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers. *Med Sci Sports Exerc*, 28 (11): 1435-1441.

Murata, M. (1997). Population-specific reference values for bone age. *Acta Paediatr Suppl*, 423: 113-114.

Muschik, M.; Hahnel, H.; Robinson, P.N.; Perka, C.; Muschik, C. (1996). Competitive sports and the progression of spondylolisthesis. *J Pediatr Orthop*, 16 (3): 364-369.

Myer, G.D.; Wall, E.J. (2006). Resistance Training in the Young Athlete. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 218.

Nagata, A.; Moritani, T.; Mouro, M. (1983). Critical power as a measure of muscular fatigue and anaerobic threshold. In: H. Matsui; K. Kobayashi (Eds.), *Biomechanics VIIIA*, 312-320. Human Kinetics, Champaign, Illinois.

Naughton, G.; Carlson, J.; Fairweather, I. (1992). Determining the variability of performance on Wingate anaerobic tests in children aged 6-12 years. *Int J Sports Med*, 13 (7): 512-517.

Naughton, G.; Farpour-Lambert, N.J.; Carlson, J.; Bradney, M.; Van Praagh, E. (2000). Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. *Sports Med*, 30 (5): 309-325.

Navarro, F.; Arsenio, O. (s.d.). *Natacion II. La natación y su entrenamiento. Técnica, planificación y análisis pedagógico*. Gymnos Editorial.

Nebelsick, G.-L.-J.; Housh, T.-J.; Johnson, G.-O.; Bauge, S.M. (1988). A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. *Ergonomics*, 10: 1413-1419.

Neufer, P.D.; Costill, D.L.; Fielding, R.A.; Flynn, M.G.; Kirwan, J.P. (1987). Effect of reduced training on muscular strength and endurance in competitive swimmers. *Med Sci Sports Exerc*, 19 (5): 486-490.

Nindl, B.C.; Mahar, M.T.; Harman, E.A.; Patton, J.F. (1995). Lower and upper body anaerobic performance in male and female adolescent athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 27 (2): 235-241.

Nizankowska-Blaz, T.; Abramowicz, T. (1983). Effects of intensive physical training on serum lipids and lipoproteins. *Acta Paediatr Scand*, 72 (3): 357-359.

Nurmi-Lawton, J.A.; Baxter-Jones, A.D.; Mirwald, R.L.; Bishop, J.A.; Taylor, P.; Cooper, C.; New, S.A. (2004). Evidence of sustained skeletal benefits from impact-loading exercise in young females: a 3-year longitudinal study. *J Bone Miner Res*, 19 (2): 314-322.

O'Beirne, C.; Larkin, D.; Cable, T. (1994). Coordination problems and anaerobic performance in children. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 11 (2): 141-149.

Obert, P.; Courteix, D.; Lecoq, A.M.; Guenon, P. (1996). Effect of long-term intense swimming training on the upper body peak oxygen uptake of prepubertal girls. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 73 (1-2): 136-143.

Obert, P.; Stecken, F.; Courteix, D.; Lecoq, A.M.; Guenon, P. (1998). Effect of long-term intensive endurance training on left ventricular structure and diastolic function in prepubertal children. *Int J Sports Med*, 19 (2): 149-154.

Ogita, F. (2000a). Anaerobic capacity and aerobic power in swimming. Anaerobic capacity and maximal oxygen uptake during arm-stroke, leg kicking, and whole body swimming (chapter 2). University of Vrije, Amsterdam.

Ogita, F. (2000b). Oxygen deficit during supramaximal swimming. The effect of hand paddles on anaerobic energy release during supramaximal swimming. University of Vrije, Amsterdam.

Ogita, F.; Hara, M.; Tabata, I. (1996). Anaerobic capacity and maximal oxygen uptake during arm stroke, leg kicking and whole body swimming. *Acta Physiol Scand*, 157 (4): 435-441.

Ogita, F.; Onodera, T.; Tabata, I.; Tanaka, T.; Taguchi, N. (1997). The effect of hand paddles on anaerobic energy release during supramaximal swimming. In: B.O. Eriksson (Eds.), *XII FINA World Congress on Swimming Medicine*, FINA, Göteborg, Sweden.

Ogita, F.; Onodera, T.; Tamaki, H.; Toussaint, H.; Hollander, P.; Wakayoshi, K. (2003). Metabolic profile during exhaustive arm stroke, leg kick and whole body swimming lasting 15 s to 10 min. In: J.-C. Chatard (Eds.), *Proceedings of the IX World Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, 361-366. Publications de l'Université de Saint-Étienne, Saint-Étienne.

Ogita, F.; Taniguchi, S. (1995). The comparison of peak oxygen uptake between swim-bench exercise and arm stroke. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 71 (4): 295-300.

Ohgi, Y.; Ichikawa, H.; Miyaji, C. (1999). Characteristics of the forearm acceleration in swimming. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 77-82. University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland.

Okano, A.H.; Doderio, S.R.; Coelho, C.F.; Gassi, E.R.; Silva, C.C.; Okano, R.O.; Cyrino, E.S. (2001). Efeito da aplicação de diferentes cargas sobre o desempenho motor no teste de Wingate. *Rev. Bras. Ciên e Mov.*, 9 (4): 7-11.

Olbrecht, J. (2000). *The science of winning. planing, periodizing and optimizing swim training*. Luton, England: Swimshop.

Olbrecht, J.; Clarys, J.P. (1983). EMG of specific strength training exercises for the front crawl. In: A. P. Hollander; P. A. Huijting; G.d. Groot (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IV*, 137-141. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.

Olbrecht, J.; Mader, A. (2006). Individualisation of training based on metabolic measures. In: P. Hellard; M. Sidney; C. Fauquet; D. Lehénaff (Eds.), *Proceedings of the First International Symposium Sciences and Practices in Swimming*, 109-115. Atlantica, Biarritz, France.

Oliver, M.L.; Sexsmith, J.R.; Johnson, J.M. (1989). Relationships between work, cardiorespiratory, and metabolic variables during a biokinetic swim bench interval exercise protocol. *J. Swimming Research*, 5 (3): 9-13.

Padez, C. (2003). Social background and age at menarche in Portuguese university students: a note on the secular changes in Portugal. *Am J Hum Biol*, 15 (3): 415-427.

Pai, Y.C.; Hay, J.G.; Wilson, B.D. (1984). Stroking techniques of elite swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 2: 225-239.

Papoti, M.; Cunha, S.A.; Martins, L.E.B.; Zagatto, A.M.; Freitas Júnior, P.B.; Gobatto, C.A. (2005a). Determinação da força e frequência de braçada em nado atado utilizando sistema de aquisição de dados. In: (Eds.), *Actas do XI Congresso Brasileiro de Biomecânica*, João Pessoa-PB, Brasil.

Papoti, M.; Martins, L.E.B.; Cunha, S.A.; Freitas, P.B.; Gobatto, C.A. (2002). Effects of taper on swimming force and performance after a 10-wk training program. In: Maria Koskolou; Nickos Geladas; V. Klissouras (Eds.), *Proceedings of the 7th Annual Congress of the European College of Sport Science*, Athens, Greece.

Papoti, M.; Zagatto, A.; Júnior, P.; Cunha, S.; Martins, L.; Gobatto, A. (2005b). Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da performance de nadadores treinados. *Rev Bras Med Esporte*, 11 (2): 126-130.

Parise, G.; Bosman, M.J.; Boecker, D.R.; Barry, M.J.; Tarnopolsky, M.A. (2001). Selective serotonin reuptake inhibitors: Their effect on high-intensity exercise performance. *Arch Phys Med Rehabil*, 82 (7): 867-871.

Patton, J.F.; Duggan, A. (1987). Upper and lower body anaerobic power: comparison between biathletes and control subjects. *Int J Sports Med*, 8 (2): 94-98.

Patton, J.F.; Murphy, M.M.; Frederick, F.A. (1985). Maximal power outputs during the Wingate anaerobic test. *Int J Sports Med*, 6 (2): 82-85.

Pedersen, T.; Kjendlie, P.L. (2006). The effect of breathing action on velocity in front crawl sprinting. In: J.P. Vilas-Boas; F. Alves; A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, 75-77. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, 6: supl. 2, Porto, Portugal.

Pelayo, P.; Wille, F.; Sidney, M.; Berthoin, S.; Lavoie, J.M. (1997). Swimming performances and stroking parameters in non skilled grammar school pupils: relation with age, gender and some anthropometric characteristics. *J Sports Med Phys Fitness*, 37 (3): 187-193.

Pepper, M.L.; Housh, T.J.; Johnson, G.O. (1992). The accuracy of the critical velocity test for predicting time to exhaustion during treadmill running. *International Journal of Sports Medicine*, 121.

Personne, J.; Commandre, F.; Gounelle de Pontanel, H. (1983). Risks of early intensive sports training. *Bull Acad Natl Med*, 167 (3): 207-214.

Pessoa Filho, D.M.; da Silva, M.A.; Denadai, B.S. (2007). Modelamento da relação potência/tempo limite no crawl-atado pela força de arrasto activo. In: Sociedade Brasileira de Biomecânica (Eds.), *Congresso Brasileiro de Biomecânica*, Edição em CD. Instituto de Biociências, UNESP, São Pedro, Brasil.

Petersen, H.L.; Peterson, C.T.; Reddy, M.B.; Hanson, K.B.; Swain, J.H.; Sharp, R.L.; Alekel, D.L. (2006). Body Composition, Dietary Intake, and Iron Status of Female Collegiate Swimmers and Divers. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 16: 281-295.

Petersen, S.R.; Gaul, C.A.; Stanton, M.M.; Hanstock, C.C. (1999). Skeletal muscle metabolism during short-term, high-intensity exercise in prepubertal and pubertal girls. *J Appl Physiol*, 87 (6): 2151-2156.

Petriaev, A.; Kleshnev, I.; Kleshnev, V. (1999). Evaluation of the stroke dynamical parameters in elite swimmer's using computerised research exerciser. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 249-251.

Peyrebrune, M.; Robinson, J.; Lakomy, H.; Nevil, M. (2003). Effects of controlled frequency breathing on maximal tethered swimming performance. In: J.-C. Chatard (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, 289-294. Publications de l'Université de Saint-Étienne, Saint-Étienne, France.

Pluto, R.; Cruze, S.A.; Weiss, M.; Hotz, T.; Mandel, P.; Weicker, H. (1988). Cardiocirculatory, hormonal, and metabolic reactions to various forms of ergometric tests. *Int J Sports Med*, 9 (Suppl 2): S79-88.

Pollahne, W.; Teichmuller, H.J.; Ahrendt, E. (1990). Spinal injuries from the radiologic point of view in children in intensive training for competitive sports. *Radiol Diagn (Berl)*, 31 (5): 479-487.

Poole, D.C.; Ward, S.A.; Gardner, G.W.; Whipp, B.J. (1988). Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics*, 31 (9): 1265-1279.

Potdevin, F.; Delignières, D.; Dekerle, J.; Alberty, M.; Sidney, M.; Pelayo, P. (2003). Does stroke rate determine swimming velocity values and coordinations? In: J.C. Chatard (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, 163-167. Saint-Étienne, France.

Potts, A.D.; Charlton, J.E.; Smith, H.M. (2002). Bilateral arm power imbalance in swim bench exercise to exhaustion. *J Sports Sci*, 20 (12): 975-979.

Powers, S.K.; Howley, E.T. (1997). *Exercise physiology - theory and applications to fitness and performance*. USA: Brown and Benchmark.

Prins, J.H.; Lally, D.A.; Maes, K.E.; Uno, J.; Hartung, G.H. (1991). Changes in peak force and work in competitive swimmers during training and taper as tested on a biokinetic swimming bench. Farrand Press, London.

Pyne, D.B.; Boston, T.; Martin, D.T.; Logan, A. (2000). Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. *Eur J Appl Physiol*, 82 (1-2): 112-116.

Radespiel-Troger, M.; Rauh, R.; Mahlke, C.; Gottschalk, T.; Muck-Weymann, M. (2003). Agreement of two different methods for measurement of heart rate variability. *Clin Auton Res*, 13 (2): 99-102.

Ratel, S.; Williams, C.A.; Oliver, J.; Armstrong, N. (2004). Effects of age and mode of exercise on power output profiles during repeated sprints. *Eur J Appl Physiol*, 92 (1-2): 204-210.

Reilly, T.; Bayley, K. (1988). The relation between short-term power output and sprint performance of young female swimmers. *Journal of Human Movement Studies*, 14: 19-29.

Ria, B.; Falgairette, G.; Robert, A. (1990). Assessment of the mechanical power in the young swimmer. *J. Swimming Research*, 6 (3): 11-15.

Rinehardt, K.F.; Kraemer, R.R.; Gormely, S.; Colan, S. (1991). Comparison of maximal oxygen uptakes from the tethered, the 183- and 457-meter unimpeded supramaximal freestyle swims. *Int J Sports Med*, 12 (1): 6-9.

Riner, W.F.; McCarthy, M.; DeCillis, L.; Ward, D.S. (1997). Anaerobic and aerobic response of children is different to adolescents. *Med Sci Sports Exerc*, 29 (5): suppl. abstract 1528.

Ring, S.; Mader, A.; Wirtz, W.; Wilke, K. (1996). Energy metabolism during sprint swimming. In: J.P. Troup; A.P. Hollander; D. Strasse; S.W. Trappe; J.M. Cappaert; T.A. Trappe (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, 177-184. F & FN Spon, London.

Roberts, A.J.; Termin, B.; Reilly, M.F.; Pendergast, D.R. (1991). Effectiveness of biokinetic training on swimming performance in collegiate swimmers. *Journal of Swimming Research*, 7 (3): 5-11.

Roberts, D.; Smith, D.J. (1989). Biochemical aspects of peripheral muscle fatigue. A review. *Sports Med*, 7 (2): 125-138.

Roche, A.F.; Wellens, R.; Attie, K.M.; Siervogel, R.M. (1995). The timing of sexual maturation in a group of US white youths. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, (8): 11-18.

Rodríguez, F.; Mader, A. (2003). Energy metabolism during 400 and 100-m crawl swimming: computer simulation based on free swimming measurement. In: J.-C. Chatard (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, 373-378. Publications de l'Université de Saint-Étienne, Saint-Étienne.

Rogol, A.D.; Clark, P.A.; Roemmich, J.N. (2000). Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr*, 72 (2 Suppl): 521S-528S.

Rohrs, D.M.; Mayhew, J.L.; Arabas, C.; Shelton, M. (1990). The relationship between seven anaerobic tests and swim performance. *Journal of Swimming Research*, 6 (4): 15-19.

Rohrs, D.M.; Stager, J.M. (1991). Evaluation of anaerobic power and capacity in competitive swimmers. *Journal of Swimming Research*, 7 (3): 12-16.

Rotstein, A.; Rotstein, A.; Dotan, R.; Bar-Or, O.; Tenenbaum, G. (1986). Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. *International Journal of Sports Medicine*, 7 (5): 281-286.

Rowland, T.W. (1996a). *Developmental exercise physiology*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Rowland, T.W. (1996b). Is there a scientific rationale supporting the value of exercise for the present and future cardiovascular health of children? The con argument. *Pediatric Exercise Science*, 8: 303-309.

Rowley, S. (1987). Psychological effects of intensive training in young athletes. *J Child Psychol Psychiatry*, 28 (3): 371-377.

Rushall, B.S. (1991). The lactate debate - one more time. *Journal of Australian Swim Coaches' Association*, 8 (3): 8-12.

Sale, D.G. (2002). Neural adaptation in strength and power training. In: P. Komi (Eds.), *Strength and power in sport. Olympic encyclopaedia of sports medicine* (pp. 289-307). Blackwell Publishing.

Salonia, M.A.; Chu, D.A.; Cheifetz, P.M.; Freidhoff, G.C. (2004). Upper-Body Power as Measured by Medicine- Ball Throw Distance and Its Relationship to Class Level among 10- and 11-Year-Old Female Participants in Club Gymnastics. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18 (4): 695-702.

Saltin, B. (1990). *Anaerobic capacity: past, present and prospective*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Sands, W.A.; McNeal, J.R.; Ochi, M.T.; Urbanek, T.L.; Jemni, M.; Stone, M.H. (2004). Comparison of the Wingate and Bosco anaerobic tests. *J Strength Cond Res*, 18 (4): 810-815.

Sargeant, A. (1989). Short-term muscle power in children and adolescents (chapter 2). In: O. Bar-Or (Eds.), *Advances in pediatric sport sciences* (pp. 41-65). Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.

Sargeant, A.J.; de Haan, A. (2006). Human muscle fatigue: the significance of muscle fibre type variability studied using a micro-dissection approach. *J Physiol Pharmacol*, 57 Suppl 10 5-16.

Scherrer, J.; Monod, H. (1960). Le travail musculaire local et la fatigue chez l'homme. *J. Physiol.*, 52: 419-501.

Schleihauf, R.E. (1974). A biomechanical analysis of freestyle. *Swimming Tech. Fall*, 89-96.

Schleihauf, R.E. (1979). A hydrodynamic analysis of swimming propulsion. In: J. Terauds; E.W. Bedingfield (Eds.), *Proceedings of the Third International Symposium of Biomechanics in Swimming, Swimming III*, 70-109. University Park Press, Baltimore.

Schleihauf, R.E. (1983). Specificity of strength training in swimming: a biomechanical viewpoint. In: R.C. Nelson; C.A. Morehouse (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 184-191. Human Kinetics Publishers, Inc., Champaign, Illinois., Amsterdam, Netherlands.

Schleihauf, R.E.; Gray, L.; DeRose, J. (1983). Three-dimensional analysis of hand propulsion in the sprint front crawl stroke. In: R.C. Nelson; C.A. Morehouse (Eds.), *Proceedings of the Fourth*

International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming, 173-183. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois, Amsterdam, Netherlands.

Schleihauf, R.E.; Higgins, J.R.; Hinrichs, R.; Luedtke, D.; Maglischo, C.; Maglischo, E.W. (1988). Propulsive techniques: front crawl stroke, butterfly, backstroke, and breaststroke. In: B.E. Ungerechts; K. Wilkie; K. Reischle (Eds.), *International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming (Swimming Science V)*, 53-59. Human Kinetics Publishers, Inc., Bielefeld, Germany.

Schnitzler, C.; Ernwein, V.; Seifert, L.; Chollet, D. (2006a). Intracyclic velocity signal as a tool to evaluate propulsive phase duration. In: J.P. Vilas-Boas; F. Alves; A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, 88-90. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6, supl. 2, Porto, Portugal.

Schnitzler, C.; Ernwein, V.; Seifert, L.; Chollet, D. (2006b). Use of index of coordination to assess optimal adaptation: a case study. In: J.P. Vilas-Boas; F. Alves; A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, 257-259. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6, supl. 2, Porto, Portugal.

Schwidergall, S.; Weimann, E.; Witzel, C.; Molenkamp, G.; Brehl, S.; Bohles, H. (1998). Nutritional behavior of female and male high performance gymnasts. *Wien Med Wochenschr*, 148 (10): 243-244.

Segesser, B.; Morscher, E.; Goesele, A. (1995). Lesions of the growth plate caused by sports stress. *Orthopade*, 24 (5): 446-456.

Seifert, L.; Boulesteix, L.; Chollet, D. (2004). Effect of Gender on the Adaptation of Arm Coordination in Front Crawl. *International Journal of Sports Medicine*, 25 (3): 217-223.

Seifert, L.; Seifert, L.; Chollet, D.; Rouard, A. (2007). Swimming constraints and arm coordination. *Human Movement Science*, 26: 68-86.

Serresse, O.; Ama, P.F.; Simoneau, J.A.; Lortie, G.; Bouchard, C.; Boulay, M.R. (1989). Anaerobic performances of sedentary and trained subjects. *Can J Sport Sci*, 14 (1): 46-52.

Serresse, O.; Lortie, G.; Bouchard, C.; Boulay, M.R. (1988). Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *Int J Sports Med*, 9 (6): 456-460.

Sesböüé, B.; Guincestre, J.Y. (2006). Muscular fatigue. *Ann Readapt Med Phys*, 49 (6): 257-264, 348-254.

Sexsmith, J.R.; Oliver, M.L.; Johnson-Bos, J.M. (1992). Acute responses to surgical tubing and biokinetic swim bench interval exercise. *J. Swimming Research*, 8: 5-10.

Sharp, R.L.; Troup, J.P.; Costill, D.L. (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Med Sci Sports Exerc*, 14 (1): 53-56.

Sherar, L.B.; Baxter-Jones, A.D.G.; Mirwald, R.L. (2004). Limitations to the use of secondary sex characteristics for gender comparisons. *Annals of Human Biology*, 35 (5): 586.

Sidney, M.; Delhaye, B.; Baillon, M.; Pelayo, P. (1999). Stroke frequency evolution during 100-m and 200-m events front crawl swimming. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 71-76.

Siegel, S.; Castellan, J. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. (Second Edition). McGraw-Hill International Editions.

Silva, J.V.S. (1999). Velocity, stroke rate, stroke length and stroke index values of a female swimming team during a short course competitive season. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 449-451. University of Jyväskylä, Jyväskylä.

Simon, W.G. (1997). The role of lactate testing in swimming. In: B.O. Eriksson (Eds.), *XII FINA World Congress on Swimming Medicine*, FINA, Göteborg, Sweden.

Simoneau, J.A.; Bouchard, C. (1998). The effects of genetic variation on anaerobic performance. In: E. Van Praagh (Eds.), *Pediatric Anaerobic Performance* (pp. 5-21). Champaign, IL: Human Kinetics.

Simoneau, J.A.; Lortie, G.; Boulay, M.R.; Bouchard, C. (1983). Tests of anaerobic alactacid and lactacid capacities: description and reliability. *Can J Appl Sport Sci*, 8 (4): 266-270.

Skinner, J.S.; Morgan, D.W. (1985). Aspects of anaerobic performance. In: D.H. Clarke; H.M. Eckert (Eds.), *Limits of Human Performance* (pp. 31-44). Human Kinetics Publishers, Inc.

Slaughter, M.H.; Lohman, T.G.; Boileau, R.A. (1988). Differences in the subcomponents of fat-free body in relation to height between black and white children. *American Journal of Human Biology*, 2: 209-217.

Smith, D.J.; Norris, S.R.; Hogg, J.M. (2002). Performance evaluation of swimmers: scientific tools. *Sports Med*, 32 (9): 539-554.

Smith, J.C.; Hill, D.W. (1993). Stability of parameter estimates derived from the power/time relationship. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 18 (1): 43-47.

Soares, S.; Fernandes, R.; Vilas-Boas, R. (2003a). Analysis of critical velocity regression line data in junior swimmers. In: J.-C. Chatard (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, 397-401. Publications de l'Université de Saint-Étienne, Saint-Étienne, France.

Soares, S.; Machado, L.; Lima, A.; Santos, I.; Fernandes, R.; Correia, M.; Maia, J.; Vilas-Boas, J.P. (2006). Velocimetric characterization of a 30 sec maximal test in swimming: consequences for bioenergetical evaluation. In: J.P. Vilas-Boas; F. Alves; A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, 265-268. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6: supl. 2, Porto, Portugal.

Soares, S.; Vilas, S.; Bernardo, C.; Campos, A.; Fernandes, R.; Vilas-Boas, R. (2003b). Using data from the critical velocity regression line for the estimation of anaerobic capacity in infant and adult swimmers. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 3 (2suppl): 108-110.

Sopher, A.; Shen, W.; Pietrobelli, A. (2005). Pediatric body composition methods. In: S.B. Heymsfield; T.G. Lohman; Z. Wang; S.B. Going (Eds.), *Human body composition*. (pp. 129-139). Human Kinetics. Champaign, Illinois.

Spector, S.A.; Jackman, M.R.; Sabounjian, L.A.; Sakkas, C.; Landers, D.M.; Willis, W.T. (1995). Effect of choline supplementation on fatigue in trained cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 27 (5): 668-673.

Spodaryk, K. (2002). Iron metabolism in boys involved in intensive physical training. *Physiol Behav*, 75 (1-2): 201-206.

Sports Medicine Industries Inc (1993). *SMI opto-sensor™, model2000, user's manual*. St. Claude, USA:

Sports Medicine Industries Inc (s.d.). *Power™ for Dos, user's guide*. St. Cloud, USA:

Stackhouse, S.K.; Dean, J.C.; Lee, S.C.; Binder-MacLeod, S.A. (2000). Measurement of central activation failure of the quadriceps femoris in healthy adults. *Muscle Nerve*, 23 (11): 1706-1712.

Stephens, B.R.; Cole, A.S.; Mahon, A.D. (2006). The influence of biological maturation on fat and carbohydrate metabolism during exercise in males. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 16 (2): 166-179.

Stevens, J.P. (2002). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (4th edition). Mahway, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Strojnik, V.; Bednarik, J.; Strumbelj, B. (1999). Active and passive drag in swimming. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 113-117. University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland.

Swaine, I.; Reilly, T. (1983). The freely-chosen swimming stroke rate in a maximal swim and on a biokinetic swim bench. *Med Sci Sports Exerc*, 15 (5): 370-375.

Swaine, I.L. (1994). The relationship between physiological variables from a swim bench ramp test and middle-distance swimming. *J. Swimming research*, 10: 41-48.

Swaine, I.L. (1996). The relationship between 1500 m swimming performance and critical power using an isokinetic swim bench. In: J.P. Troup; A.P. Hollander; D. Strasse; S.W. Trappe; J.M. Cappaert; T.A. Trappe (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, 229-233. E & FN Spon, London.

Swaine, I.L. (1997a). Cardiopulmonary responses to exercise in swimmer using a swim bench and a leg-kicking ergometer. *Int J Sports Med*, 18 (5): 359-362.

Swaine, I.L. (1997b). Time course of changes in bilateral arm power of swimmers during recovery from injury using a swim bench. *Br J Sports Med*, 31 (3): 213-216.

Swaine, I.L. (2000). Arm and leg power output in swimmers during simulated swimming. *Med Sci Sports Exerc*, 32 (7): 1288-1292.

Swaine, I.L.; Doyle, G. (1999). Relationships between the mean arm-pulling and leg-kicking power output of semi-tethered and simulated front crawl swimming. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 363-368. University of Jyväskylä, Jyväskylä.

Swaine, I.L.; Winter, E.M. (1999). Comparison of cardiopulmonary responses to two types of dry-land upper-body exercise testing modes in competitive swimmers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 80 (6): 588-590.

Swaine, I.L.; Zanker, C.L. (1996). The reproducibility of cardiopulmonary responses to exercise using a swim bench. *Int J Sports Med*, 17 (2): 140-144.

Sweetenham, B.; Atkinson, J. (2003). *Championship Swim Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Takagi, H.; Wilson, B. (1999). Calculating hydrodynamic force by using pressure differences in swimming. In: K. Keskinen; P. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 101-106. University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland.

Takahashi, S.; Bone, M.; Cappaert, J.M.; Barzdukas, A.; D'Acquisto, L.; Hollander, A.P.; Troup, J.P. (1992a). Validation of a dryland swimming specific measurement of anaerobic power. In: T. Reilly; D. MacLaren (Eds.), *Proceedings of The VI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, E & FN Spon, Liverpool, England.

Takahashi, S.; Bone, M.; Spry, S.; Trappe, S.; Troup, J.P. (1992b). Differences in the anaerobic power of age group swimmers. In: T. Reilly; D. MacLaren (Eds.), *Proceedings of The VI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 289-294. E & FN Spon, Liverpool, England.

Tanaka, H.; Costill, D.L.; Thomas, R.; Fink, W.J.; Widrick, J.J. (1993). Dry-land resistance training for competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc*, 25 (8): 952-959.

Tanaka, H.; Monahan, K.D.; Seals, D.R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*, 37 (1): 153-156.

Tanner, J.; Whitehouse, R.; Cameron, N.; Marshall, W.; Healy, M.; Goldstein, H. (1983). *Assesment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method)*. Oxford: Academic Press.

Tanner, J.; Whitehouse, R.; Healy, M. (1962). *A new system for estimating skeletal maturity for the hand and wrist, with standards derived from a study of 2.600 healthy british children*. Paris: Centre International de l'enfance.

Tanner, J.; Whitehouse, R.; Marshall, W.; Healy, M.; Goldstein, H. (1975). *Assesment of skeletal maturity and prediction of adult height*. London: Academic Press.

Tanner, J.M. (1962). *Growth at adolescence*. (2nd edition). Oxford: Blackwell.

Taoutaou, Z.; Mimouni, N.; Kherbache, C.; Mansri, A. (2003). Performances during the lower body Wingate Anaerobic test in young swimmers. In: J.-C. Chatard (Eds.), *Proceedings of the IX*

World Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, 427-432. Publications de l'Université de Saint-Étienne, Saint-Étienne.

Taranger, J.; Karlberg, J.; Bruning, B.; Engstrom, I. (1987). Standard deviation score charts of skeletal maturity and its velocity in Swedish children assessed by the Tanner-Whitehouse method (TW2-20). *Ann Hum Biol*, 14 (4): 357-365.

Taylor, S.R.; Stratton, G.; Lees, A.; Atkinson, G.; MacLaren, D.P.M. (2001). Tethered swimming force and maturation stage in competitive age group swimmers. In: Ghent University (Eds.), *Abstracts of the XXIst Symposium of the European Group of Pediatric Work Physiology*, University of Ghent, Corsendonk, Belgium.

Taylor, S.R.; Taylor, S.R.; Stratton, G.; MacLaren, D.P.M.; Lees, A. (2003). A longitudinal study of tethered swimming force in competitive age group swimmers. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 3 (2, supl.): 75-78.

Tella, V.; Jordá, J.; Saavedra, J.; Madera, J.; Benavent, J.; Llana, S. (2006a). Fatigue effects on intra-cycle speed in freestylers. In: P. Hellard; M. Sidney; C. Fauquet; D. Lehénaff (Eds.), *First International Symposium Sciences and Practices in Swimming*, 83-86. Atlantica, Biarritz.

Tella, V.; Llop, F.; Jorda, J.; Madera, J.; Benavent, J. (2006b). Intracycle Speed and Coordination Vs Fatigue in Swimming. In: J.P. Vilas-Boas; F. Alves; A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, 105-107. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6: supl.2, Porto, Portugal.

Tella, V.; Toca-Herrera, J.L.; Gallach, J.E.; Benavent, J.; González, L.M.; Arellano, R. (2007). Effect of fatigue on the intra-cycle acceleration in front crawl swimming: a time-frequency analysis. *Journal of Biomechanics* (no prelo).

Tergau, F.; Geese, R.; Bauer, A.; Baur, S.; Paulus, W.; Reimers, C.D. (2000). Motor cortex fatigue in sports measured by transcranial magnetic double stimulation. *Med Sci Sports Exerc*, 32 (11): 1942-1948.

Thanopoulos, V.; Bogdanis, G.C.; Maridaki, M. (2004). Evaluation of aerobic and anaerobic fitness of competitive and non-competitive swimmers using the critical speed concept. In: V. Klisouras; S. Kellis; I. Mouratidis (Eds.), *Proceedings of Pre-Olympic Congress*, 86-87. Thessaloniki, Hellas.

Tharp, G.D.; Newhouse, R.K.; Uffelman, L.; Thorland, W.G.; Johson, G.O. (1985). Comparison of sprint and run times with performance on the Wingate anaerobic test. *Res. Q. Exerc. Sport*, 56: 73-76.

Theintz, G.E.; Howald, H.; Weiss, U.; Sizonenko, P.C. (1993). Evidence for a reduction of growth potential in adolescent female gymnasts. *J Pediatr*, 122 (2): 306-313.

Tofler, I.R.; Stryer, B.K.; Micheli, L.J.; Herman, L.R. (1996). Physical and emotional problems of elite female gymnasts. *N Engl J Med*, 335 (4): 281-283.

Tonz, O.; Stronski, S.M.; Gmeiner, C.Y. (1990). Growth and puberty in 7-to-16-year-old female gymnasts: a prospective study. *Schweiz Med Wochenschr*, 120 (1-2): 10-20.

Toussaint, H.M. (1998). Can the aerobic and anaerobic swimming capacity be derived from the regression line between swimming distance and time? In: A.Y. Sargeant; H. Siddons (Eds.), *Third Annual Congress of the European College of Sport Sciences*, 76.

Toussaint, H.M.; Beelen, A.; Rodenburg, A.; Sargeant, A.J.; deGroot, G.; Hollander, A.P.; Ingen Schenau, G.J. (1988). Propelling efficiency of front-crawl swimming. *Journal of Applied Physiology*, 65: 2506-2512.

Toussaint, H.M.; Carol, A.; Kranenborg, H.; Truijens, M.J. (2006). Effect of fatigue on stroking characteristics in an arms-only 100-m front-crawl race. *Med Sci Sports Exerc*, 38 (9): 1635-1642.

Toussaint, H.M.; Van Den Berg, C.; Beek, W.J. (2002). "Pumped-up propulsion": during front crawl swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (2): 314-319.

Toussaint, H.M.; Wakayoshi, K.; Hollander, A.P.; Ogita, F. (1998). Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. *Med Sci Sports Exerc*, 30 (1): 144-151.

Trappe, S.; Costill, D.; Thomas, R. (2000). Effect of swim taper on whole muscle and single muscle fiber contractile properties. *Med Sci Sports Exerc*, 32 (12): 48-56.

Trappe, S.W. (1996). Metabolic demands for swimming. In: J.P. Troup; A.P. Hollander; D. Strasse; S.W. Trappe; J.M. Cappaert; T.A. Trappe (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming - Swimming Science VII*, 127-134. E & FN Spoon, London.

- Tripodiadis, F.; Ghiokas, S.; Skoularigis, I.; Kotsakis, A.; Giannakoulis, I.; Thanopoulos, V. (2002). Cardiac adaptation to intensive training in prepubertal swimmers. *Eur J Clin Invest*, 32 (1): 16-23.
- Troup, J.P. (1984). Review: energy systems and training considerations. *Journal of Swimming Research*, 1 (1): 13-16.
- Troup, J.P. (1991). Developmental changes of age-group swimmers. In: I.C.f.A.R. Annual (Eds.), (pp. 33-41).
- Troup, J.P. (1999). The physiology and biomechanics of competitive swimming. *Clin Sports Med*, 18 (2): 267-285.
- Troup, J.P.; Arredondo, S.M.; Telander, T.; Lawrence, M. (1991). Effect of work intensity and duration on lactate accumulation. In: J.M. Cameron (Eds.), *Aquatic Sports Medicine* (pp. 57-64). Farrand Press, London.
- Troup, J.P.; Hollander, A.P.; Bone, M.; Trappe, S.; Berzdukas, A.P. (1990). Performance related differences in the anaerobic contribution of competitive freestyle swimmers. In: D. MacLaren; T. Reilly; A. Lees (Eds.), *Proceedings of the VI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, 271-277. E & FN Spon, Liverpool, England.
- Troup, J.P.; Trappe, S. (1994). Applications of research in swimming. In: M. Miyashita; Y. Mutoh; A.B. Richardson (Eds.), *Medicine and Science in Aquatic Sports. Proceedings of the 10th FINA World Sport Medicine Congress*, 155-165. Karger, Kyoto, Japan.
- Van de Loo, D.A.; Johnson, M.D. (1995). The young female athlete. *Clin Sports Med*, 14 (3): 687-707.
- Van Praagh, E. (1996). Testing anaerobic performance. In: O. Bar-Or (Eds.), *The child and adolescent athlete* (pp. 602-616). Blackwell Science.
- Van Praagh, E. (1998). *Pediatric anaerobic performance*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Van Praagh, E. (2000). Development of anaerobic function during childhood and adolescence. *Pediatric exercise Science*, 12: 150-173.
- Van Praagh, E.; Dore, E. (2002). Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med*, 32 (11): 701-728.

Van Praagh, E.; Fellman, N.; Bedu, M.; Falgairette, G.; Coudert, J. (1990). Gender difference in the relationship of anaerobic power output to body composition in children. *Pediatric Exercise Science*, 2: 336-348.

van Wieringen, J.C.; Wafelbakker, F.; Verbrugge, H.P.; De Haas, J.H. (1971). *Growth diagrams 1965 Netherlands*. Groningen: Wolters-Noordhoff Publishing.

Vandewalle, H.; Kapitaniak, B.; Grün, S.; Raveneau, S.; Monod, H. (1989). Comparison between a 30-s all-out test and a time-work test on a cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 58 (4): 375-381.

Vandewalle, H.; Maton, B.; Le Bozec, S.; Guerenbourg, G. (1991). An electromyographic study of an all-out exercise on a cycle ergometer. *Arch Int Physiol Biochim Biophys*, 99 (1): 89-93.

Vandewalle, H.; Peres, G.; Monod, H. (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med*, 4 (4): 268-289.

Vasconcelos, O. (1995). A imagem corporal no período peripubertário. Comparação de três grupos étnicos numa perspectiva biocultural. Dissertação de doutoramento. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto,

Veitl, V. (1993). Nutritional and fluid requirements of the child involved in sports. *Pediatr Padol*, 28 (4): A41-47.

Vicente-Rodriguez, G. (2006). How does Exercise Affect Bone Development during Growth? *Sports Medicine*, 36 (7): 561.

Vilar, S.; Fernandes, R.; Campos, A.; Marinho, D.; Vilas-Boas, J.P. (2004). Relationship between the y-interception value obtained by the distance/time regression and $b[La]$. A study made in age group and junior/senior swimmers. In: E.V. Praagh; J. Coudert; N. Fellmann; P. Duché (Eds.), *CD of proceedings of the 9th Annual Congress of the European College of Sport Science*, Clermond-Ferrand, France.

Vilas-Boas, J.P. (1989). Prescrição para treinos. O tempo necessário à recuperação está dependente da intensidade do trabalho a ser desenvolvido. *Rev. Natação*, 1 (5): 50-55.

Vilas-Boas, J.P. (1993a). Caracterização biofísica de três variantes da técnica de braços. Universidade do Porto, Porto.

Vilas-Boas, J.P. (1993b). Integração de variáveis biomecânicas e bioenergéticas na avaliação da capacidade de rendimento desportivo de brucistas. In: APTN (Eds.), *XVI Congresso Técnico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação*, APTN, Évora.

Vilas-Boas, J.P. (1997). O estado actual da investigação científica sobre técnica desportiva em natação. In: AETN (Eds.), *17º Congreso da Asociación Española de Técnicos de natación e 4º Congreso Ibérico*, AETN, Camargo, Cantabria, Espanha.

Vilas-Boas, J.P. (2000). Aproximação biofísica ao desempenho e ao treino de nadadores. *Rev. Paul. Educ. Fís.*, 14 (2): 107-117.

Vilas-Boas, J.P.; Duarte, J.A. (1994). Factores de eficiência no treino de nadadores. In: APTN (Eds.), *XVII Congresso Técnico da APTN*, APTN, Figueira da Foz.

Vilas-Boas, J.P.; Lima, A.B.; Soares, S.; Fernandes, R. (2003). Novos desenvolvimentos no domínio do controlo e avaliação do treino de nadadores. In: ANNP (Eds.), *8º Congresso Ibérico de Técnicos de Natação e 26º Congresso Técnico-científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação*, Estoril.

Vinet, A.; Beck, L.; Nottin, S.; Obert, P. (2005a). Effect of intensive training on heart rate variability in prepubertal swimmers. *Eur J Clin Invest*, 35 (10): 610-614.

Vinet, A.; Nottin, S.; Beck, L.; Perez-Martin, A.; Dauzat, M.; Obert, P. (2005b). Effect of maturational status and training on upper limb pulse wave velocity. *Eur J Pediatr*, 164 (4): 197-201.

Vorontsov, A.; Binevsky, D. (2003). Swimming speed, stroke rate and stroke length during maximal 100m freestyle of boys 11-16 years of age. In: J.-C. Chatard (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, 195-199. Publications de l'Université de Saint-Étienne, Saint-Étienne, France.

Vorontsov, A.R.; Binevsky, D.A.; Filonov, A.Y.; Korobova, E.A. (1999a). The impact of individuals' maturity upon strength in young swimmers. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 321-326. University of Jyväskylä, Jyväskylä.

Vorontsov, A.R.; Dyrco, V.V.; Binevsky, D.A.; Solomatin, V.R.; Sidorov, N.N. (1999b). Patterns of growth for some characteristics of physical development, functional and motor abilities in Boy-swimmers 11-18 years. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 327-335. University of Jyväskylä, Jyväskylä.

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

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

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

Walsh, B.; Tonkonogi, M.; Soderlund, K.; Hultman, E.; Saks, V.; Sahlin, K. (2001). The role of phosphorylcreatine and creatine in the regulation of mitochondrial respiration in human skeletal muscle. *J Physiol*, 537 (3): 971-978.

Weimann, E.; Witzel, C.; Schwidergall, S.; Bohles, H.J. (1998). Effect of high performance sports on puberty development of female and male gymnasts. *Wien Med Wochenschr*, 148 (10): 231-234.

Weimann, E.; Witzel, C.; Schwidergall, S.; Bohles, H.J. (2000). Peripubertal perturbations in elite gymnasts caused by sport specific training regimes and inadequate nutritional intake. *Int J Sports Med*, 21 (3): 210-215.

Weiss, M.; Reischle, K.; Bouws, N.; Simon, G.; Weicker, H. (1988). Relationship of blood lactate accumulation to stroke rate and distance per stroke in top female swimmer. In: B. Ungerechts; K. Reischle (Eds.), *Swimming Science V*, 295-303.

Wells, G.; Schneiderman-Walker, J.; Plyley, M.J. (2006). Normal Physiological Characteristics of Elite Swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 17: 30-52.

Welsman, J.R.; Armstrong, N.; Kirby, B.J. (1994). Serum testosterone is not related to peak VO₂ and submaximal blood lactate responses in 12 to 16 year old males. *Pediatric exercise science*, 6 (2): 120-127.

Williams, C. (2007). Physiological Changes of the Young Athlete and the Effects on Sports Performance. *SportEX Medicine*, 6-11.

Williams, C.A. (1997). Children's and adolescents' anaerobic performance during cycle ergometry. *Sports Med*, 24 (4): 227-240.

Williams, M.H.; Branch, J.D. (1998). Creatine supplementation and exercise performance: an update. *J Am Coll Nutr*, 17 (3): 216-234.

Wilmore, J.H.; Costill, D.L. (1999). *Physiology of sport and exercise*. USA: Human Kinetics.

Winter, E.M. (1991). Cycle ergometry and maximal intensity exercise. *Sports Med*, 11 (6): 351-357.

Winter, E.M.; Brown, D.; Roberts, N.K.; Brookes, F.B.; Swaine, I.L. (1996). Optimized and corrected peak power output during friction-braked cycle ergometry. *J Sports Sci*, 14 (6): 513-521.

Wirth, A.; Trager, E.; Scheele, K.; Mayer, D.; Diehm, K.; Reischle, K.; Weicker, H. (1978). Cardiopulmonary adjustment and metabolic response to maximal and submaximal physical exercise of boys and girls at different stages of maturity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 39 (4): 229-240.

Wirtz, W.; Bieder, A.; Wilke, K.; Klauck, J. (1999). Semi-tethered swimming as a diagnostic tool for swimming technique and physical performance. In: K.L. Keskinen; P.V. Komi; A.P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, 265-268. University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland.

Yancher, R.; Larsen, O.; Baer, C. (1983). Power and velocity relationships in swimming. Technique might be more important than power when looking for increases in race velocity. *Swimming technique*, 19 (4): 16-18.

Yeater, R.A.; Martin, R.B.; White, M.K.; Gilson, K.H. (1981). Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their relationship to competitive performance. *J Biomech*, 14 (8): 527-537.

Zanconato, S.; Buchthal, S.; Barstow, T.J.; Cooper, D.M. (1993). ³¹P-magnetic resonance spectroscopy of leg muscle metabolism during exercise in children and adults. *J Appl Physiol*, 74 (5): 2214-2218.

Zanconato, S.; Cooper, D.M.; Armon, Y. (1991). Oxygen cost and oxygen uptake dynamics and recovery with 1 min of exercise in children and adults. *J Appl Physiol*, 71 (3): 993-998.

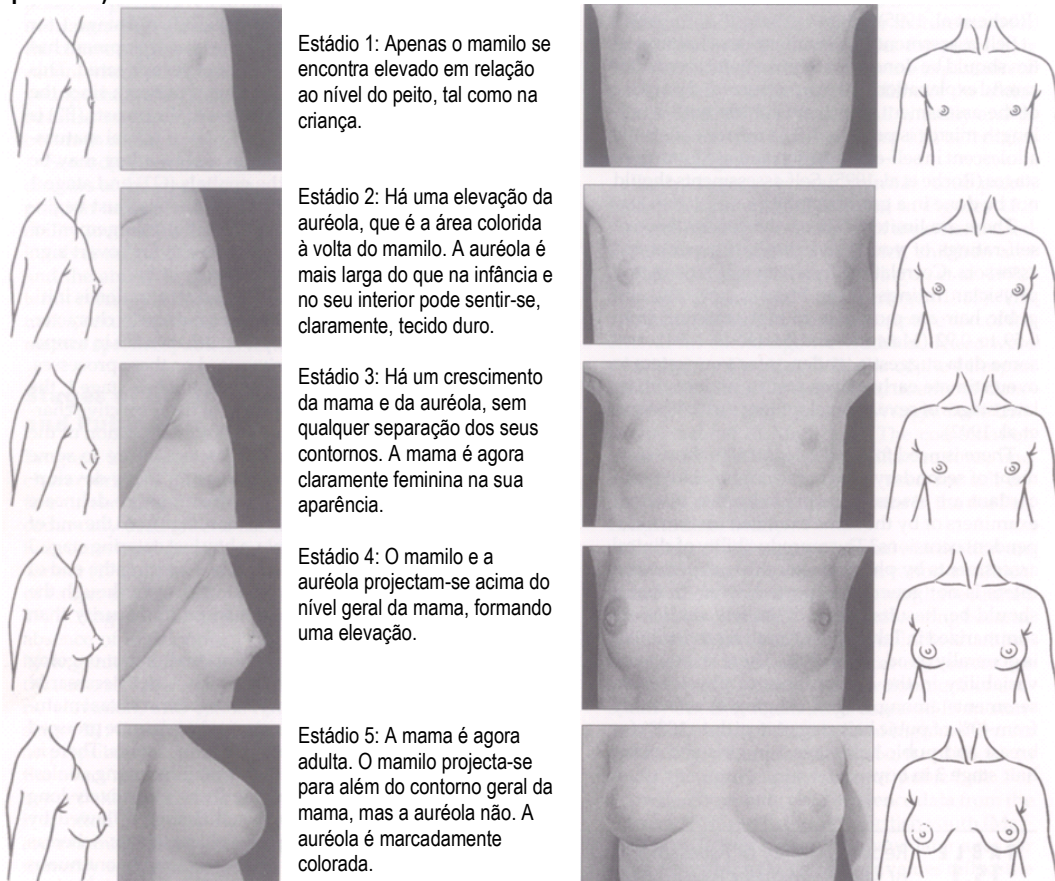
Zauner, C.W.; Benson, N.Y. (1981). Physiological alterations in young swimmers during three years of intensive training. *J Sports Med Phys Fitness*, 21 (2): 179-185.

Zauner, C.W.; Maksud, M.G.; Melichna, J. (1989). Physiological considerations in training young athletes. *Sports Med*, 8 (1): 15-31.

Anexos

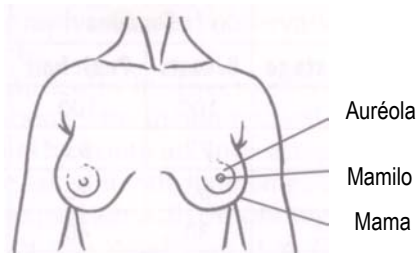
Anexo 1. Fotografia, ilustrações esquemáticas e critérios descritivos dos estádios maturacionais descritos por Tanner (1962)

a. Estádios de desenvolvimento mamário das raparigas (Copiado, traduzido e adaptado de Malina et al. (2004), capítulo 15).

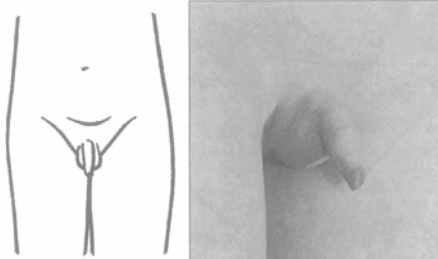


Observações:

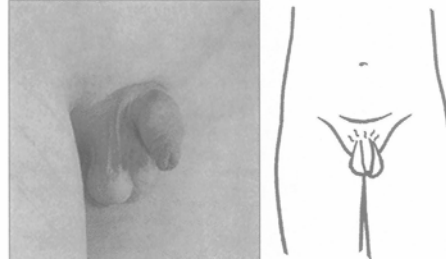
Usar um espelho para ajudar a assinalar os estádios correctos. Em muitas raparigas uma das mamas é mais desenvolvida do que a outra. Se for este o caso, registar um estágio médio para as duas mamas. As partes da mama a observar estão assinaladas na ilustração à direita.



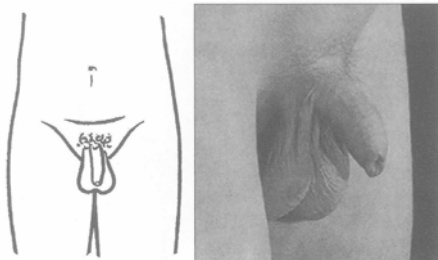
b. Estádios de desenvolvimento genital dos rapazes (Copiado, traduzido e adaptado de Malina et al. (2004), capítulo 15).



Estádio 1: O pénis, o escroto e os testículos são iguais em tamanho e proporção, tal como na infância.



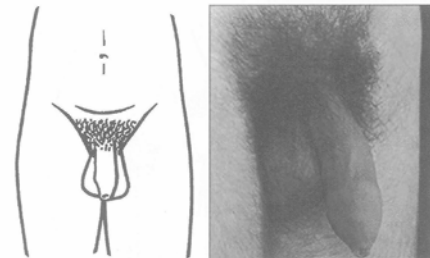
Estádio 2: O escroto e os testículos cresceram. O tamanho de cada testículo pode ser avaliado olhando para o escroto e também sentindo cada testículo através da pele do escroto. A pele do escroto tornou-se mais fina, enrugada e ligeiramente avermelhada. Há pouca ou nenhuma alteração no pénis.



Estádio 3: O pénis é mais longo do que no início da infância, mas há pouca alteração na sua espessura. O escroto e os testículos são maiores do que no estágio 2. O escroto encontra-se, agora, projectado abaixo da base do pénis.

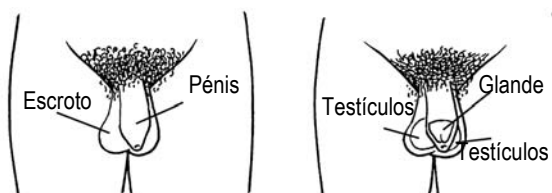


Estádio 4: O pénis cresceu em comprimento e largura. A sua extremidade tornou-se cónica e há um alargamento onde esta parte (glande) se junta ao resto do pénis. O escroto e os testículos estão maiores e a pele do escroto é escura.

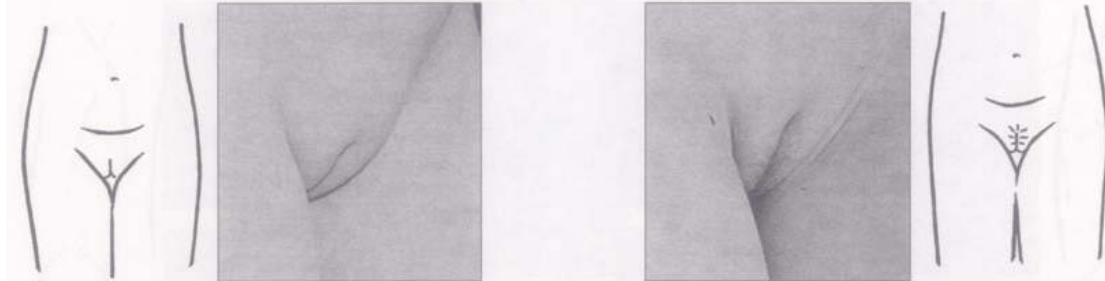


Estádio 5: O pénis, o escroto e os testículos estão adultos, no tamanho e na forma.

Observações:
Os pontos genitais a serem avaliados são o pénis, o escroto e os testículos, que podem ser sentidos dentro do escroto. Se se notar que existem diferenças entre um e o outro lado do corpo, o que é usual, registar o estágio médio dos dois lados.

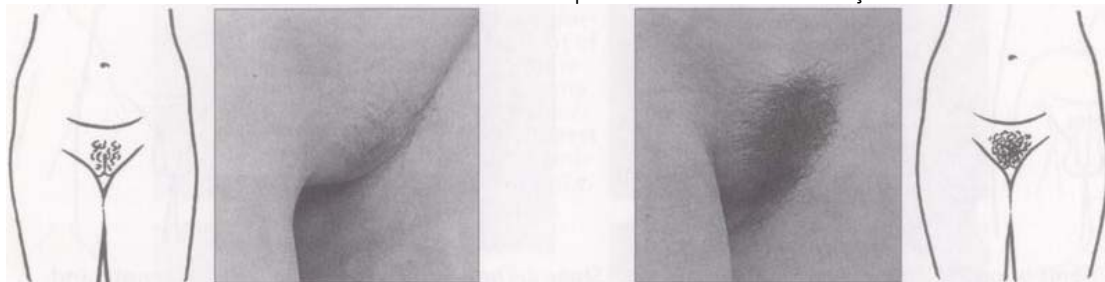


c. Estádios de desenvolvimento da pilosidade púbica das raparigas (Copiado, traduzido e adaptado de Malina et al. (2004), capítulo 15).



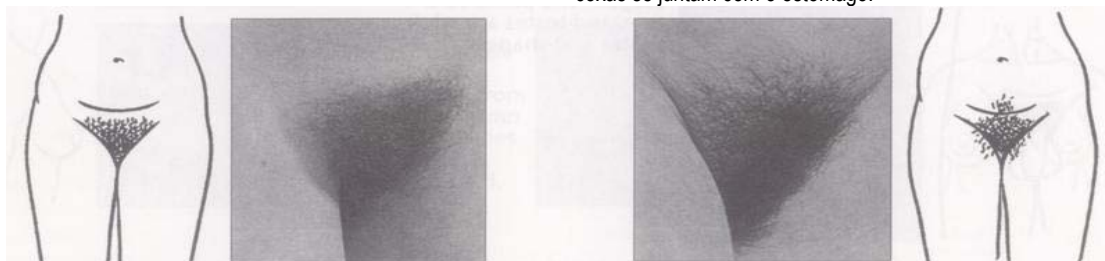
Estádio 1: Não há pilosidade púbica. Os pelos desta região não diferem dos da parte frontal do estômago.

Estádio 2: Há alguns pelos esparsos, longos e ligeiramente colorados na zona púbica, os quais são lisos ou ligeiramente enrolados. Localizam-se, fundamentalmente, ao longo dos lábios. Os lábios são as dobras arredondadas que rodeiam a vagina. Este estágio é difícil de observar na fotografia, particularmente se a pessoa tem pelos claros. Assim, é preferível confiar mais na descrição escrita e no desenho.



Estádio 3: A pilosidade púbica é consideravelmente mais escura, grossa e enrolada que no estágio 2. Os pelos dispersam-se de forma esparsa sobre a zona púbica além dos lábios.

Estádio 4: A pilosidade púbica é agora de tipo adulto (cor similar ao cabelo, grossa e enrolada), mas a área coberta é consideravelmente menor que na maioria dos adultos. Não há dispersão para as faces interiores das coxas, isto é, a pilosidade púbica não se entende acima das pregas onde as coxas se juntam com o estômago.



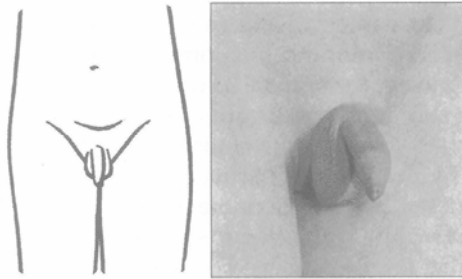
Estádio 5: A pilosidade púbica é adulta em quantidade e tipo. A área coberta é um triângulo invertido (▼). A pilosidade dispersa-se para a parte interna das coxas. Nalgumas raparigas, a pilosidade estende-se para cima, para a parte frontal do estômago.

Estádio 6: Em cerca de 10% das adultas há uma expansão futura da pilosidade para os lados ou para cima da parte frontal do estômago.

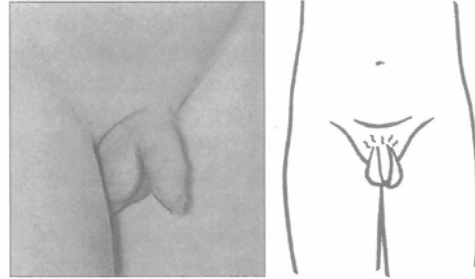
Observações:

A pilosidade púbica cresce na zona central, onde as coxas se juntam com o estômago. Desenvolve-se durante a puberdade, ganha cor e torna-se enrolada.

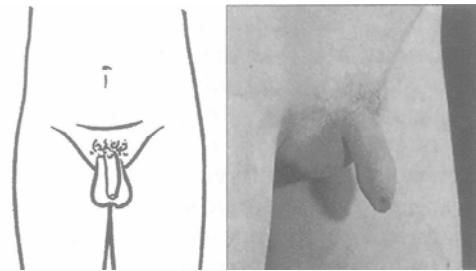
d. Estádios de desenvolvimento da pilosidade púbica dos rapazes (Copiado, traduzido e adaptado de Malina et al. (2004), capítulo 15).



Estádio 1: Não há pilosidade púbica. Os pelos desta região não diferem dos da parte frontal do estômago.



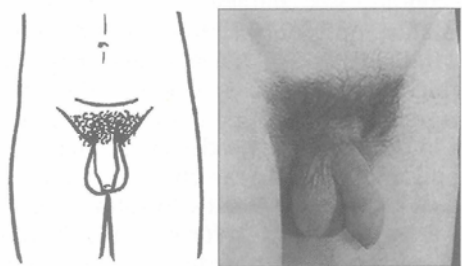
Estádio 2: Há alguns pelos esparsos, longos e ligeiramente colorados na zona púbica, os quais são lisos ou ligeiramente enrolados. Localizam-se na base do pênis ou no escroto. Este estágio é difícil de observar na fotografia, particularmente se a pessoa tem pelos claros. Assim, é preferível confiar mais na descrição escrita e no desenho.



Estádio 3: A pilosidade púbica é consideravelmente mais escura, grossa e enrolada. Os pelos localizam-se à volta da base do pênis.



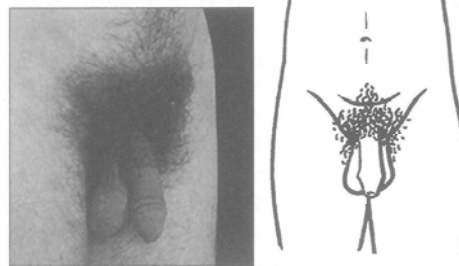
Estádio 4: A pilosidade púbica é agora de tipo adulto (cor similar ao cabelo, grossa e enrolada), mas a área coberta é consideravelmente menor que na maioria dos adultos. Não há dispersão para as faces interiores das coxas, isto é, a pilosidade púbica não se entende acima das pregas onde as coxas se juntam com o estômago.



Estádio 5: A pilosidade púbica é adulta no tipo e quantidade. Cobre uma área triangular com uma linha superior direita (▼). A pilosidade púbica expande-se para a parte interior das coxas, atravessando as pregas onde as coxas se juntam com o estômago, mas não se expandem para cima, para a parte frontal do estômago, além da linha direita.

Observações:

A pilosidade púbica cresce na zona central, onde as coxas se juntam com o estômago. Desenvolve-se durante a puberdade, ganha cor e torna-se enrolada.



Estádio 6: a pilosidade púbica não está restrita a uma área triangular, extendendo-se para cima, para a parte frontal do estômago (a área coberta não é mais triangular).

