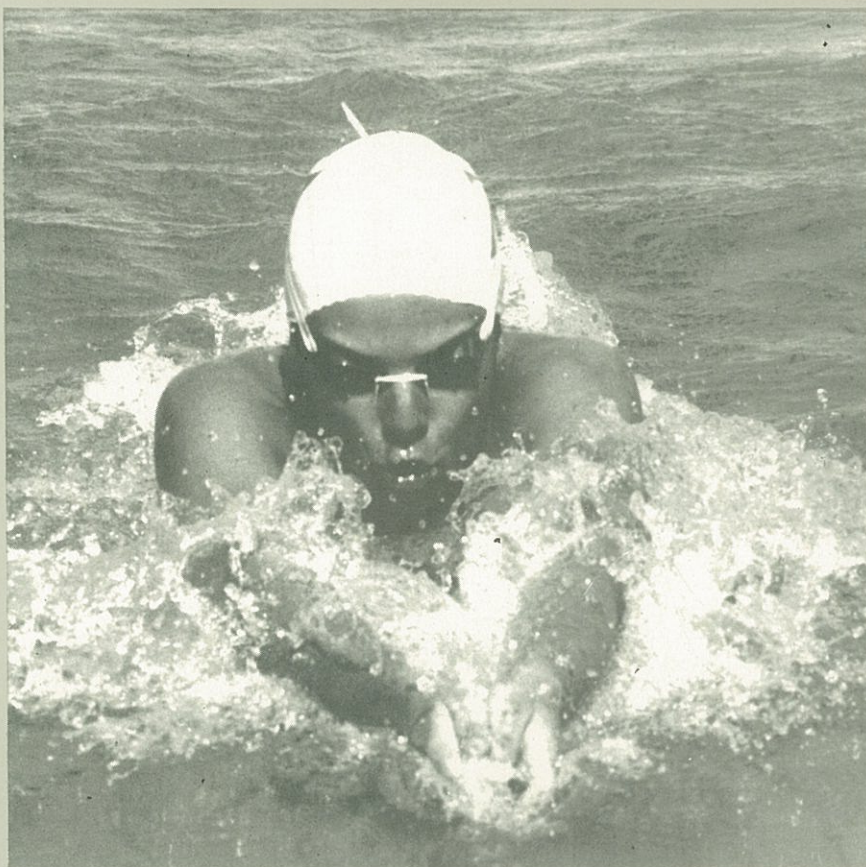


CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA DE TRÊS VARIANTES DA TÉCNICA DE BRUÇOS



João Paulo Vilas-Boas Soares Campos



Universidade do Porto
Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física



Universidade do Porto
Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física

Caracterização biofísica de três variantes da técnica de braços

João Paulo Vilas-Boas Soares Campos

1993

 PORTO

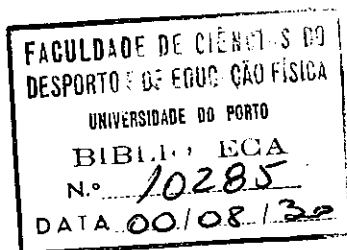
FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO



010285

Dissertação apresentada às provas de doutoramento
no ramo de Ciências do Desporto, especialidade de
Biomecânica do Desporto, nos termos do Artº. 6, nº 2,
alínea c. do Decreto-Lei nº 388/70 de 18 de Agosto

043 De
93 C.
ex. 7



Título: CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA DE TRÊS VARIANTES DA
TÉCNICA DE BRUÇOS

Autor: João Paulo Vilas-Boas

Montagem e impressão: Medisa - Edições e Divulgações Científicas / Tipografia Nunes

Edição: Medisa - Edições e Divulgações Científicas, Lda

ISBN: 972-8105-02-9

Depósito Legal: 68.044/93

Cidade: Porto

Ano: 1993

Copyright: ©João Paulo Vilas-Boas

Impresso com o patrocínio de:



Associação de Natação do Porto



Federação Portuguesa de Natação

À Maria José

À Carminho e à Sofia

III

Aos Pais

À Nanu e à Zé

À avó Laura

Agradecimentos

Num trabalho desta natureza o autor conta, usualmente, com a colaboração e o incentivo de muitas pessoas. Estes contributos, mais ou menos directos, tangíveis, persistentes, concretos e visíveis e muitas vezes óbvios, são necessariamente altruístas, já que a um tempo diluem a autoria sem que, todavia, a reclamem. Acresce ainda que, não raras vezes, constituem pedras angulares, verdadeiramente decisivas para a qualidade final conseguida e, inclusivamente, para a definição do perfil humano e académico do autor.

Este trabalho não fugiu à regra, julgando mesmo que a sua concretização teria sido impossível sem esses contributos desinteressados ... e foram muitos! Tantos e à medida de cada um tão importantes que incorreria em profunda injustiça se os não lembrasse reconhecidamente. Alguns poderão parecer bastante colaterais, mas é profundo o sentimento de que contribuíram decididamente para que estas linhas se justificassem, razão pela qual não posso deixar de os mencionar.

Gostaria, assim, de expressar a minha profunda gratidão:

Ao Magnífico Reitor da Universidade do Porto, Prof. Doutor Alberto Amaral, pelo carinho que tem dedicado ao desenvolvimento da nossa Faculdade e pelo apoio que, em diferentes momentos, quis conceder à minha carreira.

Ao Prof. Doutor Ferreira da Silva, orientador deste trabalho, que de há já vários anos aceitou o desafio de tentar colmatar as minhas insuficiências e me conduzir num trilho que tão bem conhece e onde se constitui como referência. A dimensão da honra que sinto ao afirmar a sua orientação e amizade só encontram paralelo no esforço necessário - e fatalmente inglório - que procurarei empreender na miragem de vir a merecer o privilégio de ser tido como seu par.

Ao Prof. Doutor Ovídio Costa, também orientador deste trabalho, por toda a importância que tem tido na minha formação. Pelos ensinamentos que me transmitiu desde os bancos da licenciatura, pelo estímulo e disponibilidade constantes, pelas oportunidades com que me favoreceu, mas sobretudo pela educação científica que me proporcionou. Acima de tudo pela aura de encanto com que nos rodeia ao concretizar em gestos e palavras simples a paixão que dedica à ciência e ao progresso.

Ao Prof. Doutor Jorge Bento e ao Conselho Directivo da FCDEF-UP, na pessoa do seu presidente, Prof. Doutor António Marques, pelas facilidades concedidas, mas sobretudo pelo esforço que têm dedicado à gestão da instituição, permitindo-nos uma concentração des preocupada nas tarefas docentes e de investigação.

Ao Prof. Doutor Rui Guimarães, ao Prof. Doutor José António Sarsefield Cabral, ao Eng. Jorge Freire de Sousa e à Dra. Teresa Galvão em quem torno extensível a minha gratidão ao GEIN do Departamento de Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O papel que desempenharam na concretização deste trabalho assumiu proporções inicialmente inimagináveis e transcendeu a decisiva colaboração que prestaram no tratamento estatístico e matemático dos dados e no desenvolvimento e implementação do método utilizado para a modelação das variações intracíclicas da velocidade horizontal. Foram meses de trabalho durante os quais, para além de me ensinarem mesmo o que não julgava possível aprender, se dedicaram ao meu trabalho como se fosse o de cada um e me fizeram sentir como se fosse um deles. Sobrou-me porém uma angústia: a de não vislumbrar oportunidade para retribuir, a não ser que aceitem apenas a amizade que não posso deixar de lhes dedicar.

À Prof. Doutora Corália Vicente, pelo apoio no tratamento estatístico dos dados, mas

sobretudo pela amizade com que sempre me aconselhou.

Ao Prof. Doutor Ulrik Persyn (UK Leuven), ao Prof. Doutor Didier Chollet (U. Montpellier), ao Prof. Doutor Jean-Marc Lavoie (U. Montreal), à Prof^a. Doutora Claire Tourny (U. Montpellier), ao Prof. Doutor João Abrantes (U. Técnica de Lisboa), ao Prof. Doutor Kello da Silva (Instituto Gulbenkian de Ciência) e ao Prof. Doutor Pedro Sarmiento (U. Técnica de Lisboa), pelos conselhos, sugestões e abertura que demonstraram para discutir as principais questões envolvidas neste trabalho.

Ao Prof. Doutor Kurt Wilke (U. Desporto de Colónia), pela disponibilidade evidenciada para a elaboração de um detalhado parecer acerca do projecto original deste trabalho.

Ao Prof. Doutor Peter Hollander (U. Livre de Amesterdão) pela rapidez com que construiu a válvula utilizada para a avaliação do consumo de oxigénio. A ele, ao Prof. Doutor A. Niklas (Med. Ac. Magdeburgo) e ao Prof. Doutor Bodo Ungerechts pelo apoio que me têm concedido no último período da minha carreira, especialmente pela permuta de informações, pelos comentários acerca dos resultados e pela oportunidade de que me quiseram conceder de vir a participar em projectos conjuntos de investigação.

Ao Prof. Doutor José Soares, responsável pelo Gabinete de Biologia dos Desporto da FCDEF-UP, pela disponibilização do equipamento para a avaliação fisiológica dos nadadores. Ao Zé, pela amizade que partilhamos, pelo incentivo e parcimónia que, a espaços, me emprestou, pela revisão do manuscrito, mas acima de tudo pela referência que, como cientista, teima em constituir-se.

Ao Prof. Doutor J. Luis Castro Gonçalves, pelas sugestões e pelo incentivo.

Ao Eng. Pedro Fernandes (Instituto Gulbenkian de Ciência) pelos conselhos e pela colaboração na concepção de meios de avaliação.

À Dr^a. Nazaré Rego, ao Arq. Paulo Frias e ao Silvano Rego, pelo apoio concedido no tratamento informático de imagens.

À Radio Televisão Portuguesa pela gentileza com que acederam ao pedido de cedência do *charriot* utilizado para fazer deslocar o oxímetro ao longo da piscina.

Ao Sr. Manuel Roberto, fotógrafo do jornal "Primeiro de Janeiro", pela colaboração prestada na captação da fotografia da capa.

Ao Dr. Jorge Campaniço (U. Trás os Montes e Alto Douro) pelas facilidades concedidas, especialmente no que respeita ao desenvolvimento do dispositivo para a avaliação da força propulsiva em nado estacionário.

Ao Pedro Pimentel pela gentileza e disponibilidade permanente, bem assim como pela cedência do equipamento para o registo de imagens video sub-aquáticas e pela activa e sacrificada participação nas jornadas de recolha de dados.

Ao Luis Magalhães pela cedência do equipamento fotográfico e pela colaboração empenhada no processo de recolha de dados.

Ao Dr. Francisco Alves (U. Técnica de Lisboa) pelo apoio e cooperação permanentes.

Ao Paulo Santos e ao José Virgílio pela generosa colaboração no processo de recolha de dados, sem a qual este trabalho não teria sido possível. Mais importante, porém, foi terem querido que, nos colegas, eu pudesse descobrir dois amigos.

Ao Jorge Mota pela revisão do manuscrito. Ao André Costa pela cumplicidade na teimosia de olharmos o desporto pela Biomecânica e pela disponibilidade do seu saber e criatividade. Ao Zé Maia pelo apoio pronto em qualquer momento de dificuldade. À Eunice Lebre pelo incentivo e pelo apoio permanente nas "coisas" do MAC. Ao Pedro Sarmento pela amizade de há muitos anos e pela forma como tem sabido gerir o Gabinete de Natação. Nestes, torno extensivo o meu reconhecimento aos restantes colegas e amigos da Faculdade pelo bom ambiente de trabalho e lazer que têm sabido criar e manter.

Ao nadadores que avalei e aos respectivos treinadores, pela disponibilidade incondicional que manifestaram, algumas vezes em prejuízo do próprio processo de treino. Ao José Baltar Leite, ao Paulo Vasconcelos e ao Luís Cameira, pela serenidade com que aceitaram um retorno desproporcionalmente reduzido relativamente ao que seria desejável.

Ao Joaquim Marques e aos nadadores do CDUP, porque a sua generosidade permitiu que me continuasse a sentir treinador durante dois anos em que, efectivamente, o não fui.

À Susana Soares e ao João Paulo Lamares, pela paciência e pela dedicação com que participaram na recolha de dados deste trabalho. À Susana também pelo esforço que emprestou à elaboração da listagem de referências bibliográficas. Através deles torno extensível este agradecimento aos meus alunos, que souberam sempre compreender as flutuações de humor e de empenho que a realização de um trabalho desta natureza vai implicando através do tempo.

Ao Zé Alberto, pelo que me ensinou e pela força que me transmitiu. Estes contributos, porém, esbatem-se quando comparados com a tranquilidade, segurança e equilíbrio que, como médico e amigo chegado, de há muito ajuda a minha família a conseguir. Queremos agradecer-te sobretudo por ... seres como és!

À Associação de Natação do Porto e à Federação Portuguesa de Natação pelo apoio concedido para a impressão deste trabalho.

Índice

| | Pág. |
|---|-----------|
| 1. Introdução..... | 1 |
| 2. A técnica de braços: regulamentação específica, definição e enquadramento..... | 5 |
| 2.1. Regulamento técnico..... | 5 |
| 2.2. Definição e enquadramento..... | 7 |
| 3. Evolução histórica da técnica de braços..... | 13 |
| 3.1. Origem..... | 13 |
| 3.2. A evolução da técnica de braços na era moderna da natação desportiva..... | 14 |
| 3.2.1. Técnicas precursoras das variantes actuais da técnica de braços..... | 15 |
| 3.2.1.1. Braços inglês..... | 15 |
| 3.2.1.2. Braços ortodoxo de Rodemaker..... | 16 |
| 3.2.1.3. Braços mariposa..... | 16 |
| 3.2.1.4. Braços sub-aquático..... | 17 |
| 3.2.1.5. Braços ortodoxo de Tsuruta..... | 17 |
| 3.2.1.6. Braços holandeses ou braços de Gathercole..... | 18 |
| 3.2.1.7. Braços de Muliken ou braços japoneses..... | 18 |
| 3.2.2. Variantes actuais..... | 19 |
| 3.2.2.1. Braços formal..... | 20 |
| 3.2.2.1.1. Acção dos membros inferiores..... | 21 |
| 3.2.2.1.2. Acção dos membros superiores..... | 22 |
| 3.2.2.1.3. Sincronização, respiração e posição do tronco..... | 22 |
| 3.2.2.1.4. Vantagens relativamente às variantes precedentes..... | 23 |
| 3.2.2.1.5. Evolução do braço formal posterior a Jastremski..... | 26 |
| 3.2.2.2. Braços natural..... | 27 |
| 3.2.2.2.1. Origem do braço natural..... | 27 |
| 3.2.2.2.2. Diferentes variantes naturais da técnica de braços..... | 28 |
| 3.2.2.2.3. Descrição..... | 31 |
| 3.2.2.2.4. Principais diferenças relativamente ao braço formal..... | 34 |
| 3.2.2.3. Braços natural com recuperação aérea dos membros superiores..... | 37 |
| 4. Estado actual de conhecimentos relativos às vantagens das três variantes..... | 39 |
| 4.1. Dados referentes ao arrasto hidrodinâmico..... | 39 |
| 4.2. Dados referentes à propulsão..... | 45 |
| 4.2.1. Repercussões propulsivas do movimento ondulatório do corpo..... | 46 |
| 4.2.2. Acções propulsivas dos membros superiores..... | 47 |
| 4.2.3. Acções propulsivas dos membros inferiores..... | 49 |
| 4.3. Dados referentes às variações da velocidade horizontal e do impulso horizontal resultante por fase do ciclo..... | 53 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| 4.4. Dados referentes à economia motora..... | 56 |
| 4.5. Sinopse dos argumentos apresentados..... | 57 |
| 5. Definição e enquadramento dos problemas..... | 61 |
| 5.1. Definição dos problemas..... | 61 |
| 5.2. Enquadramento dos problemas..... | 62 |
| 5.2.1. Cinemática segmentar, propulsão e arrasto hidrodinâmico..... | 62 |
| 5.2.2. Impulso horizontal resultante e variações da velocidade horizontal num ciclo..... | 66 |
| 5.2.3. Trabalho propulsivo, eficiência, economia motora e distância horizontal percorrida por ciclo..... | 67 |
| 5.2.4. Conteúdo informativo dos movimentos segmentares, das curvas de variação da velocidade num ciclo, da economia e da distância horizontal percorrida por ciclo..... | 72 |
| 6. Objectivos..... | 75 |
| 7. Material e métodos..... | 77 |
| 7.1. Caracterização da amostra..... | 77 |
| 7.1.1. Caracterização geral..... | 77 |
| 7.1.2. Caracterização desportiva..... | 78 |
| 7.1.2.1. Registos vídeo para determinação da variante característica..... | 79 |
| 7.2. Protocolos experimentais..... | 80 |
| 7.2.1. Preparação técnica preliminar da amostra..... | 80 |
| 7.2.2. Definição e envolvimento..... | 81 |
| 7.2.3. Trajectórias da mão, do pé e da anca em diferentes planos..... | 82 |
| 7.2.4. Variações ao longo de um ciclo gestual da velocidade horizontal e de parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos associados..... | 94 |
| 7.2.5. Registo da força propulsiva máxima em nado estacionário..... | 101 |
| 7.2.6. Determinação da economia motora..... | 103 |
| 7.2.7. Pesquisa de relações entre os diferentes parâmetros estudados..... | 107 |
| 8. Resultados..... | 109 |
| 8.1. Trajectórias da mão, do pé e da anca em diferentes planos..... | 109 |
| 8.1.1. Análise quantitativa..... | 109 |
| 8.1.2. Análise qualitativa..... | 122 |
| 8.2. Variações ao longo de um ciclo gestual da velocidade horizontal e de parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos associados..... | 126 |
| 8.3. Força propulsiva máxima em nado estacionário..... | 137 |
| 8.3.1. Valores individuais e por sub-grupo sexual..... | 137 |
| 8.3.2. Correlação com os valores do impulso horizontal propulsivo máximo..... | 138 |
| 8.4. Economia motora..... | 138 |

| | Pág. |
|--|-------------|
| 8.5. Relações entre os diferentes parâmetros estudados..... | 143 |
| 8.5.1. Relações entre a distância horizontal percorrida por ciclo e a estabilidade antero-posterior das ações propulsivas..... | 143 |
| 8.5.2. Relações entre os deslocamentos segmentares, a aceleração horizontal média e o impulso horizontal resultante por fase..... | 144 |
| 8.5.3. Relações entre as variações da velocidade horizontal num ciclo e os deslocamentos segmentares..... | 147 |
| 8.5.4. Relações entre as variações de velocidade horizontal num ciclo e o dispêndio energético..... | 147 |
| 8.5.5. Relações entre os deslocamentos segmentares e o dispêndio energético..... | 148 |
| 9. Discussão..... | 151 |
| 9.1. Discussão da metodologia..... | 151 |
| 9.1.1. Comparação intra-individual de diferentes variantes de uma técnica de nado..... | 151 |
| 9.1.2. Registo das trajectórias da mão, do pé e da anca em diferentes planos..... | 153 |
| 9.1.2.1. Registo fotográfico do traçado luminoso e métodos alternativos: vantagens e inconvenientes..... | 153 |
| 9.1.2.2. Registo dos traçados luminosos em natação..... | 156 |
| 9.1.2.3. Parâmetros avaliados..... | 157 |
| 9.1.2.4. Fidelidade do método..... | 159 |
| 9.1.3. Determinação dos perfis de variação da velocidade horizontal ao longo de um ciclo..... | 159 |
| 9.1.3.1. Cinemática de um ponto anatómico fixo vs. cinemática do centro de gravidade..... | 160 |
| 9.1.3.2. Vantagens e inconvenientes dos diferentes métodos..... | 163 |
| 9.1.3.3. Questões específicas relativas à metodologia utilizada..... | 167 |
| 9.1.3.3.1. Consistência do processo de digitalização dos traçados..... | 167 |
| 9.1.3.3.2. Modelação dos registos discretos..... | 168 |
| 9.1.3.3.3. Correlação entre o impulso propulsivo resultante máximo e a força propulsiva máxima em nado estacionário..... | 170 |
| 9.1.4. Determinação da economia motora..... | 170 |
| 9.1.4.1. Factores que comprometem as comparações inter-individuais da economia na avaliação da técnica de nado..... | 171 |
| 9.1.4.2. Velocidades de nado utilizadas..... | 176 |
| 9.1.4.3. Determinação do consumo energético total..... | 178 |
| 9.1.4.4. Determinação do consumo de oxigénio..... | 182 |
| 9.1.4.5. Avaliação das concentrações sanguíneas de lactato..... | 184 |
| 9.1.4.6. Duração de cada estadio de intensidade..... | 185 |
| 9.1.4.7. Duração do período de recuperação anterior a cada estadio de intensidade..... | 187 |

| | |
|---|------------|
| 9.1.4.8. Razões subjacentes à valorização da avaliação de E*v-1 em detrimento de D*emt-1..... | 187 |
| 9.2. Discussão dos resultados..... | 188 |
| 9.2.1. Trajectórias da mão, do pé e da anca em diferentes planos..... | 188 |
| 9.2.1.1. Trajectórias da mão..... | 189 |
| 9.2.1.2. Trajectórias do pé..... | 196 |
| 9.2.1.3. Trajectórias da anca..... | 200 |
| 9.2.1.4. Índice absoluto de estabilização antero-posterior das acções propulsivas e distância horizontal percorrida por ciclo..... | 201 |
| 9.2.2. Variações ao longo de um ciclo gestual da velocidade horizontal e de parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos associados..... | 204 |
| 9.2.3. Economia motora..... | 225 |
| 10. Conclusões..... | 239 |
| 11. Perspectivas para o futuro..... | 245 |
| 12. Referências | 247 |
| 13. Anexos..... | XV |
| 13.1. Anexo 1..... | XVII |
| 13.2. Anexo 2..... | XVIII |
| 13.3. Anexo 3..... | XXX |
| 13.4. Anexo 4..... | XXXVIII |

1. Introdução

A prestação desportiva em natação pura, como de resto nas restantes modalidades desportivas individuais, ciclicas e fechadas, é determinada por um conjunto de factores interactivos, normalmente designados por factores ou pressupostos de rendimento (Weineck, 1983). Destes destacam-se, normalmente, os de ordem condicional - bioenergéticos e morfo-funcionais - os psicológicos e os técnicos (J.S.P.E., 1977; Weineck, 1983; Cazorla et al., 1984; Costill, 1985; Grosser e Neumaier, 1986; Cazorla, 1993).

Em natação, porém, a especificidade física do meio parece determinar que a técnica desportiva desempenhe um papel mais importante do que noutras modalidades, como por exemplo no ciclismo (Astrand, 1952; Astrand, 1960; Hermansen e Saltin, 1969) e na corrida (Margaria et al., 1963; Hermansen e Saltin, 1969; di Prampero et al., 1974). A este respeito, Holmér (1983) referiu que, entre 1961 e 1978, a evolução desportiva dos nadadores suecos de elite terá sido particularmente determinada pela evolução da técnica e não tanto pelo desenvolvimento dos recursos condicionais e Craig (1984) colocou em evidência a possibilidade do desenvolvimento da eficiência de nado constituir um processo mais rentável para a potencialização do desempenho desportivo do que a procura de uma maximização dos recursos condicionais.

O presente trabalho tem por objecto o estudo da técnica de nado, mais concretamente da técnica de bruços. O estudo da técnica de nado é objecto da biofísica desportiva em geral e da natação em particular, disciplina que integra não apenas a problemática biomecânica como também a energética ou termodinâmica. A biofísica desportiva, entretanto, tem sido genericamente designada por biomecânica desportiva, ramo do conhecimento científico que, segundo Hay (1988), tem evidenciado desde o início da década de setenta, um incremento considerável no domínio específico da natação.

Das técnicas de nado utilizadas em provas de natação pura desportiva, o *crawl*, talvez por se tratar da mais rápida e eficiente, tem sido até agora a mais insistentemente investigada. Em contrapartida, o bruços tem vindo a despertar um interesse crescente nos meios técnico e científico (Ungerechts, 1990b), o qual parece ser consequência de dois factores: (i) por um lado o tradicional constrangimento imposto pelos regulamentos à inovação técnica e, por outro, (ii) a continuada oposição de opiniões acerca do nível de adequação mecânica das variantes actualmente praticadas: o bruços formal ou plano (BF), o bruços natural ou ondulatório (BN) e o bruço natural com recuperação aérea dos membros superiores (BNA). Este interesse tornou-se, entretanto, mais saliente em consequência das alterações introduzidas nos regulamentos da técnica em 1987, as quais vieram permitir a acentuação do movimento ondulatório do corpo e, portanto, facilitar a exploração das eventuais virtualidades das variantes naturais relativamente ao BF.

Embora nos meios científicos a controvérsia em torno das vantagens ou inconvenientes das diferentes variantes da técnica de bruços só tenha começado a ser tratada a partir de meados da década de oitenta, já suscitou, porém, vários estudos (Minxing, 1984; Vilas-Boas, 1987, 1988, 1990; van Tilborgh et al., 1988; Colman et al., 1989; Colman e Persyn, 1991; Colman et al., 1992; Persyn et al., 1992; Tourny, 1992; Tourny et al., 1992). Minxing (1984) comparou a força propulsiva em nado estacionário do BF e do BN, Vilas-Boas (1987, 1990) estudou, por método indirecto, a economia motora das mesmas variantes a velocidades sub-máximas e van Tilborgh et al. (1988) compararam os impulsos horizontais resultantes por fase do ciclo obtidos para uma amostra de brucistas formais e para um executante de BN. Por seu lado, Colman e Persyn (1991) estudaram, no BF e no BN executado com diferentes níveis de ondulação, a cinemática segmentar relativizada à água e ao corpo, as variações da velocidade ao longo de um ciclo e a distância horizontal percorrida por fase, a simetria e amplitude do movimento ondulatório do corpo, bem assim como as relações entre estes parâmetros e diferentes variáveis morfo-funcionais. Esta última questão foi também explorada por Colman et al. (1992), enquanto que Persyn et al. (1992) se detiveram acerca da comparação do BF e do BN tomando em consideração a cinemática segmentar e do centro de gravidade (CG) do corpo ao longo de um ciclo gestual de uma brucista natural. Por fim, Tourny (1992) e Tourny et al. (1992) compararam a curva de variação da velocidade horizontal de um ponto anatómico fixo de uma campeã olímpica executante do BN, com curvas anteriormente publicadas por outros autores para a técnica de bruços.

Nenhum dos trabalhos antes referidos se deteve a propósito do estabelecimento de comparações entre o BNA e as restantes variantes. Para além disso, não permitiram ainda o esclarecimento das diferenças e, eventualmente, das vantagens e das exigências específicas de cada uma das variantes, uma vez que se restringiram, na maioria, ao estudo de casos, ou à análise conjugada de um número restrito de parâmetros. Este problema parece-nos particularmente relevante se se atender a que o estudo das repercussões de cada uma das variantes no domínio da capacidade de aproveitamento dos recursos condicionais do nadador, nomeadamente dos recursos bioenergéticos, ainda não foi ensaiada. Se se considerar que a economia motora é tida como um critério fundamental para a definição do nível de adequação mecânica global do gesto desportivo (Cavanagh e Kram, 1985a), a comparação de diferentes variantes de uma mesma técnica de nado com base neste parâmetro, constitui um esforço imprescindível para que, por um lado, se possa conferir significação relevante para o treino à informação produzida pela investigação biomecânica (Reischle, 1993) e, por outro, se possa maximizar a rentabilização dos progressos operados no domínio da fisiologia do exercício e da metodologia do treino. Isto, entretanto, parece-nos ainda mais decisivo na técnica de bruços, uma vez que, das quatro técnicas de natação pura desportiva, é aquela que implica variações da velocidade ao longo de um ciclo gestual mais pronunciadas (Maglischo et al., 1987), as quais se repercutem, conjuntamente com outros factores, num

custo energético superior para percorrer uma dada distância num mesmo intervalo de tempo (Holmér, 1975), ou implicando tempos superiores para percorrer uma dada distância de prova considerando constante o potencial bioenergético do nadador.

Foi considerando as questões anteriores que definimos os objectivos deste estudo, os quais se podem sumariar na caracterização geral das três variantes actuais da técnica de braços e na comparação das mesmas na área de confluência da fisiologia do exercício e da biomecânica: a análise das repercussões bioenergéticas de diferentes soluções técnicas.

Começaremos por definir a técnica de braços e por enquadrá-la relativamente às restantes técnicas de natação pura desportiva. Depois, sistematizaremos o seu percurso evolutivo até à definição das variantes actuais, terminando a primeira parte do nosso estudo revendo o conhecimento actual acerca das vantagens e inconvenientes de cada uma. Com base neste, definiremos os objectivos do presente estudo e justificaremos a sua importância através do respectivo enquadramento teórico. A parte experimental contemplará, depois, três parcelas fundamentais que se consubstanciarão na caracterização e comparação das três variantes actuais da técnica de braços tendo por base: (i) os movimentos segmentares em diferentes planos; (ii) o perfil das variações intra-cíclicas da velocidade horizontal ao longo de um ciclo e (iii) a economia motora. A existência de relações entre estes parâmetros será também objecto de uma atenção particular.

2. A técnica de braços: regulamentação específica, definição e enquadramento

"The breaststroke is the center of biomechanical interest (...). But it was not only the major's stroke of the biomechanists, it was also for the coaches themselves"

Ungerechts (1990b, p. 2)

2.1. Regulamento técnico

"In breaststroke swimming (...), due to the rule change in 1987 (...), determination of the optimal individual style is confusing"

Colman e Persyn (1991, p. 1)

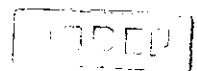
A técnica de braços parece ser, de todas as técnicas de nado em natação pura desportiva, a que é, e tem sido, mais constrangida pelos regulamentos técnicos da modalidade (Oppenheim, 1964, 1977; Gilbert, 1968; Vivensang, 1978; Menaud e Zins, 1979; Alves, 1984; Vilas-Boas, 1987; Chollet, 1990; Pedroletti, 1991; Suarez, 1992; Tourny, 1992).

O estudo da viabilidade das diferentes variantes actuais e a análise das respectivas vantagens e desvantagens deve, portanto, ser contextualizado no quadro regulamentar vigente, o qual, salvo situações excepcionais, é actualizado de quatro em quatro anos. Assim, passaremos a inumerar as regras (SW 7) que, actualmente, condicionam especificamente o nado de braços (F.I.N.A., 1991-1992, pp. 99, 100):

"SW 7.1 - Desde o início da primeira braçada após a partida e após cada viragem, o corpo deve ser mantido sobre o peito e ambos os ombros em linha com a superfície normal da água.

SW 7.2 - Todos os movimentos dos braços devem ser simultâneos e no mesmo plano horizontal sem movimentos alternados.

SW 7.3 - As mãos devem ser levadas à frente juntas a partir do peito, à superfície, sob a superfície ou sobre a superfície da água. As mãos não devem ser trazidas para trás para além da linha da anca, excepto durante o primeiro ciclo após a partida e cada viragem.



SW 7.4 - Todos os movimentos das pernas devem ser simultâneos e no mesmo plano horizontal sem movimentos alternados.

SW 7.5 - Os pés devem ser rodados para fora durante a fase propulsiva da pernada. Os movimentos de tesoura, os movimentos verticais alternados ou os movimentos descendentes tipo golfinho não são permitidos. É permitido romper a superfície da água com os pés, a não ser que esta acção seja seguida por um movimento descendente do tipo golfinho.

SW 7.6 - Em cada viragem e no final da prova, o toque na parede deve ser realizado com as duas mãos em simultâneo, acima ou abaixo do nível da água. Os ombros devem ser mantidos no plano horizontal até que o toque tenha sido realizado. A cabeça pode ser imersa após a última braçada anterior ao toque, desde que tenha rompido a superfície da água em qualquer momento durante o último ciclo completo ou incompleto que precedeu o toque.

SW 7.7 - Durante cada ciclo completo de uma braçada e uma pernada, por esta ordem, uma qualquer parte da cabeça do nadador deve romper a superfície da água, excepto que, após a partida e cada viragem, o nadador pode realizar uma braçada completamente até atrás junto às pernas e uma pernada com o corpo imerso. A cabeça deverá romper a superfície da água antes das mãos começarem a deslocar-se para dentro na porção mais alargada da segunda braçada."

Esta redacção dos regulamentos é basicamente idêntica à da revisão que entrou em vigor em 1987. Segundo Colman et al. (1989) e Persyn et al. (1992), o novo quadro regulamentar veio facilitar a evolução ulterior da técnica de braços por ter permitido a imersão da cabeça, tendo sido, na opinião daqueles autores, influenciada pelas evidências até então proporcionadas pela investigação. A ser verdade, esta terá sido a primeira vez que uma alteração aos regulamentos da técnica de braços foi realizada na perspectiva de facilitar a potenciação da capacidade de rendimento e não, como até aí, procurando obstar à emergência e implantação de novas soluções técnicas (Vilas-Boas, 1987). Parece-nos, porém, que o motivo subjacente a esta alteração terá sido mais o reconhecimento da impossibilidade de, com justiça, se aplicar a regra relativa à não imersão completa da cabeça, obviando assim à sistemática desclassificação arbitrária de nadadores em competição.

2.2. Definição e enquadramento

De acordo com as imposições regulamentares que, a um tempo, a definem e condicionam, a técnica de braços é normalmente classificada como ventral, descontínua e simultânea, categoria onde se inclui também a técnica de mariposa. Por oposição a esta categoria distinguem-se ainda as técnicas contínuas e alternadas, das quais uma é também ventral e outra dorsal. São elas, respectivamente, o *crawl* e o *crawl* de costas (Dubois e Robin, 1985).

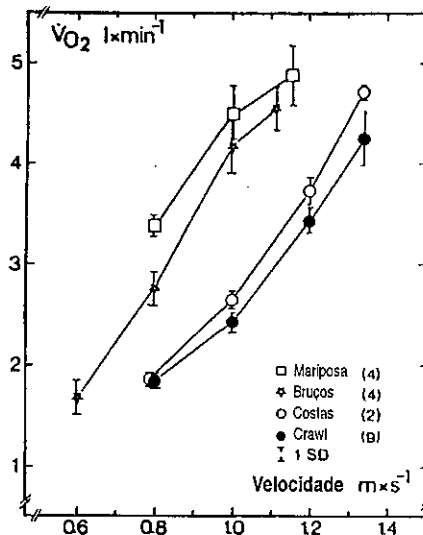
Descontinuidade e simultaneidade são duas características da técnica de braços que se encontram fortemente associadas. Os regulamentos técnicos impõem que as acções segmentares direita e esquerda dos membros superiores e dos membros inferiores sejam realizadas simultaneamente. Este facto impõe que duas acções propulsivas consecutivas dos membros superiores ou dos membros inferiores sejam mais ou menos acentuadamente entremeadas de fases de recuperação onde prevalecem as forças resistivas opostas ao deslocamento do nadador (Kent e Atha, 1971, 1975b). Na técnica de braços, esta dificuldade é parcialmente torneada pela sincronização particular das acções propulsivas dos membros superiores e inferiores, as quais se sucedem no tempo. Todavia, persiste normalmente pelo menos uma fase na qual nem os membros superiores nem os membros inferiores realizam qualquer acção propulsiva.

Como consequência deste efeito (Ungerechts, 1990a), o braços, e também a mariposa, são técnicas que, quando comparadas com as técnicas contínuas, se caracterizam por implicarem variações mais acentuadas dos valores da velocidade horizontal ao longo de um ciclo (Kent e Atha, 1971; Craig e Pendergast, 1979; Nigg, 1983; Maglischo et al., 1987; Craig et al., 1988). Como seria de prever, são também as técnicas que requerem, para uma mesma velocidade horizontal média, valores superiores do dispêndio energético. Já na primeira metade do século, Karpovich e Millman (1944) hierarquizaram as técnicas de nado em termos de economia: a mais económica foi o *crawl*, depois o *crawl* de costas, o braços, o *side stroke* e, finalmente, a mariposa. Holmér (1974b, c) comparou também o custo energético das quatro técnicas de nado actualmente utilizadas em competição, tendo podido verificar que estas se emparelham duas a duas: as técnicas contínuas, mais económicas, e as descontínuas, menos económicas. De entre estas, o autor verificou que a técnica de mariposa era a menos económica (Figura 1).

Troup (1990, 1991a) comparou também a economia das quatro técnicas, tendo, em geral, obtido resultados semelhantes. Todavia, observou que, entre as técnicas simultâneas, o braços foi menos económico do que a mariposa, o que poderá ser explicado pelos valores superiores da velocidade de nado a que as técnicas foram testadas. Troup (1991a) pôde ainda verificar que, em competição, o braços e a mariposa são as técnicas que evidenciam um percentual de participação anaeróbia superior. Neste trabalho foi ainda observado que, em braços, o consumo máximo

de oxigênio ($\dot{V}O_2$) é idêntico ao observado nas restantes técnicas, tendo, porém, sido obtido a uma velocidade de nado inferior.

Figura 1. Economia relativa das quatro técnicas de natação pura desportiva (adaptado de Holmér, 1974b).



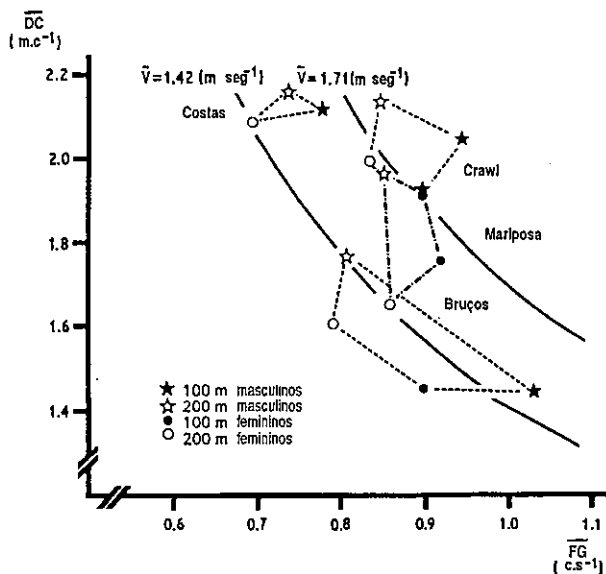
Esta diferenciação das técnicas alternadas e simultâneas em termos de economia é, entretanto, similar à que se pode observar quando se considera a distância horizontal percorrida por ciclo (DC) a uma dada velocidade média (East, 1970; Craig et al., 1979; Pai et al., 1986). Na Figura 2 pode observar-se que a técnica de bruços é a que evidencia valores da DC inferiores, quando comparada com as restantes técnicas de natação pura desportiva. Tourny (1992) obteve uma hierarquia similar relativamente às provas de 100m nadadas no *Meeting de Canet* em 1990 e 1991.

Holmér (1979) comparou ainda a eficiência mecânica total nas técnicas de bruços e *crawl* em três nadadores de alto nível desportivo. A $0,9 m \cdot s^{-1}$, o valor médio obtido para o bruços foi de $4,4 (\pm .65)\%$ e para o *crawl* foi de $5,9 (\pm .15)\%$. Neste estudo, a eficiência mecânica total foi definida pela razão entre a potência mecânica propulsiva produzida a uma determinada velocidade de nado e o dispêndio energético requerido para a locomoção a essa mesma velocidade.

Se, enquanto técnica descontínua, a técnica de bruços parece ser menos econômica do que as técnicas contínuas, por outro lado parece ser aquela que permite ao nadador aplicar níveis superiores de força propulsiva máxima (Magel, 1970). Esta característica parece ser consequência, por um lado, do facto das acções propulsivas direita e esquerda dos membros superiores e inferiores se desenvolverem

simultaneamente e, por outro, das repercussões propulsivas da acção particular dos membros inferiores ser especialmente elevada quando comparada com a acção correspondente nas restantes técnicas (Magel e McArdle, 1970).

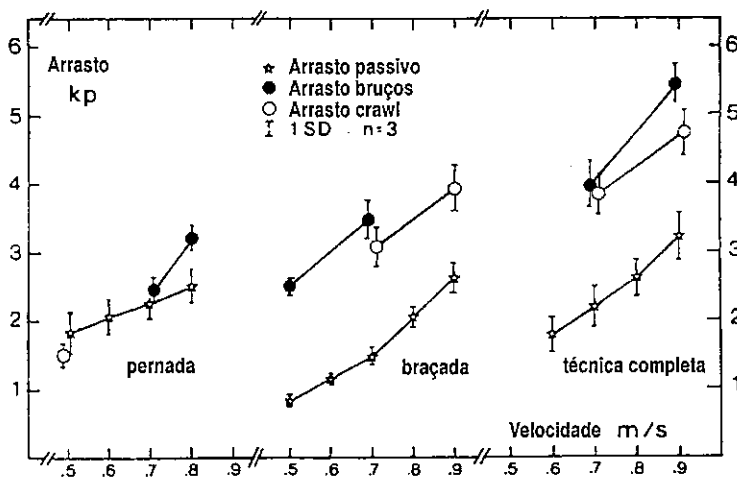
Figura 2. Valores médios da distância horizontal percorrida por ciclo e da frequência gestual em nadadores dos dois sexos, em competições de 100 e 200m de cada uma das técnicas (adaptado de Pai et al., 1986).



De facto, a maior capacidade propulsiva da técnica de bruços parece radicar-se preferencialmente na acção específica dos membros inferiores. Loetz et al. (1988) registaram a pressão hidrodinâmica a que estão sujeitas as superfícies palmar e dorsal das mãos do nadador ao longo de um ciclo e calcularam a força hidrodinâmica a que as mãos ficam sujeitas. Obtiveram valores máximos de 134 N para o bruços, 125 N para a mariposa e 121 N e 137 N, respectivamente para as técnicas de *crawl* e *costas*. Por outro lado, Ungerechts (1992) determinou, baseado na aceleração da anca registada durante a acção propulsiva dos membros superiores, um valor médio da força propulsiva na técnica de bruços de 143.6 (± 30.2) N. Em contrapartida, Cazorla et al. (1985) referiram que os valores máximos da força propulsiva média conseguidos no ciclo de bruços ascendem a 286.5 N, enquanto que Magel (1970) havia registado valores médio máximos de 205 N. Esta menor capacidade propulsiva dos membros superiores em bruços parece ser função, sobretudo, da menor extensão do trajecto motor da mão, já que Schleihauf et al. (1988) puderam observar que se trata da técnica onde a braçada se desenvolve mais obliquamente relativamente à direcção de nado, e onde a razão entre as forças ascensional hidrodinâmica (L) e de arrasto hidrodinâmico propulsivo (Dp) atinge valores mais elevados.

Todavia, para que o elevado contributo propulsivo dos membros inferiores em bruços seja possível, torna-se imprescindível a sua prévia preparação através da acção de recuperação. Esta, entretanto, caracteriza-se por uma pronunciada flexão das articulações da anca, a qual parece repercutir-se num acentuado agravamento da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta pela água ao deslocamento do nadador, quando comparada com a que decorre da posição mais persistentemente hidrodinâmica dos membros inferiores nas restantes técnicas. Kent e Atha (1971, 1975b) e Boitchev (1981) verificaram que a intensidade do arrasto hidrodinâmico em bruços é máxima durante a recuperação dos membros inferiores e Holmér (1979) constatou que a intensidade da força de arrasto activo médio no ciclo de bruços é superior à registada em *crawl*, quer quando se considera a técnica completa, quer quando se considera separadamente a acção dos membros superiores e dos membros inferiores. Em qualquer dos casos, porém, os valores foram superiores aos determinados para o arrasto passivo medido com o nadador em posição de deslize (Figura 3), o que reforça a importância a atribuir, neste contexto, aos movimentos segmentares específicos das diferentes técnicas de nado. Na mesma perspectiva, Ohmichi et al. (1983) verificaram que, relativamente às técnicas contínuas, a técnica de bruços, tal como a de mariposa, implica valores superiores da altura das ondas formadas em associação ao deslocamento do nadador.

Figura 3. Valores médios e respectivos desvios padrão da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico medido em bruços e *crawl* utilizando a técnica completa e a braçada e a pernada isoladamente (adaptado de Holmér, 1975).



O agravamento do arrasto hidrodinâmico imposto pela recuperação dos membros inferiores reforça o significado da alternância entre acções propulsivas e resistivas

na técnica de bruços, contribuindo para acentuar a ineficiência da técnica e o agravamento do custo energético imprescindível à manutenção de uma dada velocidade média.

Este efeito, entretanto, parece ainda ser agravado pelas características particulares da acção dos membros superiores. Por um lado, a amplitude da sua acção propulsiva é, relativamente às restantes técnicas, limitada pelos regulamentos, os quais impõem que as mãos não ultrapassem o plano transversal definido pela cintura pélvica. Por outro, após a sua acção propulsiva, os membros superiores são, normalmente, trazidos à frente (recuperação) em imersão, contrariamente ao que se verifica em mariposa, *crawl* e costas. Esta recuperação aquática é tida na literatura como co-responsável pela menor capacidade da técnica de bruços para proporcionar velocidades máximas de nado comparáveis às que são possíveis de obter utilizando as restantes técnicas (Magel e McArdle, 1970; Palmer, 1985; Tourny, 1992). Holmér (1979) referiu concretamente que o trajecto motor mais longo dos membros superiores em *crawl*, a descontinuidade da acção propulsiva dos mesmos em bruços bem como a sua recuperação aquática, determinam uma menor eficiência da acção dos membros superiores nesta técnica quando comparada com a acção correspondente em *crawl*. Magel e McArdle (1970) afirmaram, por seu turno, que a descontinuidade das acções propulsivas e os movimentos aquáticos de recuperação determinam que a técnica de bruços seja a menos veloz das que são utilizadas em competição. Hopper et al. (1983) observaram ainda que esta técnica, quando comparada com as restantes, é a que permite velocidades médias de nado inferiores para os mesmos valores de potência mecânica externa produzida.

Por estes factores, a técnica de bruços é muitas vezes considerada como aquela onde as variáveis biomecânicas em geral, e especialmente as de natureza hidrodinâmica, desempenham um papel mais crítico (Ungerechts, 1990a, b; Suarez, 1992). Persyn et al. (1992) referiram mesmo que apenas uma alternativa técnica permitirá, em bruços, maximizar o rendimento desportivo. Porém, na actualidade pode observar-se diferentes nadadores de elite executando também diferentes variantes da técnica (Craig et al., 1988), o que sugere uma busca continuada, no contexto regulamentar vigente, do modelo técnico ideal, pelo menos para cada nadador em particular. O mesmo, de resto, pôde ser observado através do tempo, o que confere à história desta técnica particular uma riqueza ímpar. No ponto seguinte analisaremos este percurso.

3. Evolução histórica da técnica de bruços

Num trabalho anterior estudámos detalhadamente a evolução histórica da técnica de bruços (Vilas-Boas, 1987). Porém, a revisão dos regulamentos realizada em 1987 e concretizada com a redacção vigente (F.I.N.A., 1991-1992) parece ter favorecido novos desenvolvimentos (Colman e Persyn, 1991; Persyn et al., 1992; Suarez, 1992) que impõem a sua actualização. Em continuação realizaremos uma síntese da evolução operada na técnica em causa desde o sua origem e procuraremos definir as suas variantes actuais.

3.1. Origem

As origens da natação parecem confundir-se com as origens do homem (Catteau e Garoff, 1977). Parece também não ser incorrecto admitir que as técnicas de nado do Homem primitivo tenham decorrido directamente da imitação dos processos de locomoção aquática dos animais. Neste contexto, Iguaran (1972) referiu que uma das primeiras técnicas de nado utilizadas pelo Homem terá sido o nado "à rã", precursor da actual técnica de bruços. Sandino (1968) referiu que o bruços foi a primeira técnica de nado praticada pela humanidade, chegando mesmo a salientar que se trata do processo natural de nado do homem. Não foram, porém, apresentados argumentos concludentes que suportem estas afirmações.

Um mural encontrado nas ruínas de Herculano (69 d.C.) e presentemente no museu Borbónico, representa uma mulher nadando com uma braçada simultânea e com os membros inferiores executando um movimento de tesoura, técnica que se assemelha às primeiras descrições da técnica de bruços.

Guilbert (1968) citou lendas escandinavas descrevendo formas de nado semelhantes à técnica de bruços e Lewin (1978) referiu que Ulisses, o herói da Odisseia, terá nadado bruços depois do naufrágio da sua embarcação.

Em 1538 foi publicado aquele que se julga ter sido o primeiro livro inteiramente dedicado à natação: *Colymbetes* (Iguaran, 1972; Lewin, 1978; Wilke, 1982). Nesta obra, o seu autor, Nicolaus Wynmann, referiu-se ao bruços como a verdadeira técnica de nado e considera as técnicas alternadas como um chapinhar irracional próprio dos animais (Wilke, 1982).

Iguaran (1972) referiu desenhos de Leonardo da Vinci representando a técnica de bruços e Counsilman (1968), citando a obra publicada por Guts Muths em 1798, considerou que o bruços foi a técnica utilizada até àquela data em toda a Europa.

Lacoursière (1973) descreveu o bruços do séc. XVI como sendo composto por movimentos simultâneos dos membros superiores e alternados dos membros

inferiores. O mesmo autor refere que a partir do séc. XVIII se passou a utilizar um movimento simultâneo dos membros inferiores.

No início da natação desportiva moderna (início do séc. XIX), o bruços era considerado a melhor técnica de competição (Carlile, 1967; Oppenheim, 1977). Esta preferência parece-nos ser realçada pelo texto de uma notícia publicada na edição de 22 de Abril de 1844 do *Times*, citada por Carlile (1967). Era, então, noticiada uma competição de natação que opôs o inglês Ken Worthy a um grupo de índios americanos. Worthy ganhou a prova nadando bruços, enquanto que os índios utilizavam uma técnica próxima do *crawl* que hoje conhecemos. Podia lêr-se: "o estilo era totalmente anti-europeu (...)" (Carlile, 1967, pág. 148).

No período que decorreu entre 1830 e 1900 processou-se a passagem do bruços para o *crawl* como técnica preferencialmente utilizada em provas de velocidade (Oppenheim, 1977). Nos primeiros Jogos Olímpicos (JO) da era moderna, realizados em Atenas no ano de 1896, as provas de natação não impunham a especialidade técnica, tendo o bruços sido progressivamente afastado das competições. Em 1904, porém, são introduzidas nos Jogos Olímpicos (St. Louis) as provas de natação exclusivamente nadadas na técnica de bruços, com uma prova de 440 jardas (Iguaran, 1972).

Entretanto, o ano de 1875 ficou marcado, para a natação, pelo feito do capitão Mathew Webb, que atravessou o Canal da Mancha, entre Dover e Calais, utilizando a técnica de bruços (Menaud e Zins, 1979).

Em 1908 foi criada, em Londres, a *Federation International de Natation Amateur - F.I.N.A.*, a qual estabeleceu as primeiras regras internacionais e introduz a prova de 200m bruços no programa olímpico (Iguaran, 1972; Oppenheim, 1964). Entre 1912 e 1920 as provas oficiais de bruços foram os 200 e os 400 metros. Só depois, em 1968, foi introduzida a prova de 100m no calendário olímpico (Oppenheim, 1977).

3.2. Evolução da técnica de bruços na era moderna da natação desportiva

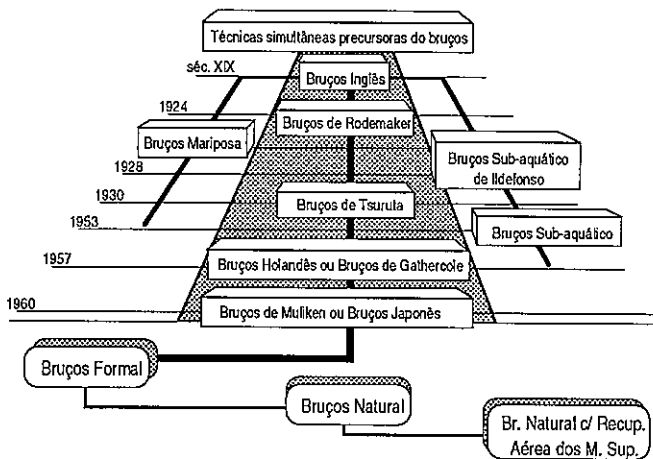
Nos pontos seguintes sistematizaremos a evolução da técnica de bruços desde o início da era moderna da natação desportiva, que se considera ser coincidente com a abertura das primeiras piscinas em Inglaterra no início do séc. XIX (Oppenheim, 1977) e com a criação, no mesmo país, da *National Swimming Association* (Oppenheim, 1964).

Fá-lo-emos analisando as principais variantes surgidas através do tempo. Porém, não pretendemos realizar uma revisão exaustiva, procurando apenas destacar as evoluções técnicas que sobressairam, seja pelos resultados desportivos que proporcionaram, pelas inovações mais ou menos radicais que introduziram ou,

finalmente, pela real ou pelo menos aparente justificação racional ou científica das opções que envolveram. É esta, de resto, a base em que pensamos dever alicerçar-se a diferenciação de variantes de uma técnica, por oposição à sobrevalorização de formas particulares de execução utilizadas por este ou aquele nadador e não especialmente diferenciadas.

Na Figura 4 apresentamos um diagrama sinóptico do percurso que seguiremos nesta abordagem.

Figura 4. Cronograma sinóptico da evolução histórica da técnica de bruços.



3.2.1. Técnicas precursoras das variantes actuais da técnica de bruços

3.2.1.1. Bruços inglês

A primeira forma descrita da técnica de bruços depois do início da natação desportiva moderna designa-se normalmente por bruços inglês (BI) (Oppenheim, 1964). Esta variante, que foi também designada por bruços clássico (Alves, 1984), caracterizava-se pela realização de movimentos muito amplos dos membros superiores e inferiores (Lewin, 1978) e pela descontinuidade das acções propulsivas, evidenciando um tempo passivo em extensão depois de executada a perna (Alves, 1984).

No BI a braçada era muito ampla e superficial, tendo início numa posição de extensão à frente dos membros superiores. Depois, estes afastavam-se lateralmente, sempre em extensão e no mesmo plano horizontal, até ao plano transversal definido

pela cintura escapular. Num segundo tempo os cotovelos flectiam sendo levados até ao tronco, enquanto as mãos se juntavam sob o peito. A posição de partida era recuperada através da extensão dos membros superiores.

A pernada - designada por pernada "em cunha" (Counsilman, 1968) ou *widge kick* (Maglischo, 1982; Nimz et al., 1988) - iniciava-se, também, em posição de extensão completa dos membros inferiores. A recuperação realizava-se, com os pés juntos e em dorsiflexão, através da flexão das pernas sobre as coxas e destas, em rotação externa (implicando, por isso, um grande afastamento dos joelhos), sobre o tronco. Num segundo tempo, os joelhos estendiam-se e, posteriormente, os membros inferiores em extensão eram vigorosamente aduzidos (Lotufo, s.d.; Sá e McMonegal, s.d.; Oppenheim, 1964; Rossi, 1966).

A cabeça permanecia sempre emersa (Sá e McMonegal, s.d.; Brockmann, 1978) ou emergia para a inspiração durante a recuperação dos membros superiores (Carlile, 1967) ou no início do afastamento daqueles (Lotufo, s.d.; Berlioux, 1967; Rossi, 1966; Firby, 1975; Alves, 1984). Segundo Rossi (1966) e Sandino (1968), a recuperação dos membros inferiores iniciava-se depois de terminado o afastamento lateral dos membros superiores e completava-se ao mesmo tempo que estes se juntavam sob o tronco. Depois, os membros superiores recuperavam durante a abdução dos membros inferiores e a adução destes ocorria já com os primeiros em extensão. No entanto, Berlioux (1967) referiu que a flexão das pernas sobre as coxas ocorria ao terminar o afastamento lateral dos membros superiores, a extensão dos joelhos durante a fase de junção dos membros superiores e a adução dos membros inferiores durante a recuperação dos membros superiores.

3.2.1.2. Bruços ortodoxo de Rodemaker

A primeira evolução do BI surgiu em 1924. O Alemão Erik Rodemaker passou a executar o BI com uma braçada realizada em profundidade, com os membros superiores em extensão, e uma pernada que diferia da do BI por utilizar uma recuperação com menor rotação externa das coxas e, portanto, por terminar com os joelhos mais em profundidade (Guilbert, 1968). Esta variante foi designada por bruços ortodoxo de Rodemaker (BOR) (Oppenheim, 1964).

3.2.1.3. Bruços mariposa

Em 1926, o mesmo Rodemaker introduziu a primeira das grandes evoluções operadas na técnica de bruços: o bruços mariposa (BM). Aproveitando o que mais tarde foi tido como uma lacuna dos regulamentos, ganhou a prova de 200m bruços dos Campeonatos da Europa de Budapeste, realizando, depois da partida e antes e depois das viragens, algumas braçadas com recuperação aérea dos membros superiores (Menaud e Zins, 1979).

No ano seguinte a legalidade do BM foi contestada em competições realizadas nos Estados Unidos da América (Oppenheim, 1964), razão que terá levado Rodemaker a não a utilizar nos JO de Amesterdão.

O BM foi retomado em 1932, por altura dos JO de Los Angeles, mas foram poucos os nadadores que tentaram utilizá-lo ao longo da totalidade dos 200m de prova.

Em 1946 a F.I.N.A. obrigou a que se nadasse apenas bruços ortodoxo ou BM ao longo de toda a prova (Oppenheim, 1977). Nos JO de Londres, realizados em 1948, os 6 primeiros classificados utilizaram o BM e, 4 anos depois, nos JO de Helsínquia, todos os finalistas nadaram BM (Menaud e Zins, 1979).

Em 1953 a F.I.N.A. proibiu a recuperação aérea dos membros superiores na técnica de bruços e criou a técnica de mariposa.

3.2.1.4. Bruços sub-aquático

Nos JO de Amesterdão, realizados em 1928, surgiu, entretanto, uma nova variante. O filipino Ildefonso terminou a sua prova de bruços classificado em 3º lugar, depois de ter nadado em imersão completa com braçadas muito amplas, emergindo para inspirar apenas de duas em duas braçadas. Este bruços, que passaria a ser designado por bruços subaquático (BS), não obteve imediatamente grande popularidade, sobretudo porque, no *sprint* final, Ildefonso utilizou o bruços ortodoxo (Oppenheim, 1964).

Nos JO de Melbourne, realizados em 1956, o BS de Ildefonso é recuperado (Menaud e Zins, 1979). Na altura, caracterizava-se, segundo Counsilman (1968) e Lacoursière (1973), pela grande amplitude da braçada, pela simultaneidade das acções propulsivas dos membros superiores e inferiores e por um elevado tempo de permanência em imersão - até 4 braçadas. Lewin (1978) referiu-se também à grande amplitude da braçada, salientando que esta terminava com as mãos colocadas junto às coxas. Segundo Lacoursière (1973), no BS de então verificava-se um importante tempo de deslize passivo imediatamente depois das acções propulsivas, permanecendo, nesta fase, os membros superiores estendidos ao longo do corpo. Todavia, Guilbert (1968) referiu que a braçada se iniciava logo após a pernada.

Em Maio de 1957, o Congresso da F.I.N.A. proibiu o BS e regulamentou a obrigatoriedade de, pelo menos uma porção da cabeça permanecer sempre acima do nível "geral" da água, obrigatoriedade esta que se manteve até às alterações de 1987 aos regulamentos.

3.2.1.5. Bruços ortodoxo de Tsuruta

Em 1930, dois anos depois da introdução do BS por Ildefonso, surge o bruços

ortodoxo de Tsuruta (BOT), nadador japonês que passou a executar o braço ortodoxo de Rodemaker realizando a braçada em profundidade mas, no entanto, com os cotovelos flectidos (Oppenheim, 1964; Guilbert, 1968). Esta variante foi também designada por *estilo Cartonnet* (Berlioux, 1963), tendo-se mantido como técnica ortodoxa de base até 1956 (Oppenheim, 1964).

3.2.1.6. Braços holandês e braços de Gathercole

Com a proibição do BS e o ressurgimento obrigatório do braço ortodoxo teve origem, entre 1957 e 1958, uma nova variante. Esta caracterizava-se por um evidente domínio da acção dos membros inferiores sobre a acção dos membros superiores e os seus mais destacados executantes foram as nadadoras holandesas, nomeadamente Ada den Haan, e o australiano Terry Gathercole. Berlioux (1967) e Sandino (1968) designaram esta variante por braços holandês (BH), mas não a identificaram com a técnica de Gathercole que foi descrita por Carlile (1967) e por Counsilman (1968). Se o fazemos nós é devido à semelhança das descrições, muito embora possam ter-se verificado algumas diferenças de pormenor.

O BH distingue-se devido: (i) à permanência da cabeça em emersão (Berlioux, 1967; Sandino, 1968) e à conseqüente inclinação continuada do tronco; (ii) à braçada rápida, curta e profunda, sendo os cotovelos flectidos quase imediatamente depois de iniciado o afastamento lateral dos membros superiores (Berlioux, 1967; Sandino, 1968) e (iii) à pernada curta e "circular", sem grande afastamento lateral dos joelhos e com os tempos de extensão e adução reunidos num único movimento (Berlioux, 1967).

A acção dos membros superiores utilizada pelas nadadoras holandesas apresentava ainda a particularidade de incluir uma recuperação muito rápida, iniciando-se o afastamento lateral dos membros superiores imediatamente após a sua extensão à frente. Esta acção era, depois, relizada lentamente durante a recuperação dos membros inferiores (Berlioux, 1967). Tratava-se, portanto, de uma técnica especialmente dominada pela acção propulsiva dos membros inferiores, tendo Counsilman (1968) referido que o respectivo contributo propulsivo ascendia, na técnica de Gathercole, a 80%.

3.2.1.7. Braços de Mulliken ou braços japonês

Gathercole foi batido em 1960 (JO de Roma) pelo americano Mulliken (Counsilman, 1968), nadador cuja técnica apontava já no sentido da próxima evolução: a valorização da acção propulsiva dos membros superiores (Oppenheim, 1964; Guilbert, 1968).

No braços de Mulliken (BMu), os membros superiores eram trazidos directamente "para trás", com os cotovelos flectidos, e o tempo passivo de deslize, embora

persistisse, era agora mais curto (Guilbert, 1968). Mulliken continuou, no entanto, a realizar a inspiração durante a fase de recuperação dos membros superiores (Guilbert, 1968).

Na mesma prova em que Mulliken bateu Gathercole, o japonês Ohsaki classificou-se em segundo lugar adoptando uma técnica similar à de Mulliken (Carlile, 1967; Menaud e Zins, 1979), razão pela qual Berlioux (1967) designou esta variante por braços japoneses (BJ).

Carlile (1967) referiu que, nesta variante, a braçada era descontínua devido à existência de uma paragem das mãos sob o tórax antes de se iniciar a recuperação dos membros superiores.

3.2.2. Variantes actuais

Em 1961, o nadador norte-americano Chester Jastremski introduziu uma nova variante, que rompeu com algumas das características essenciais das variantes até aí utilizadas, ou as combinou de forma original.

Mais concretamente, esta nova técnica acentuou a acção propulsiva dos membros superiores, deixou de utilizar um tempo de paragem das mãos sob o tórax antes do início da recuperação, subvalorizou o tempo de deslize passivo após a pernada, passou a realizar a inspiração no final da acção propulsiva dos membros superiores e introduziu uma nova acção dos membros inferiores, semelhante à já anteriormente utilizada por Gathercole e pelas brucistas holandesas. Esta técnica foi designada por braços formal (Firby, 1975) e posteriormente também por braços plano (Tourny, 1992), entre outras designações (Vilas-Boas, 1987).

A profundidade destas alterações e a sua persistência geral até à actualidade (Alves, 1984), levam-nos a considerar ter sido este nadador a iniciar a fase mais actual do percurso evolutivo da técnica de braços. De resto, esta possibilidade é acentuada por Guilbert (1968), autor que considerou tratar-se de uma evolução que rompeu completamente com os princípios tradicionais do BI.

À parte esta variante podem observar-se actualmente outras formas de interpretação da técnica de braços, as quais parecem ter-se tornado especialmente notadas após a alteração dos regulamentos realizada em 1987, que permitiu a imersão da cabeça (Colman e Persyn, 1991) e a recuperação dos membros superiores em emersão. Estas novas variantes caracterizam-se, segundo Colman e Persyn (1991), pela introdução de movimentos ondulatórios do corpo semelhantes aos realizados na técnica de mariposa. Nesta perspectiva, Hay e Thayer (1989) reconheceram a coexistência de duas variantes fundamentais da técnica de braços: braços plano e braços ondulatório.

Para além do braços plano e do braços ondulatório, Tourny (1992) distinguiu

também, entre as variantes actuais, uma terceira que designou por bruços vertical. Por seu lado, Suarez (1992) distinguiu fundamentalmente o bruços formal, o bruços natural e o bruços ondulado, caracterizando este último pela recuperação aérea dos membros superiores. Este autor, porém, definiu o bruços natural exactamente pela realização de um movimento ondulatório do corpo semelhante ao da técnica de mariposa.

A diversidade terminológica é, de resto, uma questão que convém esclarecer. A técnica de bruços que incorpora um movimento ondulatório do corpo foi inicialmente designada por bruços soviético (Sandino, 1968) e, depois, por bruços natural (Firby, 1975). Posteriormente, outros autores foram optando por outras designações. Num trabalho anterior (Vilas-Boas, 1987) sistematizámos as diferentes designações encontradas na literatura, tendo sido possível encontrar, pelo menos, oito designações diferentes para esta variante. A mesma diversidade terminológica foi, de resto, observada relativamente ao bruços formal, técnica que se verificou ser designada na literatura pelo menos de sete formas distintas. Admitimos a hipótese de algumas das diferentes designações terem também por base diferenças de pormenor na sua execução. Todavia, a coerência das descrições dos diferentes autores no que respeita aos aspectos fundamentais, quer do bruços formal, quer do bruços natural, levaram-nos a considerar tratarem-se de descrições e análises das mesmas técnicas.

Das várias designações que se podem encontrar na literatura (Vilas-Boas, 1987), as que parecem ter persistido mais consistentemente até à actualidade são: bruços natural e bruços ondulatório, por oposição ao bruços formal ou plano. Apesar de "ondulatório" e "plano" serem designações que adjectivam as duas variantes com base na característica fundamental que as distingue, optámos neste trabalho pelas designações que nos parecem mais tradicionais e difundidas: bruços formal e bruços natural.

Em continuação descreveremos as variantes actuais da técnica de bruços. Começaremos pelo bruços formal de Jastremski, e analisaremos as suas vantagens relativamente às variantes precedentes. Abordaremos ainda as mais importantes evoluções que nela se operaram desde o seu surgimento até à actualidade. Passaremos depois a descrever a variante natural da técnica de bruços e terminaremos referindo-nos às particularidades da variante natural com recuperação aérea dos membros superiores.

3.2.2.1. Bruços formal

Como referimos, em 1961 o nadador americano Chester Jastremski introduziu uma nova variante da técnica de bruços batendo todos os recordes estabelecidos até então. Esta nova técnica, mantendo a importância conferida por Mulliken à acção propulsiva dos membros superiores, era, no entanto, muito mais rápida (maior frequência gestual), praticamente não evidenciava tempo passivo de deslize

depois da pernada e a inspiração era realizada na fase final da acção propulsiva dos membros superiores (Oppenheim, 1964; Gross, 1978; Menaud e Zins, 1979; Alves, 1984). Para além destas características, o bruços de Jastremski introduziu uma pernada inovadora, tipo "chicotada" (Gross, 1978), conhecida depois por *whip kick* (Maglisco, 1982), também ela curta e potente a exemplo da acção dos membros superiores.

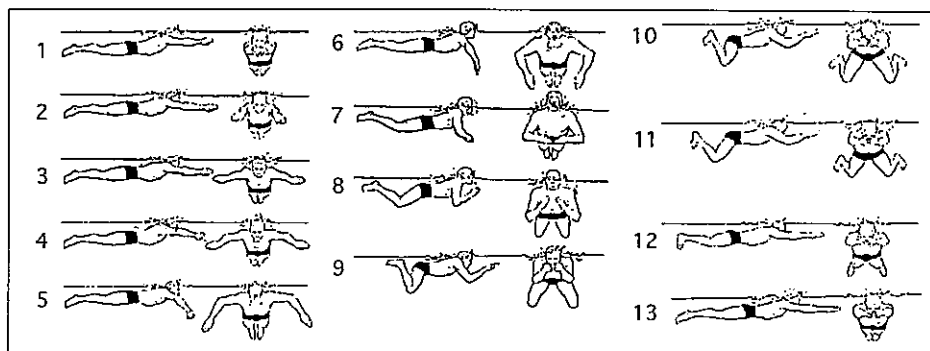
A muito elevada frequência gestual de Jastremski parece ter vindo, depois, a ser progressivamente atenuada. Da mesma forma, a pernada, apesar de manter as já referidas características inovadoras, veio a tornar-se mais ampla e potente (Councilman, 1968), mesmo porque Jastremski parecia ser especialmente limitado no que respeita à amplitude articular (Carlile, 1967).

Na Figura 5 apresentamos uma representação esquemática do BF, o qual descreveremos mais detalhadamente nos pontos seguintes. Para o efeito tomaremos por base a descrição original de Councilman (1968).

3.2.2.1.1. Acção dos membros inferiores

Partindo de uma posição de extensão completa, a recuperação dos membros inferiores realiza-se através de uma ligeira flexão dos joelhos. Esta é posteriormente continuada ao mesmo tempo que as coxas são flectidas sobre o tronco. Esta acção é realizada sem que os joelhos se afastem mais entre si do que a largura da cintura pélvica, portanto, apenas com uma muito ligeira rotação externa das coxas. Durante este movimento, os pés são trazidos para junto da região glútea em flexão plantar e ligeira rotação interna.

Figura 5. Representação esquemática do bruços formal (adaptado de Councilman, 1968).



Depois de concluída a recuperação e ao mesmo tempo que os pés são colocados em eversão e dorsiflexão, é realizada uma acentuada rotação interna das coxas que faz com que aqueles se desloquem "para fora" até uma posição de afastamento máximo.

Neste momento, a distância horizontal que separa os pés é significativamente superior à que separa os joelhos entre si. Posteriormente, a acção desenvolve-se através de uma extensão completa dos membros inferiores que, sendo acompanhada por uma adução incompleta e por uma rotação externa das coxas, se traduz num deslocamento das superfícies propulsivas “para trás” e “para dentro” (relativamente ao tronco do nadador). A extensão completa dos membros inferiores ocorre com estes ainda não completamente aduzidos. A restante adução é, depois, realizada de uma forma relativamente relaxada com os pés em flexão plantar.

3.2.2.1.2. Acção dos membros superiores

Partindo de uma posição de completa extensão à frente dos membros superiores com as mãos unidas, a fase propulsiva da braçada inicia-se através de um afastamento lateral daqueles, segundo um trajecto motor orientado “para fora” e, simultaneamente, ligeiramente “para baixo”. Este movimento é realizado com os cotovelos estendidos e com as superfícies palmares das mãos orientadas diagonalmente “para fora” e “para dentro”. O afastamento dos membros superiores termina com as mãos separadas entre si aproximadamente à largura dos ombros. A partir de então, os antebraços começam a flectir-se sobre os braços, ao mesmo tempo que é realizada uma rotação interna destes que, por sua vez, mantém os cotovelos numa posição elevada. Nesta fase, as superfícies propulsivas (mãos e antebraços) deslocam-se, relativamente ao corpo do nadador, predominantemente “para trás”, estando orientadas perpendicularmente a esta direcção. O deslocamento “para trás” termina com os cotovelos ligeiramente à frente do plano transversal que contém os ombros, momento a partir do qual as mãos se orientam e deslocam “para dentro”, os cotovelos assumem uma posição mais baixa e os braços realizam um movimento de rotação externa que conduz os antebraços “para dentro” e as mãos para a frente até à extensão completa dos membros superiores (posição de partida).

3.2.2.1.3. Sincronização, respiração e posição do tronco

No braço formal, o início da recuperação dos membros superiores ocorre antes do início da fase propulsiva da pernada e completa-se ainda no decurso desta. A recuperação dos membros inferiores inicia-se na fase final da acção propulsiva dos membros superiores e termina na fase inicial da recuperação dos mesmos. O início da fase propulsiva da braçada (afastamento lateral dos membros superiores) ocorre ainda antes de concluída a adução dos membros inferiores. Ressalve-se, no entanto, que outros nadadores executantes desta variante, podendo dispôr de uma pernada mais potente, apenas iniciavam o afastamento dos membros superiores depois de uma fase passiva de deslize realizada já com os membros inferiores completamente aduzidos.

Na fase de deslocamento “para dentro” dos membros superiores dá-se a emersão das vias respiratórias aéreas em consequência de um movimento de extensão

cervical. Neste momento ocorre a inspiração. Depois, a cabeça retoma a sua posição base em imersão quase total durante a recuperação dos membros superiores, iniciando-se a expiração com a face orientada para baixo e para a frente, formando um ângulo de aproximadamente 45° com a horizontal.

Durante todo o ciclo gestual o tronco permanece numa posição tão horizontal e estável quanto possível.

3.2.2.1.4. Vantagens relativamente às variantes precedentes

Segundo Counsilman (1968), a pernada curta tipo "chicotada" (*whip kick*) surgiu como alternativa à pernada "em cunha" (*wedge kick*) até então prevalecente, tendo constituído um progresso significativo em relação a esta.

No entanto, como já referimos, quer o bruços ortodoxo de Rodemaker, quer o bruços holandês, utilizavam uma pernada intermédia com menor afastamento lateral dos joelhos do que aquela que se verificava no BI. Hay (1985) referiu que, devido às diferenças terminológicas das descrições dos vários autores, é difícil dizer quantos tipos de pernasas mediaram entre a pernada "em cunha" e a pernada de Jastremski, pelo que resolveu agrupá-las sob a designação genérica de "pernada de rã". A principal diferença que, segundo este autor, existe entre esta última e a pernada tipo "chicotada", diz respeito ao afastamento dos joelhos que é mais acentuado na primeira, muito embora seja menos importante do que na pernada "em cunha".

Os argumentos que Counsilman (1968) apresentou para justificar a superioridade da pernada tipo "chicotada" basearam-se, apenas, na comparação desta com a pernada "em cunha" do BI. No entanto, resultados de trabalhos de outros autores permitem-nos também estabelecer comparações com a "pernada de rã".

A pernada "em cunha" foi justificada de acordo com a teorização de Dalton (1907), que se baseava na hipótese de que a massa de água comprimida entre os membros inferiores durante a sua adução em extensão, ao ser impelida para trás, imprimiria, por reacção, um movimento para diante ao corpo do nadador.

Segundo Counsilman (1968) esta hipótese não tem um verdadeiro fundamento mecânico. Utilizando água corada, este autor notou que, no decurso da adução dos membros inferiores, o escoamento processa-se, sobretudo, perpendicularmente ao eixo longitudinal dos segmentos, sendo negligenciável a massa de água directamente impulsionada para trás.

Tendo por base o pressuposto de que o processo propulsivo mais eficaz decorre da reacção obtida a uma força exercida pelas superfícies propulsivas sobre a massa de água na mesma direcção e em sentido oposto ao do deslocamento pretendido

para o corpo (3ª lei de Newton), Counsilman (1968) preconizou a pernada tipo “chicotada” como alternativa à pernada “em cunha” uma vez que, na sua opinião, parecia favorecer um deslocamento das superfícies propulsivas orientado directamente “para trás”. A posterior análise do trajecto motor do pé definido em referência à massa de água, permitiu verificar que esta pernada favorece o funcionamento das superfícies propulsivas de acordo com um mecanismo hidrodinâmico propulsivamente mais evoluído, tal como se se tratassem de pás de hélice, praticamente não se observando qualquer deslocamento antero-posterior do pé (Barthels, 1979; Colman e Persyn, 1991).

Counsilman (1955) comparou estas duas variantes da pernada e concluiu que a pernada tipo “chicotada” proporciona uma intensidade superior da força propulsiva e uma também superior economia do movimento. Anteriormente, porém, já Cake (1942) havia comparado a pernada “em cunha” e a “pernada de rã”, tendo concluído que a segunda proporciona uma intensidade superior da força propulsiva. Por outro lado, Over (1963) comparou num nadador experiente a “pernada de rã” e a pernada tipo “chicotada”, tendo concluído que a potência propulsiva da primeira é superior à da segunda, embora esta pareça implicar uma menor intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador. No entanto, aquele autor constatou também que, para velocidades idênticas, a distância horizontal percorrida por pernada é superior na “pernada de rã”, de onde concluiu que a eficiência desta será superior à da pernada “tipo chicotada”.

Destes dados poder-se-á concluir que a acção dos membros inferiores de Jastremski constituiu um avanço relativamente à que era característica do BI, muito embora pareça não se ter traduzido num progresso significativo relativamente a algumas variantes intermédias que utilizavam uma ligeiramente mais pronunciada rotação externa das coxas no final da fase de recuperação. Poderá, inclusivamente, ter sido a diferença entre a “pernada de rã” e a pernada tipo “chicotada” que Carlile (1967) observou entre Jastremski e os nadadores soviéticos que lhe foram contemporâneos. O próprio Counsilman (1968) admitiu a existência de nadadores que executavam pernasas mais potentes. À luz do conhecimento actual, uma elevação da amplitude do *whip kick*, especialmente se se tomar por referência a acção muito curta de Jastremski, poderá mesmo proporcionar um contributo propulsivo superior (Costill et al., 1992).

Segundo Counsilman (1968), o braços de Jastremski é superior às variantes que o precederam (principalmente até Mulliken), também pelo facto de valorizar significativamente o contributo propulsivo da acção dos membros superiores. Continuando a assumir que a propulsão, em natação, decorre predominantemente da reacção oferecida às acções segmentares orientadas directamente “para trás”, aquele autor considerou que a redução da amplitude do afastamento lateral dos membros superiores relativamente às variantes precedentes, permite a acentuação dos deslocamentos segmentares orientados directamente “para trás” e o consequente

incremento do efeito propulsivo da braçada. Por outro lado, argumentou ainda que a progressiva flexão dos antebraços sobre os braços permite uma mudança gradual na direcção do deslocamento segmentar, reduzindo o esforço necessário para vencer a inércia dos membros superiores no início da recuperação.

O reconhecimento do importante contributo propulsivo da acção dos membros superiores em bruços é actualmente unânime, independentemente da controvérsia respeitante à importância relativa dos membros superiores e inferiores neste contexto. Todavia, reconhece-se hoje ser propulsivamente favorável a acentuação da amplitude do deslocamento transversal das mãos, uma vez que a sua acção parece constituir um exemplo paradigmático da validade do modelo do *aerofoil* na propulsão em natação (Schleihauf, 1976, 1979). Saliente-se porém que, ao tempo em que Counsilman (1968) teceu os comentários em causa, uma maior amplitude do deslocamento transversal das mãos não encontrava, depois, continuidade na acentuação do deslocamento para dentro, a qual parece constituir a razão fundamental que justifica hoje o maior afastamento lateral inicial das mãos (Counsilman, 1971, 1980; Schleihauf, 1976, 1977, 1979; Barthels, 1979; Maglischo, 1982, 1986; Theyer et al., 1986; Costill et al., 1992; Tourny, 1992).

O tipo de sincronização utilizado por Jastremski foi designado por Counsilman (1968) por sincronização contínua. Trata-se, no entanto, do mesmo tipo de sincronização que Maglischo (1982, 1986) designa por sincronização sobreposta.

Segundo Counsilman (1968), Guilbert (1968) e Maglischo (1982), este tipo de sincronização permite uma maior continuidade na aplicação de força propulsiva relativamente à sincronização descontínua que, nas variantes anteriores, decorria da existência de uma fase de deslize passivo. Esta maior continuidade na aplicação de força propulsiva poder-se-à, entretanto, traduzir num aumento da economia do movimento por, presumivelmente, reduzir as flutuações da velocidade horizontal por ciclo gestual (Guilbert, 1968).

Nas variantes anteriores ao BF de Jastremski a inspiração realizava-se ou durante a recuperação dos membros superiores, ou durante a sua fase de afastamento no início da acção propulsiva, sendo permitida, quer pela emersão das vias respiratórias aéreas nesse momento, quer pelo facto destas se encontrarem permanentemente emersas.

A permanente emersão de uma porção importante da cabeça por forma a permitir que as vias respiratórias se mantenham também emersas traz como consequência a manutenção de uma posição oblíqua do tronco que, segundo as evidências experimentais de Counsilman (1968), se repercute num aumento da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador. Na mesma perspectiva, segundo Guilbert (1968), a emersão das vias respiratórias aéreas durante a recuperação dos membros superiores, ou durante o início da sua acção

propulsiva, parece implicar a desvantagem de, contrariamente à inspiração tardia do braço de Jastremski, aumentar a intensidade do arrasto hidrodinâmico em fases do ciclo motor onde a velocidade de deslocamento é significativamente elevada. Colman et al. (1989) corroboraram esta perspectiva. Os autores compararam, em 15 nadadores, as variações da velocidade horizontal da anca nas técnicas de braço de Jastremski e na técnica de braço com inspiração precoce, tendo observado, nesta última variante, uma nítida redução da velocidade máxima associada à acção propulsiva dos membros superiores. Estes dados concordam com os resultados de Miyashita e Tsunoda (1978), autores que observaram valores significativamente superiores da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico em reboque passivo com a cabeça emersa, relativamente à mesma situação com a cabeça imersa.

3.2.2.1.5. Evolução do braço formal posterior a Jastremski.

O BF de Jastremski alcançou grande popularidade e, rapidamente, generalizou-se entre os melhores brucistas da época (Guilbert, 1968). Tornou-se, então, segundo Alves (1984), no modelo "universal" do braço competitivo.

Devido à aparente coerência dos argumentos justificativos das vantagens desta variante, Guilbert (1968), perspectivando as possibilidades de evolução futura da técnica de braço, referiu que, com Jastremski, se atingiu uma situação de impasse no contexto da estreita codificação imposta pelos regulamentos, não antevendo reais perspectivas de evolução.

O tempo, porém, parece ter-se encarregado de solucionar o impasse enunciado por aquele autor, uma vez que, desde o aparecimento do BF, a técnica não deixou de evoluir; evolução que, aliás, parece não ter encontrado paralelo nas outras técnicas da natação pura desportiva (Alves, 1984).

A evolução da técnica de braço decorreu, simultaneamente, quer através do desenvolvimento do BF em alguns detalhes de execução - mantendo, no entanto, as suas características fundamentais -, quer através do aparecimento de novas variantes: as já referidas variantes naturais. Neste processo, parece-nos ter desempenhado um papel relevante a crescente importância conferida à investigação, sobretudo no que concerne à progressivamente maior utilização da mecânica de fluidos na interpretação, investigação e desenvolvimento das técnicas de nado.

Dos progressos teóricos verificados, parecem ter-se reflectido na técnica de braço sobretudo aqueles que se traduziram: (i) na refutação da teoria do arrasto propulsivo como base justificativa da prescrição do modelo das acções segmentares propulsivas (Counsilman, 1971) e (ii) no alargamento do quadro de preocupações e conhecimentos referentes à análise e redução da influência dos factores determinantes da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao

deslocamento do nadador (Clarys, 1978a, b; 1979).

No que respeita ao BF, a evolução operada parece ter-se centrado nos seguintes aspectos:

(i) Deixou de se procurar que os deslocamentos segmentares propulsivos fossem predominantemente orientados "para trás", passando a valorizar-se os deslocamentos oblíquos predominantemente transversais em relação à direcção de nado e a reconhecer-se particular importância à fase de deslocamento "para dentro" dos membros superiores (Counsilman, 1971, 1980; Schleihau, 1976, 1977, 1979; Barthels, 1979; Maglischo, 1982, 1986; Thayer et al., 1986; Schleihau et al., 1988; van Tilborgh et al., 1988; Colman et al., 1989; Troup, 1991a; Costill et al., 1992; Persyn et al., 1992; Tourny, 1992). Os resultados de van Tilborgh et al. (1988) evidenciaram que aproximadamente 73% dos impulsos horizontais resultantes positivos produzidos num ciclo ocorrem em associação com as fases de adução dos membros superiores e inferiores. Entretanto, as análises hidrodinâmicas da técnica realizadas de acordo com a teoria do *aerofóil* por Schleihau (1976, 1977, 1979), Thayer et al. (1986), Schleihau et al. (1988) e Troup (1991a, b) confirmaram estas conclusões no que respeita à acção dos membros superiores. No entanto, devido à necessidade de obstar tanto quanto possível a qualquer tendência para a obliquação do tronco, parecem ter prevalecido, no trajecto motor da braçada, as componentes horizontais (laterais) dos deslocamentos segmentares em prejuízo das componentes verticais (Alves, 1984).

(ii) Decorrendo da mesma necessidade de valorização dos deslocamentos segmentares oblíquos, passou a insistir-se na importância de se acentuar a amplitude da acção propulsiva dos membros inferiores e de, no final desta, se completar, activa e vigorosamente, a adução dos membros inferiores com os pés em inversão (Maglischo, 1982).

3.2.2.2. Bruços natural

3.2.2.2.1. Origem do bruços natural

Depois de Jastremski, o bruços passou a ser uma técnica de difícil aprendizagem e de execução instável (Firby, 1975), onde a sincronização do complexo de acções propulsivas e respiratórias desempenhava um papel de importância crítica (Thornton, 1977). Ao exagerado "formalismo" imposto à técnica (principalmente devido às preocupações relativas à manutenção da horizontalidade do tronco) foi, aliás, imputada a responsabilidade pelo afastamento de muitos nadadores com potencialidades para virem a ser bons brucistas (Firby, 1975).

No final da década de sessenta, no entanto, começou a evidenciar-se uma variante alternativa com origem nos países do leste europeu (Curry, 1979a, b).

No período entre 1964 e 1968 os nadadores soviéticos obtiveram excelentes resultados nas provas de bruços, os quais, não tendo paralelo nas restantes técnicas, levaram Sandino (1968) e Firby (1975) a concluírem que a sua vantagem se deveria prender com aspectos técnicos e não tanto com aspectos condicionais.

Numa deslocação que efectuou a Minsk, Firby constatou que muitos nadadores de nível mundial, nomeadamente Nikolai Pankin [recordista do mundo dos 100 e dos 200m e 1º do ranking mundial de 100m em 1968 e 1969 (Oppenheim, 1977)], pareciam nunca ter ouvido falar da necessidade de manter o tronco tão horizontal quanto possível, aspecto que no BF era tido como fundamental (Firby, 1975).

A técnica de bruços dos nadadores soviéticos pautava-se, segundo Firby (1975), por uma acentuada emersão dos ombros no final da acção propulsiva dos membros superiores, a qual se repercutia numa importante inclinação do tronco relativamente ao plano horizontal que contém a linha de água. A propósito, Santa Claus, treinadora de Pankin, referiu a Firby que esta técnica era mais "natural" do que o bruços então utilizado no ocidente (Firby, 1975), expressão que levou este autor a designar a técnica em causa por bruços natural.

3.2.2.2.2. Diferentes variantes naturais da técnica de bruços

Importa referir que, numa primeira fase, a principal característica através da qual os autores distinguiam o BF e o BN consistia, exactamente, nas diferenças observadas na "posição" do tronco, quadro que com a evolução da investigação e, por certo, da própria variante natural, veio posteriormente a alterar-se. Saliente-se, porém, que já em 1968 Sandino distinguiu o BN (que designou por bruços soviético) pelo facto deste incluir movimentos basculantes dos ombros e da bacia semelhantes aos da técnica de mariposa (Sandino, 1968). Por seu lado, Chollet (1990) refere que a acentuada verticalização do bruços que ocorreu no início dos anos setenta, integrou um movimento "de golfinho bem particular" (Chollet, 1990, p. 124). Navarro et al. (1990) referiram ainda que o movimento ondulatório é necessário sempre que o nadador eleva claramente os ombros relativamente à superfície da água.

A centração inicial das descrições desta variante na obliquidade do tronco poderão justificar-se pela menor acentuação, ao tempo, do movimento ondulatório e poderá estar na base do reconhecimento de uma variante alternativa que Persyn et al. (1992), Tourny (1992) e Tourny et al. (1992) designaram por bruços vertical. Colman e Persyn (1991) e Persyn et al. (1992), no entanto, esclareceram que esta se trata de uma técnica ondulatória, apesar deste movimento ser relativamente menos pronunciado do que noutras variantes e, ao mesmo tempo, persistir uma acentuada obliquidade do tronco durante a inspiração, a qual, depois, não encontra paralelo numa obliquidade orientada para baixo durante a acção propulsiva dos membros inferiores. Para além desta variante e do bruços plano ou formal, estes

autores distinguiram ainda outras variantes ondulatórias com características que consideraram particulares: (i) ondulação média e reduzida inclinação do tronco; (ii) ondulação média com acentuadas variações da inclinação do tronco ao longo de um ciclo gestual e (iii) ondulação e inclinação do tronco pronunciadas. Os diferentes níveis de ondulação foram calculados com base em sete índices de ondulação, determinados pela posição dos segmentos corporais, no plano sagital, em relação à superfície da água e em relação ao tronco. Colman e Persyn (1991) e Persyn et al. (1992) referiram, a propósito, que valores reduzidos dos índices de ondulação indicam uma posição horizontal do tronco e a ausência de movimento ondulatório e os valores mais elevados posições oblíquas do tronco e a ocorrência de um movimento ondulatório muito pronunciado.

A própria Tourny (1992) definiu o bruços vertical como uma variante ondulatória caracterizada por uma acentuada emersão e obliquação do tronco, a exemplo da técnica de David Wilkie, nadador que, segundo Tiffany e Johnson (1982), evidenciava um claro movimento ondulatório dos membros inferiores. Acresce ainda que aquela autora considerou a existência de uma outra variante ondulatória que não o bruços vertical, a qual designou exactamente por bruços ondulatório, e que reconheceu ser semelhante à primeira. De resto, a técnica de Wilkie foi tida por outros autores como característica do bruços natural ou ondulatório (Gross, 1978; Curry, 1979a,b; Bergen, 1985; Chollet, 1990). Chollet (1990, p. 125) designou mesmo o bruços natural como “ondulado ou vertical”

A distinção de diferentes formas de execução do bruços natural ou ondulatório com base apenas em diferentes amplitudes de ondulação e de obliquidade do tronco (Colman e Persyn, 1991) constitui, sem dúvida, um contributo importante para o aprofundamento do conhecimento acerca desta técnica. Todavia, parece-nos lícito supor que diferentes nadadores utilizarão sempre combinações diferentes destas variáveis, ou, por exemplo, braçadas ou pernadas mais ou menos amplas (Suarez, 1992), dando origem ao que se convencionou designar por estilo pessoal em oposição à noção mais padronizada e fundamental de técnica desportiva (Grosser e Neumaier, 1986). Schleihauf (1976, 1977, 1979), Thayer et al. (1986), Schleihauf et al. (1988) e Troup (1991a, b) analisaram cinematograficamente o trajecto motor e a acção propulsiva dos membros superiores em diferentes nadadores de elevado nível desportivo especialistas da técnica de bruços. Qualquer destes autores pôde observar um número apreciável de padrões cinemáticos e dinâmicos distintos, apesar da estrutura geral do movimento se manter semelhante no respeito pelas características gerais da técnica.

Neste contexto, discriminar variantes apenas com base em critérios deste tipo parece-nos uma decisão potencialmente arbitrária e carenciada de significado, devendo privilegiar-se antes a diferenciação com base em características mais marcantes e consistentes, como seja a presença ou ausência de movimento ondulatório. Um exemplo do que acabámos de referir poderá mesmo ser encontrado

nos esforços de diferenciação de variantes realizados por Tourny (1992) e Tourny et al. (1992). A distinção entre as três variantes referidas por estes autores foi realizada através de uma análise de componentes principais, tendo por base os valores de ordenada e abcissa dos pontos máximos e mínimos das curvas velocidade horizontal da anca / tempo ao longo de um ciclo gestual. Para o efeito compararam a curva que obtiveram para a campeã olímpica Bogomilova-Dangalakova e as curvas obtidas por seis outros autores. Segundo Tourny (1992) e Tourny et al. (1992), cinco das diferentes curvas puderam ser agrupadas em três grupos com características distintas e as restantes três foram difíceis de classificar devido às grandes variações que evidenciavam. Uma observação atenta destes resultados permite verificar que os grupos que os autores classificaram como correspondentes ao braços vertical e ao braços ondulatorio são acentuadamente próximos, demarcando-se claramente de todas as restantes curvas.

As diferentes interpretações do braços natural a que nos referimos poderão ter tido origem nas limitações impostas pelos regulamentos anteriores a 1987, que impossibilitavam a imersão completa da cabeça ao longo de um ciclo gestual. Porém, com a alteração de 1987 aos regulamentos, o movimento ondulatorio passou a poder ser mais acentuado (Colman e Persyn, 1991; Persyn et al., 1992; Tourny, 1992). Tourny (1992) referiu que o aparecimento da técnica que designou por braços ondulatorio se inscreve dentro da lógica de evolução da técnica e se caracteriza por um acentuado movimento ondulatorio do corpo tornado possível após a alteração dos regulamentos. Por seu lado, Colman e Persyn (1991) estudaram os já referidos índices de ondulação em 11 nadadores filmados antes da alteração regulamentar e em 15 nadadores filmados depois, tendo podido verificar uma significativa acentuação do movimento ondulatorio.

O reconhecimento da existência de múltiplas variantes naturais foi também expresso por Suarez (1992), autor que, distinguiu o braços ondulatorio plano e o braços ondulatorio alto. Este autor, porém, referiu apenas três variantes actuais da técnica de braços: (i) o braços formal, (ii) o braços natural e (iii) o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores, que designou apenas por braços ondulatorio. Costill et al. (1992) adoptaram um critério similar, agrupando também aqueles que designam por estilos de braços que envolvem movimento ondulatorio do corpo na categoria geral de braços ondulatorio. Em contrapartida, demarcaram claramente as variantes que envolvem, por um lado, a recuperação aquática e, por outro, a recuperação aérea dos membros superiores.

Considerando apenas a presença ou ausência de movimento ondulatorio como critério diferenciador das variantes actuais da técnica de braços, distinguiremos neste estudo apenas o braços formal ou plano e o braços natural ou ondulatorio. Neste consideraremos ainda uma sub-variante com características particulares que a demarcam claramente: o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

3.2.2.2.3. Descrição

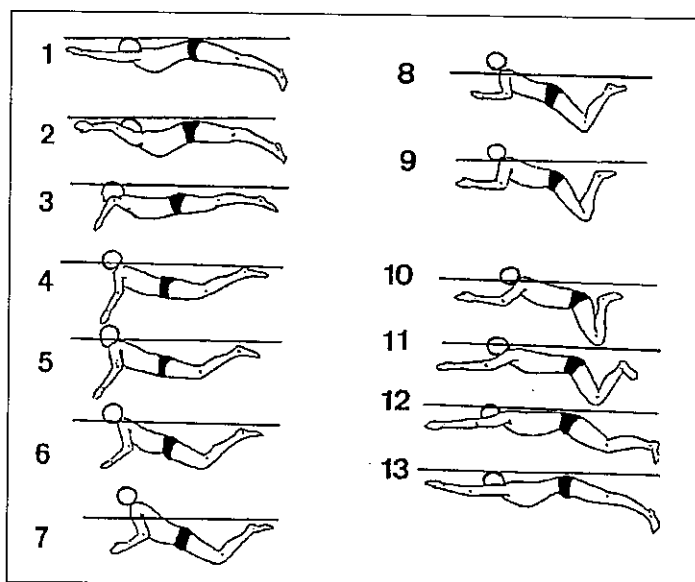
O bruços formal e o bruços natural são duas formas de interpretar uma mesma técnica num mesmo contexto regulamentar. Como tal, quando analisámos a primeira descrevemos também algumas das características da segunda, isto é, as características básicas da técnica de bruços (Suarez, 1992).

Em continuação descreveremos a variante natural, atendendo especialmente às características fundamentais que a distinguem da variante formal.

Dado que no bruços natural as acções dos membros superiores e inferiores, bem assim como a posição do tronco e as acções respiratórias, parecem ser mais interdependentes do que no bruços formal, optámos por uma descrição global.

Na Figura 6 apresentamos uma representação esquemática do BN.

Figura 6. Representação esquemática do bruços natural (adaptado de Vilas-Boas, 1987).



Durante a recuperação dos membros inferiores - que se inicia a partir de uma posição de extensão completa -, os pés são trazidos em flexão plantar para junto da região glútea através de uma flexão das pernas sobre as coxas de aproximadamente 90°, a qual precede uma flexão das coxas sobre o tronco que é realizada ao mesmo tempo que se completa a flexão dos joelhos (Persyn et al., 1984). No momento em que as pernas formam um ângulo recto com as coxas, os membros superiores estão na fase final da sua acção propulsiva, estando os antebraços flectidos sobre os

braços também a, aproximadamente, 90°. Este é o momento da inspiração, no qual a anca atinge o ponto mais profundo de todo o ciclo gestual e a obliquidade do tronco relativamente ao plano horizontal que contém a linha de água é máxima (Persyn et al., 1984; Costill et al., 1992).

Com a flexão das coxas sobre o tronco que se segue, a anca é elevada, o tronco assume uma posição próxima da horizontal com os membros superiores numa posição de quase completa extensão à frente (Persyn et al., 1984). Esta acção é crítica para a redução do arrasto hidrodinâmico a que o nadador fica sujeito durante a acção propulsiva dos membros inferiores (Costill et al., 1992).

Durante a recuperação dos membros inferiores as acções descritas são acompanhadas de uma ligeira rotação externa das coxas, o que permite que, no seu final, os joelhos estejam afastados entre si aproximadamente à largura dos ombros e os calcanhares juntos à região glútea e mais próximos entre si do que os joelhos um relativamente ao outro (Firby, 1985). Esta posição é considerada por Costill et al. (1992) como intermédia entre o *wedge kick* e o *whip kick*.

A fase propulsiva da pernada inicia-se, depois, por uma rápida eversão e dorsiflexão dos pés e por um movimento de rotação interna das coxas, acções que se traduzem num deslocamento "para fora" dos primeiros. Este é continuado por uma ligeira abdução das coxas ao mesmo tempo que se vai processando a extensão dos membros inferiores (Maglischo, 1982).

Atingido o máximo afastamento dos pés, a pernada continua através de uma fase de deslocamento "para dentro" que é, também, acentuadamente orientada "para baixo" (Curry, 1979b; Maglischo, 1982, 1985b, 1986; Minking, 1984; Persyn et al., 1986, Costill et al., 1992). Durante esta fase os pés passam da eversão à inversão, inicia-se a adução das coxas e continua a extensão dos membros inferiores.

A fase propulsiva da pernada termina com a adução completa e vigorosa dos membros inferiores, que ocorre simultaneamente à extensão completa dos joelhos. Nesta fase, os pés permanecem em inversão (Maglischo, 1982, 1985b, 1986; Persyn et al., 1984).

A fase propulsiva da pernada e a finalização da recuperação dos membros superiores são acções que se desenvolvem simultaneamente (Bergen, 1985), pelo que a existência de uma componente vertical descendente em ambos os movimentos segmentares implica uma elevação da anca relativamente à linha de água (Sandino, 1968; Firby, 1985; Maglischo, 1986). Uma vez terminadas aquelas acções, os pés encontram-se na sua posição mais profunda e os membros superiores estendidos à frente com as mãos também numa posição de relativa profundidade. Inicia-se então a fase propulsiva da acção dos membros superiores.

A fase propulsiva da braçada desenvolve-se segundo um trajecto motor curvilíneo

que consideramos, de acordo com Navarro et al. (1990), ser composto por duas fases sucessivas: a primeira é predominantemente orientada "para fora" e possui uma importante componente vertical ascendente (Fitzgerald, 1982; Persyn et al., 1986; van Tilborgh et al., 1988; Colman et al., 1989; Chollet, 1990; Ungerechts, 1990b; Troup, 1991a; Costill et al., 1992; Persyn et al., 1992) e a segunda, predominantemente orientada "para dentro", inclui um primeiro tempo que evidencia uma componente vertical descendente e um segundo que possui uma componente vertical ascendente (Maglischo, 1982; Navarro et al., 1990). Navarro et al. (1990) referiram ainda que a primeira fase poderá também ser predominantemente horizontal.

O deslocamento "para fora" é realizado com os cotovelos em extensão e os pulsos ligeiramente flectidos. Os braços estão em rotação interna e as superfícies palmares das mãos orientadas "para fora" e "para trás" (Maglischo, 1982). Durante esta fase, o afastamento dos membros superiores é acompanhado por uma extensão lombar e pelo início de um deslocamento ascendente dos pés juntos e em flexão plantar, que dá seguimento à anterior elevação da anca (Minxing, 1984; Costill et al., 1992).

Depois inicia-se a segunda fase propulsiva da braçada, durante o primeiro tempo da qual as superfícies propulsivas se deslocam "para dentro", "para baixo" e, relativamente ao corpo, "para trás". Este movimento é conseguido graças à progressiva flexão dos cotovelos em rotação interna dos braços, o que se traduz numa posição elevada dos primeiros (Maglischo, 1982).

Como consequência do deslocamento "para baixo" dos membros superiores, o tronco começa a ser inclinado em relação ao plano horizontal que contém a linha de água, o que implica um progressivo afundamento da anca (Maglischo, 1982). Seguindo o movimento da anca, os pés, em flexão plantar, são animados de um ligeiro movimento descendente que ocorre antes da fase de recuperação dos membros inferiores. Este movimento descendente é semelhante, embora mais rápido e consideravelmente menos amplo, ao segundo movimento descendente dos membros inferiores na técnica de mariposa (Minxing, 1984). Alguns autores referem apenas o movimento ascendente dos membros inferiores (Costill et al., 1992). Todavia, a acentuação do movimento ondulatório parece ter tornado possível uma maior enfatização do tempo descendente subsequente (Tourny et al., 1992), apesar desta particularidade se situar à margem dos regulamentos. Tourny (1992) obteve evidências que reforçam esta possibilidade, uma vez que registou pressões hidrodinâmicas elevadas na superfície dorsal dos pés na técnica ondulatória, as quais associou à realização de um tempo descendente dos membros inferiores tipo mariposa.

A recuperação dos membros inferiores ocorre durante o segundo tempo da segunda fase propulsiva da braçada. Este, caracteriza-se por um deslocamento dos membros superiores "para dentro" com uma importante componente vertical ascendente, durante o qual decorre uma progressiva rotação externa dos braços. Esta permite que as superfícies palmares das mãos se vão orientando progressivamente "para

dentro" (Maglisco, 1982). Este segundo tempo prolonga-se para além das mãos terem iniciado a fase de recuperação dos membros superiores. A acção propulsiva é continuada por uma adução dos antebraços que se completa com a quase junção dos cotovelos à frente do peito. Esta acção induz uma elevação dos ombros que é mantida ao longo da recuperação até à extensão completa dos membros superiores (Fitzgerald, 1982; Minxing, 1984).

A recuperação dos membros superiores é, entretanto realizada através da sua extensão completa dirigida "para a frente" e "para baixo" (Firby, 1975; Persyn et al., 1986; Costill et al., 1992; Suarez, 1992).

3.2.2.2.4. Principais diferenças relativamente ao braço formal

Colman e Persyn (1991) e Persyn et al. (1992) publicaram aqueles que parecem ser os trabalhos mais completos e profundos acerca das diferentes características das variantes formal ou plana e natural ou ondulatória. Foram comparados (Figura 7): (i) as variações da velocidade horizontal do centro de gravidade (CG) ao longo de um ciclo; (ii) as durações de cada fase; (iii) a cinemática segmentar no plano sagital, quer referenciada à água, quer referenciada ao tronco e (iv) os movimentos verticais da anca e do CG.

Detendo-nos apenas nas características técnicas comparadas por aqueles autores, destacamos dos seus resultados:

(i) As durações das acções propulsivas dos membros inferiores e superiores foram superiores no BN relativamente ao BF. Tourny (1992) porém, não registou diferenças significativas entre a duração relativa das diferentes fases do ciclo quando comparou o BN da campeã olímpica de Seul com o que considerou ser um exemplo do BF estudado por Bober e Czabanski (1975).

(ii) Os trajectos motores dos membros superiores e inferiores no BN evidenciaram amplitudes verticais superiores e menores amplitudes do deslocamento antero-posterior.

(iii) A anca e o CG evidenciaram deslocamentos verticais mais amplos no BN do que no BF.

(iv) O trajecto de recuperação dos membros superiores mostrou-se mais tortuoso no BN do que no BF, apesar de em ambas as variantes ter sido observado um deslocamento inicial orientado "para a frente" e "para cima", seguido de um movimento descendente.

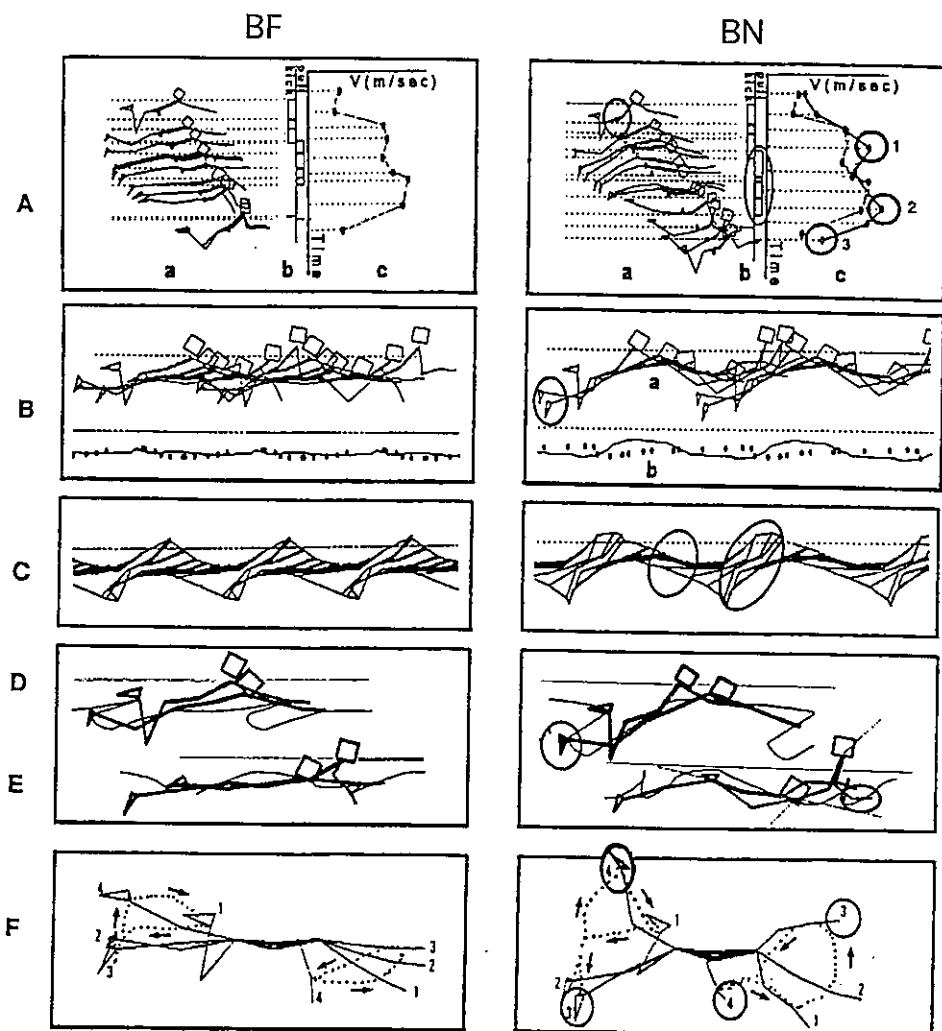
(v) O BN evidencia níveis superiores de inclinação do tronco relativamente à horizontal.

(vi) Quando relativizados ao tronco, os movimentos dos membros superiores e inferiores foram mais amplos no BN do que no BF.

No Quadro 1 apresentamos uma síntese das principais diferenças entre o BN e o BF apontadas na literatura.

Figura 7. Algumas das características espaciais e temporais das variantes formal ou plana (BF) e natural ou ondulatória (BN) da técnica de bruços (adaptado de Persyn et al., 1992).

- A - Movimento global (a), duração e sincronização das ações dos membros superiores e inferiores (b) e correspondentes valores da velocidade horizontal do centro de gravidade (c).
- B - Deslocamentos do corpo (a), da anca e do centro de gravidade (b) no plano sagital em referência a um ponto fixo.
- C - Deslocamento do tronco e da coxa no plano sagital em referência a um ponto fixo.
- D e E - Inclinação do tronco e deslocamentos do pé e da mão no plano sagital em referência a um ponto fixo.
- F - Amplitude dos deslocamentos da mão e do pé em relação ao ombro e à anca do nadador.



Quadro 1. Quadro sinóptico da revisão da literatura a propósito das diferenças entre as variantes formal (BF) e natural (BN) da técnica de bruços (adaptado de Vilas-Boas, 1987).

| Diferenças | Autores |
|---|---|
| Enquanto que no BF o tronco se mantém tão horizontal quanto possível, no BN assiste-se, no momento da inspiração, a uma importante inclinação daquele relativamente à direcção de nado. | Sandino (1968); Firby (1975, 1985) Thornton (1977); Gross (1978); Hallett (1978); Curry (1979b); Colwin (1980); Maglischo (1982, 1985a, 1986); Alves (1984); Chollet (1990); Colman e Persyn (1991); Persyn et al. (1992); Suarez (1992); Tourny (1992) |
| Enquanto que no BF a emersão das vias respiratórias aéreas necessária à inspiração, é garantida por uma extensão cervical, no BN a cabeça e o tronco funcionam como um bloco, sendo a emersão das vias respiratórias consequência da importante emersão dos ombros que decorre da inclinação do tronco. | Firby (1975, 1985); Minxing (1984); Suarez (1992) |
| A posição horizontal do tronco e a posição elevada da bacia parecem implicar, no BF, uma mais acentuada flexão das coxas sobre o tronco no final da recuperação dos membros inferiores, relativamente àquela que é facilitada pela maior profundidade da anca que parece ser característica do BN. | Sandino (1968); Firby (1975); Gross (1978); Hallett (1978); Curry (1979b); Colwin (1980); Maglischo (1982, 1985a); Alves (1984); Suarez (1992). |
| Alguns resultados, porém, sugerem não existirem diferenças significativas. | Vilas-Boas (1988) |
| No BN o trajecto motor da fase de deslocamento "para fora" dos membros superiores evidencia uma componente vertical ascendente mais evidente do que no BF. | Fitzgerald (1982); Persyn et al. (1986); van Tilborgh et al. (1988); Colman et al (1989); Chollet (1990); Navarro et al (1990); Ungerechts (1990b); Colman e Persyn (1991); Persyn et al. (1992) |
| No BN, a recuperação dos membros inferiores parece terminar numa posição de maior afastamento dos joelhos do que no BF. | Sandino (1968); Costill et al. (1992) |
| O trajecto motor dos membros inferiores no BN, contrariamente ao que ocorre no BF, evidencia uma importante componente vertical descendente. | Curry (1979b); Maglischo (1982, 1985b, 1986); Minxing (1984); Persyn et al. (1986); Daly et al. (1988); Colman et al. (1989); Chollet (1990); Ungerechts (1990b); Colman e Persyn (1991); Colman et al. (1992); Costil et al. (1992); Persyn et al. (1992); Tourny (1992) |
| A componente vertical descendente do primeiro tempo da fase de deslocamento "para dentro" do trajecto motor dos membros superiores é mais acentuada no BN do que no BF. | Maglischo (1982) |
| A fase de deslocamento "para dentro" do trajecto motor dos membros superiores é, no BN, mais longa e mais veloz do que no BF. | Firby (1975, 1985); Persyn et al. (1986) |
| A finalização da acção propulsiva dos membros superiores caracteriza-se, no BN, por uma mais pronunciada adução dos antebraços relativamente ao que ocorre no BF, o que facilita um movimento de elevação dos ombros mais acentuado no primeiro. | Firzgerald (1982); Minxing (1984); Chollet (1990) |
| No BN a recuperação dos membros superiores orienta-se mais acentuadamente "para baixo" do que no BF. | Firby (1975); Persyn et al. (1986); Costill et al. (1992); Suarez (1992) |

(continua)

Quadro 1 (continuação)

| Diferenças | Autores |
|--|--|
| No BN o corpo está animado de um movimento ondulatório de orientação caudal semelhante ao da técnica de mariposa, o qual não é característico do BF. | Sandino (1968); Curry (1979b); Maglischo (1982, 1986); Minxing (1984); Bergen (1985); Firby (1985); Persyn et al. (1986); Daly et al. (1988); van Tilborgh et al. (1988); Colman et al. (1989); Hay e Thayer (1989); (1989); Chollet (1990); Ungerechts (1990b); Colman e Persyn (1991); Costill et al. (1992); Persyn et al. (1992); Tourny (1992); Tourny et al. (1992). |
| Devido ao movimento ondulatório, ocorre durante o deslocamento à frente do pé no BN uma "pernada adicional" semelhante ao segundo tempo do ciclo motor dos membros inferiores na técnica de mariposa. Alguns autores referem, no entanto, apenas o tempo ascendente. | Sandino (1968); Maglischo (1982); Minxing (1984); Persyn et al. (1986); Chollet (1990); Colman e Persyn (1991); Costill et al. (1992); Persyn et al. (1992); Suarez (1992); Tourny (1992) |
| No BN, a fase propulsiva da pernada parece ocorrer mais cedo na recuperação dos membros superiores do que no BF. | Bergen (1985) |
| No BN, os movimentos dos membros superiores e inferiores são mais amplos e mais predominantemente transversais relativamente à direcção de nado do que no BF, evidenciando deslocamentos antero-posteriores de menor amplitude. | Colman et al. (1989); Colman e Persyn (1991); Persyn et al. (1992) |

3.2.2.3. Bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores

Como referimos antes, o bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores é susceptível de ser tido, como de resto a própria designação indica, como uma sub-variante do bruços natural. Costill et al. (1992) reconhecem-no exactamente como tal.

Todavia, a principal particularidade da técnica que justifica esta diferenciação - recuperação aérea dos membros superiores -, possui um significado importante no contexto geral da técnica de bruços, uma vez que, tal como já referimos, a recuperação aquática é tida como um dos factores limitativos da velocidade de nado máxima susceptível de ser obtida com a técnica de bruços quando comparada com as restantes (Magel e McArdle, 1970; Palmer, 1985; Tourny, 1992).

Tal como a acentuação do movimento ondulatório no BN, a origem do bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores só foi inequivocamente possível com as alterações introduzidas em 1987 aos regulamentos particulares da técnica de bruços (Suarez, 1992). Desde a proibição do bruços mariposa até então, a recuperação dos membros superiores deveria ser realizada em imersão, ou, quando muito, à superfície da água.

Trata-se, portanto, de uma técnica com uma história breve e, como tal, muito pouco estudada.

O braços natural com recuperação aérea dos membros superiores parece ter tido origem na escola Hungara. Josef Nagy, treinador do recordista do mundo de 200m, Mike Barrowman, tentou substanciar hidrodinamicamente as suas vantagens (Nagy, 1989) e prescreveu uma recuperação aérea muito rápida designada por "lançamento". Esta opção foi, porém, criticada por Costill et al. (1992). Entretanto, Colman et al. (1989) demonstraram serem carecidos de fundamento os argumentos mais gerais apresentados por Nagy (1989) para substanciar a validade desta técnica, os quais se baseavam na estrutura do movimento ondulatório do corpo.

Apesar de tudo, o BNA tem sido utilizado com sucesso por numerosos nadadores do mais alto nível desportivo, entre os quais Szabo, Darny, Gutler, Rosza e Barrowman (Suarez, 1992).

Relativamente ao braços natural que descrevemos antes, esta nova variante parece distinguir-se apenas pela continuidade, para além da superfície da água, da componente vertical ascendente do deslocamento das mãos durante a sua fase de deslocamento "para dentro" (*insweep*). Depois, os membros superiores são projectados e estendidos para a frente sobre a superfície.

Esta recuperação aérea dos membros superiores é muitas vezes realizada com as superfícies palmares das mãos orientadas paralelamente à superfície, como é o caso da técnica utilizada por Barrowman e pelo campeão português Alexandre Yokoshi. Outros, porém, optam por, num primeiro tempo, realizar uma pronunciada rotação externa do membro superior, orientando para cima as superfícies palmares. Segundo Costill et al. (1992) esta acção poderá parecer supérflua. Todavia, estes autores consideraram tratar-se de uma acção residual de um *insweep* correctamente executado, referindo, concretamente, que a solução anteriormente descrita poderá implicar uma finalização precoce da acção propulsiva da última fase do trajecto motor das mãos.

Para além desta particularidade, Suarez (1992) destaca ainda a grande acentuação do movimento vertical dos membros inferiores como uma das características fundamentais do braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

4. Estado actual de conhecimentos relativos às vantagens das três variantes

"None of the swimming strokes is the subject of as much controversy, misconception, and disagreement concerning proper mechanics as the breaststroke"

Counsilman (1977, p.192)

Apesar de na comunidade técnica da natação se poder assistir a uma acentuada controvérsia em torno das diferentes variantes da técnica de bruços que constituem o objecto do nosso estudo, parece ser ainda muito reduzido o número de trabalhos científicos que procuraram contribuir para o seu esclarecimento. Na maioria dos casos, de facto, os argumentos que pudemos encontrar na literatura em favor de uma ou de outra das variantes em causa são fundamentalmente intuitivos, ou baseados em considerações estritamente teóricas, por sua vez alicerçadas em distinções mais ou menos fundamentadas das características de cada uma. Como excepções fundamentais a este quadro devemos salientar os esforços de Minxing (1984), Vilas-Boas (1987, 1988, 1990), van Tilborgh et al. (1988); Colman et al. (1989); Colman e Persyn (1991); Colman et al. (1992); Persyn et al. (1992), Tourny (1992) e Tourny et al. (1992).

Em continuação procuraremos sistematizar os argumentos apresentados na literatura relativamente às vantagens ou inconvenientes das três variantes. Basearemos a nossa abordagem fundamentalmente na distinção entre as variantes formal e natural, particularizando, quando for caso disso, os aspectos relativos ao bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores. Por razões de sistematização abordaremos primeiro as questões relativas ao arrasto hidrodinâmico oposto aos deslocamento do nadador, passaremos depois a tratar as questões relativas à propulsão e às variações da velocidade horizontal e do impulso horizontal resultante ao longo de um ciclo gestual. Por fim, referir-nos-emos à economia relativa das diferentes variantes, para terminarmos com uma sinopse dos argumentos emergentes da literatura em favor de uma ou outra das variantes da técnica de bruços em estudo.

4.1. Dados referentes ao arrasto hidrodinâmico

A maioria dos autores que se referem às vantagens e desvantagens do bruços formal e do bruços natural centram a sua argumentação nas repercussões resistivas da recuperação dos membros inferiores, o que nos parece justificável uma vez que esta parece ser a fase do ciclo da técnica de bruços que implica valores superiores da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico (D) oposta ao deslocamento do

nadador (Costill, 1966a; Kent e Atha, 1971, 1975a,b; Bober e Czabanski, 1975; McElroy e Blanksby, 1976; McPerson, 1978; Holmér, 1979; Boltchev, 1981; Maglischo, 1982; Maglischo e Brennan, 1985; Mason et al., 1986; Craig et al., 1988; van Tilborgh et al., 1988; Mason et al., 1989).






Neste contexto, o BN é normalmente considerado mais vantajoso relativamente ao BF, devido às diferenças que vários autores presumem existir no nível de flexão máxima das articulações da anca. Segundo Sandino (1968), Firby (1975, 1985), Thornton (1977), Hallett (1978), Gross (1978), Curry (1979b), Colwin (1980), Maglischo (1982, 1985a) e Alves (1984), o afundamento da anca, a elevação da porção superior do tronco e a sua consequente obliquidade, permitem uma flexão máxima das coxas sobre o tronco inferior no BN relativamente ao BF. Nesta variante, uma menos acentuada flexão das articulações da anca implicaria, devido à posição elevada da anca, a emersão dos pés e o consequente comprometimento da sua acção propulsiva ulterior (Maglischo, 1982; Palmer, 1985).

A menor flexão máxima da articulação da anca no BN é apontada como uma das principais vantagens hidrodinâmicas desta variante relativamente ao BF (Sandino, 1968; Firby, 1975, 1985; Thornton, 1977; Hallett, 1978; Gross, 1978; Curry, 1979b; Colwin, 1980; Maglischo, 1982, 1985a; Alves, 1984), na medida em que, parecendo implicar uma menos significativa mudança de direcção de escoamento da água, a menor flexão característica do BN seria, por isso, susceptível de proporcionar uma forma mais hidrodinâmica ao corpo do nadador e, conseqüentemente, menores valores de coeficiente de arrasto (C_D na equação 3, ponto 5.2.1.) nesta fase particular do ciclo (Figura 8).

Dado que para uma mesma velocidade de deslocamento num mesmo fluido D depende do produto $C_D * S$ (equação 3, ponto 5.2.1.), a previsível redução de C_D nesta fase do BN seria susceptível, caso a área da secção máxima do corpo transversal à direcção de aplicação da força (S) não crescesse proporcionalmente, de se traduzir numa redução da intensidade de D relativamente à mesma fase do BF. Esta possibilidade foi defendida por Firby (1975), autor que considerou que os valores de S são idênticos para as duas variantes, já que a menor flexão das coxas sobre o tronco permite, no BN, uma menor profundidade dos joelhos relativamente à anca, compensando assim a maior obliquidade do tronco. Da análise de Persyn et al. (1986) acerca das repercussões no arrasto hidrodinâmico do movimento ondulatório do corpo, poder-se-à mesmo inferir uma redução de S como consequência deste (Figura 9).

Considerando que os valores de C_D são inferiores no BN e que os valores de S são idênticos nas duas variantes, Firby (1975) referiu que a força necessária para rebocar o nadador no momento de máxima flexão das coxas sobre o tronco é inferior para a posição característica do BN do que para a do BF; isto é, nesta fase do ciclo, a intensidade de D seria inferior no BN.

Figura 8. Representação esquemática das repercussões de diferentes níveis de flexão dos membros inferiores, considerando posições mais ou menos profundas da anca (baseado em Counsilman, 1968; Firby, 1975 e Palmer, 1985).

| | Menor profundidade | Maior profundidade | Padrão de escoamento |
|--------------|---|---|---|
| Menor flexão |  |  |  Firby (1975), BN |
| Maior flexão |  | |  Counsilman (1968), BF |

Esta argumentação em favor do BN parece, porém, carecer de base empírica, já que, num trabalho anterior (Vilas-Boas, 1988) realizado sobre uma amostra de 8 nadadores de elevado nível desportivo, não encontramos diferenças significativas ($p < 0.05$) no ângulo formado pela coxa com o tronco entre as duas variantes. Os valores médios obtidos para o BF foram de $\bar{X} = 132.4 (\pm 13.47)^\circ$ e para o BN de $\bar{X} = 123.9 (\pm 3.81)^\circ$. Os ângulos medidos no estudo citado foram compatíveis com os anteriormente determinados por Belokovsky e Ivanchenco (1975) independentemente da técnica de braços utilizada. Na mesma perspectiva, Persyn et al. (1984) referiram que, no braço natural ou ondulatorio, a flexão da anca após a inspiração deve ser rápida e pronunciada, por forma a permitir, após a grande obliquidade do tronco associada à inspiração, recuperar rapidamente uma posição tão horizontal e hidrodinâmica quanto possível, para minimizar a intensidade da força de arrasto hidrodinâmico durante a consequente acção propulsiva dos membros inferiores. Acresce ainda que, apesar da flexão máxima da anca parecer desempenhar um papel central na argumentação dos diferentes autores em favor do BN, os valores referidos na literatura para o ângulo coxa/tronco não são consistentes. Counsilman (1968) referiu que o ângulo característico do BF varia entre 130° e 140° , enquanto que Sandino (1968) sugeriu o valor de 98° . Por outro lado Firby (1975) salientou que o ângulo característico do BF é de 130° , enquanto que o do BN é de 150° . Minxing (1984), por sua vez, referiu que o ângulo característico do BN é de 130° , sendo, no entanto, superior ao do BF.

Os autores partidários do BF, muito embora reconhecendo as vantagens hidrodinâmicas de uma menos acentuada flexão máxima das articulações da anca (Counsilman, 1968; Palmer, 1985), consideraram que aquela não deve ser procurada para além dos valores característicos do BF, o que se repercutiria numa redução

da capacidade propulsiva ulterior dos membros inferiores. As implicações propulsivas do ângulo de flexão máxima das coxas sobre o tronco será discutido mais adiante (ponto 4.2.3.). Como alternativa, Carlile (1967), Counsilman (1968, 1980), Lacoursière (1973), Easterling (1975), Catteau e Garoff (1977), Vivensang (1978), McPherson (1978), Menaud e Zins (1979), Freitag (1982), Palmer (1985) e Haljand (1986) salientaram que, no contexto de uma mecânica de nado otimizada, a tentativa de redução da intensidade de D nesta fase do ciclo se deve consubstanciar na procura da máxima horizontalidade do tronco, tendo em vista uma redução dos valores de S.

A revisão da literatura denota, portanto, que apesar de vários autores sugerirem uma possível redução de CD na fase de recuperação dos membros inferiores no BN, esta possibilidade permanece dúbia, pelo menos quando imputada a uma menor flexão máxima das coxas sobre o tronco. Todavia, não exclui a possibilidade da intensidade de D ser inferior no BN nesta fase particular do ciclo gestual. De facto, van Tilborgh et al. (1988) observaram, nesta fase, um impulso horizontal resultante negativo inferior no BN em comparação com o BF. A verificar-se esta redução da intensidade do arrasto hidrodinâmico, a sua justificação deverá, portanto, ser procurada noutros factores, entre eles numa eventual redução de S ou noutras repercussões hidrodinâmicas imputáveis, por exemplo, ao movimento ondulatório do corpo (Persyn et al., 1986; Colman e Persyn, 1991; Persyn et al., 1992).

Para além do ângulo máximo de flexão das coxas sobre o tronco, destacam-se na literatura mais três aspectos que parecem poder distinguir o BF das variantes naturais em termos de arrasto hidrodinâmico oposto ao deslocamento do nadador: (i) o tipo de recuperação dos membros superiores; (ii) a posição do corpo no momento da inspiração e (iii) o padrão de deslocamento das superfícies resistentes do corpo ao longo de todo o ciclo gestual.

O primeiro destes aspectos tem a ver com as repercussões da recuperação aquática dos membros superiores na intensidade da força de arrastamento a que o nadador está sujeito. Saliente-se que a recuperação aquática dos membros superiores é apontada como um dos principais factores limitativos da velocidade de nado susceptível de ser proporcionada pela técnica de brucos relativamente às restantes técnicas da natação pura desportiva (Magel e McArdle, 1970; Holmér, 1979; Palmer, 1985; Tourny, 1992).

Gross (1978) considerou que a braçada é mais ampla no BF do que no BN o que, conseqüentemente, implica um também mais amplo percurso de recuperação e se repercute, por isso, num incremento do efeito resistivo no BF relativamente ao arrastamento a que se sujeita, durante a recuperação dos membros superiores, o brucista natural.

Outros autores, porém, apontaram para uma braçada mais ampla no BN: van

Tilborgh et al. (1988) referiram que o deslocamento "para fora" dos membros superiores é mais amplo no BN do que no BF; Firby (1985) considerou que o deslocamento "para dentro" é, para além de mais potente, também mais longo no primeiro do que no segundo e Thornton (1977) referiu que a braçada é, na sua totalidade, mais ampla no BN.

A maior amplitude da braçada, porém, só se repercute numa maior amplitude do trajecto de recuperação se implicar um mais pronunciado deslocamento antero-posterior das mãos relativamente ao tronco do nadador, o que não parece ter sido ainda demonstrado para qualquer das variantes em estudo.

Nesta perspectiva, não nos parece poder ser imputada, com base neste argumento, uma menor intensidade de D ou um menor impulso resistivo a um também menor percurso de recuperação dos membros superiores no BN. Todavia, ela é susceptível de se verificar devido ao facto de, contrariamente ao que ocorre no BF, a recuperação dos membros superiores no BN partir de uma posição de elevação dos ombros que, sendo mantida ao longo daquela fase, previsivelmente se repercutirá em menores valores de S (Fitzgerald, 1982; Minxing, 1984). O próprio David Wilkie referiu que a elevação dos ombros característica da sua técnica, lhe facilitava a recuperação dos membros superiores (Wilkie e Juba, 1982).

Maglitscho (1982) e Alves (1984) referiram ainda que, no BN, sendo parte da recuperação dos membros superiores realizada com os ombros emersos, a intensidade de D será previsivelmente menor do que no BF, variante onde os ombros, quando emergem, não o fazem de forma tão significativa (Colman et al., 1989).

Este efeito poderá, entretanto, ser maximizado no bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores, variante que, mesmo relativamente ao BN, se parece caracterizar por um considerável incremento do volume de corpo emerso durante a recuperação dos membros superiores. Mais importante do que isto, porém, poderá ser o facto da recuperação aérea reduzir a incidência dos deslocamentos segmentares aquáticos orientados de trás para a frente e presumivelmente potenciadores da intensidade de D nesta fase particular do ciclo. Nesta conformidade, esta variante poderá permitir uma substancial redução do arrasto hidrodinâmico associado à fase de recuperação dos membros superiores (Suarez, 1992). Costill et al. (1992) referiram, porém, não ser lícito afirmar esta possibilidade, já que não foi ainda verificado se o arrasto de onda suplementar que a recuperação aérea parece implicar não compensa a redução do arrasto decorrente da emersão dos segmentos.

O segundo aspecto prende-se com as repercussões resistivas das distintas posições que, na fase de inspiração, o corpo do nadador assume nas duas variantes.

Segundo Maglischo (1982) e Minxing (1984), a acentuada inclinação do tronco nesta fase do BN parece não implicar um aumento da intensidade de D relativamente à posição mais horizontal do tronco no BF, dado que, naquela variante, a mais significativa emersão da porção superior do tronco parece permitir uma redução do valor de S, da superfície e do volume corporal imersos. Colman e Persyn (1991) puderam verificar que, no BF, são emersos 22.6% da massa corporal total, enquanto que no BN este valor se situa entre 27 e 31.1%.

Esta possível redução da intensidade de D poderá ainda ser reforçada se considerarmos que, de acordo com os resultados de Jiskoot e Clarys (1975), se poderá admitir que a emersão de uma porção significativa do tronco é susceptível de reduzir relativamente mais as componentes de fricção e de pressão do arrastamento do que agravar a componente de formação de onda.

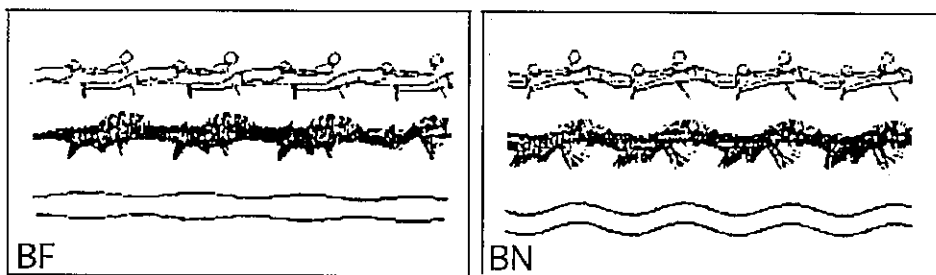
Refira-se ainda que, durante a inspiração, a posição inclinada do tronco no BN parece ser consequência, e simultaneamente permitir, que a recuperação dos membros inferiores se inicie pela flexão das pernas sobre as coxas sem qualquer flexão da anca (Persyn et al., 1979; Persyn et al., 1984; Costill et al., 1992). No BF, pelo contrário, a posição elevada da anca parece impor que, durante a fase de inspiração, o início da recuperação dos membros inferiores se caracterize por uma flexão quase simultânea das articulações da anca e do joelho, sob pena de, a não ser assim, os pés emergirem ou o corpo tender à obliquidade relativamente à direcção do seu deslocamento. Este efeito foi explicado por Persyn et al. (1979) e Persyn et al. (1984) com base na consideração de que a flexão e obliquação das pernas relativamente à direcção do seu deslocamento implicam a sujeição destas a uma componente vertical orientada "para baixo" da força de arrasto que lhes é imposta pela água. Esta força, conjugada com a componente vertical de sentido ascendente a que parecem estar sujeitos os antebraços nesse momento, dá origem a um binário tendente a obliquar o tronco. Este efeito, que segundo estes autores é característico da fase de inspiração do BN, parece susceptível de ser compensado no BF sobretudo através da flexão simultânea das coxas sobre o tronco, que implicaria a sujeição destas a uma força vertical de sentido ascendente, tendente a manter a bacia elevada e a obstar à obliquação do tronco (Persyn et al., 1984). Segundo Alves (1984), esta flexão precoce das coxas sobre o tronco no BF quando comparado com o BN, implica, na fase de inspiração da primeira variante, uma forma menos hidrodinâmica do corpo do que aquela que, na segunda, é decorrente da posição inclinada do tronco com as coxas no seu prolongamento.

O terceiro e último aspecto prende-se com o padrão de deslocamento das superfícies resistentes do corpo ao longo da totalidade do ciclo gestual e decorre, sobretudo, das conclusões retiradas por Persyn et al. (1986), Colman et al. (1989) e Colman e Persyn (1991) acerca da influência resistiva do movimento ondulatório do corpo característico do BN.

Tendo por base uma análise dos padrões de deslocamento do corpo no plano sagital susceptíveis de lhes permitirem extrapolações relativas aos valores médios de S ao longo de um ciclo (Figura 9), aqueles autores concluíram que o movimento ondulatório poderá permitir, no BN relativamente ao BF, uma redução da intensidade de D a que o nadador se sujeita ao longo de um ciclo.

Referiram, a propósito, que este efeito se poderá dever ao facto do corpo ondular como que através de um tubo sinusoidal de secção média mais estreita do que a daquele através do qual o corpo se parece deslocar-se no BF. Esta redução do efeito resistivo decorrente do movimento ondulatório tinha já anteriormente sido teorizada para a mariposa (Persyn et al., 1983) e foi, mais tarde, referida por van Tilborgh et al. (1988) e Persyn et al. (1992) ao compararem as duas variantes da técnica de bruços. Colman e Persyn (1991) referiram, porém, que isto só parece verificar-se nos casos em que a ondulação do corpo for simétrica, isto é, quando o nadador evidenciar valores elevados de todos os índices de ondulação que definiram. Esta simetria, de resto, parece crescer com o nível desportivo do nadador.

Figura 9. Padrões de deslocamento no plano sagital das superfícies resistivas do corpo nas variantes formal (BF) ou plana e natural (BN) ou ondulatória da técnica de bruços (adaptado de Persyn et al., 1986).



Em síntese, relativamente ao arrasto hidrodinâmico, a revisão da literatura parece sugerir uma vantagem das variantes naturais relativamente ao BF, especialmente no que se refere à fase de inspiração, à acção de recuperação dos membros superiores e à redução geral de S, sobretudo como consequência do movimento ondulatório do corpo.

4.2. Dados referentes à propulsão

Por razões de sistematização da exposição iremos, neste ponto, centrar a nossa atenção, separadamente, nas repercussões propulsivas das acções dos membros superiores e inferiores. Começaremos, no entanto, por uma análise sumária de uma eventual interferência propulsiva do movimento ondulatório global do corpo que é característico das variantes naturais.

4.2.1. Repercussões propulsivas do movimento ondulatório do corpo

As principais repercussões propulsivas do movimento ondulatório do corpo característico das variantes naturais parecem consubstanciar-se nas alterações que introduz, ou permite introduzir, nos trajectos motores dos membros superiores e inferiores, as quais serão discutidas nos pontos seguintes.

Para além deste aspecto, segundo Persyn et al. (1986), o movimento ondulatório parece, no BN relativamente ao BF, ser susceptível de implicar um aumento da efectividade das acções propulsivas quer dos membros superiores quer dos membros inferiores, pela possibilidade de proporcionar a mobilização dos segmentos propulsivos em água relativamente mais estável.

Os resultados de visualização do escoamento em torno do corpo de um brucista natural (Hay e Thayer, 1989) parecem reforçar esta perspectiva, já que estes autores concluíram que o padrão de escoamento da água parece ser laminar em torno da maioria dos segmentos corporais.

O reduzido número de estudos consagrados a este problema e, sobretudo, o facto de não termos podido encontrar referências relativas à análise do padrão de escoamento no BF, limitam o contributo dos argumentos apresentados para a discussão em causa.

Para além destas possibilidades, o movimento ondulatório do corpo é ainda susceptível de, por si só, contribuir propulsivamente para uma eventual superioridade das variantes naturais relativamente ao bruços formal (Persyn et al., 1992). A substanciar esta hipótese estão os resultados de van Tilborgh et al. (1988), autores que observaram uma configuração especial da curva de variação, ao longo de um ciclo, dos impulsos horizontais resultantes por fase no BN quando comparado com o BF. Persyn et al. (1992) referiram ter encontrado correlações positivas entre o movimento ondulatório do corpo no BN e o impulso horizontal resultante, em fases do ciclo onde não ocorrem acções propulsivas quer dos membros superiores, quer dos membros inferiores. Esta constatação foi imputada às repercussões hidrodinâmicas do próprio movimento ondulatório. Os autores salientaram, porém, que este efeito se pode também dever à já referida possível redução do arrasto decorrente do movimento ondulatório. Todavia, tal como Colman e Persyn (1991), defenderam a hipótese do movimento ondulatório fazer deslocar no sentido antero-posterior uma dada massa de água ("uma onda ao longo do corpo, desde os ombros até aos pés", p. 79), acção que se poderia revelar propulsiva. Saliente-se que Sanders et al. (1992) puseram recentemente em evidência a propagação céfalo-caudal de energia no movimento ondulatório do corpo em mariposa, bem assim como o seu contributo propulsivo.

Ao efeito descrito, Colman et al. (1989), Colman e Persyn (1991) e Persyn et al. (1992)

acrescentaram a possibilidade do nadador ser impulsionado para a frente durante a fase inspiratória por se sujeitar à inércia da massa de água que fez deslocar consigo durante a braçada precedente.

4.2.2. Acções propulsivas dos membros superiores

De acordo com a análise dinâmica da braçada de bruços realizada por Thayer et al. (1986), não parece poder ser imputada à existência de uma componente vertical ascendente na fase de deslocamento “para fora” dos membros superiores no BN, qualquer vantagem no que respeita à capacidade de produção de força propulsiva efectiva, quando comparada com a braçada mais horizontal do BF. Todavia, Troup (1991a) salientou que esta orientação particular do trajecto motor pode constituir uma vantagem propulsiva, enquanto que Costill et al. (1992, p. 101) referiram tratar-se de uma “perda de tempo”. Colman et al. (1989) e Persyn et al. (1992) salientaram, porém, ter obtido uma correlação positiva entre a amplitude vertical do deslocamento “para fora” e o impulso horizontal resultante positivo associado à acção dos membros superiores. Os resultados de van Tilborgh et al. (1988) haviam já apontado no mesmo sentido.

Esta componente vertical poderá, porém, segundo van Tilborgh et al. (1988), implicar um trajecto motor mais longo nesta fase, repercutindo-se, assim, previsivelmente, num impulso propulsivo superior. No entanto, na medida em que esta consideração radica na constatação de um impulso resultante positivo superior nesta fase da braçada do BN relativamente à mesma fase da braçada do BF, os autores salientam que aquele efeito se pode também, ou alternativamente, dever a uma diminuição da intensidade de D decorrente do movimento ondulatório do corpo.

Se os argumentos relativos ao deslocamento “para fora” dos membros superiores parecem não permitir que se reconheçam inequívocas vantagens para a variante natural, já o mesmo não se passa no que concerne à fase de deslocamento “para dentro”, onde os argumentos parecem convergir no sentido do reconhecimento de algumas vantagens propulsivas na braçada das variantes naturais.

O primeiro tempo do deslocamento “para dentro” é acentuadamente orientado “para baixo”, pelo que Maglischo (1982) o designou por *downsweep*. Esta acção é também considerada incluída na fase de deslocamento “para fora” dos membros superiores, principalmente nas descrições do BF (Counsilman (1968). No entanto, Maglischo e Brennan (1985) incluem-na já na fase seguinte. Dado que no BN a primeira fase parece evidenciar uma importante componente vertical de sentido ascendente, optámos também por considerar o tempo de deslocamento acentuadamente descendente como primeiro tempo da fase de deslocamento “para dentro”.

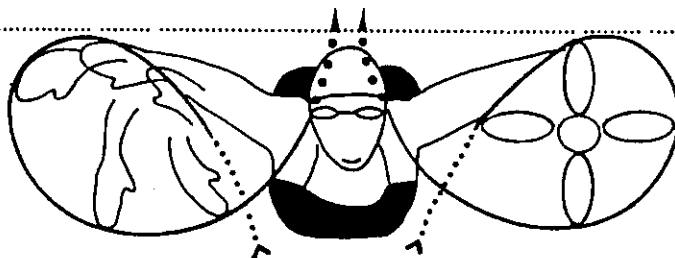
Segundo Maglischo (1982) este tempo é significativamente propulsivo e tem como consequência natural, decorrente da reacção ao deslocamento "para baixo" dos membros superiores, um papel importante na emersão dos ombros. De acordo com Curry (1979b), este efeito é atenuado no BF, através da realização de uma braçada mais horizontal, o que, na opinião de Maglischo (1982), se traduz num sub-aproveitamento da capacidade propulsiva desta fase particular da braçada. Counsilman (1968) referiu, no entanto, que, no BF, a compensação da tendência para a emersão dos ombros e consequente obliquação do tronco é proporcionada pelo movimento de extensão cervical que, simultaneamente, é realizado para permitir a inspiração.

Em nossa opinião, a dedução de Maglischo (1982) parece ser coerente, muito embora Firby (1985) refira que, no BN, a elevação dos ombros não deve ser conseguida à custa da acção dos membros superiores, mas antes como consequência da contracção da musculatura lombar. A importância da contracção da musculatura lombar na emersão dos ombros no BN foi também apontada por McPherson (1978), muito embora, como já referimos, Persyn et al. (1979) e Persyn et al. (1984) a tenham considerado decorrente da componente vertical das forças de arrasto hidrodinâmico opostas ao deslocamento segmentar. Firby (1975) e Minxing (1984) atribuíram este efeito também à componente vertical de sentido ascendente da força de arrasto hidrodinâmico, mas desta feita aplicada ao tronco, efeito que também foi referido por McPherson (1978).

A fase de deslocamento "para dentro" dos membros superiores parece ser a fase mais propulsiva da braçada de braços (Schleihauf, 1976, 1979; Maglischo, 1982; Hay, 1985; Thayer et al., 1986; van Tilborgh et al., 1988; Persyn et al., 1992). Se ao efeito a que nos referimos anteriormente (subvalorização do seu contributo propulsivo, para, no BF, manter a horizontalidade do tronco) juntarmos o argumento segundo o qual ela parece ser, no BN, mais ampla (Colman et al., 1989; Colman e Persyn, 1991; Persyn et al., 1992) e mais potente do que no BF (Firby, 1985), parece lícito esperar-se uma superioridade propulsiva da braçada do BN. Neste sentido parece também convergir a possibilidade de, no BN, a adução quase completa dos antebraços ser facilitada pela inclinação do tronco. Maglischo (1982) refere que a adução dos antebraços realizada na sequência da aproximação e início da recuperação das mãos parece favorecer a propulsão.

No computo geral, a braçada do BN é, segundo Colman et al. (1989) e Persyn et al. (1992), mais propulsiva do que a do BF, possibilidade que associaram à facilitação, pelo trajecto motor específico desta técnica, da utilização das superfícies propulsivas de acordo com o modelo do hélice (Figura 10) e o estipulado pela teoria da força ascensional propulsiva (Vilas-Boas, 1987).

Figura 10. Ilustração da similaridade do trajecto motor da mão no plano transversal característico do braço natural, com o modelo da acção propulsiva do hélice (adaptado de Persyn et al., 1992).



Para além das possíveis vantagens da braçada do BN que discutimos, Colman e Persyn (1991) referiram, tal como num trabalho anterior sugerimos (Vilas-Boas, 1987), que o deslocamento “para cima” das mãos durante a sua fase de deslocamento preferencialmente orientado “para fora”, permite um estiramento prévio do músculo grande peitoral, constituindo assim um bom início para a fase subsequente. Este pré-estiramento poderá permitir um armazenamento de energia elástica durante a primeira fase da acção propulsiva da braçada, o qual poderia justificar a elevação da potência da fase de deslocamento “para dentro” no BN (Firby, 1975) ou uma elevação da sua eficiência mecânica. As possíveis repercussões do estiramento prévio e do armazenamento da energia elástica na eficiência mecânica foram analisadas por Cavanagh e Kram (1985b) e Williams (1985).

Por fim, relativamente à braçada do braço natural com recuperação aérea, Pedroletti (1991, p. 37) referiu que, em comparação com a que é característica do BN, apresenta a desvantagem de implicar que “as mãos percam o seu apoio na água”.

Em síntese, com base na revisão da literatura, poder-se-à considerar que a braçada do BN parece ser mais propulsiva do que a do BF, sobretudo devido às características específicas de que se reveste na fase de deslocamento “para dentro” das mãos. Nesta fase do BNA, porém, a necessidade de, posteriormente, fazer emergir as mãos para a recuperação dos membros superiores, poderá implicar uma redução do apoio hidrodinâmico e, conseqüentemente, uma redução da capacidade propulsiva da braçada.

4.2.3. Acções propulsivas dos membros inferiores.

Segundo Curry (1979b), Minxing (1984), Colman et al. (1989), Colman e Persyn (1991) e Persyn et al. (1992), o facto do trajecto motor da perna do BN evidenciar uma importante componente vertical descendente, proporciona, relativamente à perna mais horizontal do BF, uma mais acentuada dominância da força ascensional hidrodinâmica no contexto do sistema de forças propulsivas produzidas

pela acção dos membros inferiores, o que, de acordo com a teoria da força ascensional propulsiva (Vilas-Boas, 1987), parece favorecer o apoio hidrodinâmico e, portanto, permitir um impulso positivo total superior. A este argumento acresce ainda a possivelmente maior amplitude da pernada do BN (Colman et al., 1989; Colman e Persyn, 1991; Persyn et al., 1992), a qual nos parece poder decorrer da mais acentuada rotação externa das coxas no final da recuperação dos membros inferiores, que foi referida por Sandino (1968) e Costill et al. (1992). Colman et al. (1989) e Persyn et al. (1992) referiram ter encontrado correlações positivas no BN entre o impulso horizontal resultante associado à acção propulsiva dos membros inferiores e: (i) a profundidade do trajecto motor dos pés e (ii) a verticalidade da superfície plantar do pé no seu decurso. Tendo por base estes resultados, e aceitando que no braços natural com recuperação aérea dos membros superiores o trajecto motor do pé parece ser mais amplo e ainda mais orientado “para baixo” do que no BN (Suarez, 1992), será de supôr que também a intensidade do impulso horizontal resultante correspondente seja superior.

Segundo os partidários do BF, esta acção parece, porém, evidenciar também algumas desvantagens. Referimos anteriormente que, no BN, a conjugação da orientação “para baixo” da recuperação dos membros superiores e da acção propulsiva dos membros inferiores resulta numa elevação da anca (Minxing, 1984; Persyn et al., 1988). Counsilman (1968) considerou, em defesa da pernada horizontal do BF e da necessidade de manutenção da máxima horizontalidade do tronco, que os movimentos verticais da anca são prejudiciais, na medida em que reduzem o nível de aproveitamento do impulso positivo decorrente da acção propulsiva dos membros inferiores em deslocamento horizontal do corpo. Em nossa opinião, esta perspectiva parece licita, apesar de Persyn et al. (1992) terem evidenciado uma trajectória mais horizontal do centro de gravidade do que da anca no BN (Figura 7B). No entanto, temos dúvidas acerca da possibilidade deste efeito, a verificar-se, poder ser tido como argumento favorecedor da adequação mecânica da pernada do BF relativamente à do BN, na medida em que, neste último, e em consequência daquele efeito, parecem sobressair vantagens susceptíveis de compensar aquele inconveniente, nomeadamente as que são decorrentes da indução do movimento ondulatório do corpo. Destas, para além das que já analisámos, destaca-se também a realização de deslocamentos verticais (tipo pernada de mariposa) durante a fase de deslocamento à frente dos pés no ciclo gestual dos membros inferiores (Maglisco, 1982; Minxing, 1984). Muito embora Sandino (1968), Maglisco (1982), Fitzgerald (1982) e Persyn et al. (1986) tenham salientado a ocorrência de, sobretudo, um tempo ascendente, Minxing (1984) referiu, para além daquele, a realização de um tempo descendente, identificando o deslocamento vertical global (tempo ascendente + tempo descendente) dos membros inferiores no BN, com o segundo “batimento” dos membros inferiores na técnica de mariposa e referindo-se a ele, por isso, como uma “pernada adicional” na variante natural da técnica de braços.

Enquanto que Fitzgerald (1982) e Maglischo (1982) defenderam a possibilidade do tempo ascendente não produzir nenhum efeito propulsivo, ou, no máximo, um efeito muito reduzido devido à orientação da força resultante das forças ascensional hidrodinâmica (L) e de arrasto hidrodinâmico propulsivo (D_p), Sandino (1968) considera-o como elemento favorecedor da propulsão no BN relativamente ao BF. Por seu lado Arellano (1985), analisando a acção dos membros inferiores no nado sub-aquático com barbatanas, referiu que aquele tempo, muito embora sendo menos importante, não deixa, no entanto, de proporcionar algum contributo propulsivo. Relativamente à mariposa, Palmer (1985) considerou apenas o tempo descendente como propulsivo, enquanto Guilbert (1968), Vivensang (1978) e Menaud e Zins (1979), consideraram o tempo descendente como o tempo mais propulsivo, mas não excluíram a possibilidade do tempo ascendente contribuir também nesse sentido.

No que se refere ao tempo descendente, por outro lado, Minxing (1984) reconheceu-lhe um efeito propulsivo que considerou dominado pela força ascensional. Este autor estudou a variação da força propulsiva ao longo do ciclo gestual das variantes natural e formal da técnica de braços e constatou a existência, no BN, de um segundo "pico" propulsivo que atribuiu à propulsão obtida através da "pernada adicional" (tempo ascendente + tempo descendente). Em favor da opinião de Minxing (1984) está o reconhecimento da importância do tempo descendente da pernada de mariposa. No entanto, as extrapolações directas para o BN dos resultados obtidos da análise da técnica de mariposa encerram, em nossa opinião, um risco de erro não desprezível, dada a limitada amplitude do tempo descendente no BN e as diferentes repercussões das também diferentes velocidades de deslocamento do corpo no trajecto motor dos membros inferiores no BN e na mariposa.

Ressalve-se, porém, que o eventual contributo propulsivo desta pernada adicional poderá ser melhor entendido se se tomar em consideração a teoria da propulsão por separação de vórtices. Nesta perspectiva, o contributo propulsivo da acção em causa parece ser dependente, sobretudo, do comportamento hidrodinâmico das superfícies propulsivas no momento de inversão do seu sentido de deslocamento (Colwin, 1984, 1985a, b, 1992; Ungerechts, 1981, 1982, 1983, 1985a, b, 1987, 1988, 1992), mais do que no decurso das fases de deslocamento "para baixo" e "para cima", que constituiu a base da análise de Maglischo (1982).

Para terminar este ponto do nosso trabalho retomaremos a discussão em torno do ângulo máximo de flexão das coxas sobre o tronco que deixámos em aberto no ponto 4.1..

De acordo com Counsilman (1968), o ângulo de flexão das coxas sobre o tronco que parece ser mais favorável para a conversão de energia contráctil dos músculos extensores da coxa em trabalho mecânico interno (mobilização segmentar) é, por

razões biomecânicas internas que se prendem com o ângulo de inserção do músculo na alavanca óssea, o ângulo de 90°. Este, no entanto, é um valor que parece evidenciar sérias desvantagens hidrodinâmicas na técnica de bruços, pelo que aquele autor, como referimos antes (cf. ponto 4.1.), preconizou a flexão de 130° / 140° como a melhor solução de compromisso entre a potência dos extensores e a frenagem hidrodinâmica a que o brucista se vê sujeito no final da recuperação dos membros inferiores. Ainda segundo aquele autor, um ângulo de 150° seria hidrodinamicamente mais favorável, mas permitiria apenas a aplicação de uma força três vezes inferior, desvantagem que não seria compensada pela diminuição da intensidade de D que lhe parece estar associada. Palmer (1985), muito embora tenha reconhecido também uma desvantagem biomecânica interna para o ângulo de 150°, opinou, no entanto, em sentido inverso, considerando que a menor intensidade de D seria susceptível de compensar a diminuição da força capaz de ser exercida durante a fase propulsiva subsequente. Este autor, no entanto, advogando a necessidade de se manter o corpo tão horizontal quanto possível, considerou, como já referimos, que uma reduzida flexão da anca implicaria a emersão dos pés e o conseqüente comprometimento da sua acção propulsiva ulterior.

Firby (1975), procurando contrariar Counsilman (1968), referiu que a componente motora máxima da força produzida pelos extensores das coxas quer entre 130° e 140°, quer a 150°, é superior à força propulsiva máxima que o nadador é capaz de desenvolver em situação de nado estacionário contra uma resistência, pelo que concluiu que, sendo superior ao apoio hidrodinâmico, a componente motora da força muscular produzida a partir de uma flexão de 150° é suficiente para permitir a propulsão máxima. Em nossa opinião, a argumentação deste autor peca pelas seguintes razões: (i) pelo facto de considerar que a força propulsiva produzida pelo nadador em situação de nado estacionário é semelhante à força produzida quando nada livremente, onde o regime menos turbulento de escoamento do fluido sobre as superfícies propulsivas poderá favorecer a produção de força propulsiva e (ii) porque dependendo a força propulsiva da velocidade de escoamento do fluido sobre as superfícies propulsivas, esta da velocidade segmentar e esta última da componente motora da força muscular aplicada ao segmento, quanto maior for esta maior apoio hidrodinâmico é susceptível de ser produzido.

Desenvolvimentos posteriores à argumentação de Counsilman (1968), parecem reforçar as suas perspectivas. Entrando já em linha de conta com as possibilidades hidrodinâmicas de produção de força propulsiva efectiva (P), Belokovski e Ivanchenco (1975) concluíram experimentalmente que, na técnica de bruços, o ângulo óptimo de flexão das coxas sobre o tronco é de 140°. Por seu lado Ungerechts (1988) encontrou valores máximos da aceleração do corpo 137ms depois de iniciada a pernada, ou seja, depois de ter sido abandonada a posição de máxima flexão das coxas sobre o tronco. Estes resultados concordam satisfatoriamente com os resultados de Kent e Atha (1975b), autores que encontraram o valor máximo de aceleração do corpo decorrente da acção propulsiva dos membros inferiores, 150ms depois daquela ter sido iniciada, correspondendo a um ângulo de 135° de flexão das

coxas sobre o tronco.

Com base na análise da distinção da flexão máxima das coxas sobre o tronco que apresentamos no ponto 4.1., pensamos não dispor de dados suficientes que nos permitam, de acordo com os argumentos anteriores, despistar uma vantagem propulsiva para qualquer das variantes. Mesmo a verificar-se uma menor flexão da anca no BN, como defenderam Sandino (1968), Firby (1975, 1985), Thornton (1977), Hallett (1978); Gross (1978), Curry (1979b), Colwin (1980), Maglischo (1982, 1985a) e Alves (1984), este facto parece poder não se traduzir numa desvantagem propulsiva, uma vez que a ser assim, tendo por base os dados obtidos por Vilas-Boas (1988), é possível esperar-se que os valores característicos desta variante se aproximem mais dos referidos por Minxing (1984) - 130° - do que dos referidos por Firby (1975) - 150°.

Sintetizando, a revisão da literatura parece sugerir o reconhecimento de uma superioridade propulsiva da acção dos membros inferiores nas variantes naturais, seja decorrente de uma mais acentuada verticalidade e de uma mais elevada amplitude do trajecto motor, seja devido a um eventual contributo propulsivo adicional da realização da "pernada adicional" do tipo da de mariposa.

4.3. Dados referentes às variações da velocidade horizontal e do impulso horizontal resultante por fase do ciclo.

Em ordem à obtenção de uma velocidade média máxima para um dado consumo energético, importa minimizar as flutuações da velocidade de deslocamento por ciclo gestual, por forma a reduzir tanto quanto possível o efeito cumulativo por ciclo das forças de inércia (Kent e Atha, 1971). Foi por este facto que McPherson (1978) e Holmér (1979) referiram que a determinação das variações de velocidade horizontal permite retirar conclusões relativas à eficiência mecânica propulsiva da técnica. A minimização das flutuações intracíclicas da velocidade de deslocamento parece, entretanto, ser de particular importância na técnica de bruços, já que, como referimos, estas parecem ser mais importantes nesta do que nas restantes técnicas de natação pura desportiva (Kent e Atha, 1971; Craig e Pendergast, 1979; Nigg, 1983; Craig et al., 1988; Maglischo et al., 1988).

Segundo Kent e Atha (1971), a análise deste factor parece ser de capital importância para o entendimento da técnica, sobretudo se as flutuações de velocidade forem relacionadas com as diferentes fases do ciclo gestual.

A comparação das curvas de variação da velocidade horizontal ao longo de um ciclo obtidas para o BF e para o BN foi realizada por van Tilborgh et al. (1988), Colman et al. (1989), Colman e Persyn (1991), Persyn et al. (1992), Tourny (1992) e Tourny et al. (1992). Os resultados, porém, parecem ser conflituosos. Van Tilborgh et al. (1988) compararam apenas um brucista natural a oito brucistas formais, tendo observado que o nadador executante de BN foi capaz de, na fase mais resistiva do

ciclo, manter uma velocidade do CG superior à dos executantes de BF ($0.80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ para o BN e entre 0.50 e $0.74 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ para o BF). Colman et al. (1989) e Colman e Persyn (1991) referiram também variações da velocidade horizontal menos pronunciadas no BN. De resto, já anteriormente haviam sido encontrados valores inferiores da variação intracíclica da velocidade horizontal da anca num nadador de BN relativamente a todos os outros brucistas analisados (Persyn et al., 1975). Contrariando estes dados, Tourny (1992) e Tourny et al. (1992) observaram que as variações de velocidade ao longo de um ciclo são mais pronunciadas na variante ondulatória interpretada pela campeã olímpica Bogomilova-Dangalakova do que no bruços formal ou plano, ou numa variante ondulatória menos pronunciada que designaram por bruços vertical.

Esta conflitualidade dos resultados dos diferentes estudos já realizados foi concretizada por Ungerechts (1992), autor que referiu ser questionável a possibilidade das variações de velocidade horizontal ao longo de um ciclo serem optimizadas pela ênfase do movimento ondulatório do corpo.

Qualquer variação da velocidade resulta num incremento do trabalho que o nadador tem de desenvolver e, como tal, num aumento do custo energético da tarefa. Nigg (1983) desenvolveu uma equação que expressa o excedente de trabalho requerido em função da variação por ciclo da velocidade quando o nadador se desloca a uma determinada velocidade média. Se atendermos a que van Tilborgh et al. (1988) encontraram, para o nadador de BN que analisaram, uma variação de 18.8%, enquanto que para os nadadores de BF observaram uma variação compreendida entre 19.2% e 24.4% e se, na medida em que os autores não publicaram o valor médio, tomarmos como referência a mediana dos valores do BF ($Me = 21.8\%$), podemos esperar, de acordo com a equação de Nigg (1983), um excedente de trabalho de 10.6% para o BN e de 14.3% para o BF.

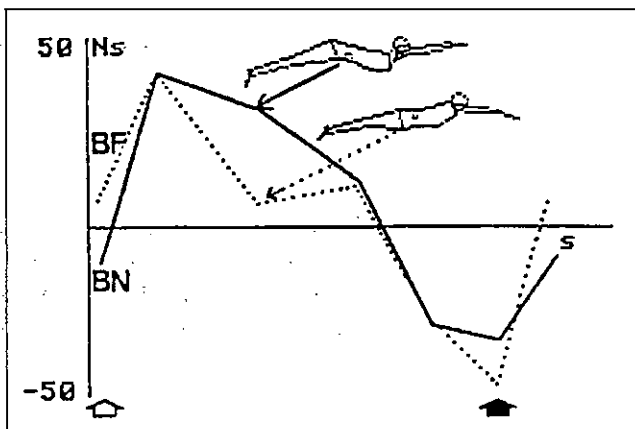
Segundo Persyn et al. (1988), este efeito pode ainda ser agravado se se confirmar a sua suposição segundo a qual, no BF, o nadador transporta consigo uma massa de água superior aquela que transporta no BN. Segundo Prandtl e Tietjens (1934), para acelerar uma esfera num fluido não é apenas necessário exercer uma força igual ao produto da massa da esfera e da aceleração, mas uma força adicional é requerida para acelerar a massa das partículas de fluido colocadas em movimento pela esfera. Esta particularidade da aceleração em mecânica de fluidos designa-se por efeito de massa adicional e, segundo Persyn et al. (1988), é susceptível de implicar a realização de um trabalho suplementar no BF relativamente ao BN, para que se obtenham valores semelhantes de aceleração.

Os argumentos que acabamos de apresentar parecem apontar no sentido de se reconhecer que o BN é mais económico e eficiente do que o BF, o que está de acordo com as perspectivas de Gross (1978) e Curry (1979b).

Por forma a retirarem conclusões relativas à propulsão e ao arrasto hidrodinâmico

com base na curva de flutuação intracíclica da velocidade horizontal, van Tilborgh et al. (1988) compararam, por fase do ciclo motor do BF e do BN, os impulsos horizontais resultantes associados à componente propulsiva da resultante das forças propulsiva efectiva e de arrasto hidrodinâmico (Figura 11).

Figura 11. Variação do impulso horizontal resultante por fase nos ciclos motores do braços formal (BF) e do braços natural (BN) (adaptado de Persyn et al., 1986).



O impulso resultante por fase foi calculado pela variação da quantidade de movimento ($p = m * v$) entre os momentos inicial e final de cada uma, tendo por base os valores da velocidade horizontal do CG. A curva de flutuação intracíclica da velocidade foi calculada pela primeira derivada do deslocamento do CG do nadador, cuja posição, em cada momento considerado, foi estimada usando o modelo Hanavan transformado e tendo por base imagens sub-aquáticas e superficiais digitalizadas, que haviam sido tomadas simultaneamente no plano sagital.

Das conclusões deste estudo destacam-se:

(i) O impulso negativo máximo ocorreu, em ambas as variantes, na fase final da recuperação dos membros inferiores, a qual coincidiu com o momento de máxima flexão das coxas sobre o tronco (seta a cheio na Figura 11). No entanto, o valor encontrado para o BN foi inferior ao encontrado para o BF, tendo o primeiro sido de -37Ns e o segundo variado entre -39Ns e -77Ns.

(ii) O BN revelou um impulso positivo de 37Ns durante a fase de deslocamento “para fora” dos membros superiores, enquanto que os valores para o BF variam entre -9Ns e 24Ns (ponto assinalado pelos esquemas na Figura 11). Os autores consideraram que este resultado se pode ter devido, quer a um aumento do impulso propulsivo - em consequência de um deslocamento segmentar mais longo e de um maior tempo

de aplicação de força em consequência da componente vertical ascendente do trajecto motor nesta fase da braçada do BN -, quer a uma diminuição do impulso resistivo decorrente do movimento ondulatório do corpo.

(iii) O BN evidenciou um impulso negativo durante a fase de deslocamento "para fora" dos membros inferiores, enquanto que o BF, em média, produziu, nesta fase, um impulso resultante positivo (seta aberta na Figura 11). A este propósito os autores questionaram-se acerca da possibilidade deste efeito ser característico do BN ou apenas do indivíduo estudado. No entanto, salientaram que o impulso negativo encontrado pode também ter sido consequência da relativamente elevada velocidade de translação do CG que o executante de BN foi capaz de manter durante a fase de recuperação dos membros inferiores, podendo, por isso, não traduzir uma desvantagem relativamente ao BF.

Em resumo, a revisão da literatura acerca das variações da velocidade horizontal ao longo de um ciclo não permite esclarecer acerca de eventuais vantagens de cada uma das variantes em estudo. Muito especialmente em relação ao BNA, não parece ter sido ainda publicado qualquer trabalho que compare esta com qualquer das restantes variantes.

4.4. Dados referentes à economia motora

Valores mais ou menos pronunciados das variações intracíclicas da velocidade horizontal são frequentemente associados a diferenças na economia motora das técnicas. Kornecki e Bober (1978) desenvolveram um índice de variação da velocidade relativamente à velocidade média que designaram por índice de economia. Uma aproximação semelhante foi empreendida por Holmér (1979), Reischle et al. (1981) e Togashi e Nomura (1992). Todavia, não conhecemos nenhum trabalho que tenha verificado experimentalmente esta relação em natação. Acresce ainda que a quantidade de estudos relativos à comparação das variações da velocidade horizontal num ciclo entre diferentes variantes da técnica de braços, não parece encontrar paralelo no número de trabalhos consagrados ao estudo da respectiva economia relativa.

A economia relativa das variantes formal e natural da técnica de braços foi estudada indirectamente por Vilas-Boas (1987, 1990). Para o efeito foi considerada a variação dos valores médios da frequência cardíaca em estado de "equilíbrio fisiológico" (*steady-state*) com a velocidade de nado, em seis estádios de intensidades sub-máximas diferentes. Para além destes contributos, não encontramos na literatura qualquer outra aproximação a este problema.

Vilas-Boas (1987, 1990) estudou oito nadadores, quatro do sexo masculino e quatro do sexo feminino. Em cada sub-grupo sexual, dois nadadores eram especialistas do BF e dois do BN. Esta última variante era executada de acordo com as regras

anteriores à alteração de 1987 e, portanto, caracterizava-se por um movimento ondulatório de amplitude limitada face à impossibilidade dos nadadores imergirem completamente a cabeça.

Das conclusões deste trabalho destacamos:

(i) Para os valores de velocidade de nado considerados (entre 0.46 e 0.88 m . s⁻¹), o BF foi mais económico do que o BN para a maioria dos indivíduos.

(ii) Para a totalidade da amostra as diferenças observadas entre as duas variantes não evidenciaram significado estatístico.

(iii) A economia relativa das duas variantes variou de indivíduo para indivíduo.

(iv) Nem sempre a variante característica de um dado nadador foi a que se revelou mais económica.

(v) Qualquer das duas variantes não se mostrou significativamente mais económica para os indivíduos do sexo feminino ou para os indivíduos do sexo masculino.

Os resultados deste estudo sugerem ainda que, tal como foi observado em *crawl* (van Handel et al., 1988a), parece existir uma acentuada variabilidade interindividual da economia em brucos, não directamente imputável à variante considerada.

4.5. Sinopse dos argumentos apresentados

No Quadro 2 apresentamos, em síntese, os argumentos que, da revisão da literatura que realizámos nos pontos anteriores, se destacam em favor das diferentes variantes.

Muito embora o BF possa parecer “mais correcto” de acordo com apreciações predominantemente estéticas (Oppenheim, 1977; Thornton, 1977), o balanço dos argumentos discutidos parece favorecer as variantes naturais, especialmente o BN.

Como que a corroborar esta perspectiva Firby (1975) e Persyn et al. (1986) referiram ter constatado desenvolvimentos significativos da performance dos nadadores em consequência da passagem à utilização do BN, variante que, aliás, parece também proporcionar vantagens no domínio da estabilidade gestual (Firby, 1975). No entanto, Tourny (1992) defendeu a possibilidade do BN ser uma técnica mais complexa que, como tal, exige uma mais elevada capacidade de controlo motor. Apesar de tudo, Hallett (1978) e Fitzgerald (1982) concluíram que ambas as variantes parecem igualmente efectivas, devendo-se procurar desenvolver, em cada nadador, aquela que lhe for mais adequada (Fitzgerald, 1982).

Quadro 2. Quadro sinóptico dos argumentos que se destacam da revisão da literatura em favor do braços formal (BF), do braços natural (BN) ou do braços natural com recuperação aérea dos membros superiores (BNA).

| Argumento | Autores |
|---|---|
| A menor flexão máxima das coxas sobre o tronco é susceptível de permitir, no BN, uma forma mais hidrodinâmica (menor CD) e, portanto, uma força de arrasto (D) inferior à que implicará o BF. Este argumento, porém, parece carecer de confirmação experimental futura. | Sandino (1968); Firby (1975, 1985); Thornton (1977); Gross (1978); Hallett (1978); Curry (1979b); Colwin (1980); Maglischo (1982, 1985a); Alves (1984); Persyn et al. (1984); Vilas-Boas (1988) |
| A menor flexão máxima da anca no BN decorre de uma maior profundidade da bacia nesta fase. A conjugação destes dois aspectos parece, no entanto, não agravar nesta variante, relativamente ao BF, a área de secção máxima transversal à direcção do seu deslocamento (S). | Firby (1975); Maglischo (1982) |
| O valor médio de S por ciclo gestual parece ser, em consequência do movimento ondulatório do corpo, inferior no BN. | Persyn et al (1986); van Tilborgh et al. (1988); Colman et al. (1989); Colman e Persyn (1991); Persyn et al. (1992) |
| A recuperação dos membros superiores parece ser facilitada no BN relativamente ao BF. Este efeito parece ficar a dever-se a uma redução de S nesta fase; em consequência do prolongamento da elevação dos ombros empreendida no final da acção propulsiva e da mais importante emergência destes durante a fase de recuperação no BN. | Wilkie e Juba (1982) Fitzgerald (1982); Minxing (1984) |
| No BNA, a recuperação aérea dos membros superiores poderá ainda contribuir para uma mais acentuada redução da intensidade de D nesta fase particular do ciclo. | Maglischo (1982); Alves (1984) Suarez (1992) |
| Na fase de inspiração, a acentuada inclinação do tronco característica do BN parece não implicar um aumento da intensidade de D relativamente à posição mais horizontal do tronco no BF, dado que, naquela variante, a mais significativa emergência da porção superior do tronco parece permitir uma redução do valor de S. | Maglischo (1982); Minxing (1984); Colman e Persyn (1991) |
| Na fase de inspiração, a obliquação do tronco e o afundamento da bacia no BN, permitem que o início da recuperação dos membros inferiores se processe, contrariamente ao que ocorre no BF, sem qualquer flexão da anca, o que parece proporcionar uma forma mais hidrodinâmica e uma consequente redução da intensidade de D. | Persyn et al. (1979); Persyn et al. (1984); Costill et al. (1992) Alves (1984) |
| O movimento ondulatório do corpo no BN parece permitir que os movimentos segmentares propulsivos se realizem em água mais estável do que no BF. | Persyn et al. (1986); Colman et al. (1989) |
| O movimento ondulatório do corpo poderá, por si mesmo, contribuir para a mais elevada capacidade propulsiva das variantes naturais relativamente ao BF. | Persyn et al. (1992) |

(continua)

Quadro 2 (continuação)

| Argumento | Autores |
|---|---|
| A componente vertical ascendente do deslocamento "para fora" dos membros superiores é susceptível de se repercutir num impulso propulsivo superior nesta fase do BN, relativamente à mesma fase do BF. | van Tilborgh et al. (1988); Colman et al. (1989); Troup (1991a); Persyn et al. (1992) |
| Esta possibilidade, porém, é controversa | Thayer et al. (1986); Costill et al. (1992) |
| A tentativa de manter o tronco horizontal no BF, é susceptível de implicar uma desvalorização do primeiro tempo da fase de deslocamento "para dentro" do trajecto motor dos membros superiores, relativamente ao que ocorre no BN. | Maglischo (1982) |
| A maior amplitude e potência da fase de deslocamento "para dentro" dos membros superiores no BN relativamente ao BF, parece poder ter como consequência um impulso propulsivo superior nesta fase do BN. | Firby (1975) |
| A mais acentuada adução dos antebraços no final da acção propulsiva dos membros superiores no BN, parece favorecer o incremento da extensão daquela fase e, também, o seu efeito propulsivo relativamente ao que ocorre no BF. | Maglischo (1982) |
| A importante componente vertical descendente do trajecto motor dos membros inferiores no BN, parece favorecer a amplitude da acção propulsiva dos membros inferiores e a dominância, nesta, da força ascensional hidrodinâmica no BN relativamente ao BF. | Curry (1979b); Minxing (1984); Colman et al. (1989); Colman e Persyn (1991); Persyn et al. (1992) |
| Este efeito pode ainda ser mais acentuado no BNA | Suarez (1992) |
| A elevação da bacia decorrente da existência de uma componente vertical descendente importante na pernada do BN, parece reduzir o nível de aproveitamento do impulso propulsivo produzido em deslocamento horizontal do corpo, relativamente ao que é obtido com a pernada mais horizontal do BF. | Counsilman (1968) |
| No BN o movimento ondulatório do corpo repercute-se na realização de uma "pernada adicional", que se poderá traduzir num contributo propulsivo adicional. | Sandino (1968); Minxing (1984); Persyn et al. (1986) |
| Esta possibilidade, porém, é controversa | Fitzgerald (1982); Maglischo (1982) |
| O BN apresenta menos flutuações intracíclicas da velocidade do que o BF, o que constitui um argumento em favor de uma maior eficiência desta variante. | van Tilborgh et al. (1988); Colman et al. (1989); Colman e Persyn (1991) |
| Esta possibilidade, porém, é controversa | Fitzgerald (1982); Maglischo (1982); Persyn et al. (1992); Tourny (1992); Tourny et al. (1992). |

(continua)

Quadro 2 (continuação)

| Argumento | Autores |
|---|--------------------------------------|
| O BN é susceptível de, relativamente ao BF, fazer deslocar com o corpo do nadador uma massa de água inferior, reduzindo, assim, o efeito de "massa acrescentada" e, portanto, o trabalho e o dispêndio energético requeridos para acelerar o corpo. | Persyn et al. (1986) |
| Não foram, porém, encontradas diferenças significativas entre a economia motora das duas variantes | Vilas-Boas (1987); Vilas-Boas (1990) |
| O impulso resultante negativo máximo é superior no BF do que no BN. | van Tilborgh et al. (1988) |
| Durante a fase de deslocamento "para fora" dos membros superiores, o impulso resultante positivo é superior no BN, relativamente ao BF. | van Tilborgh et al. (1988) |
| Durante a fase de deslocamento "para fora" dos membros inferiores foi encontrado um impulso resultante negativo para o BN, enquanto que foi positivo para o BF. | van Tilborgh et al. (1988) |

Esta possível maior ou menor adequação de cada variante às características particulares de diferentes nadadores parece ser reforçada por alguns resultados. Colman et al. (1992) verificaram que, nos indivíduos do sexo masculino, o BF é utilizado preferencialmente pelos nadadores altos e com um elevado diâmetro bicristal, enquanto que nas nadadoras, o BN é preferencialmente utilizado pelas mais magras e de reduzida altura. Observaram ainda que a maior ou menor acentuação do movimento ondulatório está relacionada com os valores da força e amplitude articular específicas dos nadadores.

A principal particularidade do BN de que parecem decorrer a maioria das suas vantagens parece ser o movimento ondulatório do corpo (Minxing, 1984). Este, segundo Fitzgerald (1982), parece ser mais facilitado pelas características morfo-funcionais dos indivíduos do sexo feminino, razão pela qual se poderá justificar o facto do BN parecer ser melhor sucedido com as mulheres (Fitzgerald, 1982; Bergen, 1985). Colman et al. (1992) verificaram que, numa amostra de 16 nadadoras e 19 nadadores de nível internacional, os indivíduos do sexo feminino evidenciam amplitudes superiores do movimento ondulatório, tendo observado ainda que, nas nadadoras, a obliquidade do tronco relativamente à horizontal é mais pronunciada do que nos nadadores.

5. Definição e enquadramento dos problemas

"While the swimming speed is a function of both an optimal mean propelling force and an optimal propelling efficiency, one has to be able to combine with these aspects to produce an optimal swimming technique with respect to transformation of energy liberation into speed".

Keskinen (1990, p. 7)

5.1. Definição dos problemas

Segundo Reischle (1993, p.91) "a análise biomecânica quantitativa completa, como condição para a construção de um certo modelo técnico, é por agora impossível para as técnicas de natação, devido ao seu desenvolvimento complexo e às limitações dos métodos de medição".

Neste contexto, a integração de variáveis cinemáticas, dinâmicas e termodinâmicas no estudo de uma técnica, poderá constituir um passo decisivo para a sua modelação e, conseqüentemente, para a construção de uma base científica que permita alicerçar as decisões dos treinadores em bases progressivamente mais sólidas.

É neste contexto de integração que, das análises realizadas nos pontos anteriores, sobressaem os seguintes problemas:

(i) Apesar de estar actualmente disponível um volume de informação suficiente para permitir uma descrição geral das variantes formal e natural da técnica de braços e a distinção entre elas, a maioria dos dados decorre da investigação de casos particulares, ou da observação directa da execução de nadadores de elite, e não de análises sistemáticas e objectivas de padrões motores, que permitam distinguir as invariantes de cada técnica das interpretações pessoais. Estão já disponíveis, porém, alguns resultados obtidos nesta perspectiva (Colman e Persyn, 1991), mas não contemplam um número alargado de parâmetros respeitantes ao movimento dos segmentos propulsivos relativamente à água. A este problema acresce a conflitualidade de algumas descrições no que se refere a detalhes de execução característicos das diferentes variantes e a quase total inexistência de dados relativos às particularidades do braço natural com recuperação aérea dos membros superiores quando comparado quer com o braço natural, quer com o braço formal.

(ii) Os dados relativos às diferenças dos perfis de variações da velocidade horizontal característicos das variantes formal e natural da técnica de bruços são contraviosos e não contemplam o bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores. A maioria, de resto, reporta-se ao estudo de casos (van Tilborgh et al., 1988; Persyn et al., 1992; Tourny, 1992; Tourny et al., 1992). O mesmo é válido no que respeita à estimativa de variáveis dinâmicas características de cada variante e à respectiva comparação.

(iii) É particularmente saliente a inexistência de resultados directos acerca da economia relativa das variantes em estudo e, conseqüentemente, acerca das repercussões no custo energético de variações mais ou menos pronunciadas da velocidade horizontal.

5.2. Enquadramento dos problemas

Em continuação analisaremos a relevância individual e conjunta do estudo destes problemas para o entendimento da adequação mecânica das técnicas de nado.

5.2.1. Cinemática segmentar, propulsão e arrasto hidrodinâmico

"In the literature of swimming (...) there is still a lack of knowledge of statistical relevant movement characteristics"

Colman et al. (1989, p. 9)

O estado de movimento do nadador pode descrever-se pela equação (Cureton, 1971):

$$m * j = P - D \tag{1}$$

Na equação (1), m representa a massa do nadador, j a aceleração a que esta está sujeita, P a força propulsiva efectiva e D a força de arrasto oposta ao deslocamento do nadador. Sempre que $P = D$ a massa m não está sujeita a qualquer força inercial resultante ($m * j$), pelo que o seu estado de repouso ou de movimento se mantém constante (eg., a velocidade horizontal). Por outro lado, sempre que uma das duas forças evidencia uma intensidade superior à outra, a massa fica sujeita a uma aceleração j , durante o período t em que a força inercial actua sobre ela, o que se repercute numa elevação ou redução dos valores da velocidade de nado.

A definição do mecanismo responsável pela produção de P e dos factores que influenciam a sua intensidade é complexa. Num estudo anterior (Vilas-Boas, 1987) analisámos detalhadamente a evolução do conhecimento neste domínio e sistematizámos, ao tempo, o estado actual de conhecimentos. Desde então para cá

não parecem ter surgido contributos que introduzam noções novas ou alterem significativamente as concepções então enunciadas.

Em síntese, parece ser unanimemente aceite que os segmentos propulsivos do nadador actuam como asas de avião ou pás de hélice, sendo a força propulsiva efectiva produzida num dado momento definida pela componente na direcção do deslocamento da força resultante (R) das forças ascensional hidrodinâmica (L) e de arrasto hidrodinâmico propulsivo (Dp) a que estão sujeitos os segmentos propulsivos. Estas são forças que actuam perpendicularmente entre si e que têm origem em diferenças de distribuição da pressão hidrodinâmica exercida sobre o segmento propulsivo considerado. Estas diferenças de pressão, entretanto, decorrem de diferenças de velocidade de escoamento entre superfícies opostas de um corpo (em obediência ao teorema de Bernoulli), da forma deste e da sua orientação espacial relativamente à direcção do fluxo (Reischle, 1993).

Considerando que Dp actua na direcção do deslocamento do segmento mas em sentido oposto e que L lhe é perpendicular, P, quando maximizada (P = R), deverá exercer-se segundo uma direcção mais ou menos oblíqua relativamente ao trajecto motor segmentar, sendo essa obliquidade determinada pela intensidade relativa das suas duas componentes.

Assim sendo, os deslocamentos segmentares mais propulsivos deverão ser também oblíquos em relação à direcção de nado (Reischle, 1993), desempenhando o trajecto motor, desta forma, um papel crítico para a optimização mecânica da acção propulsiva. Nesta obliquidade, porém, as componentes do deslocamento transversais à direcção de nado deverão, teoricamente, prevalecer, uma vez que, desta forma, é minimizado o deslocamento antero-posterior do segmento relativamente à água e, conseqüentemente, o deslocamento do segmento relativamente ao corpo é maximamente convertido em deslocamento para a frente deste relativamente à água. Para que tal seja possível é necessário que L prevaleça relativamente a Dp, situação que de Groot e van Ingen Schenau (1988) e Toussaint (1992) mostraram repercutir-se numa elevação da eficiência propulsiva.

Esta dependência da acção propulsiva dos trajectos motores segmentares levou Colman e Persyn (1991) a defenderem a possibilidade do estudo dos movimentos segmentares relativamente a um referencial imóvel permitir interpretar o efeito propulsivo e resistivo de diferentes técnicas de nado.

L e Dp podem ser descritas pelas equações (2) e (3):

$$L = 1/2 \rho C_D v^2 S \quad (2)$$

$$Dp = 1/2 \rho C_D v^2 S \quad (3)$$

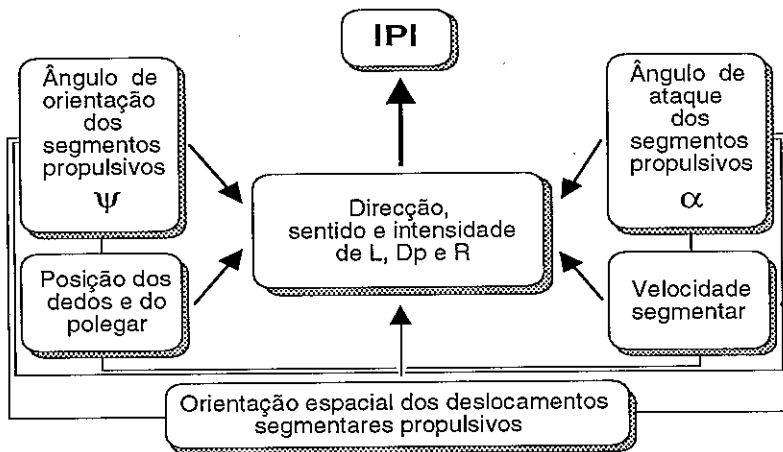
Nas equações (2) e (3), ρ representa a massa específica da água, S a área de secção

máxima do segmento propulsivo transversal à direcção de aplicação da força, v a velocidade do segmento relativamente à água e C_D o coeficiente de arrasto, grandeza adimensional que depende da forma, rugosidade e posicionamento relativamente à direcção do fluxo do segmento em questão.

A equação (3) descreve também a força de arrasto oposta ao deslocamento do nadador (D), a qual se exerce na mesma direcção mas em sentido oposto ao da força propulsiva efectiva (P).

Na Figura 12 apresentamos uma sistematização dos factores que influenciam a intensidade de P no contexto antes enunciado.

Figura 12. Diagrama sinóptico das variáveis de que depende a intensidade da força propulsiva efectiva (IPI). L = força ascensional hidrodinâmica; D_p = força de arrasto propulsivo; $R = L + D_p$ (adaptado de Vilas-Boas, 1987).



A concepção hidrodinâmica da propulsão do nadador a que nos referimos antes parece ter sido inicialmente proposta por Counsilman (1971), autor que se baseou na constatação de que, relativamente à água, os nadadores se propulsionam preferencialmente através da realização de deslocamentos segmentares obliquos à direcção de nado. Posteriormente, Schleihau (1974, 1976, 1977, 1979), Schleihau et al. (1983), Schleihau et al. (1988) e Wood (1979) realizaram estudos experimentais que validaram estas concepções. Reischle (1979) e Schleihau et al. (1988) puderam verificar, entretanto, que a capacidade para produzir força ascensional hidrodinâmica parece distinguir nadadores de níveis desportivos diferentes.

Para além do mecanismo anteriormente descrito e normalmente associado ao que se convencionou designar por teoria da força ascensional propulsiva (Hay, 1988) ou teoria do *aerofoil* (Pai, 1986), uma componente adicional da força propulsiva parece poder ser produzida por um outro fenómeno, designado por separação de vórtices

(Colwin, 1984, 1985a, b; Ungerechts, 1981, 1982, 1983, 1985a, b, 1987, 1988, 1992). A primeira concepção parece justificar satisfatoriamente a mecânica propulsiva em regimes de escoamento estável, enquanto que a segunda parece complementá-la para as fases de escoamento instável da água sobre os segmentos propulsivos, que ocorrem especialmente aquando de bruscas mudanças de direcção de deslocamento ou de pronunciada aceleração segmentar. Registe-se porém que, tal como já tivemos oportunidade de referir (Vilas-Boas, 1987), Reischle (1993) salienta que a teoria dos vórtices carece ainda de desenvolvimentos posteriores para se poder afirmar a sua consistência.

A determinação de P e de D em situações reais de nado tem sido tentada por vários autores. Para a determinação de P foram utilizados métodos dinamométricos directos em nado estacionário (Karpovich, 1933; Boxem, 1960; Mosterd e Jongbloed, 1962; Costill, 1966; Faulkner, 1966; Magel e Faulkner, 1967; Magel, 1970) ou frenado (Alley, 1952; Kruchoski, 1954; Counsilman, 1955; Thrall, 1960; Safarian, 1968; Zaciorsky e Safarian, 1972; Cazorla et al., 1984) e métodos alicerçados no processamento tridimensional de imagem vídeo (Schleihauf, 1974, 1976, 1977, 1979; Schleihauf et al., 1983; Schleihauf et al., 1988; Troup, 1991a, b). Por sua vez, para a determinação de D - normalmente designado arrasto activo, por oposição ao arrasto medido em posições estáticas - foram utilizados diferentes métodos (di Prampero et al., 1974; Clarys, 1979; Hollander et al., 1985a, b; Kolmogorov e Duplshcheva, 1992; Ungerechts e Niklas, 1993).

Todos estes métodos parecem apresentar limitações importantes. Relativamente aos métodos de determinação de P, saliente-se as alterações introduzidas nas relações hidrodinâmicas que se estabelecem entre a água e a mão (Alley, 1952) e o constrangimento do gesto técnico aquando do nado estacionário ou frenado. Por seu lado, os métodos que envolvem o processamento de imagem limitam-se à análise da acção propulsiva da mão, não permitindo quantificar o contributo propulsivo de outros segmentos ou decorrente de outros mecanismos hidrodinâmicos (eg., separação de vórtices). Acresce ainda que na análise da produção de P pela mão, estes métodos alicerçam-se em medidas hidrodinâmicas realizadas em túnel de vento sobre modelos impessoais de mãos. No que respeita aos métodos de determinação de D, a principal limitação prende-se com a impossibilidade de se determinar, atendendo ao estado actual do seu desenvolvimento, as variações da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico entre as diferentes fases do ciclo gestual de uma dada técnica. Por fim, em alguns casos, como por exemplo o *Measure Active Drag System* (Hollander et al., 1985a,b), o método só permite a avaliação da técnica de *crawl*.

Com base nos argumentos anteriores parece-nos ser licito afirmar que a determinação independente de P e de D para o estudo de uma técnica de nado e/ou para a comparação de diferentes técnicas, constitui uma tarefa de muito elevada complexidade, muito especialmente se se pretender discriminar P e D em cada uma

das diferentes fases de uma dada técnica e integrar as componentes propulsivas decorrentes de diferentes fenômenos hidrodinâmicos e de diferentes segmentos corporais. A este propósito Reischle (1993, p. 91) afirma que "as limitações dos métodos de medição impedem, entre outros aspectos, a definição completa dos momentos (...) de propulsão e de arrasto que resultam dos movimentos articulares". Colman et al. (1989) salientam também que a água coloca problemas específicos à observação e análise dos movimentos e que, mesmo que os movimentos pudessem ser observados com precisão, as forças aplicadas não poderiam ser medidas diretamente.

5.2.2. Impulso horizontal resultante e variações da velocidade horizontal num ciclo

"The intrastroke acceleration profile of a swimmer indicates where the swimmer utilizes effective propulsive actions to propel himself (...) forward through the water, and where the swimmer uses effective streamlining to reduce drag as the body moves through the water".

Mason et al. (1989, p. 257)

O conhecimento de P e D separadamente parece ser de grande importância para a análise das vantagens e desvantagens de diferentes modelos técnicos. Todavia, considerando as dificuldades associadas à determinação de ambas, os erros metodológicos normalmente implicados e as limitações específicas que os diferentes métodos evidenciam no estudo das técnicas descontínuas, van Tilborgh et al. (1988) optaram pelo estudo das variações de fase para fase da técnica de braços, da resultante de ambas - $F_{(P+D)}$ -, tendo calculado o impulso horizontal resultante por fase.

Considerando o período de tempo t correspondente a uma determinada fase do ciclo em que a massa do nadador está sujeita a uma aceleração j , o impulso horizontal resultante a que está sujeita é dado por:

$$I = F_{(P+D)} * t = m * j * t \quad (4)$$

Este impulso I é, então, a grandeza dinâmica responsável pela aceleração da massa m no período t , entre uma velocidade inicial v_0 e uma velocidade final v_t . Dito de outra forma, trata-se da grandeza dinâmica que explica as variações de velocidade ao longo de um ciclo. Schlehauf (1979) refere, nesta perspectiva, que as variações da velocidade horizontal de nado podem ser usadas para proporcionar um suporte adicional para os dados hidrodinâmicos calculados para a acção propulsiva das mãos.

5.2.3. Trabalho propulsivo, eficiência, economia motora e distância horizontal percorrida por ciclo

"(...) the measurement and evaluation of swimming economy has great practical information that both coach and scientist can benefit from"

Troup e Daniels (1986, p. 8)

Para que a força P produzida pelo nadador possa, pelo menos, compensar D, é necessário que o nadador realize trabalho, dispendendo energia. P, entretanto, é uma força especialmente determinada por factores hidrodinâmicos. Destes, a velocidade do movimento dos segmentos propulsivos relativamente à água e a correcta orientação espacial dos mesmos são consequência do trabalho muscular realizado através da contração das unidades motoras. Com a contração muscular o nadador transforma energia química, sob a forma de ATP, em energia mecânica, num processo entrópico que justifica a noção de eficiência contráctil (Cavanagh e Kram, 1985a, b).

Aceitando um determinado quadro metabólico limitativo da *performance*, quanto mais elevada for a percentagem da energia química dispendida que o nadador possa utilizar para fins propulsivos, é de esperar, em termos simplistas, que possa cobrir mais rapidamente uma dada distância, possa nadar durante mais tempo a uma dada velocidade média, ou consumir menos energia para nadar a essa velocidade.

Analiseemos mais detalhadamente estas relações.

Assumindo a velocidade de nado como constante v , o trabalho propulsivo (w_p) realizado pelo nadador num ciclo é dado (Nigg, 1983) pela equação (5):

$$w_p = \int_0^{DC} D * dx \quad (5)$$

Na equação (5), DC representa a distância horizontal percorrida num ciclo e dx representa o deslocamento do ponto de aplicação da força.

Sendo $dx = v * dt$ e t a duração do ciclo, se aceitarmos que a equação (3) pode ser escrita como $D = a * v^2$, onde $a = 1/2 \rho C_D * S$, a equação do trabalho realizado num ciclo vem (Nigg, 1983):

$$w_p = \int_0^t a * v^3 * dt \quad (6)$$

Uma vez que a velocidade horizontal de nado não é constante, para além do trabalho requerido para vencer o arrasto hidrodinâmico a uma velocidade constante é ainda necessário considerar o trabalho correspondente às variações de velocidade (Δv) observadas no intervalo de tempo t (Nigg, 1983):

$$w_p = \int_0^t a [v_0 + \Delta v(t)]^3 dt \quad (7)$$

A potência mecânica propulsiva (\dot{w}_p) produzida num ciclo será, então:

$$\dot{w}_p = \frac{1}{T} \int_0^t a [v_0 + \Delta v(t)]^3 dt \quad (8)$$

Todavia, para além do trabalho requerido para a propulsão, o nadador realiza também trabalho ao fazer variar a energia cinética da massa de água na qual se desloca (Toussaint, 1988, 1992; Troup, 1991a), o qual deve ser adicionado ao trabalho propulsivo para se calcular o trabalho total e a potência mecânica total (\dot{w}_T) produzida pelo nadador. A razão entre a potência propulsiva e a potência mecânica total produzida pelo nadador designa-se por eficiência propulsiva (e_p) (Alexander e Goldspink, 1977; de Groot e van Ingen Schenau, 1988; Huijing et al., 1983; van Ingen Schenau e Cavanagh, 1990; Toussaint, 1988, 1992; Toussaint et al, 1988; Troup, 1991a):

$$e_p = \dot{w}_p * \dot{w}_T^{-1} \quad (9)$$

A eficiência mecânica propulsiva expressa a percentagem da potência mecânica total produzida pelo nadador que é utilizada para a propulsão. Como referimos antes, de Groot e van Ingen Schenau (1988) e Toussaint (1992) mostraram que a prevalência de L relativamente a D_p na produção de P se repercute numa elevação da eficiência propulsiva. Segundo estes autores, a potência mecânica correspondente ao trabalho realizado sobre a água durante a acção propulsiva ($\dot{w}_{H_2O} = \dot{w}_T - \dot{w}_p$) é tradutível pela perda de potência decorrente do trabalho negativo realizado pela força de resistência oposta pela água ao deslocamento do segmento propulsivo (R), isto é:

$$\dot{w}_{H_2O} = R * v_{(m\tilde{a}o)} * \cos \beta \quad (10)$$

Na equação (10), β representa o ângulo formado pela linha de acção de R com a direcção de deslocamento da mão. Quanto maior a importância relativa de D_p mais β se aproxima de 180° e o $\cos \beta$ de -1 . Em contrapartida, quanto mais elevada for a importância de L relativamente a D_p mais β se aproxima de 90° e o $\cos \beta$ de 0 ,

reduzindo \dot{w}_{H_2O} e elevando e_p .

Para produzir \dot{w}_T o nadador necessita de energia, a qual provém, como referimos, da transformação de energia química em energia mecânica através do metabolismo energético e da contracção muscular. Esta energia (\dot{E}) é produzida aeróbia e anaerobiamente nos músculos através da oxidação dos nutrientes e constitui o *input* energético do sistema (Troup, 1991a; Toussaint, 1992).

A razão entre \dot{w}_T e \dot{E} designa-se por eficiência mecânica (e_m) e expressa a percentagem do *input* energético que é utilizada para realizar trabalho (Miller, 1975; van Ingen Schenau e Cavanagh, 1990; Toussaint et al, 1990; Troup, 1991a; Toussaint, 1992):

$$e_m = \dot{w}_T * \dot{E}^{-1} \quad (11)$$

Utilizando o MAD-system ($\dot{w}_T = \dot{w}_P$), Toussaint (1988, 1990, 1992) e Toussaint et al. (1990) mostraram que, em *crawl*., \dot{w}_T e \dot{E} se correlacionam positivamente com elevado significado estatístico (valores de r entre .89 e .94) e que as rectas de regressão calculadas para grupos de nível desportivo diferenciado não se distinguem entre si. Os valores de e_m obtidos oscilaram entre 8.5 e 9.7%. Em contrapartida, vários autores observaram que a eficiência mecânica propulsiva total ($e_{mT} = \dot{w}_P * \dot{E}^{-1}$) varia directamente com o nível desportivo dos nadadores (Karpovich e Millman, 1944; Andersen, 1960; Adrian et al., 1966; Holmér, 1972; di Prampero et al., 1974; Pendergast et al., 1977), de onde se pode concluir que a energia transferida para a massa de água durante o nado parece diferenciar nadadores de nível desportivo diferente. Toussaint (1990) verificou experimentalmente esta hipótese, tendo constatado que e_p é significativamente superior nos nadadores (60.8, $\pm 6.1\%$) do que nos triatletas (43.6, $\pm 3.4\%$).

Se, por razões de simplicidade, se considerar a velocidade de nado como constante (di Prampero et al., 1974; de Groot e van Ingen Schenau, 1988), as equações do trabalho propulsivo e da potência vêm:

$$W_P = D * X \quad (12)$$

e

$$\dot{w}_P = D * v \quad (13)$$

Se se considerar que a equação da potência mecânica propulsiva pode ser descrita tendo por base a potência metabólica (\dot{E}) e a eficiência mecânica propulsiva total ($e_{mT} = \dot{w}_P * \dot{E}^{-1} = e_p * e_m$), pode escrever-se:

$$\dot{w}_p = \dot{E} * e_{mT}^{-1} \quad (14)$$

e

$$D * (e_p * e_m)^{-1} = \dot{E} * v^{-1} \quad (15)$$

A relação estabelecida na equação (15) foi verificada experimentalmente por Pendergast et al. (1977) numa amostra de 46 nadadores e 26 nadadoras e explica a validade da regressão do dispêndio energético com a velocidade como medida quantitativa da adequação mecânica da técnica de nado (cf. ponto 9.1.4.). Anteriormente, porém, já Schmidt-Nielsen (1972) definira o custo energético específico de transporte como medida da habilidade técnica em natação e noutras formas de locomoção.

Alguns autores sustentam que a economia motora é decisiva sobretudo para provas de natação de mais longa distância (Magel e McArdle, 1970). Montpetit et al (1988b) referem que a economia é um importante pressuposto do rendimento desportivo em natação em provas de 400m e de 200m e, em menor grau, para provas de 100m. Referem ainda que, na técnica de bruços, apesar da economia ser decisiva, a potência muscular pode também desempenhar um papel crítico.

Todavia, a economia parece permitir distinguir, após correcção para outros factores que a influenciem (Chatard et al., 1990a, b, 1992), nadadores de nível desportivo diferente independentemente da especialidade competitiva (Karpovich e Millman, 1944; Holmér, 1972, 1974; di Prampero et al., 1974; Pendergast et al., 1977; Montpetit et al., 1983; Costill et al., 1985; Lavoie et al., 1985; Cazorla e Montpetit, 1988; van Handel et al., 1988a; Montpetit et al., 1988a, b; Troup, 1991a). Nesta conformidade, a economia deve ser entendida como um dos factores decisivos do rendimento desportivo em natação, permitindo que, num dado contexto bioenergético limitativo da prestação desportiva, um nadador mais económico possa deslocar-se a uma velocidade média superior durante a prova; isto é, quanto mais elevada for a economia, mais elevada será a velocidade máxima potencial (Troup, 1991a). Nesta perspectiva Cazorla et al. (1985) referem que se um nadador dispender menos energia do que outros a uma velocidade dada e puder ainda dispor de uma potência metabólica elevada, todas as esperanças lhe são permitidas. Di Prampero (1986) expressa esta relação pela igualdade (16), onde E representa o custo energético requerido para nadar um metro a essa velocidade:

$$v_{m\acute{a}x.} = \dot{E}_{m\acute{a}x} * E^{-1} \quad (16)$$

Desenvolvendo as equações (14) e (15) em ordem a \dot{E} determinado para uma dada velocidade, chega-se a (Troup, 1991a):

$$\dot{E} = \dot{w}_p * (e_p * e_m)^{-1} \quad (17)$$

Das equações (15) e (17) pode concluir-se que, para uma dada velocidade de nado, o *input* energético requerido é tanto menor quanto menor for a intensidade de D e quanto mais elevados forem os valores de e_p e de e_m . Se se considerar ainda que o trabalho propulsivo total é, tal como é descrito na equação (7), também influenciado pelas variações de velocidade $[\Delta v(t)]$, verifica-se que esta última variável determina também o custo energético do nado a uma dada velocidade média. Togashi e Nomura (1992) salientam que maiores variações da velocidade horizontal num ciclo implicam dispêndios energéticos mais elevados e Kornecki e Bober (1978), Holmér (1979) e Reischle et al. (1981) utilizaram as variações de velocidade como indicadores de economia.

Vários autores (Costill et al., 1985; Lavoie et al., 1985; Smith et al., 1988; McMurray et al., 1990) preconizaram que a distância horizontal percorrida por ciclo a uma dada velocidade constitui também um indicador global da adequação mecânica do gesto em natação.

Rearranjando a equação (9) obtêm-se:

$$\dot{w}_p = e_p * \dot{w}_T \quad (18)$$

Aceitando que $D = a * v^2$ e considerando a equação (13), pode escrever-se:

$$a * v^3 = e_p * \dot{w}_T \quad (19)$$

Sendo v dada pelo produto entre a distância horizontal percorrida num ciclo (DC) e a frequência gestual (FG), a equação (19) pode ser escrita (Toussaint, 1992):

$$DC^3 * FG^3 = (e_p * \dot{w}_T) * a^{-1} \quad (20)$$

Aceitando que a potência mecânica total (\dot{w}_T) pode ser expressa pelo produto entre o trabalho total realizado num ciclo (w_T) e a frequência gestual, obtemos:

$$DC^3 = (e_p * w_T * FG) * (a * FG^3)^{-1} \quad (21)$$

Desenvolvendo (21) em ordem a DC obtêm-se (Toussaint, 1992):

$$DC = \sqrt[3]{(e_p * w_T) * (a * FG^2)} \quad (22)$$

Da equação anterior conclui-se que, para uma dada velocidade de nado, a distância horizontal percorrida por ciclo cresce com a eficiência mecânica propulsiva e com o trabalho total realizado num ciclo, sendo negativamente condicionada pelo arrasto hidrodinâmico (a) e pela frequência gestual (Toussaint, 1992).

Das relações antes enunciadas percebe-se que, para a análise comparativa de

diferentes técnicas de nado, é crítico o estudo de parâmetros quer biomecânicos, quer fisiológicos e, sobretudo, o estudo das suas inter-relações. A este respeito, Reischle (1993, p. 21) afirma que, na avaliação das técnicas de nado, "(...) o investigador tem de trabalhar primeiro (...), entre outras, as relações biomecânicas e fisiológicas". Cazorla et al. (1985) vão mais longe e referam que, em natação, a determinação da economia motora reveste um papel impar no quadro das diferentes modalidades desportivas, uma vez que objectiva a interacção de todos os factores biomecânicos e bioenergéticos determinantes do desempenho desportivo.

5.2.4. Conteúdo informativo dos movimentos segmentares, das curvas de variação da velocidade num ciclo da economia e da distância horizontal percorrida por ciclo

O anteriormente exposto pode resumir-se na seguinte sistematização do conteúdo informativo dos movimentos segmentares, das curvas de variação da velocidade horizontal num ciclo, da economia motora e da distância horizontal percorrida por ciclo:

(i) Segundo Barthels (1982), o estudo da cinemática segmentar é de grande importância em biomecânica da natação, nomeadamente no que respeita à definição de invariantes características de diferentes técnicas. Neste contexto, a autora destacou a necessidade destes estudos contemplarem os movimentos realizados em mais do que um plano, dada a natureza marcadamente tridimensional do gesto. Por seu lado, Ungerechts (1990a) refere que em biomecânica da natação é decisivo o estudo da cinemática segmentar e, sobretudo, fazê-lo em referência à massa de água. Apesar da técnica de nado envolver questões mais complexas (eg. sincronização, posição relativa e orientação espacial dos segmentos corporais, etc.), os trajectos propulsivos e de recuperação dos segmentos propulsivos desempenham um papel determinante na sua definição (Cazorla et al., 1985). Inclusivamente, a maioria das descrições das técnicas de nado que se podem encontrar na literatura alicerçam-se neles ou atribuem-lhes uma importância destacada, a ponto de servirem de base para a definição das diferentes fases da técnica (Wiegand et al., 1975; Persyn et al., 1979). Esta importância pode ser justificada pelo facto de, como referimos, os movimentos segmentares relativamente à água estarem marcadamente associados à capacidade individual para a produção de força propulsiva, seja, para escoamentos estáveis, de acordo com o enunciado da teoria do *aerofóil*, seja, para escoamentos instáveis, de acordo com o preconizado pela teoria dos vórtices. A este propósito Reischle (1993, p. 130) chegou mesmo a afirmar que "com um trajecto aquático dado pode estimar-se em qualquer momento a direcção da força resultante", o que, de resto, foi ensaiado por Valiant et al. (1982).

(ii) Não se conhecendo, em cada momento, a intensidade de L , D_p e D_e e o contributo propulsivo eventualmente decorrente da separação de vórtices, o estudo dos perfis de variação da velocidade horizontal de nado ao longo de um ciclo, permite obter informações dinâmicas alternativas, neste caso relativas à intensidade da força

resultante de P e D em cada fase do ciclo. $F_{(P+D)}$, de resto, parece ser uma variável mais decisiva na comparação de diferentes variantes de uma mesma técnica do que qualquer uma das restantes considerada isoladamente (van Tilborgh et al., 1988). A este propósito, Troup (1991a, p. 118) referiu que "o primeiro passo na avaliação de uma técnica de nado é a determinação das flutuações da velocidade durante um ciclo" e Colman e Persyn (1991) consideraram os impulsos horizontais resultantes por fase como um critério fundamental para a avaliação da eficiência de uma técnica de nado, nomeadamente da técnica de bruços.

(iii) O valor absoluto dos impulsos resultantes positivos e negativos e a forma como se sucedem no tempo, são variáveis que decorrem directamente da qualidade das acções propulsivas e resistivas consideradas isoladamente e da sincronização entre elas, determinando variações mais ou menos pronunciadas da velocidade horizontal ao longo de um ciclo. As repercussões conjuntas de: (i) diferentes perfis de variação da velocidade horizontal; (ii) de diferentes intensidades de D e (iii) níveis diferentes de aproveitamento da força resultante de L e D_p em P (e_p), parecem poder ser analisados através do estudo das curvas de economia, ou mesmo através dos valores da distância horizontal percorrida por ciclo considerando uma velocidade de nado dada. Estes dois parâmetros mostraram-se correlacionados para as técnicas de *crawl* (Costill et al., 1985; Lavole et al., 1985), costas (Smith et al., 1988), bruços e mariposa (McMurray et al., 1990). Colman e Persyn (1991) foram mais longe e consideraram que a distância horizontal percorrida em cada fase do ciclo, expressa em percentagem da distância horizontal total percorrida no mesmo, constitui também um critério de eficiência no contexto da avaliação objectiva da técnica de bruços.



6. Objectivos

De acordo com o anteriormente exposto, o objectivo geral do nosso trabalho experimental consistiu na caracterização e comparação das variantes formal, natural e natural com recuperação aérea dos membros superiores da técnica de bruços.

A concretização deste objectivo foi procurada através dos seguintes objectivos específicos:

(i) Caracterização e comparação das três variantes, tendo por base a cinemática, referenciada a um ponto fixo, da mão, do pé e da anca em diferentes planos.

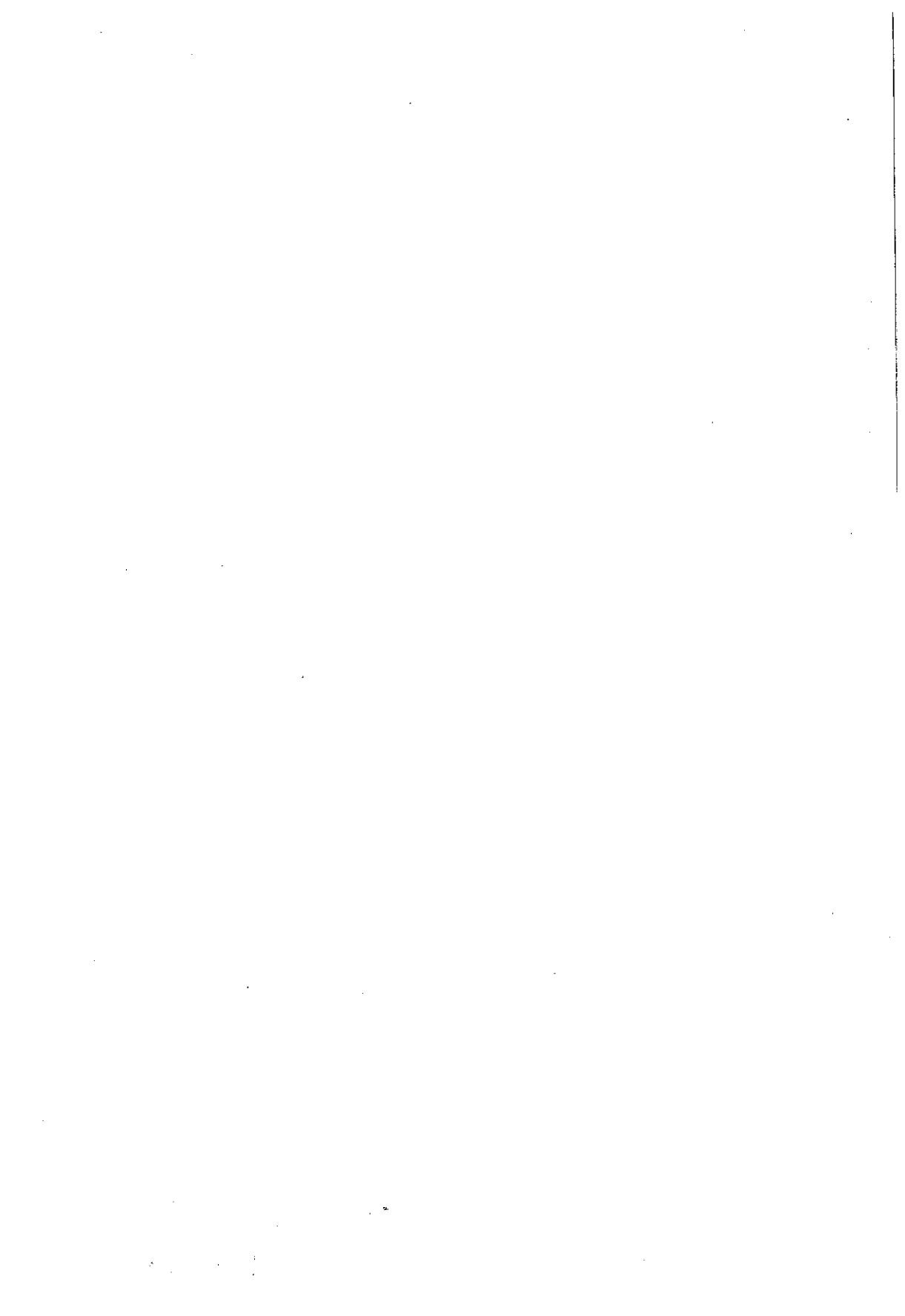
(ii) Caracterização e comparação das três variantes, tendo por base as curvas de variação da velocidade horizontal da anca ao longo de um ciclo e outros parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos calculados ou estimados a partir delas, como sejam a duração de cada fase, a distância horizontal percorrida por fase, a aceleração média por fase e o impulso horizontal resultante por fase.

(iii) Caracterização e comparação das três variantes através das curvas de economia da locomoção aquática características de cada uma.

Para além destes objectivos, procurámos ainda:

(iv) Analisar a existência de interdependências entre os parâmetros estudados, nomeadamente entre:

- a distância horizontal percorrida por ciclo e a amplitude dos deslocamentos antero-posteriores da mão e do pé durante os respectivos trajectos motores;
- as características da cinemática segmentar e, quer os impulsos horizontais resultantes, quer a aceleração horizontal média por fase;
- as variações de velocidade num ciclo relativizadas à velocidade média e, quer o custo energético, quer os parâmetros relativos à cinemática segmentar;
- o custo energético, a distância horizontal percorrida por ciclo e a cinemática segmentar característica de cada variante.



7. Material e métodos

7.1. Caracterização da amostra

7.1.1. Caracterização geral

A amostra foi constituída por 13 nadadores, 7 do sexo feminino e 6 do sexo masculino. Do ponto de vista racial e de acordo com uma apreciação somatoscópica, todos os indivíduos foram incluídos no grupo caucasóide.

As características gerais da amostra são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3. Idade, peso, altura e somatotipo dos indivíduos que constituíram a amostra. São apresentados os valores médios (\bar{X}) e respectivos desvios padrão (\pm) por sexo (F = feminino e M = masculino) e para a totalidade (Total) da amostra. Endo = endomorfismo; Meso. = mesomorfismo; Ecto. = ectomorfismo.

| Nadador | Sexo | Idade (anos) | Peso (kg) | Altura (cm) | Somatotipo | | |
|-----------|-------|-----------------|--------------|----------------|------------|-------|-------|
| | | | | | Endo. | Meso. | Ecto. |
| A | F | 15 | 58.0 | 164 | 2.24 | 2.88 | 2.43 |
| B | F | 13 | 52.0 | 162 | 2.27 | 2.80 | 3.19 |
| C | F | 14 | 52.5 | 164 | 2.48 | 1.56 | 3.48 |
| D | F | 18 | 63.5 | 165 | 3.27 | 4.05 | 1.69 |
| E | F | 14 | 58.0 | 170 | 2.66 | 4.72 | 3.57 |
| F | F | 15 | 52.0 | 163 | 2.33 | 3.27 | 3.39 |
| G | F | 13 | 42.0 | 154 | 2.52 | 3.17 | 3.85 |
| \bar{X} | F | 14.6 | 54.0 | 163.1 | 2.54 | 3.21 | 3.09 |
| \pm | | 1.72 | 6.79 | 4.78 | 0.36 | 0.99 | 0.76 |
| H | M | 15 | 55.0 | 164 | 1.62 | 4.12 | 2.99 |
| I | M | 18 | 79.0 | 185 | 2.20 | 3.23 | 2.98 |
| J | M | 19 | 70.0 | 175 | 2.10 | 4.52 | 2.50 |
| L | M | 17 | 59.5 | 174 | 2.00 | 2.72 | 4.05 |
| M | M | 19 | 66.5 | 171 | 1.43 | 5.28 | 2.32 |
| N | M | 15 | 62.0 | 169 | 1.32 | 5.65 | 2.68 |
| \bar{X} | M | 17.2 | 65.3 | 173 | 1.78 | 4.25 | 2.92 |
| \pm | | 1.83 | 8.51 | 7.07 | 0.37 | 1.14 | 0.61 |
| \bar{X} | Total | 15.8 | 59.2 | 167.7 | — | — | — |
| \pm | | 2.17 | 9.37 | 7.64 | — | — | — |

As idades dos indivíduos que constituíram a amostra estavam compreendidas entre 13 e 19 anos, tendo o valor médio sido de 15.8 (± 2.17) anos. O peso ($\bar{X} = 59.2, \pm 9.37$ kg) variou entre 42.0 e 70.0 kg e a altura ($\bar{X} = 167.7, \pm 7.64$ cm) entre 154 e 185 cm.

O somatotipo foi determinado de acordo com a técnica antropométrica de *Head-Carter*, descrita por Ross et al. (1982).

Após consentimento formal dos clubes, treinadores e dos próprios indivíduos ou dos respectivos encarregados de educação, todos os nadadores se sujeitaram voluntariamente ao estudo, tendo sido previamente informados acerca dos procedimentos experimentais e de eventuais riscos a eles associados.

7.1.2. Caracterização desportiva

Na época desportiva em que se realizaram as experiências, todos os nadadores participaram nos campeonatos nacionais da especialidade em representação de 4 clubes diferentes e realizaram, em média, 7,4 (± 1.45) unidades de treino semanais.

O nível desportivo dos indivíduos que compuseram a amostra (Quadro 4) foi caracterizado de três formas: (i) através da classificação dos melhores tempos individuais nas provas de 100 e 200m segundo uma escala de 1 a 5 determinada com base no *Ranking Nacional 1990/91* (50 melhores tempos absolutos); (ii) através da expressão dos referidos tempos de prova em percentagem do recorde nacional da categoria e (iii) do recorde nacional absoluto para todas as piscinas.

A amostra integrou a 4ª classificada nos 100m bruços nos Campeonatos da Europa de Juniores 92, campeã e recordista junior de Portugal nos 100 e 200m bruços (em todas as piscinas e em piscina de 50m) e campeã e recordista absoluta de Portugal nos 100m (piscina de 50m e todas as piscinas) e 200m (piscina de 50m). Para além desta nadadora, foram ainda incluídos na amostra o vice-campeão nacional absoluto de 1992 nos 100m bruços, a recordista nacional junior dos 400m estilos para todas as piscinas e a detentora dos recordes nacionais de 200m bruços infantis em piscina de 50m e de 100m bruços juvenis em todas as piscinas e em piscina de 50m.

Dos 13 indivíduos, 5 utilizavam normalmente em competição a variante formal da técnica de bruços, 4 a variante natural e os restantes 4 a variante natural com recuperação aérea dos membros superiores.

A determinação da variante característica de cada nadador foi realizada em dois tempos: (i) através de um questionário passado aos próprios e preenchido com a colaboração dos respectivos treinadores e (ii) através da observação de registos vídeo (VT) sub-aquáticos e de superfície, tendo por base as características distintivas das três variantes que foram previamente sistematizadas com base na revisão da literatura (cf. 3.2.2.2.4. e 3.2.2.3.). Este procedimento foi conforme às indicações de Hoffman (1976) para este tipo de análise.

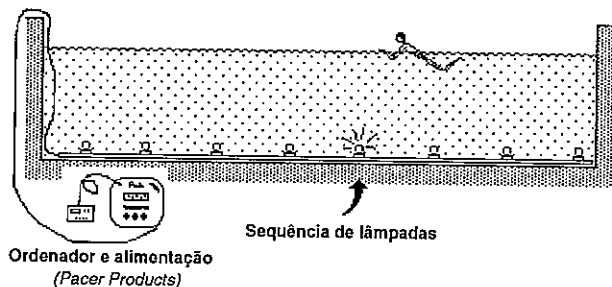
Quadro 4. Sexo, categoria (Cat.), número de anos de treino, nível desportivo e variante da técnica de braços característica dos indivíduos que constituíram a amostra. São apresentados também os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) por sexo e para a totalidade da amostra. F = feminino; M = masculino; RN Cat. = recorde nacional de categoria; RN Abs. = recorde nacional absoluto; Var. = variante característica; BN = braços natural; BNA = braços natural com recuperação aérea dos membros superiores; BF = braços formal.

| Nadador | Sexo | Cat. | Anos de treino | Nível desportivo | | | | | | |
|-----------|-------|------|----------------|------------------|------|-----------|-------|-----------|-------|------|
| | | | | Ranking | | % RN Cat. | | % RN Abs. | | Var. |
| | | | | 100 | 200 | 100 | 200 | 100 | 200 | |
| A | F | Jun | 8 | 4 | 4 | 104.7 | 103.6 | 104.7 | 105.7 | BN |
| B | F | Juv | 5 | 3 | 4 | 106.5 | 104.8 | 108.4 | 107.0 | BN |
| C | F | Jun | 6 | 4 | 3 | 103.9 | 111.0 | 106.0 | 113.3 | BNA |
| D | F | Sen | 12 | 5 | 5 | 101.1 | 103.3 | 101.5 | 103.3 | BN |
| E | F | Jun | 7 | 5 | 5 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.5 | BNA |
| F | F | Jun | 9 | 3 | 3 | 111.5 | 113.4 | 111.5 | 113.9 | BNA |
| G | F | Juv | 5 | 2 | 2 | 113.2 | 113.5 | 115.5 | 115.8 | BN |
| \bar{X} | F | — | 7.4 | 3.7 | 3.7 | 105.8 | 107.1 | 106.8 | 108.5 | — |
| \pm | — | — | 2.51 | 1.11 | 1.11 | 4.97 | 5.45 | 5.47 | 5.87 | — |
| H | M | Juv | 7 | 3 | 3 | 107.4 | 107.3 | 115.1 | 116.0 | BF |
| I | M | Sen | 9 | 3 | 3 | 111.9 | 113.1 | 111.9 | 113.1 | BF |
| J | M | Sen | 9 | 4 | 3 | 105.6 | 113.4 | 105.6 | 113.4 | BF |
| L | M | Sen | 6 | 3 | 2 | 115.1 | 120.6 | 115.1 | 120.6 | BF |
| M | M | Sen | 10 | 5 | 5 | 102.9 | 104.3 | 102.9 | 104.3 | BF |
| N | M | Juv | 7 | 3 | 3 | 105.9 | 105.3 | 113.5 | 113.8 | BNA |
| \bar{X} | M | — | 8.0 | 3.5 | 3.2 | 108.1 | 110.7 | 110.7 | 113.5 | — |
| \pm | — | — | 1.55 | .84 | .98 | 4.52 | 6.21 | 5.19 | 5.32 | — |
| \bar{X} | Total | — | 7.7 | 3.6 | 3.5 | 106.9 | 108.7 | 108.6 | 110.8 | — |
| \pm | — | — | 2.06 | .96 | 1.05 | 4.72 | 5.86 | 5.50 | 5.99 | — |

7.1.2.1. Registos vídeo para determinação da variante característica

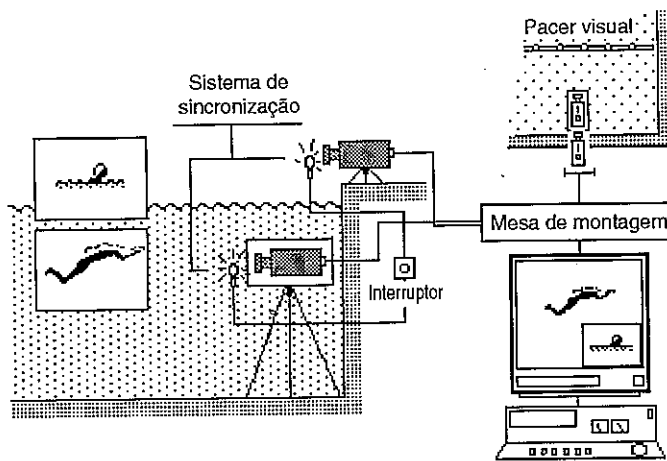
Para os registos em VT, cada nadador realizou, em cada uma das variantes, três percursos de 25m à velocidade média de nado em competição para o melhor tempo em 200m. Em cada percurso a velocidade foi regulada visualmente através de um dispositivo colocado no fundo da piscina (Figura 13) e composto por um conjunto de lâmpadas colocadas em linha, que acendiam sucessivamente a intervalos de tempo pré-programados num ordenador (Pacer Products). Entre cada percurso foi observado um intervalo de recuperação de, pelo menos, 5mn.

Figura 13. Representação esquemática do sistema utilizado para a regulação da velocidade de nado (Pacer Products).



Os procedimentos utilizados para a captação de imagens quer sub-aquáticas quer de superfície, e para a respectiva montagem, é esquematicamente descrito na Figura 14. Para a captação de imagens sub-aquáticas foi utilizada uma câmara Sony CCD-F455 montada numa caixa estanque Sony modelo MPK-F340. Para a captação de imagens de superfície utilizámos uma câmara Sony CCD-V5000E. Ambas as câmaras foram reguladas para uma velocidade de obturação de 1/250. Os eixos ópticos das câmaras foram mantidos perpendicularmente ao eixo de deslocamento do nadador. As câmaras foram sincronizadas através de uma lâmpada colocada em frente de cada câmara e acesas simultaneamente através de um mesmo interruptor (Dupuis et al., 1979; Wakayoshi et al., 1992). As imagens das duas câmaras foram depois integradas num mesmo visor através de uma mesa de montagem Sony RM-E700 e um misturador de efeitos Sony XV-C900.

Figura 14. Representação esquemática do procedimento utilizado para a captação de imagens sub-aquáticas e de superfície e para a respectiva montagem.



As imagens registadas em 8mm foram posteriormente transformadas em registos U-MATIC (Sony VO-4800PS), permitindo a leitura de 50 imagens por segundo.

7.2. Protocolos experimentais

7.2.1. Preparação técnica preliminar da amostra

Apesar dos nadadores terem experiência prévia de todas as variantes da técnica de braços em estudo, antes da implementação do protocolo experimental foram todos

sujeitos, durante um período de 2 semanas, a um treino técnico diário nas variantes da técnica de bruços que não lhes eram características. Este treino foi baseado nos critérios de execução de cada variante (cf. 3.2.2.) e foi dirigido pelo treinador de cada nadador. A extensão do mesmo foi determinada pela condição de, no final do processo, todos os nadadores interpretarem de forma natural e correcta as três variantes.

O objectivo deste procedimento foi aproximar tanto quanto possível o nível individual de execução técnica de cada uma das variantes, por forma a, independentemente do equilíbrio da amostra no que respeita ao número de especialistas de cada variante, minimizar a previsível afectação das comparações intraindividuais por diferentes níveis individuais de desempenho em cada uma das variantes.

A sujeição ao protocolo experimental ocorreu nas 6 semanas subsequentes ao referido período de treino, correspondendo à fase inicial de preparação para a época desportiva de verão 1991/92.

7.2.2. Definição e envolvimento

Para a concretização deste estudo realizámos 5 fases de recolha de dados: (i) caracterização desportiva e técnica da amostra; (ii) registo dos traçados luminosos contínuos dos movimentos da mão, do pé e da anca em diferentes planos para cada uma das variantes; (iii) registo do traçado luminoso intermitente da cintura pélvica de cada nadador no plano frontal, executando cada uma das variantes; (iv) registo da força propulsiva máxima em nado estacionário de bruços e (v) determinação do consumo energético a diferentes velocidades em cada uma das variantes da técnica de bruços.

Os dados recolhidos permitiram-nos caracterizar e comparar as três variantes no que respeita: (i) às trajectórias da mão, do pé e da anca em diferentes planos; (ii) às variações, ao longo de um ciclo gestual, da velocidade horizontal da cintura pélvica e de parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos a ela associados; (iii) à economia motora e (iv) às relações existentes entre os diferentes parâmetros analisados. O registo da força propulsiva máxima em nado estacionário foi realizado para analisar a fidelidade dos resultados proporcionados através do estudo das curvas de variação da velocidade horizontal.

Todos os testes de nado foram realizados em piscina coberta e aquecida (25x10m), tendo a variação máxima da temperatura da água nos diferentes dias de testagem sido de 1.5° (entre 26 e 27.5°C), da humidade relativa de 12% (entre 62 e 74%) e da pressão atmosférica de 8.3mmHg (entre 771.2 e 779.5mmHg).

7.2.3. Trajectórias da mão, do pé e da anca em diferentes planos

Para registar as trajectórias da mão do pé e da anca, utilizámos o método do registo fotográfico do traçado luminoso, normalmente designado por "light-trace", e inicialmente descrito por Brown e Counsilman (1970) para a análise dos movimentos segmentares dos nadadores.

Através deste método, estudámos o movimento da anca no plano sagital (perspectiva lateral) e os movimentos da mão e do pé no mesmo plano (perspectiva lateral), e ainda nos planos transversos (perspectivas anterior para a mão e posterior para o pé) e frontal (perspectiva superior). Os pontos anatómicos de referência foram, respectivamente, o grande trocânter do fémur direito e as extremidades distais do dedo médio da mão e do hálux direitos.

A iluminação dos pontos anatómicos de referência (Figura 15) foi conseguida através de lâmpadas de rosca de 6v (0,1A), montadas em casquilhos comuns previamente adaptados de forma a que a respectiva área da base não ultrapassasse o diâmetro de um dedo médio. Cada casquilho foi ligado por 30cm de fio eléctrico comum à fonte de alimentação, constituída por uma bateria alcalina de 9v. As baterias foram impermeabilizadas através da sua introdução em balões de borracha. Todas as ligações eléctricas foram impermeabilizadas através de silicone em gel *Silkraf*® (Krafft, S.A.).

Para a colocação das lâmpadas nas extremidades do dedo médio da mão e do hálux utilizámos adaptadores de borracha digitiformes e fixámos a bateria quer no antebraço, quer na perna, através de fita adesiva de tecido *Tesa*® de grande resistência à água.

Para a colocação da lâmpada sobre o grande trocânter do fémur fixámos o casquilho a um rectângulo de borracha que, por sua vez, foi fixado ao nadador através de fita adesiva do tipo e marca anteriormente descritos. Neste caso, depois de impermeabilizada da forma já descrita, a bateria foi colocada no interior do fato de banho.

Para o registo fotográfico dos movimentos realizados nos planos sagital e transversos utilizámos uma câmara sub-aquática *Nikonos V*, com uma objectiva de 28mm e abertura 3.5, equipada com um filme *Kodacolor* 1000 ASA e regulada para exposição permanente. As fotografias foram obtidas a uma distância de 5m do eixo de deslocamento dos nadadores, tendo a câmara sido colocada de tal forma que o eixo óptico fosse perpendicular (perspectiva lateral) ou codireccional (perspectiva anterior) com o eixo de deslocamento. A câmara encontrava-se fixada à parede da piscina a 20cm de profundidade (Figura 15).

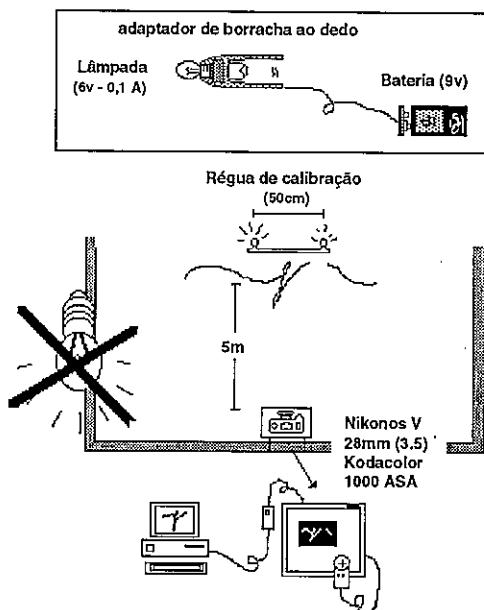
Para fotografar os movimentos no plano frontal utilizámos uma câmara *Canon T70*,

com objectiva de 35mm e abertura 3.5, também regulada para exposição permanente e equipada com filme da marca e sensibilidade descritas. A câmara foi fixada no tecto da piscina a uma altura de 5m, com o eixo óptico perpendicular à direcção de nado (Figura 18).

A luz ambiente foi reduzida ao máximo permitido pela necessidade de não comprometer a capacidade de orientação dos nadadores.

Para posterior calibração do dispositivo de análise das imagens foram também fotografadas régua de calibração colocadas sobre o eixo de deslocamento dos nadadores. No caso das fotografias sub-aquáticas foi utilizada uma régua plástica onde foram montadas duas lâmpadas idênticas às anteriormente descritas, colocadas a uma distância de 50cm uma da outra. No caso das fotografias tomadas a partir do tecto foi utilizada uma régua de 60cm composta por 3 terços de cores contrastantes alternadas.

Figura 15. Situação experimental para o registo dos traçados luminosos contínuos nos planos sagital e transversal.



Antes da captação das fotografias, foi permitido a cada nadador a realização de um aquecimento livre. Depois, cada nadador realizou um percurso de 15m à velocidade de teste em cada uma das variantes, partindo da parede testa em imersão e sem realizar o ciclo sub-aquático. Este percurso serviu para determinar a distância

aproximada da parede testa onde, em cada variante, realizaria o terceiro ciclo. As câmaras fotográficas foram posteriormente colocadas a essa distância da parede testa, por forma a permitir centrar o ciclo, tanto quanto possível, nas fotografias laterais e superiores.

Para cada nadador foram obtidas três fotografias de cada ponto de referência em cada plano e para cada variante da técnica de bruços. Para a obtenção de cada fotografia foi realizado por cada nadador um percurso de 15m de nado partindo da parede testa em imersão e sem realizar o ciclo sub-aquático. Entre cada percurso foi observado um intervalo de recuperação superior a 2 minutos. Cada um destes percursos foi realizado à velocidade média correspondente ao melhor tempo de prova de 200m, tendo sido solicitado a cada nadador que a mantivesse tão constante quanto possível. Em cada percurso, a velocidade foi regulada através do *pacer* visual anteriormente descrito (Figura 13).

Os 5m finais de cada percurso foram cronometrados com aproximação às centésimas de segundo para determinação do valor real da velocidade média de nado. Para o efeito foram colocadas sobre as paredes laterais marcas de referência a 10 e a 15m da parede testa de partida.

Os rastros luminosos obtidos nas fotografias foram posteriormente digitalizados numa mesa de digitalização *CalComp* ligada a um microcomputador compatível com IBM-PC, sob controlo do programa *Sigma Scan*. Este programa permitiu o uso da mesa como restituídor de coordenadas e o registo de distâncias directamente na escala natural.

A partir dos traçados obtidos para cada ponto de referência nos diferentes planos foram determinados as dimensões lineares e índices apresentados nos Quadros 5 a 14. Para o efeito foi sempre considerado o ciclo central de cada fotografia, por forma a evitar a ocorrência de erros de paralaxe.

Cada dimensão foi determinada três vezes consecutivas em cada fotografia, tendo sido considerado o valor médio.

Para a determinação da superfície da água baseamo-nos no critério definido por Colman et al. (1989) para o mesmo efeito em análises de imagens VT. Considerou-se para o efeito a linha definida pela reflexão da luz sobre a superfície, a qual coincidia exactamente com os momentos de interrupção do traçado aquando da emersão dos pontos anatómicos iluminados.

Quadro 5. Parâmetros quantitativos determinados a partir dos traçados luminosos do membro superior no plano sagital (perspectiva lateral) em cada uma das variantes da técnica de bruços em estudo.

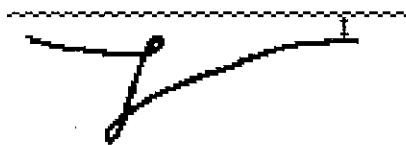
| Parâmetro | Representação esquemática |
|---|---------------------------|
| <p>1. Amplitude vertical (AV) máxima do trajecto motor do membro superior.</p> <p><i>Medida entre os pontos mais superficial e mais profundo do traçado, perpendicularmente à superfície da água.</i></p> | |
| <p>2. Amplitude do deslocamento vertical ascendente da mão durante o "outsweep".</p> <p><i>Medida entre os pontos mais superficial e mais profundo do trajecto motor durante o "outsweep", perpendicularmente à superfície.</i></p> <p>A medida foi considerada positiva quando o deslocamento foi ascendente e negativa quando o deslocamento foi descendente.</p> | |
| <p>3. Amplitude do deslocamento antero-posterior (AA-P) máximo da mão durante o trajecto motor.</p> <p><i>Medida paralelamente à superfície da água, entre os pontos mais avançado e mais recuado do traçado.</i></p> <p>A medida foi considerada positiva quando ocorreu deslocamento antero-posterior e negativa quando ocorreu o contrário.</p> | |
| <p>4. Profundidade mínima da mão durante o trajecto motor do membro superior.</p> <p><i>Medida perpendicularmente à superfície da água, entre esta e o ponto mais superficial do trajecto motor.</i></p> | |
| <p>5. Profundidade máxima da mão durante o trajecto motor do membro superior.</p> <p><i>Medida perpendicularmente à superfície da água, entre esta e o ponto mais profundo do trajecto motor.</i></p> | |

(continua)

Quadro 5 (continuação)

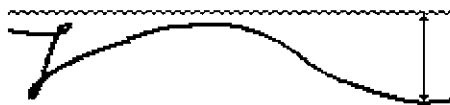
6. Profundidade mínima da mão durante o deslocamento à frente.

Medida perpendicularmente à superfície da água, entre esta e o ponto mais superficial do traçado.



7. Profundidade máxima da mão durante o deslocamento à frente.

Medida perpendicularmente à superfície da água, entre esta e o ponto mais profundo do traçado.



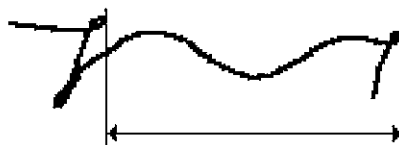
8. Amplitude total do deslocamento da mão durante um ciclo.

Medida sobre o traçado entre dois momentos consecutivos de início do "downsweep".



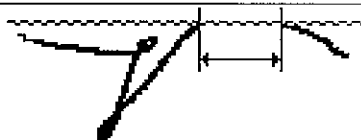
9. Distância horizontal percorrida por ciclo.

Medida paralelamente à superfície da água entre duas cristas sucessivas correspondentes ao início do "downsweep".



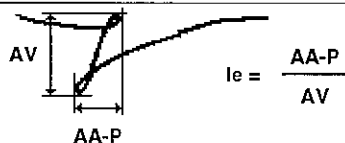
10. Amplitude horizontal do trajecto de recuperação aérea dos membros superiores.

Medida horizontal da interrupção do traçado.



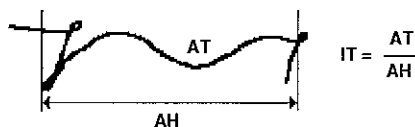
11. Índice de estabilização (Ie) antero-posterior do trajecto motor da mão no plano sagital.

$AA-P / AV$



12. Índice de tortuosidade (IT) do deslocamento à frente da mão.

Determinado pela razão entre a amplitude total (AT) do deslocamento da mão entre o final de um "downsweep" e o início do seguinte - medida sobre o traçado - e a amplitude horizontal (AH) do deslocamento da mão entre os mesmos momentos - medida paralelamente à superfície.



Quadro 6. Parâmetros quantitativos determinados a partir dos traçados luminosos do membro superior no plano frontal (perspectiva superior) em cada uma das variantes da técnica de bruços em estudo.

| Parâmetro | Representação esquemática |
|--|---------------------------|
| <p>13. Amplitude transversal máxima do trajecto motor do membro superior.</p> <p><i>Medida perpendicularmente ao eixo da recuperação, entre este e o ponto mais lateral do trajecto motor.</i></p> | |
| <p>14. Distância horizontal percorrida por ciclo.</p> <p><i>Medida horizontalmente entre dois momentos consecutivos de posicionamento mais lateral da mão durante o trajecto motor.</i></p> | |

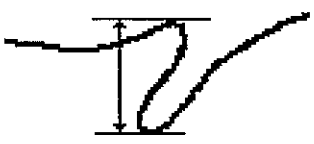




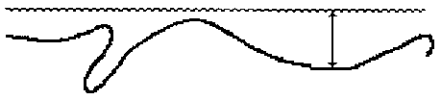
Quadro 7. Parâmetros quantitativos determinados a partir dos traçados luminosos do membro superior no plano transverso (perspectiva frontal) em cada uma das variantes da técnica de bruços em estudo.

| Parâmetro | Representação esquemática |
|---|---------------------------|
| <p>15. Índice de horizontalidade (Ih) do trajecto motor da mão.</p> <p><i>Determinado pela razão entre a amplitude horizontal (AH) do trajecto motor - medida paralelamente à superfície, entre os pontos mais laterais do traçado - e a amplitude vertical (AV) do trajecto motor - medida perpendicularmente à superfície, entre os pontos mais superficial e mais profundo do traçado.</i></p> | $Ih = \frac{AH}{AV}$ |

Quadro 8. Índice de estabilização antero-posterior total da mão, determinado com base em parâmetros medidos nos planos sagital e frontal.

| Parâmetro | Representação esquemática |
|--|---------------------------------|
| <p>16. Índice de estabilização antero-posterior total (IeTot) da mão.</p> <p><i>Determinado pela razão entre a amplitude do deslocamento antero-posterior da mão no plano sagital (AA-P) e a amplitude do deslocamento vertical da mão no plano sagital (AV) adicionada à amplitude do deslocamento transversal da mão no plano frontal (ATr).</i></p> | $IeTot = \frac{AA-P}{AV + ATr}$ |

Quadro 9. Parâmetros quantitativos determinados a partir dos traçados luminosos do membro inferior no plano sagital (perspectiva lateral) em cada uma das variantes da técnica de bruços em estudo.

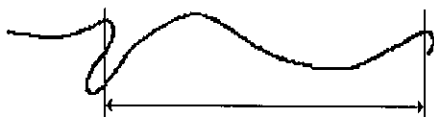
| Parâmetro | Representação esquemática |
|---|--|
| <p>17. Amplitude vertical (AV) máxima do trajecto motor do pé.</p> <p><i>Medida entre os pontos mais superficial e mais profundo, perpendicularmente à superfície.</i></p> |  |
| <p>18. Profundidade mínima do pé durante o trajecto motor do membro inferior.</p> <p><i>Medida perpendicularmente à superfície da água, entre esta e o ponto mais superficial do trajecto motor.</i></p> |  |
| <p>19. Amplitude do deslocamento antero-posterior (AA-P) máximo do pé durante o trajecto motor do membro inferior.</p> <p><i>Medida paralelamente à superfície da água, entre os pontos mais avançado e mais recuado.</i></p> <p>A medida foi considerada positiva quando ocorreu deslocamento antero-posterior e negativa quando ocorreu o contrário</p> |  |
| <p>20. Profundidade máxima do pé durante o trajecto motor do membro inferior.</p> <p><i>Medida perpendicularmente à superfície da água, entre esta e o ponto mais profundo do trajecto motor.</i></p> |  |
| <p>21. Profundidade mínima do pé durante o deslocamento à frente.</p> <p><i>Medida perpendicularmente à superfície da água, entre esta e o ponto mais superficial do traçado.</i></p> |  |
| <p>22. Profundidade máxima do pé durante o deslocamento à frente.</p> <p><i>Medida perpendicularmente à superfície da água, entre esta e o ponto mais profundo do traçado.</i></p> |  |

(continua)

Quadro 9. (continuação)

23. Distância horizontal percorrida por ciclo.

Medida paralelamente à superfície da água entre duas cristas sucessivas correspondentes ao início do trajecto motor.



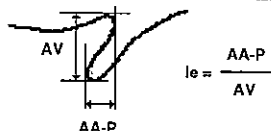
24. Amplitude total do deslocamento do pé durante um ciclo.

Medida sobre o traçado entre duas cristas sucessivas correspondentes ao início do trajecto motor.



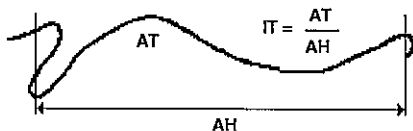
25. Índice de estabilização (I_e) antero-posterior do trajecto motor do pé no plano sagital.

$AA-P / AV$



26. Índice de tortuosidade (I_T) do deslocamento à frente do pé.

Determinado pela razão entre a amplitude total (AT) do deslocamento do pé entre o final de um trajecto motor e o início do seguinte - medida sobre a linha do trajecto - e a amplitude horizontal (AH) do deslocamento do pé entre os mesmos momentos - medida paralelamente à superfície.



Quadro 10. Parâmetros quantitativos determinados a partir dos traçados luminosos do membro inferior no plano frontal (perspectiva superior) em cada uma das variantes da técnica de braços em estudo.

| Parâmetro | Representação esquemática |
|---|---------------------------|
| 27. Amplitude transversal máxima do trajecto motor do membro inferior. Medida perpendicularmente ao eixo da recuperação, entre este e o ponto mais lateral do trajecto motor. | |
| 28. Amplitude do deslocamento antero-posterior ($AA-P$) máximo do pé durante o trajecto motor. Medida paralelamente ao eixo de recuperação entre o ponto mais avançado e o mais recuado do trajecto motor. | |

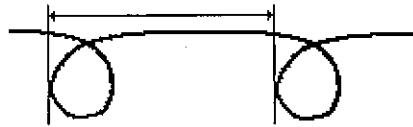
A medida foi considerada positiva quando existiu deslocamento antero-posterior e negativa quando ocorreu o oposto.

(continua)

Quadro 10. (continuação)

29. Distância horizontal percorrida por ciclo.

Medida horizontalmente entre dois momentos consecutivos de posicionamento mais recuado do pé durante o trajecto motor.



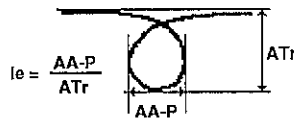
30. Amplitude total do deslocamento do pé durante um ciclo.

Medida sobre o traçado entre dois momentos consecutivos de cruzamento do traçado.



31. Índice de estabilização (Ie) antero-posterior do trajecto motor do pé no plano frontal.

$AA-P / ATr$



Quadro 11. Parâmetros quantitativos determinados a partir dos traçados luminosos do membro inferior no plano transversal (perspectiva posterior) em cada uma das variantes da técnica de bruços em estudo.

| Parâmetro | Representação esquemática |
|---|---------------------------|
| 32. Índice de horizontalidade (Ih) do trajecto motor. | |
| Determinado pela razão entre a amplitude horizontal (AH) do trajecto motor - medida paralelamente à superfície, entre os pontos mais laterais do traçado - e a amplitude vertical (AV) do trajecto motor - medida perpendicularmente à superfície, entre os pontos mais superficial e mais profundo do traçado. | |

Quadro 12. Índice de estabilização antero-posterior total (IeTot) do pé, determinado com base em parâmetros medidos nos planos sagital e frontal.

| Parâmetro | Representação esquemática |
|---|---------------------------|
| 33. Índice de estabilização antero-posterior total (IeTot) do pé. | |
| Determinado pela razão entre a amplitude do deslocamento antero-posterior do pé no plano sagital (AA-P) e a amplitude do deslocamento vertical do pé no plano sagital (AV) adicionada à amplitude do deslocamento transversal do pé no plano frontal (ATr). | |

Quadro 13. Índice absoluto de estabilização antero-posterior (IaAbs) dos trajectos motores dos membros superiores e inferiores, determinado com base em parâmetros medidos nos registos dos movimentos da mão e do pé nos planos sagital e frontal.

| Parâmetro | Representação esquemática |
|--|---|
| 34. Índice absoluto de estabilização antero-posterior (IeAbs) dos trajectos motores da mão e do pé. | |
| <p><i>Determinado pela razão entre a adição das amplitudes dos deslocamentos antero-posteriores da mão e do pé no plano sagital (AA-P1,2) e a adição das amplitudes dos deslocamentos verticais da mão e do pé no plano sagital (AV1,2) e transversais da mão e do pé no plano frontal (ATr1,2).</i></p> | $IeAbs = \frac{AA-P\ 1 + AA-P\ 2}{AV\ 1 + AA-P\ 2 + ATr\ 1 + ATr\ 2}$ |

Quadro 14. Parâmetros quantitativos determinados a partir dos traçados luminosos da anca no plano sagital (perspectiva lateral) em cada uma das variantes da técnica de braços em estudo.

| Parâmetro | Representação esquemática |
|---|---------------------------|
| 35. Amplitude vertical máxima. | |
| <p><i>Medida perpendicularmente à superfície, entre os pontos mais superficial e mais profundo do traçado.</i></p> | |
| 36. Profundidade mínima da anca. | |
| <p><i>Medida perpendicularmente à superfície da água, entre esta e o ponto mais superficial do traçado.</i></p> | |
| 37. Profundidade máxima da anca. | |
| <p><i>Medida perpendicularmente à superfície da água, entre esta e o ponto mais profundo do traçado.</i></p> | |
| 38. Amplitude horizontal (ÂH) do deslocamento da anca durante um ciclo. | |
| <p><i>Medida paralelamente à superfície da água entre dois momentos consecutivos de intensificação luminosa do traçado.</i></p> | |

(continua)

Quadro 14. (continuação)

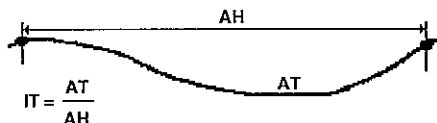
39. Amplitude total (AT) do deslocamento da anca durante um ciclo.

Medida sobre o traçado entre dois momentos consecutivos de intensificação luminosa do mesmo.



40. Índice de tortuosidade (IT) do movimento da anca.

Determinado pela razão entre a amplitude total (AT) e a amplitude horizontal (AH) do deslocamento da anca durante um ciclo.



O tratamento estatístico destes dados foi realizado através da análise de variância (ANOVA) a dois factores, com três observações por célula. O primeiro dos dois factores considerados foi a variante da técnica de bruços e o segundo o nadador. Os três valores considerados em cada célula corresponderam aos valores de cada parâmetro estudado, determinados com base nas três fotografias obtidas para cada sujeito em cada plano. Para o estudo da significância das diferenças entre os valores esperados foi utilizado o teste de Tukey, com $\alpha = 0.05$.

Para analisar a fidelidade do método, os valores médios da distância horizontal percorrida por ciclo determinados nas diferentes fotografias, obtidas nos planos sagital e frontal, foram posteriormente comparadas através da ANOVA a um factor, da correlação linear (r) e da construção de diagramas comparativos das distribuições.

Como valor individual da distância horizontal percorrida por ciclo em cada variante foi considerado o valor médio de todas as determinações.

Para o tratamento estatístico dos dados utilizámos um microcomputador compatível com IBM-PC, sob controlo do programa *Statgraphics* (5.1.).

Atendendo às limitações impostas pelas fotografias dos movimentos no plano transversal, os índices de horizontalidade dos membros superiores e inferiores foram também estudados indirectamente com base nas medidas correspondentes obtidas nos planos sagital e frontal. Os resultados foram comparados da forma já descrita para a distância horizontal percorrida por ciclo.

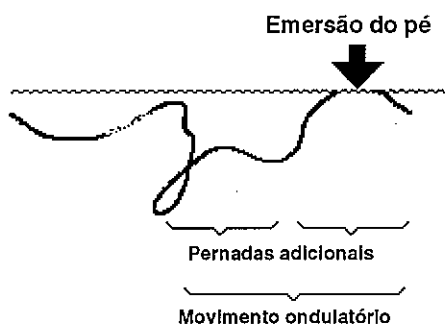
Por último, o índice de tortuosidade do movimento do pé no plano sagital foi

estudado em percentagem do índice de tortuosidade da anca, por forma a analisar eventuais particularidades das diferentes variantes no que respeita à propagação céfalo-caudal do movimento ondulatório do corpo.

Para além dos parâmetros quantitativos antes enunciados, os traçados luminosos dos movimentos da mão, do pé e da anca nos diferentes planos foram também avaliados qualitativamente, tendo sido considerados os seguintes parâmetros (Figura 16):

1. Presença ou ausência de movimento ondulatório.
 - 1.1. Do membro superior.
 - 1.2. Do membro inferior.
 - 1.3. Da anca.
2. Regularidade do movimento ondulatório.
 - 2.1. Do membro superior.
 - 2.2. Do membro inferior.
 - 2.3. Da anca.
3. Ocorrência de movimentos dos membros inferiores identificáveis como “pernadas adicionais” similares ao movimento, ou fases do movimento, dos membros inferiores na técnica de mariposa.
4. Emersão do pé.

Figura 16. Representação gráfica dos parâmetros considerados na apreciação qualitativa dos traçados, tomando como exemplo um traçado do membro inferior.



Os parâmetros 1. e 4. foram avaliados com base na sua perceptibilidade (sim ou não), enquanto que os parâmetros 2. e 3. foram avaliados em escalas de 0 a 2 (escala de três níveis) e de 0 a 3 (escala de quatro níveis), respectivamente.

No caso da regularidade do movimento ondulatório, foi atribuído 0 quando o movimento não era visível, 1 quando o movimento era irregular e 2 quando o movimento era regular. O movimento ondulatório foi considerado regular quando se observaram, pelo menos, uma fase convexa e uma fase côncava consecutivas, de formas e dimensões idênticas. Em contrapartida, o movimento foi considerado irregular quando se observaram fases côncavas e convexas sucessivas de amplitudes e formas dissemelhantes.

A escala utilizada para a avaliação dos movimentos dos membros inferiores identificáveis como "pernadas adicionais" foi a seguinte: 0 quando esses movimentos foram imperceptíveis; 1 quando se pôde identificar pelo menos um tempo ascendente idêntico ao realizado na técnica de mariposa; 2 quando se observaram um tempo ascendente seguido de um tempo descendente e 3 quando se observaram mais do que um tempo ascendente e um descendente.

7.2.4. Variações ao longo de um ciclo gestual da velocidade horizontal e de parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos associados

O método que utilizámos para o registo das variações da velocidade horizontal do nadador teve por base os mesmos pressupostos técnicos anteriormente descritos para o registo das trajectórias dos movimentos segmentares. Trata-se do registo fotográfico do rasto de uma fonte de luz intermitente colocada num ponto anatómico de referência. Um método similar foi anteriormente utilizado por Reischle et al. (1981) e por Loetz et al. (1988) com a mesma finalidade.

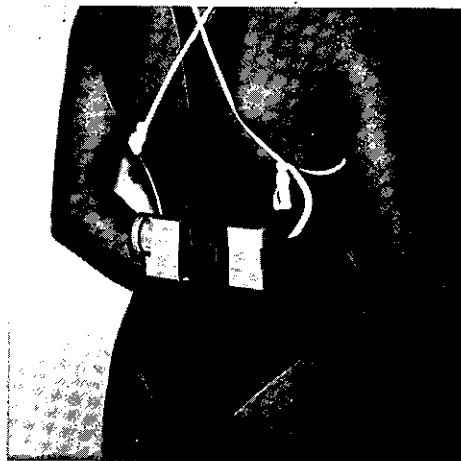
O ponto anatómico de referência que utilizámos foi o ponto central da região lombar do nadador à altura da cintura pélvica, situado, portanto, a igual distância das duas articulações da anca.

Na Figura 17 pode observar-se a colocação, no nadador, do dispositivo emissor de luz.

O dispositivo emissor de luz que concebemos (Vilas-Boas e Fernandes, 1992), consiste num conjunto de 24 LED's amarelos, colocados em 3 linhas paralelas de 8, alimentados por duas baterias de 9v. A frequência de emissão luminosa foi de 5Hz. O dispositivo foi montado numa caixa estanque de acrílico, medindo 15,5 x 7 x 3 cm, fixada à cintura dos nadadores através de um cinto. O peso total do dispositivo era de 400 g.

Na Figura 18 é apresentada esquematicamente a situação em que foram obtidas as fotografias.

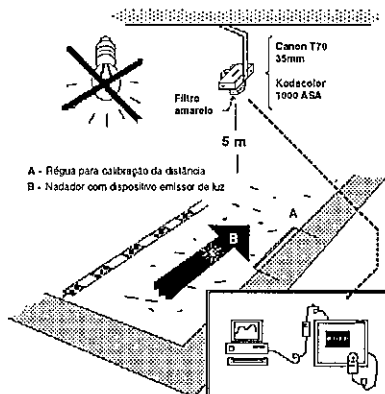
Figura 17. Colocação do emissor de luz no nadador.



A câmara fotográfica que utilizámos foi da marca *Canon*, modelo T70, com uma objectiva 35mm aberta a 4.5, à qual foi acoplado um filtro amarelo. Utilizámos um rolo de fotografia *Kodacolor* de 1000 ASA. A câmara foi fixada a uma viga do tecto da piscina a 5m de altura da superfície da água, com o eixo óptico na perpendicular da direcção de deslocamento do nadador.

As experiências decorreram numa piscina coberta e aquecida de 25m. A iluminação ambiente foi reduzida por forma a aumentar o contraste, nas fotografias, do rasto luminoso do nadador. Foi mantida, todavia, uma iluminação mínima por forma a não comprometer a capacidade de orientação e de execução técnica do nadador.

Figura 18. Situação experimental para o registo e processamento do traçado luminoso intermitente de um dispositivo emissor de luz fixado na cintura dos nadadores.



Antes da captação das fotografias foi determinado e marcado o campo óptico da câmara na parede lateral. Cada nadador realizou depois 3 percursos de 20m em cada uma das variantes, à velocidade média correspondente ao melhor tempo individual na prova de 200m. A velocidade de nado foi regulada através do sistema descrito no ponto anterior. Os 10m intermédios de cada percurso foram cronometrados para se determinar a velocidade média de cada percurso. Estes valores foram posteriormente comparados (ANOVA e correlação linear de Pearson) com os valores correspondentes da velocidade média calculada com base nas curvas de variação da velocidade horizontal ao longo de um ciclo.

Os nadadores partiram para os diferentes percursos da parede testa mais próxima da vertical da câmara, em imersão e sem realizarem o ciclo sub-aquático. Em cada percurso a câmara foi disparada à entrada do nadador no campo óptico da câmara, mantendo-se em exposição permanente até o nadador sair do campo.

Os rastros luminosos obtidos na melhor de cada conjunto de três fotografias obtidas para cada sujeito em cada técnica foram posteriormente digitalizados numa mesa de digitalização *CalComp* ligada a um microcomputador compatível com IBM-PC, sob controlo do programa *Sigma Scan*, que permitiu o uso da mesa como restituidor de coordenadas e o registo das distâncias directamente na escala natural. Para a calibração da distância utilizámos uma régua de calibração com 60 cm de comprimento (3 x 20 cm contrastados com duas cores diferentes e alternadas), colocada sobre a superfície da água perpendicularmente ao eixo óptico da câmara sobre o eixo de deslocamento do nadador (Figura 18).

Os valores da distância percorrida entre cada dois pontos de luz registados nas fotografias foram divididos por .2s para determinar a velocidade média nesse intervalo de tempo.

Antes de se ter iniciado o processo de digitalização dos traçados luminosos, foi analisada a fidelidade deste procedimento utilizando a mesma metodologia que Maglischo et al. (1987). Para o efeito digitalizámos 10 vezes consecutivas os pontos luminosos registados numa mesma fotografia e correlacionámos ponto a ponto os valores da velocidade determinados.

Os pares de valores velocidade (v) / tempo (t) obtidos em cada fotografia foram depois processados num microcomputador compatível com IBM-PC sob controlo do programa *StatGraphics*(5.1.), que permitiu a determinação das curvas de variação da velocidade de nado ao longo do ciclo.

Para este efeito utilizámos o método de regressão polinomial:

$$v = a + \sum_{i=1}^j b_i * t^i \quad (23)$$

Após a introdução dos pares de valores de v e t obtidos pela digitalização de cada fotografia foi realizada uma primeira estimativa da duração T do ciclo através da contagem do número de pontos registados entre dois mínimos absolutos de v sucessivos.

Depois, quer para aumentar o número de pares de pontos sobre os quais realizar a regressão, quer para permitir a determinação de uma curva que representasse mais do que um ciclo isolado e, pelo contrário, correspondesse à curva mais representativa de todos os ciclos registados para cada nadador, os pares de pontos correspondentes aos 2º e 3º ciclos registados numa mesma fotografia foram translacionados para o primeiro ciclo através da subtração de T ou $2T$ a cada valor t desses pares de pontos.

Após este primeiro passo foi calculada uma primeira regressão. Depois, o melhor valor de T foi determinado por regressões sucessivas fazendo variar o valor de T , até à maximização do coeficiente de determinação (r^2). Em todos os casos foram utilizados polinómios de 8º grau.

Todavia, para que o polinómio calculado respeitasse a natureza cíclica do fenómeno, foram introduzidos dois constrangimentos à regressão, ambos correspondentes aos momentos inicial (0) e final (T) do ciclo:

$$(i) \quad v(0) = v(T) \quad (24)$$

e

$$(ii) \quad \left. \frac{dv}{dt} \right|_{t=0} = \left. \frac{dv}{dt} \right|_{t=T} \quad (25)$$

Para tal foi utilizado o procedimento que exporemos em continuação.

Considerando a equação (23),

$$v(0) = a \quad (26)$$

e

$$v(T) = a + \sum_{i=1}^I b_i * T^i \quad (27)$$

-Substituindo (26) e (27) em (24),

$$a = a + \sum_{i=1}^I b_i * T^i \quad (28)$$

donde:

$$\sum_{i=1}^I b_i * T^i = 0 \quad (29)$$

Por outro lado, sendo:

$$\frac{dv}{dt} = \sum_{i=1}^I i * b_i * T^{i-1} = b_1 + 2b_2t + 3b_3t^2 + \dots + I * b_I * t^{I-1} \quad (30)$$

as primeiras derivadas da velocidade em ordem ao tempo para o primeiro (t=0) e último (t=T) pontos do ciclo, podem ser descritas da seguinte forma:

$$\left. \frac{dv}{dt} \right|_{t=0} = b_1 \quad (31)$$

e

$$\left. \frac{dv}{dt} \right|_{t=T} = b_1 + \sum_{i=2}^I i * b_i * T^{i-1} \quad (32)$$

Assim, considerando (25), observa-se que:

$$b_1 = b_1 + \sum_{i=2}^I i * b_i * T^{i-1} \quad (33)$$

e, portanto, que:

$$\sum_{i=2}^I i * b_i * T^{i-1} = 0 \quad (34)$$

Partindo de (34) é então possível calcular b_1 da equação de regressão tendo por base as estimativas optimizadas dos coeficientes b_2 a b_{I-1} , realizadas através do algoritmo de Marquardt (1963).

Se:

$$2b_2 T + 3b_3 T^2 + \dots + I b_I T^{I-1} = 0 \quad (35)$$

então:

$$2b_2 T + 3b_3 T^2 + \dots + (I-1) * b_{I-1} T^{I-2} + I * \left(\sum_{i=1}^{I-1} \frac{b_i}{T^{I-1}} \right) * T^{I-1} = 0 \quad (36)$$

Isto é:

$$2b_2 T + 3b_3 T^2 + \dots + (I-1) * b_{I-1} T^{I-2} - I \left(\frac{b_1}{T^{I-1}} + \frac{b_2}{T^{I-2}} + \dots + \frac{b_{I-1}}{T} \right) * T^{I-1} = 0 \quad (37)$$

ou seja:

$$2b_2 T + 3b_3 T^2 + \dots + (l-1) * b_{l-1} T^{l-2} - (lb_1 + lb_2 T + \dots + lb_{l-1} T^{l-2}) = 0 \quad (38)$$

Desenvolvendo obtém-se:

$$-lb_1 + (2-l)b_2 T + (3-l)b_3 T^2 + \dots + (-1)b_{l-1} T^{l-2} = 0 \quad (39)$$

e

$$lb_1 + (l-2)b_2 T + (l-3)b_3 T^2 + \dots + b_{l-1} T^{l-2} = 0 \quad (40)$$

Desenvolvendo em ordem a b_1 obtém-se:

$$b_1 = \frac{1}{l} [(l-2)b_2 T + (l-3)b_3 T^2 + \dots + b_{l-1} T^{l-2}] \quad (41)$$

ou seja:

$$b_1 = \frac{1}{l} \sum_{i=2}^{l-1} (l-i) b_i T^{i-1} \quad (42)$$

Partindo de (33) podemos também determinar o último coeficiente (b_l) da equação de regressão.

Se:

$$b_1 T + b_2 T^2 + \dots + b_{l-1} T^l = 0 \quad (43)$$

então:

$$b_l = -\frac{1}{T^l} (b_1 T + b_2 T^2 + \dots + b_{l-1} T^{l-1}) \quad (44)$$

donde:

$$b_l = -\left(\frac{b_1}{T^{l-1}} + \frac{b_2}{T^{l-2}} + \dots + \frac{b_{l-1}}{T}\right) = -\sum_{i=1}^{l-1} \frac{b_i}{T^{l-i}} \quad (45)$$

As funções das diferentes curvas assim determinadas foram posteriormente integradas para calcular a velocidade média, de acordo com a expressão:

$$\bar{V}(t)_{(0,T)} = \frac{\int_0^T v(t) dt}{T} \quad (46)$$

As funções da variação da aceleração (j) com o tempo foram depois calculadas através do cálculo da primeira derivada de cada um dos polinômios:

$$j = \sum_{i=1}^l i * b_i * t^{i-1} \quad (47)$$

Com base em (47), foram então determinados, através dos pontos de anulação da aceleração, os valores de ordenada e abcissa dos seguintes pontos notáveis: (i) velocidade mínima absoluta (v_1), decorrente da flexão das coxas sobre o tronco aquando da recuperação dos membros inferiores; (ii) primeira velocidade máxima (v_2), resultante da acção propulsiva dos membros inferiores; (iii) segunda velocidade mínima (v_3), decorrente das acções intermédias entre fases mais propulsivas dos trajectos motores dos membros inferiores e superiores; (iv) segunda velocidade máxima (v_4), resultante da acção propulsiva dos membros superiores e (v) nova velocidade mínima absoluta (v_1'), decorrente de nova recuperação dos membros inferiores realizada antes do novo ciclo ter início. Nos casos em que o polinómio ajustado à velocidade não apresentava o ponto de mínimo correspondente ao início do ciclo e se prolongava para além do ponto de mínimo correspondente ao final do ciclo, o último trecho da função - $v(t)$ no intervalo [v_1', v_4] - foi translaccionado para o início do ciclo completando a representação do intervalo [v_1, v_2]. O inverso foi realizado para os casos opostos.

Os valores da ordenada e abcissa dos pontos notáveis permitiram conhecer a duração de cada fase e os respectivos valores extremos da velocidade. Posteriormente foram calculados os valores da velocidade média e da aceleração média para as diferentes fases do ciclo, utilizando as expressões (48) e (49):

$$\bar{v}(t)_{(t_1, t_2)} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} v(t) dt}{t_2 - t_1} \quad (48)$$

$$\bar{j}(t)_{(t_1, t_2)} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} j(t) dt}{t_2 - t_1} \quad (49)$$

A integração e derivação das funções foi realizada num microcomputador compatível com IBM-PC, sob controlo do programa *PC-Matlab* versão 3.13.

Multiplicando os valores médios por fase da aceleração pela massa (m) de cada nadador e pela duração da mesma (t), foi estimado o impulso horizontal (I) resultante a que se sujeita o nadador em cada fase:

$$I = m * j * t \quad (50)$$

Com base nos valores da velocidade média e duração, quer do ciclo, quer de cada fase do mesmo, foram posteriormente calculadas as distâncias horizontais percorridas por ciclo e por fase do ciclo.

Velocidades, acelerações, distâncias e tempos foram estudados em valor absoluto

e em valor percentual da média da respectiva dimensão calculada para a totalidade do ciclo.

Para cada nadador nadando cada um das variantes da técnica de braços foi ainda determinado, com base nas curva de variação de velocidade ao longo do ciclo, o número de *Strukhal* (Kolmogorov e Duplishaheva, 1992) transformado, similar ao índice de economia motora estimado com base nas variações de v num ciclo que foi proposto por Kornecki e Bober (1978):

$$Sh = DC * [(v_2 - v_1 + v_4 - v_3) * T]^1 \quad (51)$$

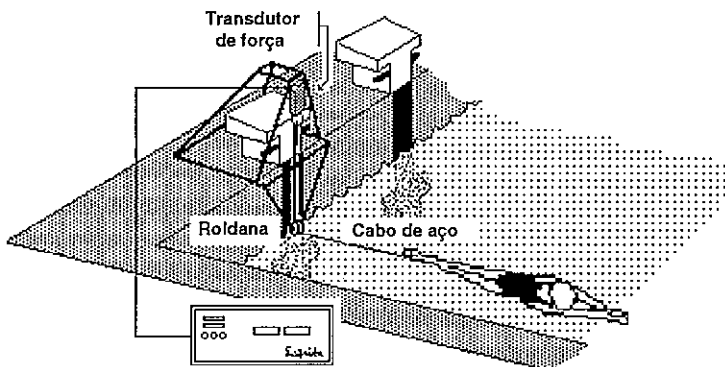
Na expressão (51), DC representa a distância média percorrida no ciclo de duração T. A transformação de Sh consistiu na sua conversão para variações bifásicas de velocidade num ciclo. O valor do número de *Strukhal* transformado foi posteriormente utilizado como índice de variação de velocidade característico de cada indivíduo ao executar cada uma das variantes da técnica de braços.

O tratamento estatístico dos dados foi realizado através da análise de variância (ANOVA) a um factor para medidas repetidas e do coeficiente de correlação (r). Para o efeito utilizámos um microcomputador *Macintosh Classic*, sob controlo do programa *StatView 512 + Graphics*. Para o estudo da significância das diferenças entre os valores esperados foi utilizado o teste PLSD de Fisher com $\alpha = 0.05$.

7.2.5. Registo da força propulsiva máxima em nado estacionário

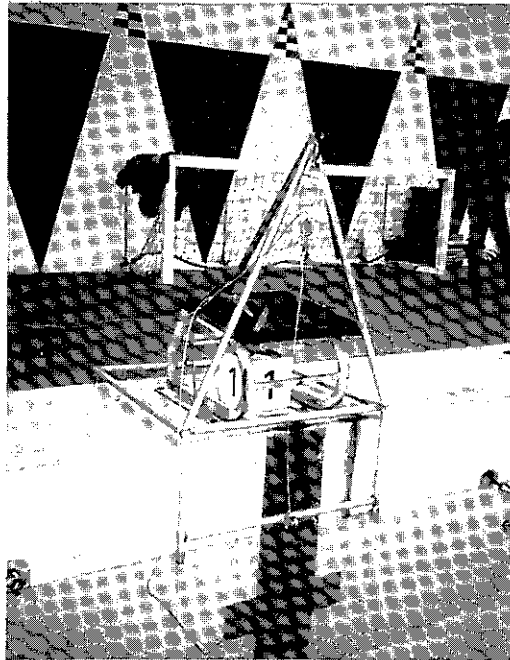
A força propulsiva máxima foi determinada através do método dinamométrico em nado estacionário, normalmente designado por *tethered swimming* (Figuras 19 e 20). Este parâmetro foi determinado em 12 dos 13 indivíduos da amostra (excepção para o indivíduo N) após um período de aquecimento livre, idêntico ao utilizado em cada uma das restantes fases de testagem.

Figura 19. Representação esquemática da situação experimental utilizada para a determinação da força propulsiva máxima em nado estacionário.



O método consistiu na ligação do nadador a um transdutor de força ligado, por sua vez, a uma estação de processamento de sinal, dispositivo que permitiu o registo do valor máximo da força horizontal exercida pelo nadador (*Lafayette-Jackson, model 32528*). A ligação do nadador ao dispositivo de registo foi realizada através de um cabo de aço de reduzidas propriedades elásticas e de um dispositivo de fixação do cabo ao tronco do nadador, que incluiu um cinto abdominal e "suspensórios".

Figura 20. Sistema utilizado para a colocação e fixação do transdutor de força e para a ligação do mesmo ao nadador.



Para que o cabo fosse mantido paralelo à superfície da água e a força horizontal fosse aplicada perpendicularmente ao transdutor, foi montado na parede testa da piscina um dispositivo de fixação dotado de uma roldana colocada à superfície da água. Após calibração, verificou-se que o erro de medida foi de $\pm 3\%$.

Depois do aquecimento, cada nadador realizou 3 esforços máximos de aproximadamente 6s de duração, precedidos por 5 a 10s de preparação. Durante o período de preparação o nadador nadou bruços a uma intensidade submáxima, mas suficiente para estender o cabo, intensidade que manteve durante o período de latência de 3s que foi antecipadamente programado. O nadador foi avisado do início deste período e do seu final, momento em que deveria iniciar o esforço máximo. Após 6s, o esforço cessou em resposta ao sinal sonoro emitido pelo dispositivo de medida.

Em cada repetição foi registado o valor máximo da força propulsiva exercida pelo nadador, tendo sido observado um período de repouso passivo de 5 mn entre cada uma.

Foi determinada a média individual dos resultados obtidos, tendo estes valores sido correlacionados com os valores médios individuais do impulso horizontal resultante propulsivo máximo (considerando as três variantes).

Os resultados relativos à força propulsiva máxima foram ainda tratados através do cálculo dos valores médios individuais e por sub-grupo sexual. O significado estatístico das diferenças entre as médias dos dois sub-grupos sexuais foi testado através da ANOVA a um factor (medidas repetidas), tendo sido utilizado o teste PLSD de Fisher, com $\alpha = 0.05$.

7.2.6. Determinação da economia motora

Da amostra total, participaram neste estudo 9 nadadores (6 do sexo feminino e 3 do sexo masculino). Estes nadadores foram seleccionados de entre os de nível desportivo mais elevado, mas por forma a permitir a testagem de 3 especialistas de cada uma das variantes da técnica de bruços.

Ao longo de 3 dias consecutivos, cada nadador realizou, em cada variante, 2 percursos de 200m a velocidades submáximas diferentes e um percurso de 200m para o melhor tempo possível. Em cada dia, foi permitido a cada nadador a realização de um período livre de aquecimento, tendo sido solicitado a todos que o mesmo fosse idêntico todos os dias. Depois do aquecimento, cada nadador realizou, em cada dia, 2 percursos submáximos de 200m numa variante e um percurso máximo com a mesma extensão, tendo este sido sempre realizado em último lugar. As variantes a utilizar em cada dia foram determinadas aleatoriamente para cada nadador.

Para garantir a fidelidade dos resultados, foi solicitado aos nadadores que durante o dia anterior e os três dias de teste mantivessem uma rotina diária tão inalterada quanto possível, com especial atenção para o tipo e horário das refeições, número de horas de sono, tipo e duração das cargas de treino, bem como a localização circadiana destas variáveis.

Em cada um dos percursos submáximos, a velocidade foi regulada e mantida constante através da utilização do *pacemaker* visual já anteriormente descrito (Figura 13). Para os indivíduos do sexo masculino, as velocidades submáximas impostas foram de .8 e .9 m.s⁻¹ e para os indivíduos do sexo feminino foram de .7 e .8m.s⁻¹. Estas velocidades foram escolhidas com base nas utilizadas por outros autores em estudos similares utilizando a técnica de bruços (Holmér, 1974a,b; Boie e Montpetit, 1985; Montpetit et al., 1988b), sendo a mais elevada inferior a 80% da velocidade máxima individual na distância considerada.

Considerando as velocidades reguladas, os estados de intensidade submáxima teriam durações de: 4'45", 4'12" e 3'42", as quais se considerou permitirem a obtenção de estados de "equilíbrio fisiológico" (*steady-state*).

Entre cada um dos percursos realizados num mesmo dia por um mesmo nadador foi observado um intervalo passivo de 30mn.

Durante todos os percursos foi determinado o consumo de oxigénio ($\dot{V}O_2$) por método directo. Foram também registados os valores do quociente respiratório. Para tal utilizámos um oxímetro marca *Sensormedics 2900* transportado sobre um *charriot* deslocado sobre carris ao longo da parede lateral da piscina (Figura 21).

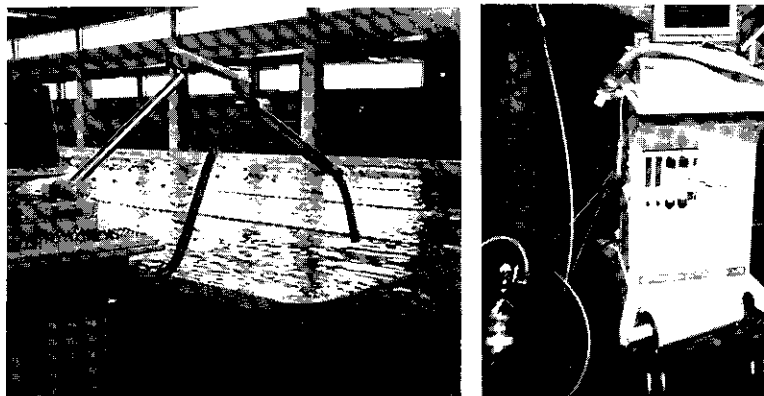
Antes dos diferentes percursos foi determinado o $\dot{V}O_2$ de repouso utilizando o mesmo dispositivo.

A ligação das vias respiratórias aéreas do nadador ao dispositivo de medida do $\dot{V}O_2$ foi conseguida através de uma válvula especialmente concebida na Universidade de Amesterdão (Toussaint et al., 1987) para utilização em natação (Figura 22). A circulação nasal de ar foi bloqueada através de uma pinça.

O tubo de colheita do ar expirado foi conduzido desde o oxímetro até à vertical do nadador através de uma extensão do suporte original fornecido com o equipamento (Figura 21).

Por forma a evitar torsões do tubo de colheita do ar expirado, foi solicitado a cada nadador que realizasse as viragens alternadamente à esquerda e à direita. Para facilitar a compreensão deste requisito, foi solicitado aos nadadores que realizassem a viragem sempre para o lado da parede lateral do lado onde se deslocava o aparelho de medida.

Figura 21. Colocação e sistema de transporte do oxímetro (à direita), bem como de condução do tubo de colheita do ar expirado até ao nadador (à esquerda).



Durante cada percurso, a frequência cardíaca foi registrada de 5 em 5 segundos, por telemetria, utilizando-se um conjunto emissor/receptor *Sport Tester PE4000*.

Após o aquecimento e antes de cada percurso foram colhidas amostras de 20ml de sangue capilar do lóbulo auricular para posterior doseamento da concentração sérica de lactato. Após cada percurso submáximo foram também colhidas amostras de sangue aos 1, 3 e 5mn de recuperação. Após os percursos máximos foram colhidas amostras de sangue também aos 7 e 10mn de recuperação.

As amostras de sangue foram diluídas em 180 μ l de ácido perclórico 0.6 N, centrifugadas durante 10 minutos a 3000 rpm e posteriormente preparadas utilizando um *Monotest Lactate Fully Enzymatic* (Boehringer Mannheim GmbH Diagnostic). Os doseamentos foram realizados por fotometria utilizando-se um fotômetro *Boehringer Photometer 4010*, a 340 Nm.

Na Figura 23 é esquematicamente sumarizada a situação experimental.

Figura 22. Válvula utilizada para a colheita do ar expirado (Toussaint et al., 1987).

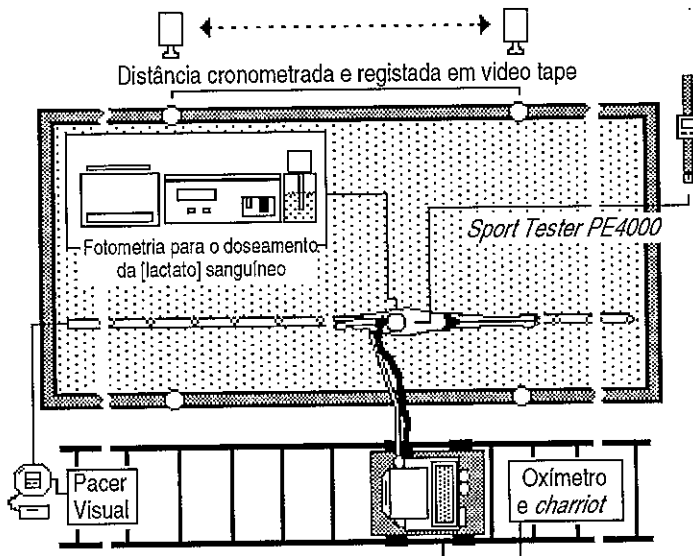


Apesar da velocidade de nado ter sido regulada exteriormente em cada estádio, a mesma foi verificada através da cronometragem dos 10m centrais de cada percurso de 25m. A velocidade considerada por estádio foi a calculada através da média dos 8 percursos de 10m cronometrados ao longo de cada 200m. Para este efeito foram colocadas marcas a 7.5m de distância de cada parede testa.

Com base nos valores líquidos (net) do VO_2 , da lactatemia em cada percurso e da duração da prova, foi estimado o valor total do dispêndio energético (\dot{E}) para cada velocidade. Para tal, os valores da lactatemia net foram multiplicados por um valor constante de $2.7 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$, considerado como equivalente energético de cada $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ de lactatemia (di Prampero et al., 1978). O produto foi depois adicionado ao valor do $\text{VO}_{2\text{net}}$ total por estágio de intensidade e o total dividido pelo tempo.

Com base nos pares de valores de \dot{E} e v foram calculadas as seguintes curvas de economia: (i) as curvas individuais por variante; (ii) as curvas médias para cada variante calculadas com base nos resultados de toda a amostra; (iii) as curvas médias para cada variante calculadas com base nos resultados obtidos por cada subgrupo sexual e (iv) as curvas médias absolutas para cada subgrupo sexual. Para tal foram testados os modelos exponencial e linear, tendo sido escolhido o que proporcionasse os valores mais elevados do coeficiente de determinação (r^2). Em qualquer dos casos utilizámos a regressão linear calculada pelo método dos mínimos quadrados, pelo que para o modelo exponencial a função foi linearizada por transformação da variável dependente numa escala logarítmica. O significado das diferenças entre as rectas de regressão foi testado através do método de regressão passo a passo (*stepwise*) com variáveis mudas (*dummy variables*), com $\alpha = 0.05$.

Figura 23. Situação experimental para o estudo comparativo da economia motora.



Para além destes parâmetros, foi ainda estudado o comportamento com a velocidade de nado e as inter-relações dos seguintes parâmetros fisiológicos: (i) $\dot{V}\text{O}_2$ net total;

(ii) $\dot{V}O_2$ em estado de equilíbrio fisiológico (*steady-state*); (iii) lactatemia absoluta; (iv) quociente respiratório e (v) frequência cardíaca.

Como valores de equilíbrio fisiológico (*steady-state*) aceitou-se a média dos valores registados no último minuto de exercício, desde que as variações da frequência cardíaca não excedessem os 5 bat. mn^{-1} .

Para o tratamento dos dados foi utilizado um microcomputador *Macintosh Classic*, sob controlo do programa *StatView 512 + Graphics*.

7.2.7. Pesquisa de relações entre os diferentes parâmetros estudados

A existência de relações entre os diferentes parâmetros determinados nos estudos antes descritos foi também pesquisada através do cálculo do coeficiente de correlação (r) e de determinação (r^2), nomeadamente entre:

(i) A distância horizontal percorrida por ciclo e, quer as amplitudes dos deslocamentos antero-posteriores da mão e do pé durante os trajectos motores dos membros superiores e inferiores, quer os respectivos índices de estabilização antero-posterior.

(ii) As características da cinemática segmentar e quer os impulsos horizontais resultantes por fase, quer a aceleração horizontal média por fase;

(iii) O número de *Strukhal* transformado, o custo energético específico de transporte ($mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$) e os parâmetros relativos à cinemática segmentar;

(iv) O custo energético específico de transporte, a distância horizontal percorrida por ciclo e a cinemática segmentar de cada variante, nomeadamente no que respeita aos índices de estabilização antero-posterior dos movimentos segmentares durante os trajectos motores da mão e do pé, o índice de tortuosidade do movimento da anca, o índice de tortuosidade do deslocamento à frente do pé, expresso em percentagem do índice de tortuosidade do movimento da anca, e a amplitude da recuperação aérea dos membros superiores.

No caso (ii), consideraram-se para o cálculo de r os valores médios individuais dos diferentes parâmetros do deslocamento segmentar e os valores individuais dos impulsos horizontais resultantes por fase e da aceleração média por fase. Foram estudadas as correlações para a totalidade dos pares de valores obtidos com a amostra e para cada variante da técnica de braços em particular. Para a fase definida pelos pontos notáveis $v1$ e $v2$ consideraram-se os parâmetros relativos ao trajecto motor do pé, ao movimento da anca e à recuperação da mão. Para a fase seguinte ($v2$ a $v3$) consideraram-se todos os parâmetros. Por sua vez, para a fase $v3$ a $v4$ consideraram-se os parâmetros relativos ao trajecto motor da mão, ao

movimento da anca e ao trajecto de recuperação do pé. Por fim, para a fase v4 a v1' considerou-se a totalidade dos parâmetros do deslocamento segmentar estudados.

No caso particular do estudo da correlação entre o número de *Strukhal* transformado (Sh) e a economia foi utilizado o seguinte procedimento particular: foram considerados apenas os valores de Sh obtidos pelos nadadores cujas curvas de economia foram também determinadas ($n = 9$). Para cada um dos nadadores, executando cada uma das variantes da técnica de braços em estudo, foram determinados os valores do dispêndio energético total net (anaeróbio glicolítico + aeróbio) por unidade de tempo à velocidade média a que foi calculado Sh . Este cálculo foi realizado com base nas equações de regressão obtidas entre o dispêndio energético total e a velocidade (Quadro A28, ANEXO 4). A partir deste valor foi determinado o correspondente custo energético específico de transporte à velocidade média a que foi determinado Sh (ESh).

Atendendo à presumível variação de Sh com a velocidade de nado, os valores de Sh foram correlacionados com ESh quer em valor absoluto, quer corrigidos pela velocidade. A variação de Sh com a velocidade foi também estudada.

O estudo das correlações entre Sh (em valor absoluto e corrigido pela velocidade) e ESh foi realizado considerando a totalidades dos pares de valores obtidos com a amostra e para cada variante isoladamente e, também, considerando separadamente os pares de valores obtidos para cada indivíduo. Esta última análise foi realizada atendendo a que a relação entre as duas variáveis pode ser influenciada por variáveis de cariz vincadamente individualizado não avaliadas neste trabalho, nomeadamente a intensidade da força de arrasto hidrodinâmico associado à forma e dimensões corporais.

Finalmente, para a pesquisa de correlações entre o custo energético específico de transporte, a distância horizontal percorrida por ciclo, os índices de estabilização antero-posterior dos movimentos segmentares durante os trajectos motores e o índice de tortuosidade da anca, foram apenas considerados os resultados obtidos para os indivíduos que se sujeitaram aos dois estudos ($n = 9$). Tal como descrevemos para as relações de Sh com ESh , também neste caso foi calculado, com base nas equações individuais das curvas de economia, o valor do custo energético específico de transporte à velocidade de nado a que foram obtidos os vários traçados luminosos (E_{LT}). A existência de correlações significativas foi pesquisada para a totalidade dos pares de valores obtidos com a amostra e especificamente para cada uma das variantes da técnica de braços.

Os estudos anteriormente descritos foram realizados através do cálculo do coeficiente de correlação linear de Pearson. Servimo-nos de um microcomputador *Macintosh Classic* sob controlo do programa *StatView 512 + Graphics*.

8. Resultados

8.1. Trajectórias da mão, do pé e da anca em diferentes planos

8.1.1. Análise quantitativa

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos valores da velocidade a que foram testadas cada uma das três variantes da técnica de braços; isto considerando cada situação de avaliação separadamente (plano do movimento / referência anatómica) ou a totalidade dos registos obtidos. Neste último caso, as médias da velocidade foram: $1.19 (\pm .028) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $1.18 (\pm .021) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ e $1.19 (\pm .024) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente para o braços formal, o braços natural e o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

A ANOVA a dois factores revelou que o factor nadador introduz uma variação significativa ($p < 0.05$) em todos os parâmetros estudados com base nos traçados da mão, do pé e da anca. Por outro lado, os efeitos da variante técnica e da interacção dos dois factores (variante e nadador) só foram significativos em alguns parâmetros. Por estes motivos, e de acordo com os objectivos do trabalho, só serão assinaladas em continuação, as diferenças significativas entre as variantes da técnica e a ocorrência de interacções também significativas.

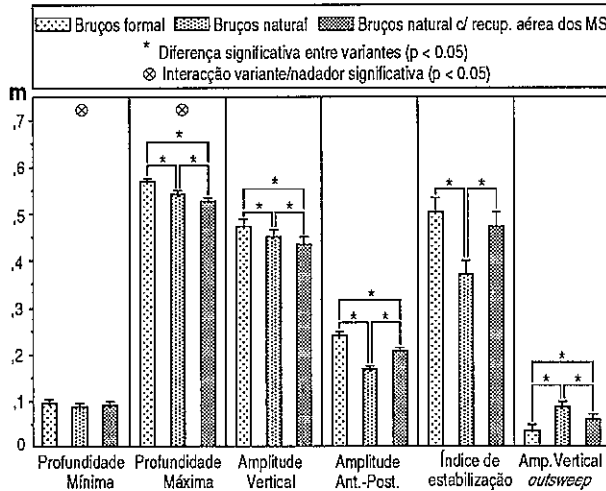
No ANEXO 1 são apresentados os valores médios individuais obtidos em cada parâmetro.

Na Figura 24 apresentamos os resultados relativos aos parâmetros do traçado do movimento da mão no plano sagital (perspectiva lateral) durante o trajecto motor do membro superior.

Da análise da Figura 24 destacam-se as seguintes constatações:

(i) A amplitude vertical do trajecto motor foi superior na variante formal ($\bar{X} = .477, \pm .044\text{m}$) do que na variante natural ($\bar{X} = .453, \pm .049\text{m}$) e, nesta, foi também superior do que na variante natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .435, \pm .042\text{m}$). O mesmo pode notar-se relativamente às diferenças registadas na profundidade máxima do trajecto motor ($\bar{X} = .572, \pm .064\text{m}$, para o BF; $\bar{X} = .542, \pm .076\text{m}$, para o BN e $\bar{X} = .528, \pm .078\text{m}$, para o BNA), enquanto que no que respeita à profundidade mínima do mesmo não foram observadas diferenças significativas entre as três variantes. Registe-se que nestes dois últimos parâmetros foram encontrados valores significativos da interacção entre os dois factores de variação considerados - variantes técnicas e nadadores -, o que significa que a associação entre a variante técnica e o nadador, introduz uma variação significativa nos valores em causa.

Figura 24. Valores médios (39 observações) dos parâmetros do traçado luminoso do movimento da mão no plano sagital (perspectiva lateral) durante o trajecto motor do membro superior. O limite superior do intervalo de confiança da média (95%) é também apresentado.



(ii) Pelo contrário, a interacção não foi significativa nos parâmetros: amplitude do deslocamento vertical da mão, amplitude do deslocamento antero-posterior da mão, índice de estabilização do trajecto motor e amplitude vertical do *outswEEP*.

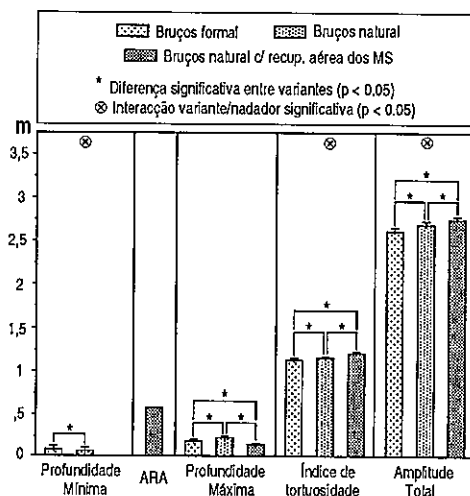
(iii) A amplitude do deslocamento antero-posterior foi superior no brucos formal ($\bar{X} = .239, \pm .065m$), distinguindo-se da que foi determinada para as restantes duas variantes. Por outro lado, também no brucos natural com recuperação aérea este parâmetro foi superior ($\bar{X} = .207, \pm .066m$) ao observado no brucos natural ($\bar{X} = .169, \pm .061m$). Uma relação idêntica foi observada para o índice de estabilização ($\bar{X} = .506, \pm .143m$, para o BF; $\bar{X} = .375, \pm .145m$, para o BN e $\bar{X} = .477, \pm .158m$, para o BNA). Note-se que o ordenamento relativo da grandeza das médias foi ainda semelhante ao observado para a profundidade mínima do trajecto motor, apesar de, neste parâmetro, as diferenças não terem evidenciado significado estatístico.

(iv) A amplitude do deslocamento vertical da mão durante o *outswEEP* foi superior no brucos natural ($\bar{X} = .087, \pm .066m$) relativamente ao brucos natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .062, \pm .068m$) e ao brucos formal ($\bar{X} = .037, \pm .072m$). Entre estas duas últimas variantes as diferenças foram também significativas.

Na Figura 25 são apresentados os resultados correspondentes aos valores médios dos parâmetros relativos ao movimento da mão no plano sagital durante a totalidade do ciclo e durante o deslocamento à frente. Destes destacam-se:

(i) A profundidade mínima do movimento da mão durante o seu deslocamento à frente foi inferior no braços natural ($= .069, \pm .051m$) relativamente ao braços formal ($\bar{X} = .089, \pm .045m$), como que concretizando um meio termo entre este último e o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores. Nesta última variante, entretanto, não foi registada a profundidade mínima, uma vez que, como a própria designação da variante sugere, as mãos emergem durante a recuperação. Saliente-se que, neste parâmetro, a interacção dos dois factores da ANOVA foi significativa, o que indica que a variância não dependeu só dos nadadores que constituíram a amostra e da variante utilizada, mas também do efeito decorrente da associação particular do nadador com a variante.

Figura 25. Valores médios (39 observações) dos parâmetros do traçado luminoso do movimento da mão no plano sagital (perspectiva lateral) durante o deslocamento à frente da mão e durante a totalidade do ciclo. O limite superior do intervalo de confiança da média (95%) é também apresentado.



(ii) Para a profundidade máxima do deslocamento à frente da mão, entretanto, não foram encontrados valores significativos de interacção, enquanto que as diferenças das médias dos valores registados para as três variantes foram todas estatisticamente significativas. Em média, a profundidade máxima foi significativamente mais elevada no braços natural ($\bar{X} = .240, \pm .083m$) do que nas restantes variantes, tendo também sido superior no braços formal ($\bar{X} = .216, \pm .065m$) relativamente ao braços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .187, \pm .080m$).

(iii) O índice de tortuosidade foi também significativamente diferente em todas as variantes, apesar da interacção variante técnica/nadador ter sido significativa. As diferenças neste parâmetro evidenciaram que o movimento da mão de trás para a

frente foi realizado de forma mais rectilínea no braços formal ($\bar{X} = 1.133, \pm .042$) e progressivamente mais tortuosa no braços natural ($\bar{X} = 1.151, \pm .055$) e no braços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = 1.208, \pm .057$).

(iv) A amplitude total do movimento da mão no plano sagital foi também significativamente inferior para o braços formal ($\bar{X} = 2.614, \pm .306m$) relativamente às duas outras variantes, tendo ainda sido superior para o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = 2.762, \pm .296m$) do que para o braços natural ($\bar{X} = 2.709, \pm .322m$). Neste parâmetro, a interacção dos dois factores analisados foi também significativa.

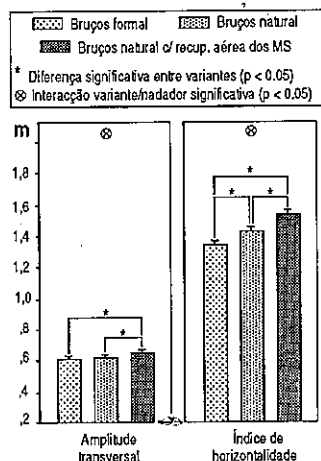
Os valores médios dos parâmetros do movimento dos membros superiores nos plano frontal (perspectiva superior) e transverso (perspectiva anterior) são apresentados na Figura 26. Destes resultados destacamos:

(i) A amplitude transversal foi significativamente superior no braços natural com recuperação aérea ($\bar{X} = .649, \pm .075m$) do que nas restantes duas variantes ($\bar{X} = .616, \pm .077m$, para o BF e $\bar{X} = .627, \pm .078m$, para o BN).

(ii) O índice de horizontalidade evidenciou que o deslocamento lateral da mão foi, relativamente ao deslocamento vertical, mais pronunciado no braços natural com recuperação aérea ($\bar{X} = 1.542, \pm .239$) do que no braços natural ($\bar{X} = 1.430, \pm .197$) e, neste, mais pronunciado do que no braços formal ($\bar{X} = 1.338, \pm .165$).

(iii) A interacção entre os dois factores estudados foi significativa nos dois parâmetros.

Figura 26. Valores médios (39 observações) dos parâmetros do traçado luminoso do movimento da mão nos planos frontal (perspectiva superior) e transverso (perspectiva frontal). O limite superior do intervalo de confiança da média (95%) é também apresentado.



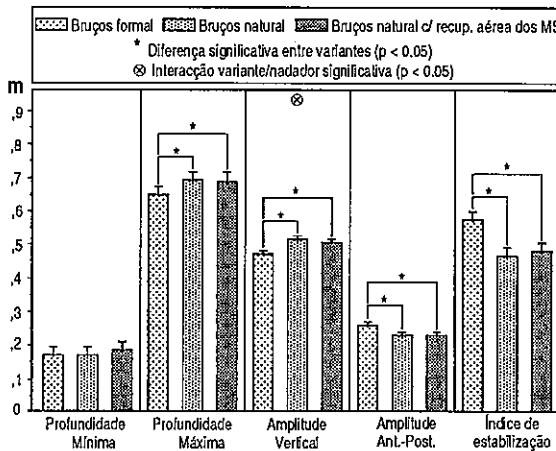
Na Figura 27 apresentamos os valores médios dos parâmetros relativos ao trajecto motor do pé no plano sagital. Destes resultados salientamos:

(i) As variantes natural e natural com recuperação aérea dos membros superiores não se diferenciaram em nenhum parâmetro.

(ii) Tal como para o movimento da mão no plano sagital, também no trajecto motor do pé não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as três variantes no que respeita à profundidade mínima.

(iii) As duas variantes naturais evidenciaram valores significativamente superiores da profundidade máxima do trajecto motor do pé ($\bar{X} = .692, \pm .106m$, para o BN e $\bar{X} = .691, \pm .159m$, para o BNA) e da amplitude vertical do mesmo ($\bar{X} = .518, \pm .077m$, para o BN e $\bar{X} = .506, \pm .089m$, para o BNA), do que os que foram obtidos para o braços formal ($\bar{X} = .647, \pm .103m$ e $\bar{X} = .474, \pm .076m$, respectivamente para a profundidade máxima e para a amplitude vertical). Todavia, no primeiro caso a interacção variante/nadador não foi significativa, enquanto que o mesmo já não se verificou para o segundo dos parâmetros referidos.

Figura 27. Valores médios (39 observações) dos parâmetros do traçado luminoso do movimento do pé no plano sagital (perspectiva lateral) durante o trajecto motor do membro inferior. O limite superior do intervalo de confiança da média (95%) é também apresentado.

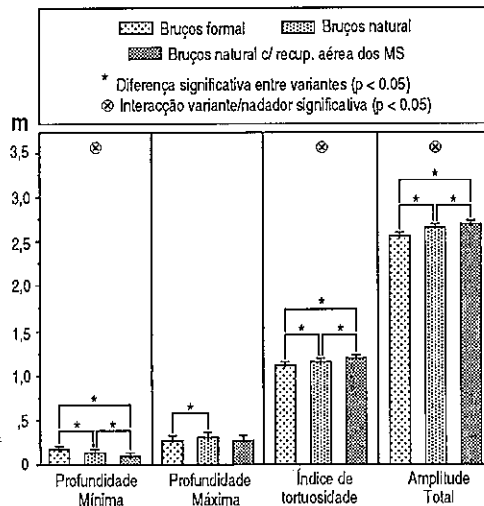


(iv) Em contrapartida, a amplitude média do deslocamento antero-posterior do pé e o valor médio do índice de estabilização foram superiores no braços formal (respectivamente $\bar{X} = .262, \pm .066m$ e $\bar{X} = 1.236, \pm .247$) do que nas variantes naturais, não tendo sido significativa, em nenhuma destes parâmetros, a interacção variante/nadador. Para o BN a amplitude média do deslocamento antero-posterior foi de $.232 (\pm .061)m$, enquanto que para o BNA foi de $.231 (\pm .064)m$. No que respeita ao índice de estabilização antero-posterior, os valores médios obtidos para as

variantes naturais foram de 1.153 ($\pm .260$) e de 1.173 ($\pm .281$), respectivamente para o BN e para o BNA.

Na Figura 28 apresentamos os valores médios dos parâmetros relativos ao deslocamento à frente e ao deslocamento total do pé no plano sagital, dos quais se salientam:

Figura 28. Valores médios (39 observações) dos parâmetros do traçado luminoso do movimento do pé no plano sagital (perspectiva lateral) durante o deslocamento à frente e durante a totalidade do ciclo. O limite superior do intervalo de confiança da média (95%) é também apresentado.



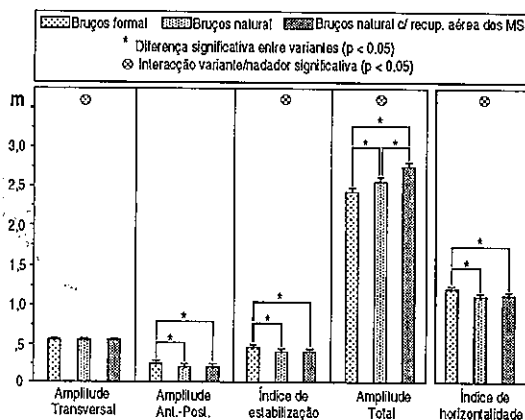
(i) A profundidade mínima do pé durante o seu deslocamento à frente foi superior no braços formal ($= .201, \pm .085m$) do que no braços natural ($\bar{X} = .154, \pm .105m$) e no braços natural com recuperação aérea ($\bar{X} = .112, \pm .089m$). Entre estas duas últimas variantes, a diferença observada foi também significativa, tendo o pé no braços natural com recuperação aérea atingido uma posição mais próxima da superfície do que no braços natural.

(ii) A interação variante/nadador não foi significativa no que respeita à profundidade máxima do deslocamento à frente do pé, o que indica que as variações esperadas entre as técnicas são independentes do nadador. Apesar disto, este parâmetro só se distinguiu significativamente entre o braços formal ($= .290, \pm .080m$) e o braços natural ($\bar{X} = .322, \pm .101m$).

(iii) O índice de tortuosidade do deslocamento à frente do pé e a amplitude total do deslocamento do pé no plano sagital durante um ciclo foram significativamente diferentes entre todas as variantes estudadas, tendo ambos crescido do braços formal para o braços natural com recuperação aérea, passando pelo braços

natural. Em qualquer destes parâmetros a interacção variante/nadador foi também significativa. Para o índice de tortuosidade, os valores médios que obtivemos foram de 1.125 ($\pm .062$)m, 1.171 ($\pm .081$)m e 1.197 ($\pm .083$)m, respectivamente para o BF, para o BN e para o BNA. Por sua vez, os valores médios obtidos para a amplitude total do deslocamento do pé no plano sagital foram: 2.582 ($\pm .288$)m para o BF, 2.677 ($\pm .244$)m para o BN e 2.721 ($\pm .333$) para o BNA.

Figura 29. Valores médios (39 observações) dos parâmetros do traçado luminoso do movimento do pé nos planos frontal (perspectiva superior) e transversal (perspectiva posterior). O limite superior do intervalo de confiança da média (95%) é também apresentado.



Os valores médios dos parâmetros relativos ao movimento do pé nos planos frontal (perspectiva superior) e transversal (perspectiva posterior) são apresentados na Figura 29. Relativamente a estes parâmetros, os principais resultados foram os seguintes:

(i) Na amplitude transversal do deslocamento do pé não se observaram diferenças significativas entre as três variantes e a interacção variante / nadador foi significativa.

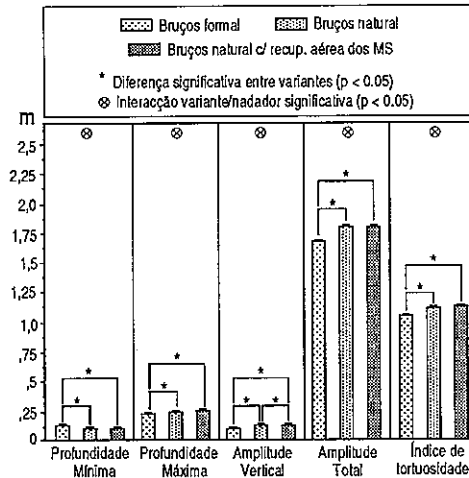
(ii) A amplitude média do deslocamento antero-posterior do pé foi significativamente superior para o bruços formal ($\bar{X} = .248, \pm .066$ m) quando comparado com qualquer das variantes naturais ($\bar{X} = .218, \pm .061$ m, para o BN e $\bar{X} = .217, \pm .061$ m, para o BNA). Entre estas, entretanto, não se registaram diferenças significativas neste parâmetro, para o qual a interacção variante / nadador não foi significativa.

(iii) A amplitude total do deslocamento do pé no plano frontal foi o único destes parâmetros a distinguir-se com significado estatístico entre as três variantes, tendo sido mínima no bruços formal ($\bar{X} = 2.447, \pm .139$ m) e máxima no bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = 2.577, \pm .137$ m). Para o BN, o valor médio que obtivemos foi de 2.534 ($\pm .235$).

(iv) Nos restantes parâmetros (índices de horizontalidade e de estabilização) registaram-se diferenças significativas apenas quando comparado o bruços formal

com as duas variantes naturais. Os valores médios foram máximos no BF, não se tendo registado diferenças significativas entre as variantes naturais. Em ambos, a interação variante/nadador foi significativa.

Figura 30. Valores médios (39 observações) dos parâmetros do traçado luminoso do movimento da anca no plano sagital (perspectiva lateral). O limite superior do intervalo de confiança da média (95%) é também apresentado.



Dos resultados relativos aos valores médios dos parâmetros do movimento da anca no plano sagital (Figura 30), destacam-se:

(i) A amplitude vertical foi o único parâmetro que se distinguiu com significado estatístico entre as três variantes, apesar da interação variante/nadador ter sido significativa. Em média, a amplitude vertical foi mínima para o braços formal ($\bar{X} = .105, \pm .031m$), intermédia para o braços natural ($\bar{X} = .132, \pm .051m$) e máxima para a variante natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .141, \pm .052m$).

(ii) Em todos os restantes parâmetros a interação manteve-se significativa e apenas se distinguiu o braços formal das variantes naturais.

(iii) Os valores médios para o braços formal foram superiores aos das variantes naturais apenas na profundidade mínima da anca, tendo sido superiores para todos os restantes parâmetros.

Na Figura 31 apresentamos os valores médios dos índices de estabilização total calculados para os membros superiores e para os membros inferiores, bem como do índice de estabilização absoluto das acções propulsivas.

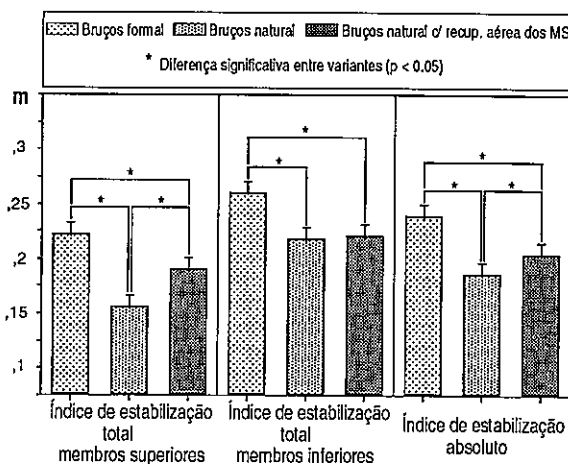
Destes resultados verifica-se que:

(i) As três variantes distinguiram-se no que respeita ao deslocamento antero-posterior do trajecto motor da mão relativizado aos deslocamentos vertical e transversal, sendo este menos acentuado no bruços natural ($\bar{X} = .156, \pm .056m$), mais elevado no bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .190, \pm .060m$) e mais ainda no bruços formal ($\bar{X} = .221, \pm .064m$).

(ii) No que respeita ao deslocamento antero-posterior do trajecto motor do pé relativizado aos deslocamentos vertical e transversal, apenas se distinguiu o bruços formal ($\bar{X} = .260, \pm .075m$) das variantes naturais ($\bar{X} = .218, \pm .065m$, para o BN e $\bar{X} = .221, \pm .073m$, para o BNA).

(iii) Apesar de não termos encontrado diferenças significativas na estabilização antero-posterior do trajecto motor do pé entre as variantes naturais, a diferença verificada na estabilização do trajecto motor dos membros superiores determinou uma diferença também significativa entre estas variantes no que respeita ao índice de estabilização antero-posterior absoluto das acções propulsivas, tendo sido menos acentuado o deslocamento antero-posterior relativo no bruços natural ($\bar{X} = .186, \pm .041m$) e mais acentuado no bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .205, \pm .048m$). Significativamente diferente destes valores foi ainda a média do índice de estabilização absoluto que obtivemos para o bruços formal ($\bar{X} = .239, \pm .052m$), tendo sido esta a variante que evidenciou níveis mais elevados de deslocamento antero-posterior relativo.

Figura 31. Valores médios (39 observações) dos índices de estabilização antero-posterior total calculados para o trajecto motor da mão e do pé e do índice de estabilização antero-posterior absoluta das acções propulsivas em cada uma das três variantes da técnica de bruços. O limite superior do intervalo de confiança da média (95%) é também apresentado.

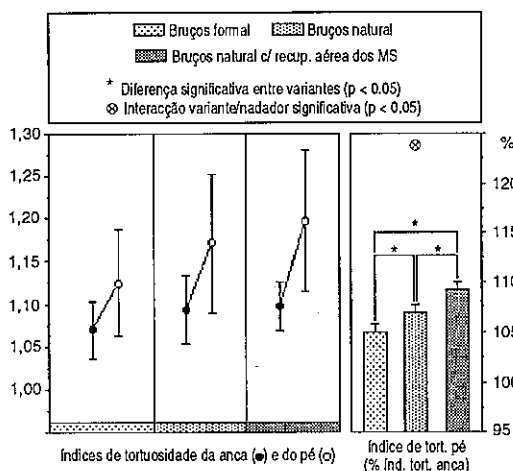


(iv) Em nenhum caso se observaram valores significativos da interacção variante técnica / nadador.

Na Figura 32 apresentamos, para as três variantes, dos valores médios e respectivos desvios padrão da tortuosidade dos movimentos da anca e do pé, acompanhados dos valores médios, calculados para cada variante, da tortuosidade do movimento do pé expresso em percentagem da tortuosidade do movimento da anca.

Pode verificar-se que as três variantes se distinguiram significativamente entre si no que respeita à acentuação do movimento ondulatório do corpo entre a anca e o pé, sendo esta menos pronunciada no braços formal, mais elevada no braços natural e máxima no braços natural com recuperação aérea dos membros superiores. Registe-se que, neste parâmetro, a interação variante/nadador foi significativa.

Figura 32. Valores médios (39 observações) e respectivos desvios padrão da tortuosidade dos movimentos da anca e do pé nas três variantes da técnica de braços, acompanhados dos valores médios da tortuosidade do movimento do pé expresso em percentagem da tortuosidade do movimento da anca para cada variante e do limite superior do respectivo intervalo de confiança (95%).



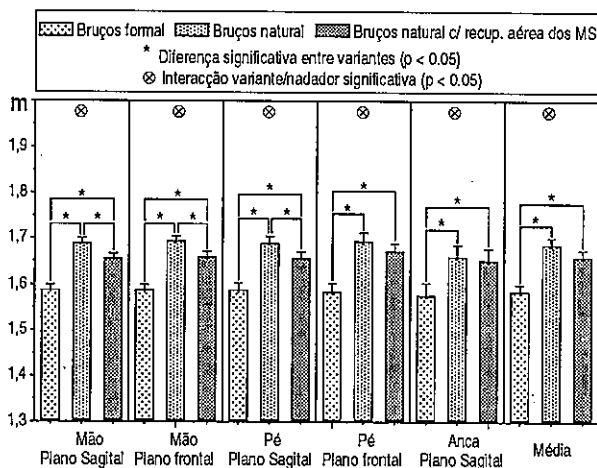
Na Figura 33 apresentamos os valores médios e respectivos limites superiores do intervalo de confiança (95%) das cinco distribuições obtidas para a distância horizontal percorrida por ciclo e da distribuição média calculada com base nestas.

Saliente-se que a interação variante/nadador foi significativa em todos os casos e que o valor médio calculado para o braços formal ($\bar{X} = 1.585, \pm .189m$) foi inferior ao obtido para o braços natural ($\bar{X} = 1.687, \pm .204m$) e para o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = 1.659, \pm .198m$). Todavia, as diferenças entre todas as variantes só foram estatisticamente significativas nas determinações realizadas com base nos traçados obtidos para os membros superiores nos planos sagital e frontal e para os membros inferiores no plano sagital. Nas

restantes, incluindo a distribuição média, apenas o bruços formal se distinguiu das variantes naturais.

No Quadro 15 e na Figura 34 apresentamos, respectivamente, a matriz de correlações e o *box and whisker plot* para a totalidade das distribuições obtidas para a distância horizontal percorrida por ciclo.

Figura 33. Valores médios (39 observações), e respectivos limites superiores do intervalo de confiança (95%), das cinco distribuições obtidas para a distância horizontal percorrida por ciclo e da distribuição média destas.



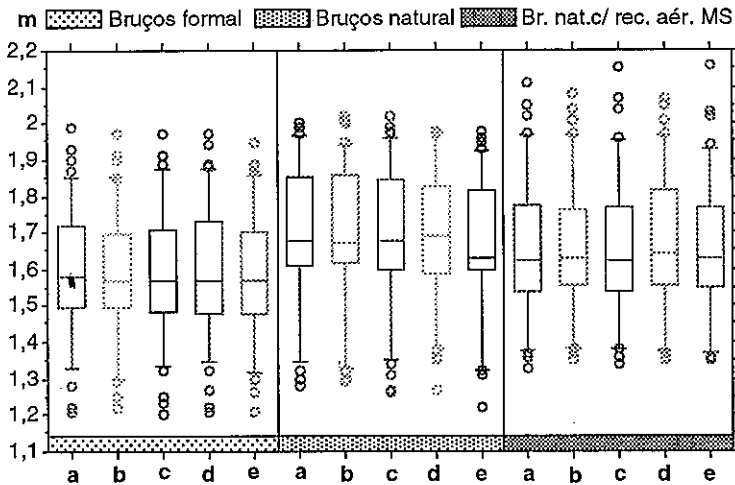
Na Figura 35 podem observar-se diagramas comparativos de diferentes distribuições dos valores da distância horizontal percorrida por ciclo: medida no plano sagital com base nos traçados luminosos dos movimentos da mão, do pé e da anca e medida no plano frontal com base nos traçados dos movimentos da mão e do pé.

Quadro 15. Matriz de correlações ($n = 115$) entre as distribuições obtidas para a distância horizontal percorrida por ciclo com base nos traçados luminosos dos movimentos da anca, da mão e do pé no plano sagital e da mão e do pé no plano frontal. Sag. = plano sagital; Frt. = plano frontal.

| | Mão(Sag.) | Mão(Frt.) | Pé(Sag.) | Pé(Frt.) | Anca(Sag.) |
|------------|-----------|-----------|----------|----------|------------|
| Mão(Sag.) | 1* | | | | |
| Mão(Frt.) | 0.994* | 1* | | | |
| Pé(Sag.) | 0.995* | 0.990* | 1* | | |
| Pé(Frt.) | 0.981* | 0.974* | 0.981* | 1* | |
| Anca(Sag.) | 0.988* | 0.983* | 0.994* | 0.974* | 1* |

* ($p < 0.05$)

Figura 34. Representação gráfica (*box and whisker plot*) da forma das cinco distribuições obtidas para a distância horizontal percorrida por ciclo, desdobradas nos valores relativos a cada uma das variantes da técnica de bruços (39 observações). A concentração dos valores, a sua dispersão e a presença de valores extremos e *out liers* são explicitadas. As barras representam o 1º e o 4º quartil e a caixa, dividida pela mediana, representa os 2º e 3º quartil. Os valores extremos são representados por círculos. **a** = membros superiores, plano sagital; **b** = membros superiores, plano frontal; **c** = membros inferiores, plano sagital; **d** = membros inferiores, plano frontal; **e** = anca, plano sagital.



Analisando as Figuras 33, 34 e 35 e o Quadro 15, pode verificar-se a similaridade das diferentes distribuições obtidas para a distância de ciclo.

Registe-se também que entre as médias das medidas do deslocamento antero-posterior do pé realizadas nos planos sagital e frontal não foram observadas diferenças significativas, tendo o coeficiente de correlação calculado entre as duas distribuições sido de $r = .97$ ($p < 0.05$).

A comparação dos índices de horizontalidade dos trajectos motores dos membros superiores e inferiores, calculados directamente nas fotografias do plano transversal e calculados indirectamente através das amplitudes transversais medidas no plano frontal e das amplitudes verticais medidas no plano sagital, foi realizada através dos diagramas de comparação de distribuições que apresentamos na Figura 36.

Figura 35. Diagramas de dispersão comparativos das distribuições da distância horizontal percorrida por ciclo (117 observações), obtidas para a anca e para os membros superiores (MS) e inferiores (MI) no plano sagital e, para estes últimos, também no plano frontal.

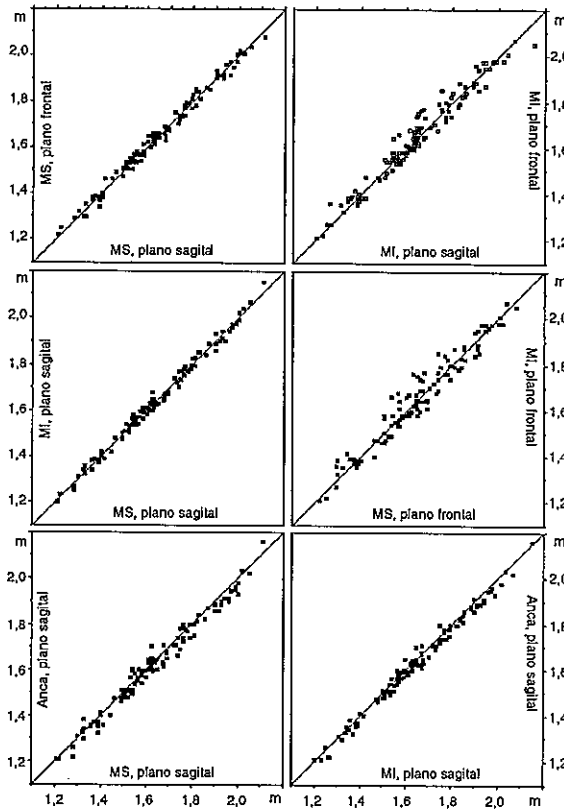
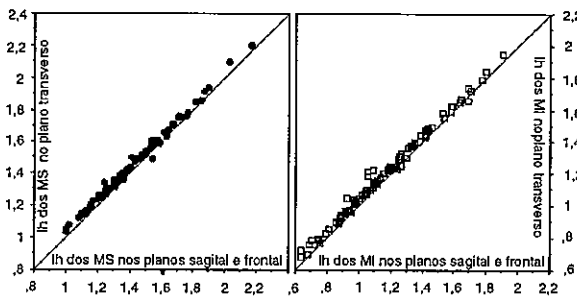


Figura 36. Diagramas de dispersão comparativos das distribuições (117 observações), obtidas para os membros superiores e inferiores, do índice de horizontalidade calculado directamente no plano transverso e indirectamente através de medidas registadas nos planos frontal e sagital.



Em qualquer dos casos pode observar-se uma acentuada semelhança das duas distribuições, a qual é reforçada pelos valores dos coeficientes de correlação e de determinação calculados, respectivamente, para os membros superiores e inferiores: $r=.997$ ($p<0.05$), $r^2=.994$ e $r=.996$ ($p<0.05$), $r^2=.992$. Todavia, pode verificar-se que a avaliação indirecta tende a subvalorizar os valores determinados directamente, facto que se pode constatar tanto para os membros superiores como para os inferiores.

8.1.2. Análise qualitativa

Nas Figura 37 a 43 apresentamos exemplos de diferentes registos fotográficos dos movimentos da mão, do pé e da anca obtidos para cada uma das variantes da técnica de bruços executada por um mesmo indivíduo. Para além das diferenças intraindividuais decorrentes da interpretação de cada variante que se podem observar nos exemplos apresentados, importa salientar que foram ainda notadas diferenças acentuadas entre os padrões evidenciados por diferentes nadadores para a mesma variante. Tendo em consideração a persistência das diferenças observadas entre as variantes para os diferentes nadadores, a análise da totalidade dos registos fotográficos colocou em evidência a similaridade dos registos obtidos para cada nadador independentemente da variante executada.

Figura 37. Exemplos dos registos fotográficos dos movimentos da mão no plano sagital (perspectiva lateral) nas três variantes da técnica de bruços.

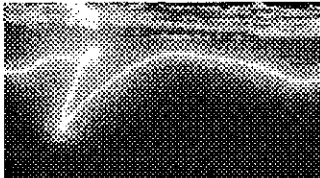
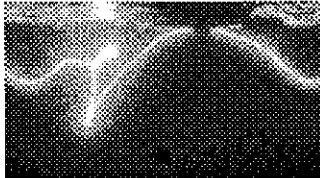
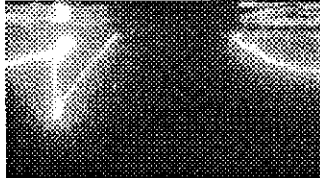
| | |
|--|--|
| <p>Bruços formal</p> <p>Movimento da mão no plano sagital</p> |  |
| <p>Bruços natural</p> <p>Movimento da mão no plano sagital</p> |  |
| <p>Bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores</p> <p>Movimento da mão no plano sagital</p> |  |

Figura 38. Exemplos dos registos fotográficos dos movimentos da mão no plano frontal (perspectiva superior) nas três variantes da técnica de bruços.

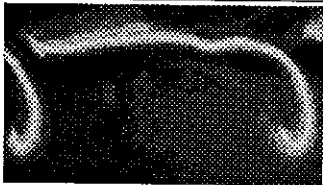
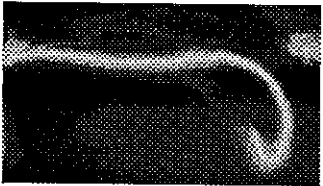
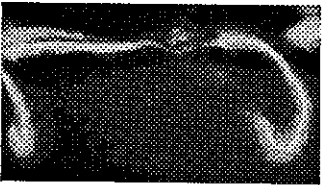
| | |
|--|--|
| Bruços formal |  |
| Movimento da mão no plano frontal | |
| Bruços natural |  |
| Movimento da mão no plano frontal | |
| Bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores |  |
| Movimento da mão no plano frontal | |

Figura 39. Exemplos dos registos fotográficos dos movimentos da mão no plano transversal (perspectiva anterior) nas três variantes da técnica de bruços.

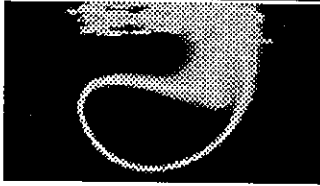
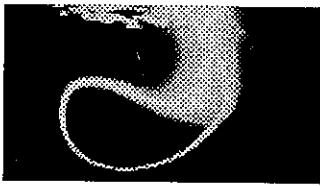
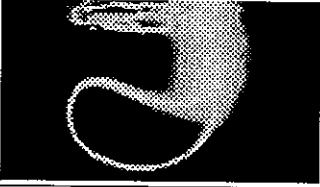
| | |
|--|--|
| Bruços formal |  |
| Movimento da mão no plano transversal | |
| Bruços natural |  |
| Movimento da mão no plano transversal | |
| Bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores |  |
| Movimento da mão no plano transversal | |

Figura 40. Exemplos dos registos fotográficos dos movimentos do pé no plano sagital (perspectiva lateral) nas três variantes da técnica de bruços.

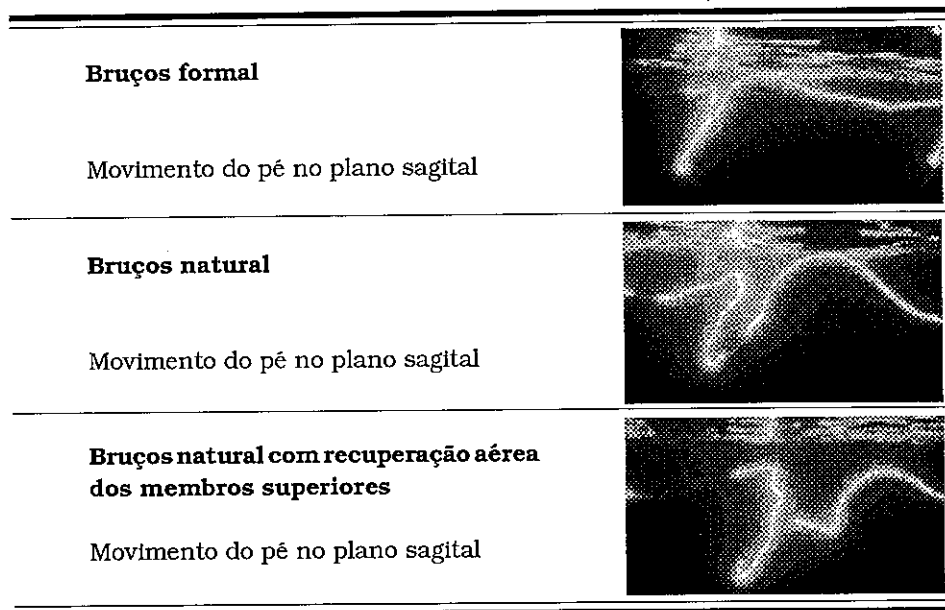


Figura 41. Exemplos dos registos fotográficos dos movimentos do pé no plano frontal (perspectiva superior) nas três variantes da técnica de bruços.

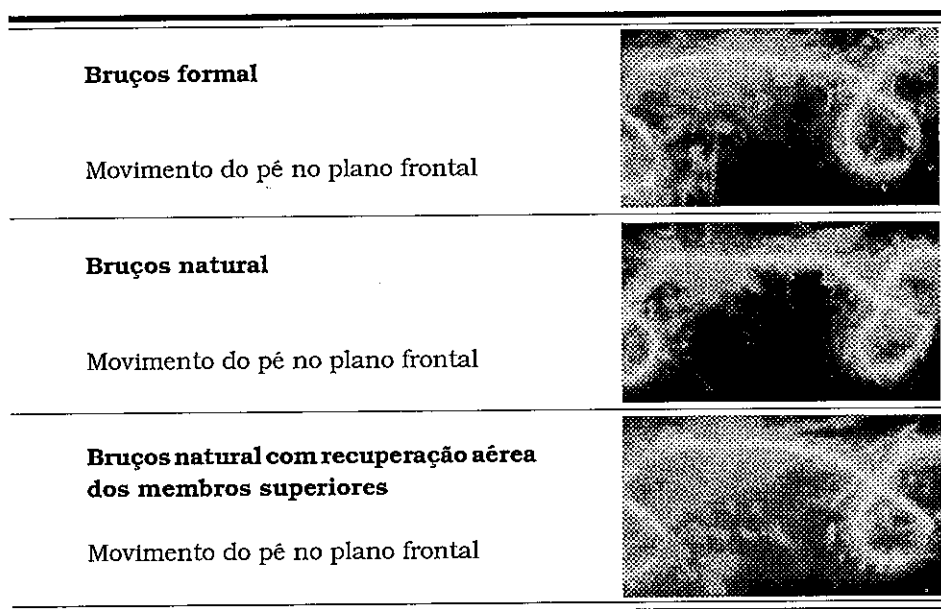


Figura 42. Exemplos dos registos fotográficos dos movimentos do pé no plano transverso (perspectiva posterior) nas três variantes da técnica de braços.



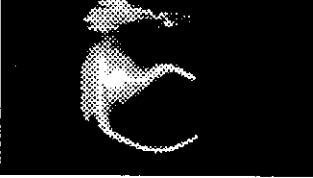
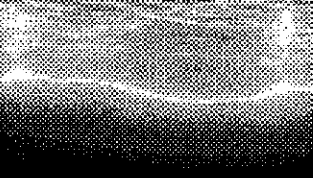
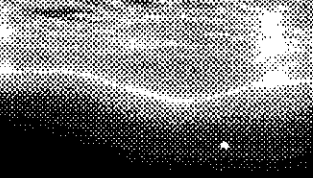
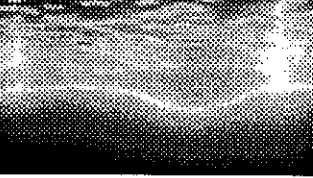
| | |
|--|--|
| <p>Braços formal</p> <p>Movimento do pé no plano transverso</p> |  |
| <p>Braços natural</p> <p>Movimento do pé no plano transverso</p> |  |
| <p>Braços natural com recuperação aérea dos membros superiores</p> <p>Movimento do pé no plano transverso</p> |  |

Figura 43. Exemplos dos registos fotográficos dos movimentos da anca no plano sagital (perspectiva lateral) nas três variantes da técnica de braços.

| | |
|---|--|
| <p>Braços formal</p> <p>Movimento da anca no plano sagital</p> |  |
| <p>Braços natural</p> <p>Movimento da anca no plano sagital</p> |  |
| <p>Braços natural com recuperação aérea dos membros superiores</p> <p>Movimento da anca no plano sagital</p> |  |

O estudo qualitativo dos registos do traçado luminoso proporcionou a obtenção dos resultados apresentados no Quadro 16.

Quadro 16. Resultados da análise qualitativa dos registos fotográficos do traçado luminoso dos movimentos da mão, do pé e da anca nas três variantes da técnica de braços. Mov. ond. = movimento ondulatório; Pern. = pernada; BF = braços formal; BN = braços natural; BNA = braços natural com recuperação aérea dos membros superiores; M = mão; P = pé; A = anca; 0 = não perceptível; ≈ = movimento ondulatório observável; x = emersão do pé observável; 1 = irregular / um tempo ascendente; 2 = regular / tempo ascendente + descendente; 3 = dois movimentos completos (tempo ascendente + descendente).

| Nad | Mov.ond. | | | Regul.do mov.ond. | | | Pern.adic. | | | Emersão pé | | |
|------|----------|----------|----------|-------------------|----------|----------|------------|----|-----|------------|----|-----|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| | M P A | M P A | M P A | M P A | M P A | M P A | | | | | | |
| A | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 2 2 2 | 2 2 2 | 2 1 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| B | 0 0 ≈ | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 0 0 2 | 2 2 2 | 2 2 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| C | ≈ 0 ≈ | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 2 0 2 | 2 2 2 | 2 2 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | X |
| D | 0 0 ≈ | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 0 0 2 | 2 2 2 | 2 2 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| E | ≈ 0 0 | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 2 0 0 | 2 2 2 | 1 2 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| F | ≈ 0 ≈ | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 2 0 2 | 2 2 2 | 2 2 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | X | X |
| G | 0 ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 0 2 2 | 2 2 2 | 2 2 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| H | 0 ≈ 0 | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 0 2 0 | 2 2 1 | 2 2 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| I | 0 ≈ 0 | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 0 2 0 | 2 2 2 | 2 2 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| J | ≈ 0 0 | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 2 0 0 | 2 2 2 | 2 2 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| L | ≈ 0 0 | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 1 0 0 | 2 1 2 | 2 2 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| M | ≈ 0 0 | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 1 0 0 | 2 2 2 | 2 2 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| N | 0 ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | ≈ ≈ ≈ | 0 2 2 | 2 2 2 | 2 2 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Tot. | 7 5 7 | 13 13 13 | 13 13 13 | 12 10 14 | 26 25 25 | 25 25 25 | 11 | 29 | 31 | 0 | 1 | 2 |

De salientar a reduzida ocorrência de movimento ondulatório de qualquer dos pontos de referência no braços formal, por oposição ao observado nas variantes naturais. Note-se também que, quando observado, o movimento ondulatório no braços formal apresentou-se tão regular quanto nas variantes naturais. Destaque-se ainda a maior ocorrência de “pernadas adicionais” nas variantes naturais, nomeadamente a constatação, em 50% dos casos, de dois ciclos completos semelhantes aos movimentos dos membros inferiores em mariposa. De resto, foi apenas nestas variantes que se observou a emersão dos pés, em qualquer dos três casos associadas a duplos movimentos tipo mariposa.

8.2. Variações ao longo de um ciclo gestual da velocidade horizontal e de parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos associados.

Nas Figuras 44 e 45 apresentamos as curvas de variação da velocidade horizontal ao longo de um ciclo, obtidas para cada nadador executando cada uma das variantes da técnica de braços em estudo.

Figura 44. Curvas individuais de variação ao longo de um ciclo da velocidade horizontal em cada uma das três variantes da técnica de braços executadas pelos indivíduos do sexo feminino (A a G). BF = braços formal; BN = braços natural; BNA = braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

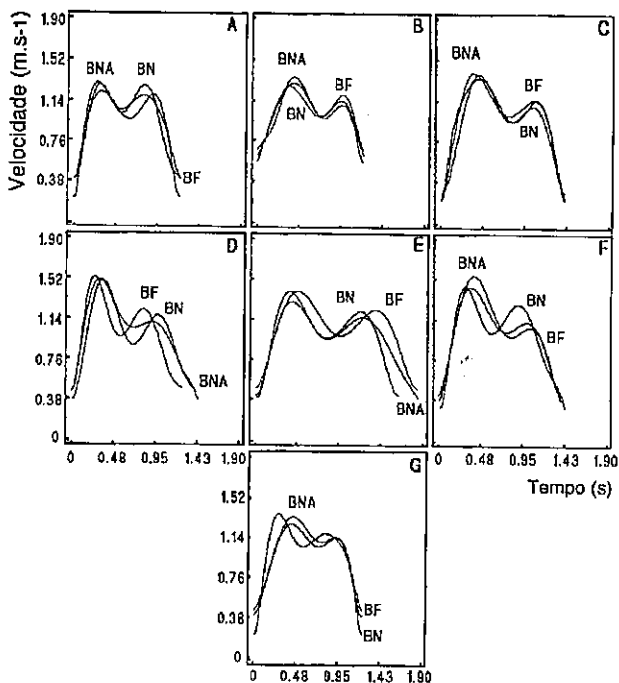
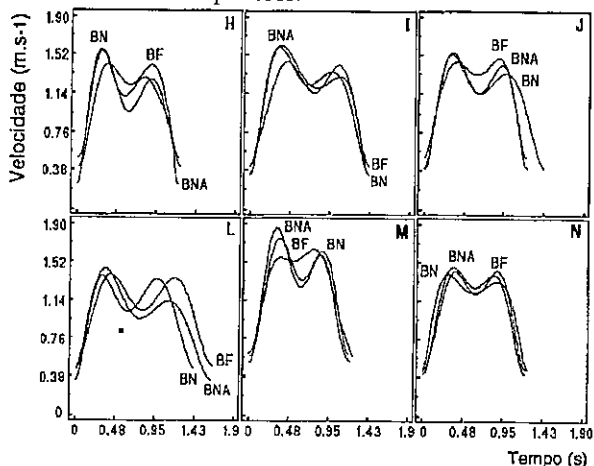


Figura 45. Curvas individuais de variação ao longo de um ciclo da velocidade horizontal em cada uma das três variantes da técnica de braços executadas pelos indivíduos do sexo masculino (H a N). BF = braços formal; BN = braços natural; BNA = braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.



no que respeita aos momentos em que ocorreu v2 no bruços formal e no bruços natural.

Os valores médios da duração de cada fase do ciclo nas três variantes da técnica de bruços são apresentados nas Figuras 47 e 48, expressos, respectivamente, em valor absoluto e em valor percentual da duração total do ciclo.

Figura 47. Duração das diferentes fases do ciclo nas três variantes da técnica de bruços. Os valores são média e desvio padrão (13 observações).

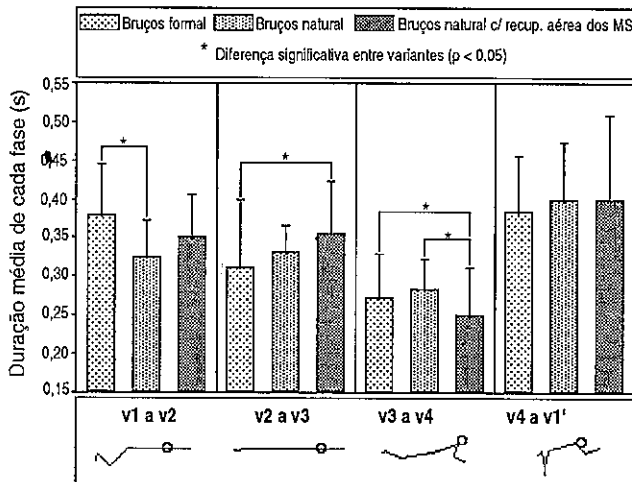
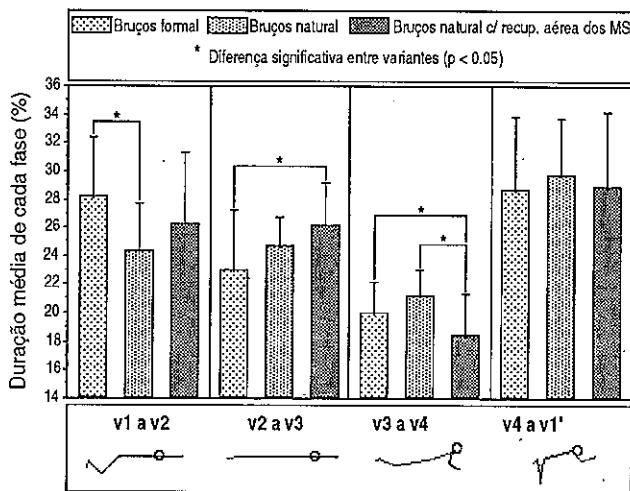


Figura 48. Duração das diferentes fases do ciclo nas três variantes da técnica de bruços, expressos em percentagem da duração total do ciclo. Os valores são média e desvio padrão (13 observações).



Pode observar-se que o valor médio da duração da fase v1 a v2 no bruços formal ($\bar{X} = .379, \pm .067$ s; 28.2, $\pm 4.2\%$) foi superior aos das variantes naturais, tendo sido, todavia, apenas significativamente diferente do valor médio observado para o bruços natural ($\bar{X} = .325, \pm .047$ s; 24.4, $\pm 2.0\%$). O valor médio obtido para o bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores situou-se entre os dois anteriores ($\bar{X} = .351, \pm .054$ s; 26.2, $\pm 5.0\%$), não se tendo distinguido significativamente de qualquer deles.

Em contrapartida, o valor médio da duração da fase compreendida entre v2 e v3 foi significativamente inferior no bruços formal ($\bar{X} = .313, \pm .087$ s; 23.0, $\pm 4.3\%$) relativamente ao bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .356, \pm .068$ s; 26.2, $\pm 3.0\%$). O valor médio obtido para o bruços natural situou-se entre os dois anteriores ($\bar{X} = .331, \pm .036$ s; 24.7, $\pm 2.0\%$), não se tendo distinguido significativamente de qualquer deles.

A duração média da fase v3 a v4 foi significativamente inferior no bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .251, \pm .060$ s; 18.4, $\pm 2.9\%$) do que nas restantes variantes. No bruços natural ($\bar{X} = .284, \pm .039$ s; 21.2, $\pm 1.9\%$), o valor médio da duração desta fase foi também superior ao valor médio obtido para o bruços formal ($\bar{X} = .271, \pm .058$ s; 20.1, $\pm 2.1\%$), mas esta diferença não se revelou estatisticamente significativa.

Por último, a duração da fase compreendida entre v4 e v1' não se distinguiu com significado estatístico entre as três variantes.

Os valores médios da velocidade em cada fase são apresentados nas Figuras 49 e 50, expressos, respectivamente, em valor absoluto e em valor percentual da velocidade média do ciclo. Da sua análise destacam-se as seguintes constatações:

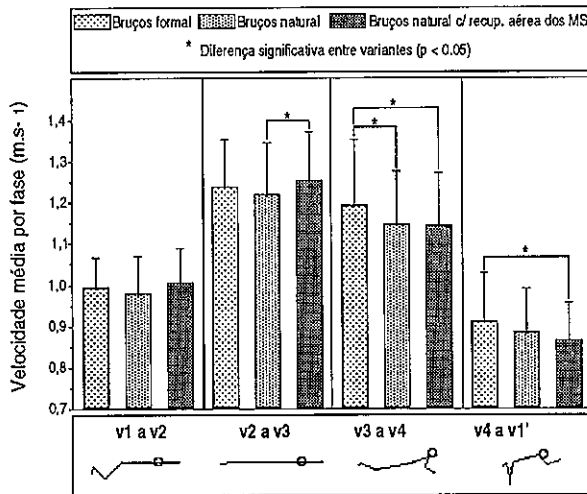
(i) A velocidade média durante a fase v1 a v2 não se distinguiu significativamente entre as três variantes, nem em valor absoluto, nem em percentagem da velocidade média do ciclo.

(ii) O valor médio da velocidade durante a fase v2 a v3 foi máxima no bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = 1.256, \pm .119$ m.s⁻¹) e mínima no bruços natural ($\bar{X} = 1.222, \pm .126$ m.s⁻¹), tendo assumido um valor intermédio no bruços formal ($\bar{X} = 1.239, \pm .116$ m.s⁻¹). Todavia, só se verificaram diferenças significativas entre as variantes naturais.

Considerando os valores expressos em percentagem da velocidade média do ciclo, o bruços formal ($\bar{X} = 116.5, \pm 2.9\%$) e o bruços natural ($\bar{X} = 116.8, \pm 4.8\%$) evidenciaram valores significativamente inferiores aos observados para o bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = 119.0, \pm 3.3\%$). Entre as duas primeiras variantes não se registaram diferenças significativas.

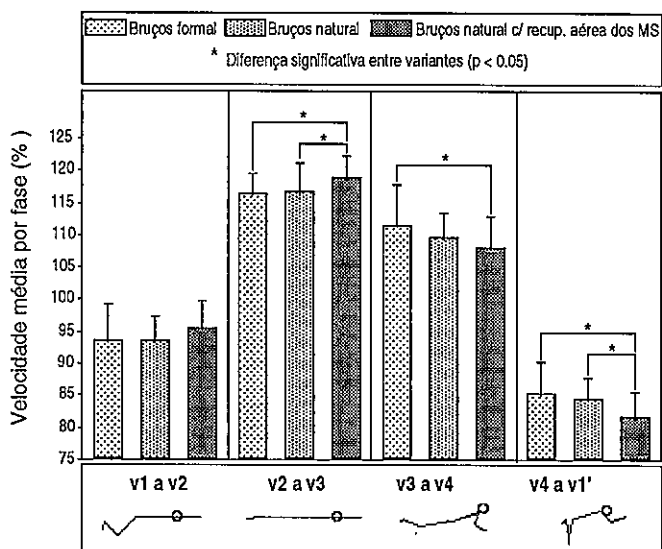
(iii) Em valores absolutos, a velocidade média durante a fase v3 a v4 foi significativamente superior no braços formal ($\bar{X} = 1.192, \pm .160 \text{ m.s}^{-1}$) do que nas variantes naturais. Entre estas não se registaram diferenças estatisticamente significativas, tendo a média do braços natural sido de $\bar{X} = 1.147 (\pm .132) \text{ m.s}^{-1}$ e do braços natural com recuperação aérea dos membros superiores de $\bar{X} = 1.142 (\pm .131) \text{ m.s}^{-1}$. Quando os valores foram expressos em percentagem da velocidade média do ciclo, apenas o braços formal ($\bar{X} = 111.7, \pm 6.1\%$) e o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = 108.0, \pm 4.8\%$) se distinguiram significativamente entre si. O braços natural evidenciou um valor médio percentual intermédio ($\bar{X} = 109.6, \pm 3.8\%$).

Figura 49. Velocidade média nas diferentes fases do ciclo nas três variantes da técnica de braços. Os valores são média e desvio padrão (13 observações).



(iv) Por fim, a velocidade média entre v4 e v1' distinguiu-se significativamente, quando em valor absoluto, apenas entre o braços formal ($\bar{X} = .911, \pm .120 \text{ m.s}^{-1}$) e o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .865, \pm .089 \text{ m.s}^{-1}$). O valor médio obtido para o braços natural foi de $\bar{X} = .885 (\pm .106) \text{ m.s}^{-1}$. Quando os valores foram relativizados à velocidade média do ciclo, o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = 81.9, \pm 3.76\%$) distinguiu-se significativamente das restantes duas variantes ($\bar{X} = 85.4, \pm 4.75\%$ e $\bar{X} = 84.5, \pm 3.53\%$, respectivamente para o braços formal e para o braços natural), não se tendo verificado diferenças significativas entre essas.

Figura 50. Velocidade média nas diferentes fases do ciclo nas três variantes da técnica de braços, expressa em percentagem da velocidade média do ciclo. Os valores são média e desvio padrão (13 observações).

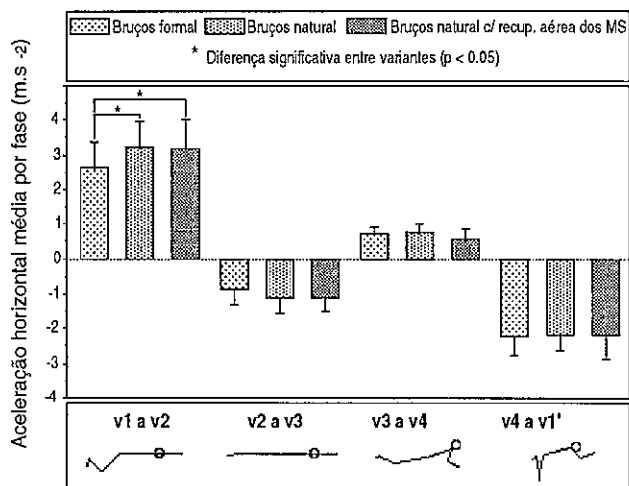


Na Figura 51 apresentamos os valores da aceleração horizontal média por fase. Nota-se que só se registaram diferenças estatisticamente significativas entre o braços formal e as variantes naturais no que respeita à aceleração média produzida pela acção propulsiva dos membros inferiores na fase compreendida entre v1 e v2.

Os valores médios do impulso horizontal resultante por fase são apresentados na Figura 52. Pode observar-se que só se constataram diferenças significativas nos valores do impulso horizontal resultante por fase entre o braços formal e o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores nas seguintes situações: (i) no impulso associado à acção propulsiva dos membros inferiores e (ii) no impulso negativo associado à fase compreendida entre v2 e v3.

No impulso associado à acção propulsiva dos membros superiores (entre v3 e v4) não se registaram diferenças estatisticamente significativas entre as três variantes, apesar do valor médio obtido para o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = 9.22, \pm 5.611$ Ns) se ter afastado mais pronunciadamente do determinado para as restantes variantes do que os valores obtidos para estas quando comparadas entre si ($\bar{X} = 12.05, \pm 5.256$ Ns para o braços formal e $\bar{X} = 12.70, \pm 4.815$ Ns para o braços natural).

Figura 51. Aceleração horizontal média por fase do ciclo nas três variantes da técnica de braços. Os valores são média e desvio padrão (13 observações).



Nas Figuras 53 e 54 apresentamos os resultados relativos aos valores médios da distância horizontal percorrida por fase, respectivamente em valores absolutos e em percentagem da distância horizontal total percorrida durante o ciclo. Analisando estes resultados observa-se que:

(i) Durante a fase v1 a v2, a distância horizontal percorrida com o braços formal ($\bar{X} = .376, \pm 0.065$ m; 26.4 \pm 3.9%) foi significativamente superior à percorrida com o braços natural ($\bar{X} = .318, \pm 0.053$ m; 22.8, \pm 3.2%). O braços natural com recuperação aérea dos membros superiores evidenciou valores intermédios ($\bar{X} = .352, \pm 0.054$ m; 25.0, \pm 4.8%), mas que não se distinguiram com significado estatístico dos valores obtidos para as restantes variantes.

(ii) Durante a fase compreendida entre v2 e v3, a variante da técnica de braços que proporcionou valores mais baixos do deslocamento horizontal foi o braços formal ($\bar{X} = .381, \pm 0.089$ m; 26.7, \pm 5.0%) e a que evidenciou valores mais elevados foi o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .445, \pm 0.079$ m; 31.2, \pm 3.6%). A diferença observada entre as médias calculadas para estas variantes foi estatisticamente significativa. Entretanto, nenhum destes valores se distinguiu significativamente do valor médio obtido para o braços natural ($\bar{X} = .402, \pm 0.045$ m; 28.9, \pm 2.2%).

Figura 52. Impulso horizontal resultante médio por fase do ciclo nas três variantes da técnica de braços. Os valores são média e desvio padrão (13 observações).

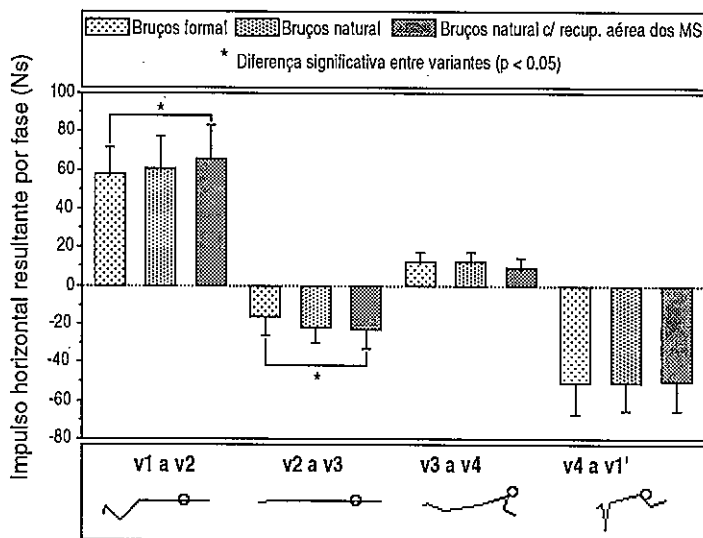


Figura 53. Distância horizontal média percorrida durante as diferentes fases do ciclo nas três variantes da técnica de braços. Os valores são média e desvio padrão (13 observações).

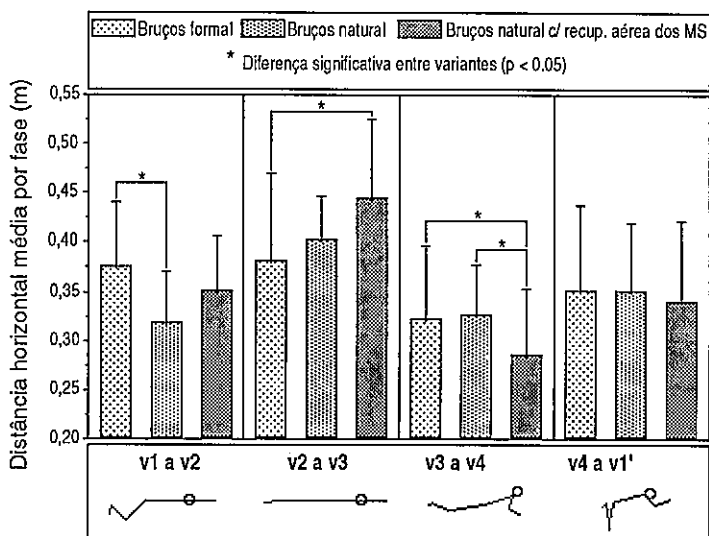
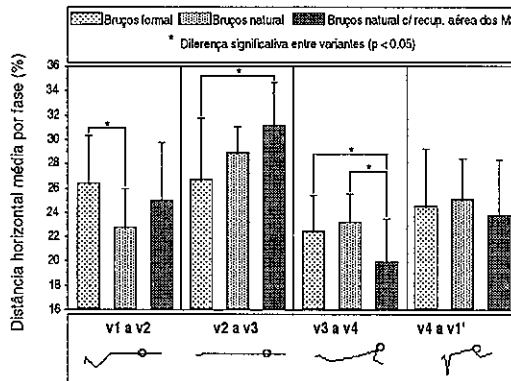


Figura 54. Distância horizontal média percorrida durante as diferentes fases do ciclo nas três variantes da técnica de bruços, expressa em percentagem da distância horizontal total percorrida durante o ciclo. Os valores são média e desvio padrão (13 observações).



(iii) Durante a fase compreendida entre v3 e v4, a distância horizontal percorrida com o bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .286 \pm .067$ m; 20.0, $\pm 3.5\%$) foi significativamente inferior à percorrida com as restantes variantes. No bruços natural foram, em média, percorridos .326 ($\pm .053$)m (23.2, $\pm 2.3\%$) e no bruços formal .323 ($\pm .074$)m (22.5, $\pm 2.9\%$).

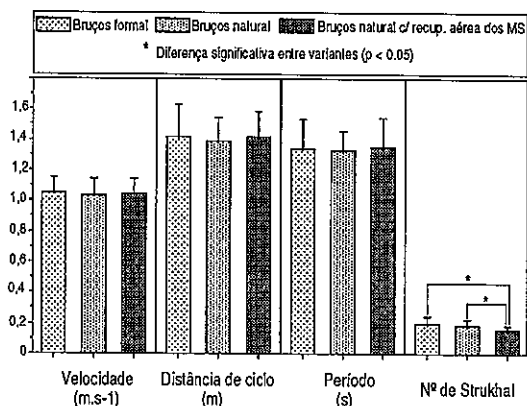
(iv) A distância horizontal percorrida durante a fase compreendida entre v4 e v1' não se distinguiu significativamente entre nenhuma das variantes estudadas, quer em valor absoluto, quer em valor percentual da distância horizontal total percorrida durante o ciclo.

Na Figura 55 apresentamos os valores médios obtidos nos seguintes parâmetros para as três variantes estudadas: (i) velocidade média do ciclo; (ii) distância horizontal percorrida por ciclo; (iii) duração de um ciclo e (iv) número de *Strukhal* transformado.

Só se registaram diferenças estatisticamente significativas nos valores médios do número de *Strukhal* transformado, parâmetro no qual o bruços formal ($\bar{X} = .210, \pm .042$) se distinguiu significativamente das variantes natural ($\bar{X} = .198, \pm .039$) e natural com recuperação aérea dos membros superiores ($\bar{X} = .171, \pm .030$).

Por último refira-se que os valores médios da velocidade média em cada ciclo calculada com base nas curvas não se distinguiram significativamente entre as três variantes (Quadro A6, ANEXO 3). Não encontramos também diferenças significativas entre os valores médios da velocidade média em cada ciclo calculada com base nas curvas e a velocidade média de nado determinada a partir da cronometragem directa durante a captação das fotografias. O valor do coeficiente de correlação linear calculado entre as duas distribuições foi de $r = .94$ ($p < 0.05$).

Figura 55. Valores médios calculados para o braços formal, para o braços natural e para o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores da velocidade média do ciclo, da distância horizontal percorrida por ciclo, da duração de cada ciclo e do número de *Strukhal* transformado (13 observações).

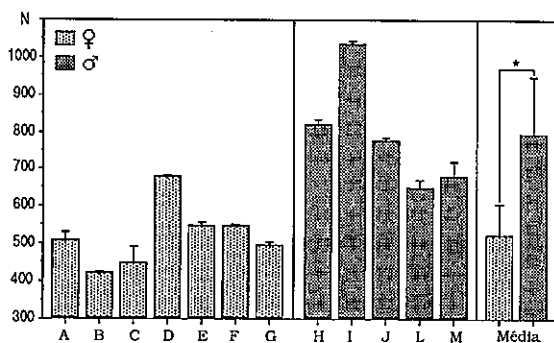


8.3. Força propulsiva máxima em nado estacionário.

8.3.1. Valores individuais e por subgrupo sexual

Na Figura 56 apresentamos os valores médios e respectivos desvios padrão dos registos individuais da força propulsiva máxima medida em nado estacionário, bem como os valores médios, e respectivos desvios padrão, calculados para cada sub-grupo sexual.

Figura 56. Valores médios e respectivos desvios padrão dos registos individuais da força propulsiva máxima medida em nado estacionário. Os valores médios e respectivos desvios padrão para cada sub-grupo sexual são também apresentados (* = $p < 0.05$).



Pode observar-se que os nadadores do sexo masculino conseguiram obter valores significativamente mais elevados ($p < 0.05$) de força propulsiva máxima medida em

nado estacionário do que os indivíduos do sexo feminino. Registe-se ainda a acentuada variação interindividual dos registos, a qual, pela análise dos valores dos desvios padrão individuais, não parece encontrar paralelo nas variações intraindividuais.

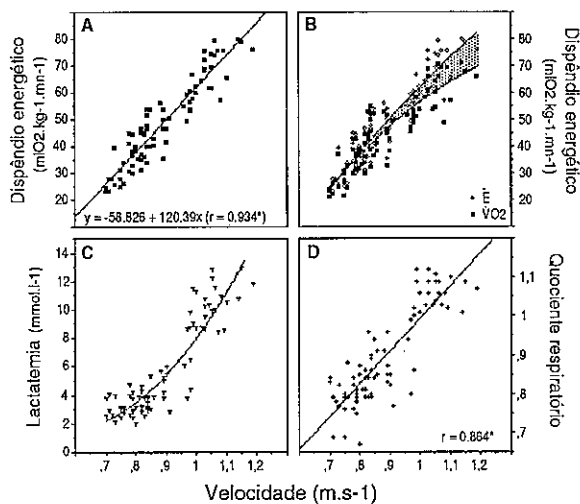
8.3.2. Correlação com os valores do impulso horizontal resultante propulsivo máximo

O valor do coeficiente de correlação linear calculado entre o impulso horizontal resultante propulsivo máximo e a força propulsiva máxima medida em nado estacionário foi de $r = .851$ ($p < 0.05$). O correspondente valor do coeficiente de determinação foi de $r^2 = .723$, o que indica que 72.3% da variância do impulso resultante propulsivo máximo está associada à variância da força propulsiva máxima medida em nado estacionário.

8.4. Economia motora

O comportamento geral com a velocidade de nado dos diferentes parâmetros fisiológicos estudados é apresentado nas Figuras 57 e 58. Nesta última, os valores da frequência cardíaca são ainda correlacionados com os valores do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) em estado de "equilíbrio fisiológico" (*steady-state*).

Figura 57. Variação com a velocidade de nado: (A) do dispêndio energético (E) total (glicolítico + aeróbio) por unidade de tempo; (B) do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$); (C) da lactatemia capilar total máxima após o esforço e (D) do quociente respiratório. São também apresentados: a equação de regressão linear determinada entre E e a velocidade de nado (v), bem como os valores do coeficiente de correlação (r), e o seu significado estatístico (*) para $\alpha = 0.05$, calculados entre E e v e entre o quociente respiratório e v (81 observações).

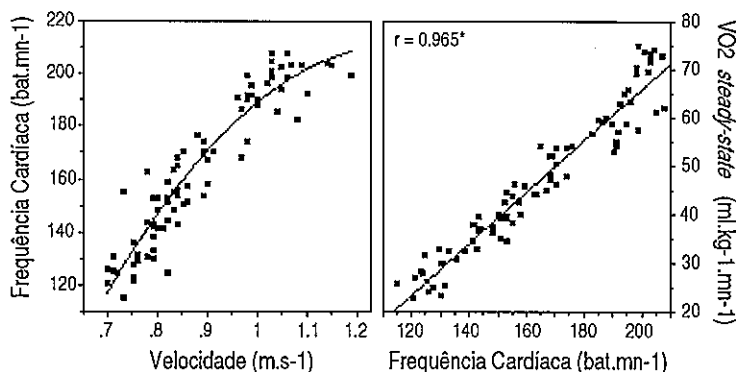


Da Figura 57 salienta-se a variação linear do dispêndio energético total por unidade de tempo e do quociente respiratório com a velocidade de nado e a variação exponencial da lactatemia capilar também com a velocidade. Registe-se ainda que, para os valores mais elevados da velocidade, $\dot{V}O_2$ tendeu a deflectir enquanto que \dot{E} manteve uma relação linear.

Os valores médios do $\dot{V}O_2$ máx. que determinámos foram de $\bar{X} = 66.3 (\pm 4.73)$ ml. $kg^{-1} \cdot mn^{-1}$ para as nadadoras e de $\bar{X} = 69.7 (\pm 4.78)$ ml. $kg^{-1} \cdot mn^{-1}$ para os nadadores. A média obtida para a totalidade da amostra foi de $\bar{X} = 67.4 (\pm 4.73)$ ml. $kg^{-1} \cdot mn^{-1}$, tendo os valores individuais variado entre 60.9 e 75.2 ml. $kg^{-1} \cdot mn^{-1}$.

Um comportamento similar ao que observámos para o $\dot{V}O_2$ pôde ser observado relativamente à frequência cardíaca (Figura 58), parâmetro que, entretanto, se correlacionou linearmente, e com elevado significado estatístico, com o $\dot{V}O_2$ em estado de "equilíbrio fisiológico" (*steady-state*).

Figura 58. Variação da frequência cardíaca com a velocidade de nado e com o consumo de oxigénio ($\dot{V}O_2$) em estado de equilíbrio fisiológico (*steady-state*). É também apresentado o coeficiente de correlação (r), e o seu significado estatístico (*) para $\alpha = 0.05$ (81 observações).



Na Figura 59 apresentamos as curvas de economia relativa das três variantes da técnica de braços para cada um dos indivíduos que constituiram a amostra deste estudo. Os resultados individuais dos diferentes parâmetros fisiológicos estudados são apresentados no ANEXO 4.

Registe-se que, numa primeira observação da Figura 59, dos nove nadadores estudados, o braço formal mostrou-se, para as velocidades testadas, mais económico em quatro, o braço natural em três e o braço natural com recuperação aérea dos membros superiores apenas em dois. Uma análise mais detalhada das rectas de regressão calculadas entre o dispêndio energético total (\dot{E}) e a velocidade

de nado (v) para cada variante executada por cada indivíduo revelou os seguintes resultados:

(i) Para o indivíduo A, as rectas de regressão calculadas para o braços formal e para o braços natural com recuperação aérea não se distinguiram significativamente entre si ($p < 0.05$). Ambas, porém, foram significativamente diferentes da recta calculada para o braços natural, variante que se mostrou, de todas, a menos económica.

(ii) Para o indivíduo B todas as rectas mostraram-se significativamente diferentes ($p < 0.05$), tendo esta diferença, todavia, radicado apenas nos valores da ordenada na origem. Neste caso, as variantes ordenaram-se do seguinte modo em ordem decrescente de economia: braços natural, braços formal e braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

(iii) Relativamente ao indivíduo C também se constatou que as três rectas diferiram significativamente entre si ($p < 0.05$). A variante mais económica foi o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores, depois o braços formal e, finalmente, o braços natural revelou-se como a variante menos económica.

(iv) No que respeita ao indivíduo D, também todas as rectas se distinguiram significativamente ($p < 0.05$), tendo o braços formal sido a variante mais económica, seguida do braços natural e do braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

(v) Para os indivíduos E e F observaram-se relações idênticas às que descrevemos para o indivíduo B.

(vi) No que respeita ao nadador H, o braços formal e o braços natural não se distinguiram significativamente entre si em termos de economia, mas qualquer destas variantes se revelou significativamente ($p < 0.05$) mais económica do que o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

(vii) Finalmente, para os indivíduos I e M o braços formal foi significativamente ($p < 0.05$) mais económico do que as variantes naturais, não se tendo estas distinguido entre si.

Considerando a totalidade dos pares de valores \dot{E}/v obtidos com a amostra (Figura 60), para o braços formal e para o braços natural foram encontradas curvas de economia muito semelhantes, que não se distinguiram significativamente entre si ($p < 0.05$). O braços natural com recuperação aérea dos membros superiores revelou-se, por seu lado, como, das três, a variante menos económica, especialmente para velocidades mais elevadas.

Figura 59. Curvas individuais de economia (sujeitos A, B, C, D, E, F, H, I, M) obtidas para o braços formal (BF), para o braços natural (BN) e para o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores (BNA), com base nos valores do dispêndio energético total (anaeróbio glicolítico + aeróbio) e da velocidade de nado.

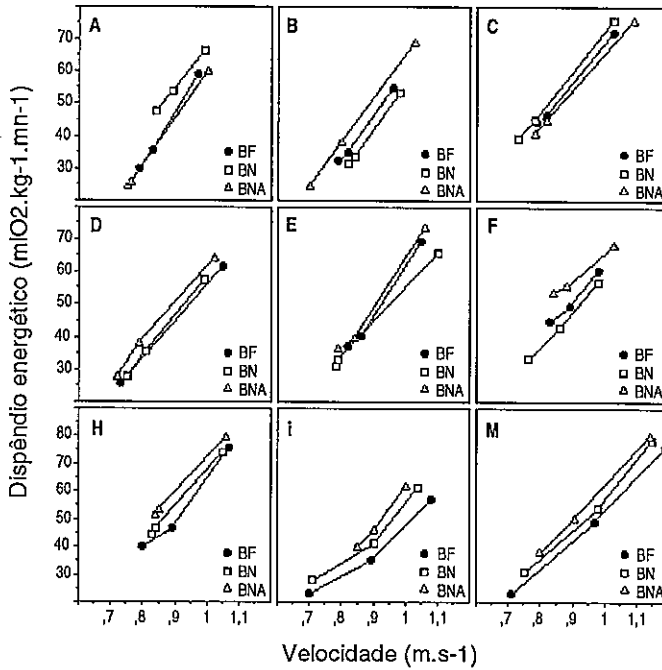
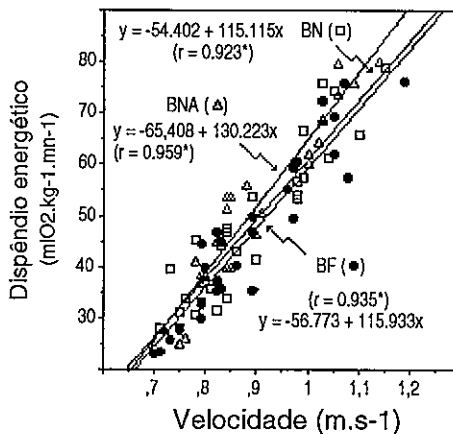


Figura 60. Rectas de economia obtidas para o braços formal (BF), para o braços natural (BN) e para o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores (BNA), com base na totalidade dos pares valores do dispêndio energético total (anaeróbio glicolítico + aeróbio) e da velocidade de nado. São também apresentadas as equações de regressão linear, os respectivos valores do coeficiente de correlação (r) e o seu significado estatístico (*) para $\alpha = 0.05$ (27 observações).



Na Figura 61 a economia relativa das três variantes é comparada por sub-grupo sexual, tendo variado mais significativamente entre os indivíduos do sexo masculino do que do sexo feminino. Neste último caso não foram encontradas diferenças significativas entre as rectas de regressão calculadas para as três variantes. Por outro lado, no que respeita aos indivíduos do sexo masculino, o braços formal foi significativamente mais económico ($p < 0.05$) do que as variantes naturais. Estas, por seu lado, não se distinguiram significativamente entre si.

Figura 61. Rectas de economia obtidas para o braços formal (BF), para o braços natural (BN) e para o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores (BNA), com base na totalidade dos pares valores do dispêndio energético total (anaeróbio glicolítico + aeróbio) e da velocidade de nado determinados para cada sub-grupo sexual.

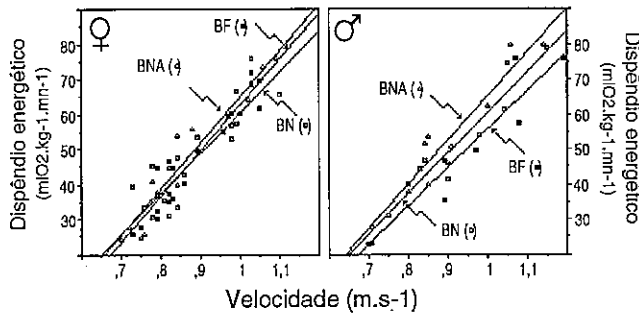
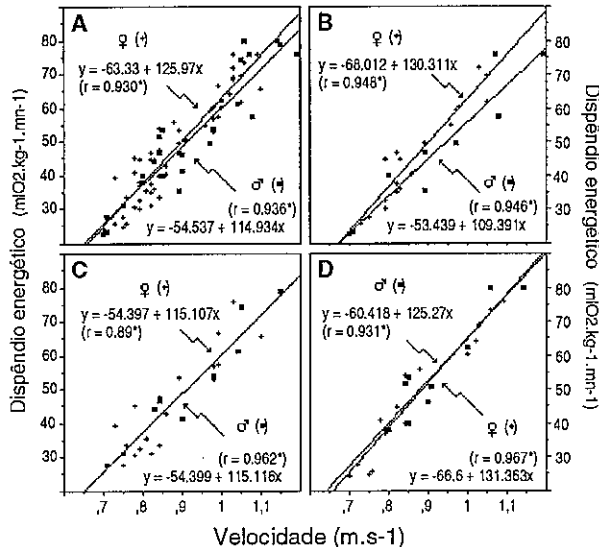


Figura 62. Comparação das curvas de economia obtidas para os sub-grupos feminino e masculino considerando os pares de valores do dispêndio energético e da velocidade de nado obtidos em todas as variantes (A) e, discriminadamente, no braços formal (B), no braços natural (C) e no braços natural com recuperação aérea dos membros superiores (D). São também apresentadas as equações de regressão linear, os respectivos valores do coeficiente de correlação (r) e o seu significado estatístico (*) para $\alpha = 0.05$.

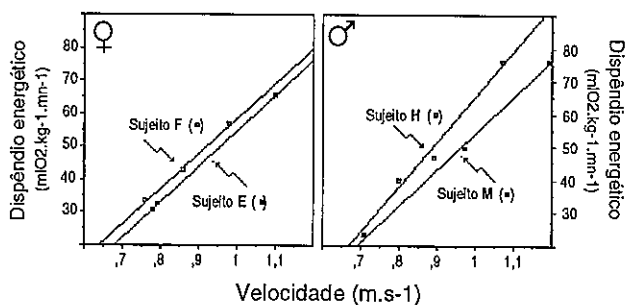


Na Figura 62 apresentamos os resultados referentes à economia relativa com que nadadores do sexo masculino e do sexo feminino executam a técnica de braços em geral e especificamente cada uma das variantes que estudámos.

Note-se na Figura 62 que, ou não se encontraram diferenças significativas entre as rectas de regressão calculadas para os dois sexos ou, no caso em que estas se verificaram (i.e., braços formal), os indivíduos do sexo masculino mostraram-se mais económicos ($p < 0.05$) que os seus pares do sexo feminino.

Os resultados da comparação das curvas de economia obtidas para os indivíduos de mais elevado e de mais baixo nível desportivo de ambos os sexos, são apresentados na Figura 63.

Figura 63. Curvas de economia obtidas para os indivíduos de nível desportivo mais elevado e mais reduzido de cada sub-grupo sexual considerando a variante mais económica de cada um.



Pode observar-se que, quer para o sexo feminino, quer para o sexo masculino, os nadadores de nível desportivo mais elevado evidenciaram níveis também superiores de economia.

Registe-se que as rectas representadas para os indivíduos do sexo feminino correspondem ao braço natural e para os indivíduos do sexo masculino correspondem ao braço formal. Pode ainda verificar-se que as curvas de economia máxima obtidas para os indivíduos de nível desportivo mais elevado de ambos os sexos são acentuadamente semelhantes.

8.5. Relações entre os diferentes parâmetros estudados

8.5.1. Relações entre a distância horizontal percorrida por ciclo e a estabilidade antero-posterior das acções propulsivas

No quadro 17 são apresentados os valores do coeficiente de correlação linear (r)

calculados entre a distância horizontal percorrida por ciclo e, quer o deslocamento antero-posterior da mão e do pé durante o trajecto motor dos membros superiores e dos membros inferiores, quer os respectivos índices de estabilização.

Quadro 17. Valores do coeficiente de correlação (r) calculado entre a distância horizontal percorrida por ciclo e, quer o deslocamento antero-posterior da mão e do pé durante o trajecto motor, quer os respectivos índices de estabilização. *= correlação significativa para $\alpha=0.05$.

| Parâmetro | r |
|--|--------|
| Amplitude do deslocamento antero-posterior da mão durante o trajecto motor | .335* |
| Índice de estabilidade antero-posterior do trajecto motor da mão no plano sagital | .237* |
| Índice de estabilidade total do trajecto motor da mão | .308* |
| Amplitude do deslocamento antero-posterior do pé durante o trajecto motor no plano sagital | -.241* |
| Amplitude do deslocamento antero-posterior do pé durante o trajecto motor no plano frontal | -.280* |
| Índice de estabilidade antero-posterior do trajecto motor do pé no plano sagital | -.512* |
| Índice de estabilidade antero-posterior do trajecto motor do pé no plano frontal | -.148 |
| Índice de estabilidade total do trajecto motor do pé | -.373* |
| Índice absoluto de estabilidade antero-posterior das acções propulsivas | -.015 |

Note-se que as correlações foram positivas quando foram considerados os parâmetros relacionados com o deslocamento da mão e negativos quando foram considerados os parâmetros relacionados com o movimento do pé.

8.5.2. Relações entre os deslocamentos segmentares, a aceleração horizontal média e o impulso horizontal resultante por fase.

Nos Quadros 18 e 19 apresentamos os parâmetros relativos ao deslocamento segmentar relacionados com as diferentes fases do ciclo gestual da técnica de braços que, considerando os resultados obtidos com a totalidade da amostra, se correlacionaram significativamente ($p<0.05$) com, respectivamente, o impulso horizontal resultante por fase e a aceleração horizontal média por fase.

Quadro 18. Parâmetros do deslocamento segmentar que se correlacionaram significativamente ($\alpha = 0.05$) com os impulsos horizontais resultantes por fase. O valor do coeficiente de correlação linear (r) é também apresentado.

| Parâmetro do movimento horizontal do corpo | Parâmetros dos mov. segmentares (mão, pé e anca) | r |
|--|---|-------|
| Impulso horizontal associado à acção propulsiva dos membros inferiores | (i) Amplitude do deslocamento transversal do pé | .476 |
| | (ii) Índice de estabilidade do movimento do pé no plano frontal | -.331 |
| | (iii) Profundidade máxima do movimento de recuperação da mão | -.386 |
| Impulso horizontal associado ao deslize ou à transição entre as acções propulsivas dos membros inferiores e superiores | (i) Amplitude do deslocamento transversal do pé | -.323 |
| | (ii) Amplitude do deslocamento transversal da mão | -.570 |
| Impulso horizontal associado à acção propulsiva dos membros superiores | (i) Profundidade máxima do trajecto motor da mão | .354 |
| | (ii) Amplitude vertical do trajecto motor da mão | .418 |
| | (iii) Amplitude vertical do <i>outsweep</i> | -.349 |
| | (iv) Amplitude transversal do trajecto motor da mão | .404 |
| Impulso horizontal associado às acções de recuperação | (i) Índice de tortuosidade do deslocamento à frente da mão | .371 |
| | (ii) Profundidade máxima da recuperação da mão | .375 |

Quadro 19. Parâmetros do deslocamento segmentar que se correlacionaram significativamente ($\alpha = 0.05$) com a aceleração horizontal média por fase. O valor do coeficiente de correlação linear (r) é também apresentado.

| Parâmetro do movimento horizontal do corpo | Parâmetros dos mov. segmentares (mão, pé e anca) | r |
|---|---|-------|
| Aceleração positiva associada à acção propulsiva dos membros inferiores | (i) Índice absoluto de estabilidade | -.439 |
| | (ii) Índice de tortuosidade do movimento da | .410 |
| | (iii) Índice de estabilidade do movimento do pé no plano frontal | -.376 |
| Aceleração negativa associada ao deslize ou à transição entre as acções propulsivas dos membros inferiores e superiores | (i) Índice de tortuosidade do movimento da anca | -.344 |
| | (ii) Amplitude vertical do movimento da anca | -.335 |
| Aceleração positiva associada à acção propulsiva dos | (i) Profundidade máxima do trajecto motor da mão | .418 |
| | (ii) Amplitude vertical do trajecto motor da mão membros superiores | .406 |

Nos Quadros 20 e 21 apresentamos os parâmetros relativos ao deslocamento segmentar relacionados com as diferentes fases do ciclo da técnica de braços que, para cada variante, se correlacionaram significativamente ($p < 0.05$) com,

respectivamente, o impulso horizontal resultante por fase e a aceleração horizontal média por fase.

Quadro 20. Parâmetros do deslocamento segmentar que, em cada variante da técnica de braços, se correlacionaram significativamente ($\alpha = 0.05$) com os impulsos horizontais resultantes por fase. O valor do coeficiente de correlação linear (r) é também apresentado.

| Parâmetro do movimento horizontal do corpo | Parâmetros dos mov. segmentares (mão, pé e anca) | r |
|---|--|----------|
| Impulso horizontal resultante associado à acção propulsiva dos membros inferiores no braços natural | (i) Índice de tortuosidade do deslocamento à frente da mão | -.651 |
| Impulso horizontal resultante associado ao deslize ou à transição entre as acções propulsivas dos membros inferiores e superiores no braços natural | (i) Amplitude transversal do trajecto motor da mão | -.671 |
| Impulso horizontal resultante associado ao deslize ou à transição entre as acções propulsivas dos membros inferiores e superiores no braços natural com recuperação aérea dos membros superiores | (i) Amplitude transversal do trajecto motor da mão | -.635 |
| Impulso horizontal resultante associado à acção propulsiva dos membros superiores no braços formal | (i) Amplitude vertical do <i>outsweep</i> | -.690 |
| | (ii) Amplitude transversal do trajecto motor da mão | .680 |
| Impulso horizontal resultante associado às acções de recuperação no braços natural | (i) Índice de tortuosidade do deslocamento à frente da mão | .691 |

Quadro 21. Parâmetros do deslocamento segmentar que, em cada variante da técnica de braços, se correlacionaram significativamente ($\alpha = 0.05$) com a aceleração horizontal média por fase. O valor do coeficiente de correlação linear (r) é também apresentado.

| Parâmetro do movimento horizontal do corpo | Parâmetros dos mov. segmentares (mão, pé e anca) | r |
|--|---|----------|
| Aceleração positiva associada à acção propulsiva dos membros inferiores no braços formal | (i) Índice absoluto de estabilização antero-posterior | -.683 |
| Aceleração positiva associada à acção propulsiva dos membros inferiores no braços natural | (i) Profundidade mínima do trajecto motor do pé | -.582 |
| | (ii) Profundidade máxima do trajecto motor do pé | -.709 |
| Aceleração negativa associada às acções de recuperação no braços natural | (i) Profundidade máxima do movimento da anca | .696 |

8.5.3. Relações entre as variações da velocidade horizontal num ciclo e os deslocamentos segmentares

Os valores do coeficiente de correlação linear (r) relativos às correlações significativas que obtivemos entre o número de *Strukhal* transformado e os parâmetros relativos aos deslocamentos segmentares são apresentados no Quadro 22.

Quadro 22. Valores do coeficiente de correlação linear (r) relativos às correlações significativas que obtivemos entre o número de *Strukhal* transformado e os parâmetros relativos aos deslocamentos segmentares.

| Parâmetro | r |
|--|-------|
| Amplitude vertical do <i>outsweep</i> | -.333 |
| Índice de horizontalidade do trajecto motor da mão | -.501 |
| Profundidade máxima do trajecto motor da mão no plano sagital | .449 |
| Amplitude vertical do trajecto motor da mão no plano sagital | .503 |
| Índice de tortuosidade do deslocamento à frente do pé no plano sagital | -.467 |
| Profundidade mínima do movimento de recuperação dos membros inferiores | .664 |
| Índice de tortuosidade do movimento da anca | -.540 |
| Amplitude vertical do movimento da anca no plano sagital | -.595 |
| Profundidade mínima do movimento da anca no plano sagital | .468 |

8.5.4. Relações entre as variações da velocidade horizontal num ciclo e o dispêndio energético

O valor do coeficiente de correlação calculado entre a totalidade dos pares de valores do número de *Strukhal* transformado (Sh) e do custo energético específico de transporte (ESh) foi de $r = -.168$ ($n = 27$).

Todavia, Sh variou positivamente com a velocidade de nado, tendo o valor de r calculado entre as duas variáveis sido de $r = .334$, pelo que se justificou estudar as variações de Sh corrigido pela velocidade com ESh . Neste caso, o valor do coeficiente de correlação que obtivemos foi de $r = -.39$ ($p < 0.05$).

Apenas considerando os valores das duas variáveis obtidos para cada uma das variantes da técnica de braços separadamente, os valores do coeficiente de correlação foram: $r = .215$ para o braços formal, $r = -.399$ para o braços natural e $r = -.639$ para o braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

No Quadro 23 apresentamos os valores de E_{Sh} , calculado indivíduo a indivíduo para cada variante, correspondentes aos valores da velocidade horizontal média (Quadro A6, ANEXO 3) a que foi determinado Sh (Quadro A19, ANEXO 3). São também apresentados os valores de r^2 calculados para cada sujeito entre Sh e E_{Sh} e entre Sh corrigido pela velocidade e E_{Sh} .

Quadro 23. Valores do custo energético específico de transporte (E_{Sh}) calculados para cada indivíduo em cada variante (braços formal, natural e natural com recuperação aérea dos membros superiores) para os valores da velocidade horizontal média a que foi determinado o número de *Struchal* transformado (Sh). São também apresentados os valores dos coeficientes de correlação (r) e determinação (r^2) calculados entre Sh e E_{Sh} e entre Sh corrigido pela velocidade e E_{Sh} , bem como os valores médios (\bar{X}), e respectivos desvios padrão (\pm), dos diferentes parâmetros.

| Nadador | E_{Sh} (ml . kg ⁻¹ . m ⁻¹) | | | Sh vs. E_{Sh} | | Sh.v ⁻¹ vs. E_{Sh} | |
|---------|---|----------------|--------------------------|-----------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| | Braços formal | Braços natural | Br. nat com rec. aér. MS | r | r ² | r | r ² |
| A | 1.00 | 1.13 | .93 | .989 | .979 | .987 | .974 |
| B | 1.06 | .95 | 1.10 | .940 | .884 | .976 | .953 |
| C | 1.11 | 1.12 | 1.08 | .988 | .976 | .841 | .707 |
| D | .95 | .95 | 1.04 | .659 | .434 | .768 | .590 |
| E | 1.10 | .89 | .98 | 1.000 | 1.000 | .948 | .899 |
| F | 1.03 | .97 | 1.10 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| H | 1.22 | 1.20 | 1.27 | .567 | .322 | .637 | .406 |
| I | .87 | 1.02 | 1.19 | .999 | .998 | .993 | .986 |
| M | 1.11 | 1.21 | 1.26 | .999 | .998 | .998 | .996 |
| X | 1.05 | 1.05 | 1.11 | — | .843 | — | .835 |
| SD | .102 | .118 | .117 | — | .2678 | — | .2161 |

Saliente-se que, apesar da relação entre $Sh \cdot v^{-1}$ e E_{Sh} ter sido estatisticamente significativa para a totalidade da amostra, os valores de r^2 elevaram-se quando se consideraram as relações intraindividuais das duas variáveis. Nesta última perspectiva, e em média, a variância do custo energético específico de transporte associada à variância de Sh elevou-se a valores de 84%; isto quer se considere Sh em valor absoluto ou corrigido pela velocidade de nado.

8.5.5. Relações entre os deslocamentos segmentares e o dispêndio energético

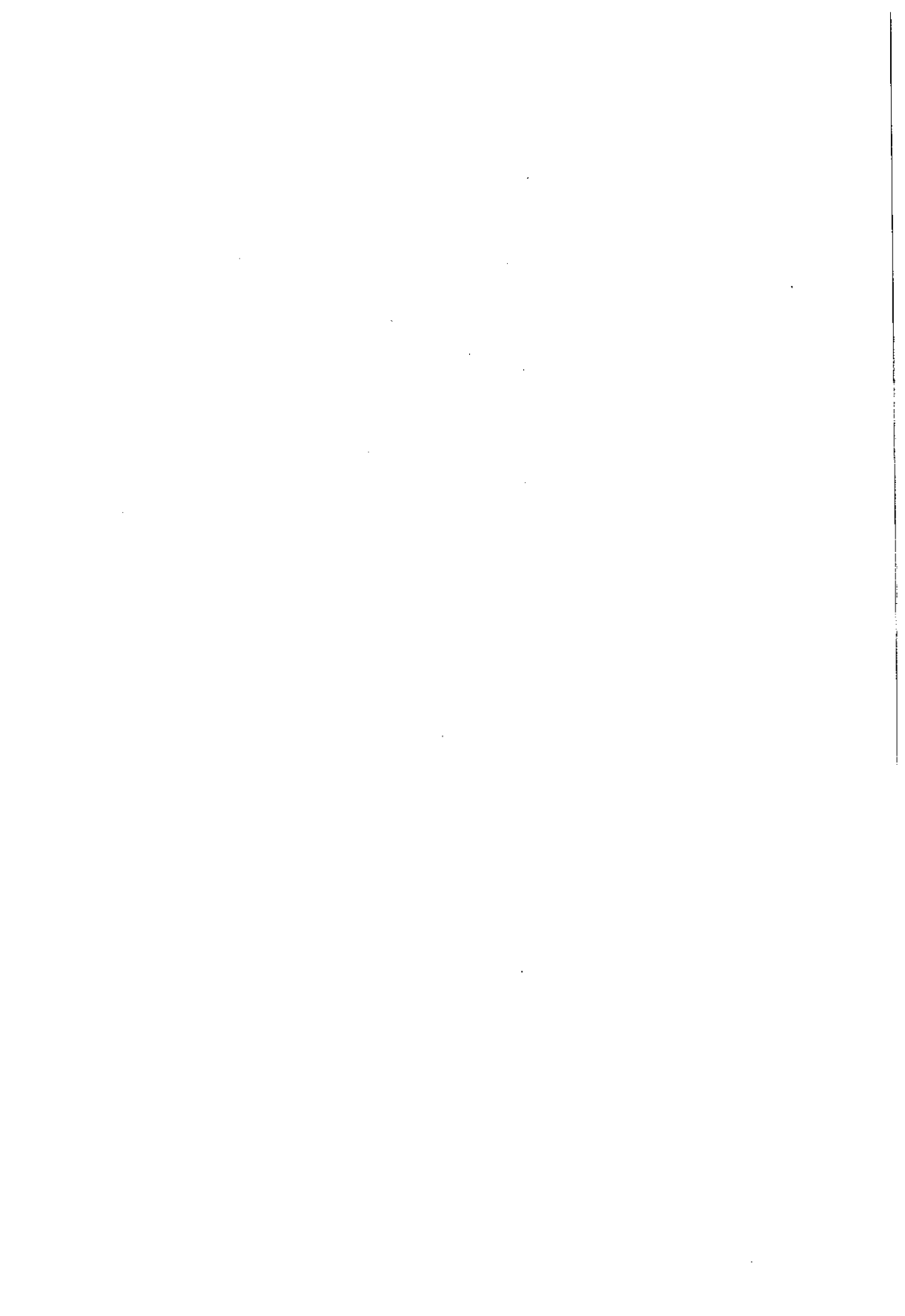
No Quadro 24 apresentamos os valores do coeficiente de correlação determinados entre o custo energético específico de transporte (E_{LT}) e os parâmetros relativos ao deslocamento segmentar estudados neste ponto, considerando quer os pares de valores obtidos com a totalidade da amostra, quer os valores obtidos isoladamente para cada variante.

Quadro 24. Valores do coeficiente de correlação determinados entre o custo energético específico de transporte (E_{LT}) e os parâmetros relativos ao deslocamento segmentar estudados neste ponto. São considerados quer a totalidade dos pares de valores obtidos com a amostra, quer os valores obtidos isoladamente para cada variante.

| E _{LT} vs. | Total | BF | BN | BNA |
|--|--------|-------|-------|-------|
| Índice absoluto de estabilidade antero-posterior dos movimentos segmentares | -.196 | -.290 | -.499 | .262 |
| Índice de estabilidade antero-posterior do trajecto motor da mão no plano sagital | .081 | .002 | -.188 | .262 |
| Índice de estabilidade antero-posterior total do trajecto motor da mão | .098 | .102 | -.113 | .313 |
| Índice de estabilidade antero-posterior do trajecto motor do pé no plano sagital | -.229 | -.438 | -.341 | .320 |
| Índice de estabilidade antero-posterior do trajecto motor do pé no plano frontal | -.308 | -.560 | -.191 | -.066 |
| Índice de estabilidade antero-posterior total do trajecto motor do pé | -.305 | -.593 | -.290 | .120 |
| Índice de tortuosidade da anca | .181 | .003 | .424 | -.205 |
| Distância horizontal percorrida por ciclo | -.407* | -.102 | -.648 | -.541 |
| Índice de tortuosidade do deslocamento à frente do pé expresso em percentagem do índice de tortuosidade do movimento da anca | -.005 | .249 | -.254 | -.352 |
| Amplitude da recuperação aérea dos membros superiores | — | — | — | .340 |

*(p<0.05)

Das correlações estudadas, apenas a distância horizontal percorrida por ciclo foi estatisticamente significativa e apenas quando se considerou a totalidade dos pares de valores obtidos com a amostra. Registe-se, todavia, que esta correlação foi mais elevada nas variantes naturais do que no bruços formal. Naquelas, o valor do coeficiente de correlação aproximou-se acentuadamente do valor crítico para os graus de liberdade e nível de significância em causa ($r = .666$).



9. Discussão

Este ponto será dividido em duas partes: uma primeira consagrada à discussão da metodologia e uma segunda dedicada à discussão dos resultados. Esta opção decorreu da necessidade que sentimos de discutir aprofundadamente os métodos que utilizámos, por um lado devido às inovações introduzidas e, por outro, devido à controvérsia que alguns suscitam.

9.1. Discussão da metodologia

"Biomechanical analysts of swimming techniques are more difficult to perform successfully than the corresponding analysts of almost any other sport technique. (...)

The difficulties inherent in this situation have not been noticeably relieved by the technological developments that have had a profound impact on many other fields in recent years".

Hay (1988, p. 11)

"Anytime you have to take measurements in water you can be sure you're going to have problems"

Magel e McArdle (1970, p. 58)

9.1.1. Comparação intraindividual de diferentes variantes de uma técnica de nado.

A decisão de compararmos as três variantes executadas pelo mesmo indivíduo foi tomada com o objectivo de maximizar a uniformização dos sub-grupos de executantes de cada uma. Esta preocupação emergiu da consciência de que as diferenças entre variantes de uma mesma técnica, e especialmente de uma técnica tão codificada quanto a técnica de braços, devem ser acentuadamente ténues (Suarez, 1992) e, como tal, passíveis de serem mimetizadas por diferenças interindividuais de execução, por um lado, ou, por outro, de capacidade de execução, nomeadamente no que concerne às influências previsíveis de diferentes perfis morfo-funcionais (Colman et al., 1992), especialmente na intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador (Clarys et al., 1974; Clarys, 1978a, b, 1979).

Este procedimento, no entanto, encerra outro tipo de limitações, nomeadamente as que decorrem da possibilidade do nadador ser particularmente competente numa variante em detrimento das restantes. Esta possibilidade, porém, parece-nos poder ter um efeito mínimo no presente estudo, se bem que o não desprezemos,

nomeadamente porque todos os nadadores: (i) haviam já ensaiado previamente as diferentes variantes, tendo mesmo alguns assumido, a seu tempo, cada uma delas como variante característica e (ii) foram previamente treinados durante duas semanas na execução das variantes que não eram tidas como a sua especialidade.

Minxing (1984), num estudo comparativo da força propulsiva máxima em duas das variantes da técnica de bruços, utilizou também este tipo de comparação, tendo os 10 indivíduos da sua amostra sido treinados igualmente durante duas semanas na variante que lhes não era característica: o BN. Os resultados encontrados por aquele autor apontaram no sentido de existirem vantagens mecânicas exactamente nesta variante, pelo que pensamos ser possível aceitar que nadadores de bom nível, sujeitos àquele período de treino numa técnica não usual, conseguirão atingir níveis satisfatórios na sua execução. A legitimidade deste pressuposto parece-nos ser ainda reforçada pelos resultados que obtivemos num estudo anterior (Vilas-Boas, 1987). No trabalho em causa, comparámos intraindividualmente a economia relativa das variantes formal e natural da técnica de bruços utilizando um método indirecto. Aos nadadores proporcionámos, então, um período de treino prévio de apenas 9 dias. Os resultados permitiram-nos concluir que a variante característica dos diferentes nadadores nem sempre se revelou a mais económica, o que nos sugeriu a possibilidade de mesmo aquele período de treino mais curto poder ser suficiente para permitir uma boa adaptação dos sujeitos à execução da variante não característica. O mesmo, de resto, pode ser verificado nos resultados do presente estudo, ao que acresce o facto dos valores máximos individuais do consumo de oxigénio registados neste trabalho nem sempre terem sido obtidos na variante característica de cada nadador. A existir uma adaptação muscular funcional específica da técnica que é característica de cada um, seria de esperar que os valores máximos do consumo de oxigénio fossem obtidos exactamente nessa técnica (Cazorla et al., 1985).

A comparação de duas técnicas de nado executadas por um mesmo indivíduo foi também utilizada por Stalman et al. (1987) e Persyn et al. (1992). Também Colman et al. (1989) estudaram as variações da velocidade horizontal da anca em quatro variantes da técnica de bruços executadas todas por cada um dos 15 nadadores testados pelos autores.

Apesar dos argumentos apresentados, admitimos que possa ter persistido uma influência residual nos resultados determinada pela mestria individual. Para atenuar os seus eventuais efeitos, optámos por estudar um mesmo número de especialistas em cada uma das diferentes variantes (3 especialistas de cada variante para o estudo da economia). Nesta medida, possíveis diferenças que sejam imputáveis à experiência adquirida numa ou noutra, são susceptíveis de ter sido atenuadas quando foram considerados os valores médios da amostra. O cuidado tido em estudar um número equilibrado de executantes das diferentes variantes da técnica de bruços parece-nos mesmo constituir uma vantagem relativamente à amostra de Minxing (1984).

No ponto consagrado à discussão da metodologia utilizada para a avaliação da economia motora discutiremos os inconvenientes, a este nível, de uma eventual opção por comparações interindividuais. Esses, por si só, parecem-nos suficientes para, no quadro anteriormente exposto, legitimar a nossa opção pelo modelo de comparação intraindividual.

9.1.2. Registo das trajectórias da mão, do pé e da anca em diferentes planos

9.1.2.1. Registo fotográfico do traçado luminoso e métodos alternativos: vantagens e inconvenientes.

O estudo dos movimentos segmentares nas técnicas de natação tem sido realizado fundamentalmente através de três métodos (Quadro 25): (i) o processamento de imagens registadas em filme; (ii) o processamento de imagens registadas em vídeo e (iii) o processamento do rasto luminoso contínuo ou intermitente de uma fonte de luz colocada num ponto anatómico de referência. Czabanski e Antoniak (1981) utilizaram um método que se pode considerar híbrido, que consistiu no registo através de câmaras estereoscópicas do traçado luminoso de uma lâmpada fixada na extremidade do dedo médio da mão.

Quadro 25. Revisão da literatura acerca dos diferentes métodos utilizados para o estudo dos movimentos segmentares de nadadores.

| Método | Autores |
|--|---|
| Processamento de imagens registadas em filme | Goldfuss e Nelson (1971), Cavill (1973), Seitz (1973), Schleihau (1974); Barthels e Adrian (1975), Wiegand et al. (1975), Schleihau (1977, 1979), Persyn et al. (1979), Stoner e Luedtke (1979), Vervaecke e Persyn (1979), Adams (1980), Daly et al. (1980), Brown (1981), Welch (1981), Valiant et al. (1982), Schleihau et al. (1983), Ungerechts (1983, 1990, 1992), Maglischo et al. (1984), Maglischo et al. (1988), Schleihau et al. (1988), Mason et al. (1992) |
| Processamento de imagens registadas em vídeo | Colman et al. (1989), Chatard et al. (1991), Colman e Persyn (1991), Arellano e Pardillo (1992), Cappaert et al. (1992a,b), Monteil e Rouard (1992), Persyn et al. (1992), Rouard et al. (1992), Togashi e Nomura (1992) |
| Processamento do rasto luminoso, contínuo ou intermitente de uma fonte de luz colocada num ponto anatómico de referência | Brown e Counsilman (1970), Counsilman (1971), Lewillie (1970, 1971), Clarys et al. (1973), Hoecke e Gruendler (1975), Kornecki e Bober (1978), Reischle (1978), Czabanski e Koszczyk (1979), Clarys et al. (1988), Alves e Vilas-Boas (1992), Vilas-Boas e Ferreira da Silva (1992) |

A nossa opção pela utilização do método de registo do traçado luminoso deveu-se fundamentalmente: (i) à sua facilidade e rapidez de operacionalização; (ii) ao facto de permitir o registo contínuo da totalidade do movimento e (iii) à maior acessibilidade dos meios imprescindíveis à sua mais conveniente implementação. De resto, os resultados decorrentes da avaliação quantitativa de diferentes parâmetros do movimento segmentar com base neste método não parecem diferir dos resultados obtidos a partir do processamento de imagens video. Reischle (1979) estudou, a partir de registos do traçado luminoso dos movimentos segmentares, os movimentos da mão realizados no plano sagital nas técnicas de *crawl*, costas e mariposa, tendo avaliado os seguintes parâmetros: (i) deslocamento à frente da mão durante o trajecto motor, considerando os pontos de entrada e de saída; (ii) a amplitude absoluta do deslocamento à frente da mão durante o trajecto motor; (iii) o deslocamento antero-posterior da mão durante o trajecto motor e (iv), a diferença entre estes dois últimos parâmetros, que considerou ser uma medida quantitativa da qualidade do gesto. Posteriormente, Arellano e Pardillo (1992) estudaram os mesmos parâmetros através do processamento de imagem video, tendo obtido resultados compatíveis com os de Reischle (1979).

O método do registo do traçado luminoso dos movimentos segmentares foi inicialmente utilizado em natação por Brown e Counsilman (1970), tendo favorecido, na altura, a concretização de um ponto de viragem na representação dos movimentos segmentares propulsivos do nadador, o qual se repercutiu num dos mais decisivos progressos operados no entendimento da mecânica propulsiva em natação. De facto, foi com a utilização deste método que, referenciando os deslocamentos segmentares a um ponto fixo, Brown e Counsilman (1970) perceberam a importância dos deslocamentos oblíquos relativamente à direcção de nado e consideraram a hipótese da força ascensional hidrodinâmica desempenhar um papel decisivo na propulsão aquática do nadador. Desde então até à actualidade este método foi utilizado por diferentes autores (Counsilman, 1971; Lewillie, 1970, 1971; Clarys et al., 1973; Hoecke e Gruendler, 1975; Kornecki e Bober, 1978; Reischle, 1978, 1979; Czabanski e Koszczyc, 1979; Clarys et al., 1988; Alves e Vilas-Boas, 1992; Vilas-Boas e Ferreira da Silva, 1992). Clarys et al. (1973) referiram-se a este método como fiável, económico, simples e acentuadamente interactivo com o próprio processo de treino e Reischle (1978) descreveu-o como um método biomecânico económico para a análise objectiva da técnica de nado. Nigg (1983), por seu lado, destacou-o enquanto um dos principais métodos para a análise biomecânica da natação e, mais recentemente, num artigo consagrado à análise biomecânica da técnica de nado integrado numa colectânea consagrada às ciências do desporto na Alemanha, Reischle e Spikermann (1992) preconizaram mesmo a sua utilização, seja através de traçados contínuos, seja através de traçados intermitentes, na avaliação dos movimentos segmentares e na interpretação da sua capacidade propulsiva no quadro da "análise do movimento baseada na teoria" (Reischle e Spikermann, 1992, p. 170). As características do método anteriormente descritas, a larga aceitação de que disfruta e os inconvenientes dos restantes métodos foram também influentes

na nossa opção.

De facto, importa considerar que qualquer dos métodos descritos evidencia vantagens e inconvenientes. O método de processamento de imagens de filme ou vídeo apresenta como principais desvantagens as seguintes: (i) a morosidade dos procedimentos de digitalização e a sofisticação e custos do *hardware* e do *software* implicados e (ii) as dificuldades associadas à captação de imagens vídeo na água. Para além dos problemas relativos à obtenção de imagens sub-aquáticas de boa qualidade, as questões principais que se colocam relativamente a esta segunda dificuldade são de natureza diferente consoante se opte por uma câmara fixa ou por uma câmara móvel. No primeiro caso a dificuldade decorre da distância a que o nadador se deve colocar relativamente à câmara para permitir o registo de, pelo menos, um ciclo (Barthels, 1982). A essa distância, a imagem captada surge com dimensões muito reduzidas no visor do computador ou na mesa de digitalização, elevando a probabilidade do operador incorrer em erros de digitalização do ponto de referência considerado (Colman et al., 1989; Colman e Persyn, 1991; Persyn et al., 1992). A utilização de câmaras móveis, acompanhando o deslocamento do nadador (Dal Monte, 1971; Colman et al., 1989; Colman e Persyn, 1991; Arellano e Pardillo, 1992; Persyn et al., 1992), permite solucionar estes problemas, mas requer métodos complexos de referenciação e contínuas correcções das coordenadas digitalizadas (Colman et al., 1989; Colman e Persyn, 1991; Arellano e Pardillo, 1992; Persyn et al., 1992). O processamento de imagens de filme implica ainda dificuldades suplementares, nomeadamente devido aos problemas de controlo da frequência, contagem e referenciação dos fotogramas (Winter, 1979).

Considerando o objectivo de caracterizar os deslocamentos segmentares numa dada técnica de nado, o processamento de imagens vídeo ou filme apresenta a vantagem de permitir a identificação simultânea dos deslocamentos segmentares realizados relativamente à água e relativamente ao corpo do nadador. Permite ainda a análise tridimensional do movimento, bem como o estudo de outras variáveis, como a velocidade segmentar em cada um dos planos, a orientação espacial dos segmentos propulsivos e mesmo, com algumas limitações, a produção de força propulsiva pelos segmentos propulsivos, nomeadamente pela mão. Apesar de fortemente informativos e de utilidade inequívoca para o esclarecimento do problema central do nosso trabalho, a análise destes parâmetros não constitui objectivo do presente estudo.

O método do registo fotográfico do traçado luminoso que utilizámos apresenta como principais desvantagens: (i) dificultar a análise tridimensional dos movimentos e (ii) permitir apenas o reconhecimento das trajectórias descritas pelo ponto iluminado. Estas, porém, não colidem com a consecução dos nossos objectivos.

9.1.2.2. Registo dos traçados luminosos em natação

“Bien souvent la science est synonyme d'appareillage difficile, ce qui ne rapproche pas la pratique de la recherche. Mais la science ne doit pas être nécessairement compliquée et, sous certaines formes et dans certaines circonstances, elle peut même être appliquée par l'entraîneur lui-même. La méthode des traces lumineuses appartient à cette catégorie grâce à sa simplicité et à son appareillage réduit et économique”

Clarys et al. (1973, p. 123)

Para o registo dos traçados luminosos utilizámos fontes de luz e meios de alimentação que, considerando a distância a que optámos por fotografar os movimentos e a sensibilidade dos filmes utilizados, se mostraram adequados em experiências anteriores (Alves e Vilas-Boas, 1992). Relativamente a estas primeiras experiências, optámos porém por utilizar uma câmara mais evoluída, de resto da mesma marca mas do último modelo disponível, e equipada com as mesmas lentes, do que a câmara utilizada por Reischle (1978). As vantagens desta opção foram evidenciadas pela melhoria da qualidade dos traçados obtidos por Vilas-Boas e Ferreira da Silva (1992), relativamente aos de Alves e Vilas-Boas (1992).

No entanto, outros autores utilizaram fontes de iluminação e de alimentação de potências diferenciadas e fotografaram a distâncias diferentes com rolos de sensibilidade e características também diferenciados (Quadro 26).

A distância de 5m entre a câmara e o eixo de deslocamento do nadador foi seleccionada por forma a permitir: (i) o registo de um número suficiente de ciclos com a objectiva utilizada, de tal forma que os erros de paralaxe associados ao tratamento do ciclo mais central fossem desprezíveis (Reischle, 1978) e (ii) obstar às possíveis dificuldades de captação e definição dos traçados fotografados a grande distância. De resto, tratou-se de uma distância intermédia, quando comparada com a utilizada por outros autores.

A nossa opção por filmes de sensibilidade superior à dos utilizados pela maioria dos autores deveu-se ao facto de termos optado por filmes coloridos, factor que justificou também a utilização de fontes de iluminação de potência superior às anteriormente utilizadas noutros estudos.

Quadro 26. Revisão da literatura acerca da distância a que o movimento no plano sagital foi fotografado e das fontes de luz, alimentação, tipos de película e características da câmara fotográfica utilizados por diferentes autores para o registo fotográfico dos traçados luminosos dos deslocamentos segmentares em natação. (p/b) = preto e branco.

| Autor | Dist. | F. de luz | Alim. | Película | Câmara |
|---------------------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|------------------|
| Clarys et al. (1973) | 6m | 3.5v (0.2A) | 4.5v | 700 ASA (p/b) | A.Pentax (50mm) |
| Hoecke e Gruendler (1975) | 7m | lâmp.endoscopia | - | - | - |
| Kornecki e Bober (1978) | 4m | - | - | 400 ASA (p/b) | Exakta IIb |
| Reischle (1978) | 8.75m | 2.4v | 2.4v | 400 ASA (p/b) | Nikonos III |
| Czabanski e Antoniak (1981) | - | 3.5v | 4.5v | - | - |
| Alves e Vilas-Boas (1992) | 5m | 6v (0.05A) | 9v | Kodacolor1000ASA | Cannon (35mm) |
| Vilas-Boas e F. da Silva (1992) | 5m | 6v (0.1A) | 9v | Kodacolor1000ASA | Nikonos V (28mm) |

Os pontos anatómicos iluminados foram seleccionados de acordo com os objectivos do presente estudo. Relativamente à anca optámos pelo mesmo ponto que outros autores (Hoecke e Gruendler, 1975; Kornecki e Bober, 1978; Reischle, 1978, 1993). Porém, para a determinação das trajectórias da mão e do pé optámos por iluminar a extremidade distal do dedo médio (Hoecke e Gruendler, 1975; Clarys et al., 1973; Czabanski e Antoniak, 1981) e do hálux, em vez, respectivamente, da apófise estilóide do cúbito (Kornecki e Bober, 1978; Reischle, 1978, 1993) e do maléolo peronial (Clarys et al., 1973; Kornecki e Bober, 1978; Reischle, 1978, 1993). Procurámos, desta forma, avaliar os deslocamentos das superfícies propulsivas por excelência - mão e pé -, não negligenciando a influência dos movimentos de flexão e extensão do pulso e do tornozelo na definição dos traçados.

9.1.2.3. Parâmetros avaliados

Neste estudo optámos por analisar as diferentes variantes da técnica de braços tendo por base um número de parâmetros superior ao normalmente contemplado por outros autores indiferentemente da técnica de nado considerada (Quadro 27).

Para a selecção dos parâmetros que estudámos tomámos em consideração os previamente estudados por outros autores para qualquer das técnicas de natação desportiva, tendo seleccionado destes e acrescentado aqueles que permitissem: (i) analisar a eventual diferenciação da cinemática segmentar das três variantes considerando variáveis elementares; (ii) caracterizar os movimentos de deslocamento à frente e de recuperação e valorar a respectiva tortuosidade; (iii) determinar os índices de estabilidade antero-posterior dos trajectos e (iv) avaliar a distância horizontal percorrida por ciclo. A justificação geral do estudo destes parâmetros foi anteriormente apresentada (cf. ponto 5.2.).

Quadro 27. Parâmetros quantitativos avaliados por diferentes autores com base nas trajectórias dos movimentos segmentares, determinados por diferentes métodos nas várias técnicas de nado.

| Autor | Técnica | Método | Parâmetros |
|---------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Reischle (1979) | <i>crawl</i> , costas, mariposa | traçado luminoso | (i) deslocamento à frente da mão duante o trajecto motor considerando os pontos de entrada e de saída; |
| Arellano e Pardillo (1992) | <i>crawl</i> | processamento de imagens vídeo | (ii) amplitude absoluta do deslomento à frente da mão durante o trajecto motor; (iii) deslocamento antero-posterior da mão durante o trajecto motor e (iv) diferença entre os dois últimos parâmetros. |
| Maglischo et al. (1984) | <i>crawl</i> | processamento de imagens de filme | (i) profundidade do trajecto motor dos membros superiores; (ii) profundidade do trajecto motor dos membros inferiores; (iii) amplitude do deslocamento antero-posterior da mão durante o trajecto motor |
| Schleihauf et al. (1988) | <i>crawl</i> , costas, braços mariposa | processamento de imagens de filme | (i) profundidade do trajecto motor da mão; (ii) amplitude transversal do trajecto motor da mão e (iii) amplitude do deslocamento antero-posterior da mão durante o trajecto motor. |
| Colman e Persyn (1991) | braços | processamento de imagens vídeo | (i) profundidade mínima da mão; (ii) amplitude vertical do deslocamento do centro de gravidade; (iii) amplitude vertical do movimento do pé; (iv) amplitude vertical do trajecto motor da mão; (v) deslocamento antero-posterior do pé durante o trajecto motor; (vi) deslocamento antero-posterior da mão durante o trajecto motor; (vii) profundidade máxima do movimento da cabeça. |
| Troup (1991a, b) | braços | processamento de imagens vídeo | (i) amplitude vertical do movimento da anca. |
| Alves e Vilas-Boas (1992) | <i>crawl</i> | traçado luminoso | (i) amplitude total do movimento da mão no plano sagital; (ii) amplitude vertical do trajecto motor; (iii) amplitude do deslocamento antero-posterior da mão durante o trajecto motor. |
| Vilas-Boas e Ferreira da Silva (1992) | braços | traçado luminoso | (i) deslocamento antero-posterior da mão durante o trajecto motor; (ii) amplitude vertical do trajecto motor da mão; (iii) deslocamento antero-posterior do pé durante trajecto motor; (iv) amplitude vertical do trajecto motor do pé; (v) amplitude horizontal do trajecto de recuperação aérea da mão no BNA. |

A amplitude vertical do *outsweep* foi avaliada por ter sido anteriormente conotada com a elevação da capacidade propulsiva da acção dos membros superiores na técnica de bruços (van Tilborgh et al., 1988; Colman et al., 1989; Troup, 1991a; Persyn et al., 1992), apesar de Thayer et al. (1986) não terem constatado qualquer vantagem nesta acção e Costill et al. (1992) não lhe reconhecerem utilidade propulsiva.

Comparando os parâmetros que avalíamos no plano frontal com base nos movimentos da mão e do pé, nota-se que, para a mão, não foram determinados: (i) a amplitude do deslocamento antero-posterior; (ii) a amplitude total e (iii) o índice de estabilização antero-posterior do apoio. A razão para esta opção decorreu directamente da perspectiva utilizada para a captação das imagens. Na impossibilidade de fotografar o movimento a partir do fundo da piscina, dada a reduzida profundidade desta face ao fim em vista, optámos por fotografar o movimento a partir do tecto, o que implicou que a interposição do tronco do nadador não permitisse a visualização de todo o ciclo e comprometesse a determinação daqueles parâmetros.

9.1.2.4. Fidelidade do método

A fidelidade do método foi testada através da comparação das distribuições dos valores da distância horizontal percorrida por ciclo obtidas nos planos frontal, com base nos traçados da mão e do pé, e sagital, com base nos traçados da mão, do pé e da anca.

A consistência dos resultados expressa nas Figuras 33 a 36 e no Quadro 15 comprova a fidelidade do método, sendo reforçada pelo facto de não termos encontrado diferenças significativas entre os valores médios das diferentes distribuições.

9.1.3. Determinação dos perfis de variação da velocidade horizontal ao longo de um ciclo

"The breaststroke is a challenge for biomechanical research because of its fluctuation in velocity".

Ungerechts (1990a, p.493)

Os estudos consagrados à análise das variações da velocidade horizontal por ciclo gestual em natação podem dividir-se em duas grandes categorias: (i) os que monitorizaram as variações da velocidade da anca ou de um outro ponto anatómico fixo e (ii) os que determinaram as variações da velocidade do centro de gravidade (CG) do nadador. Para a determinação das variações da velocidade de um ponto anatómico fixo foram utilizados métodos de avaliação mecânica e métodos envolvendo

processamento de imagem. Em contrapartida, a avaliação das variações da velocidade do CG só pode ser realizada através do processamento de imagem. No Quadro 28 apresentamos uma revisão da literatura relativamente aos diferentes métodos já utilizados.

Optámos por monitorizar as variações da velocidade horizontal de um ponto fixo devido: (i) às dificuldades de operacionalização de um método fiável para o estudo da cinemática do CG; (ii) à experiência anterior com o método utilizado (Vilas-Boas e Fernandes, 1991; Vilas-Boas, 1992a; Vilas-Boas e Ferreira da Silva, 1992) e (iii) à possibilidade de minimização dos previsíveis inconvenientes associados ao estudo da cinemática de um ponto fixo através de uma colocação especial do dispositivo emissor de luz.

Em continuação discutiremos mais detalhadamente as questões subjacentes às razões enunciadas. Começaremos por discutir a legitimidade do estudo da cinemática de um ponto anatómico fixo em alternativa ao estudo da cinemática do CG. Depois, discutiremos as vantagens e inconvenientes dos diferentes métodos e, finalmente, deter-nos-emos acerca de questões pontuais da metodologia que utilizámos.

9.1.3.1. Cinemática de um ponto anatómico fixo vs. cinemática do centro de gravidade

A utilidade do estudo da cinemática de um ponto anatómico fixo para a monitorização das variações da velocidade horizontal de um nadador tem sido objecto de alguma controvérsia. A este propósito, a questão fundamental que se coloca prende-se com a possibilidade da cinemática da anca ou de um outro qualquer ponto anatómico poder substituir satisfatoriamente a cinemática do CG, uma vez que os gestos técnicos em natação se caracterizam por acentuados deslocamentos segmentares e que estes, presumivelmente, se repercutem em variações, ao longo de um ciclo, do posicionamento anatómico do CG (Colman et al., 1989; Colman e Persyn, 1991).

Considerando os resultados disponíveis na literatura, esta questão parece-nos permanecer ainda em aberto, uma vez que alguns autores advogam a proximidade dos resultados obtidos com os dois procedimentos (McElroy e Blanksby, 1976; Costill et al., 1987; Maglischo et al., 1987; Troup, 1991a, b; Costill et al., 1992), enquanto que outros salientam a sua diferenciação (Persyn, 1984; Mason et al., 1986; Colman et al., 1989; Mason et al., 1989; Mason et al., 1992; Persyn et al., 1992)

McElroy e Blanksby (1976) estudaram as curvas de variação da velocidade da anca e do CG por ciclo de braços utilizando cinematografia de alta velocidade em 16 nadadores. Concluíram que as curvas eram semelhantes e síncronas, apesar de, no primeiro caso, os valores extremos se distanciarem mais da média.

Mason et al. (1986) e Mason et al. (1989) estudaram o mesmo problema em duas brucistas de nível internacional utilizando também cinematografia de alta velocidade. Concluíram que as curvas não eram síncronas, que apresentavam ligeiras diferenças de pormenor e que os valores extremos se afastavam mais da média na curva obtida com base no movimento da anca.

Resultados e conclusões idênticos emergiram dos trabalhos de Colman et al. (1989) e Persyn et al. (1992) para a técnica de braços e de Mason et al. (1992) para a técnica de mariposa. Neste último trabalho, todavia, os valores de r calculados entre os pares de valores das curvas de velocidade e aceleração da anca e do CG foram de, respectivamente, .84 e .75.

Costill et al. (1987) compararam as variações de velocidade da anca e do CG para as quatro técnicas de natação pura desportiva. As suas conclusões apontaram para a não existência de diferenças significativas entre as duas curvas para as técnicas de *crawl* e costas em qualquer das fases do ciclo gestual. Para as técnicas de braços e mariposa encontraram já diferenças significativas em algumas fases do ciclo. Para a técnica de braços registaram curvas ligeiramente assíncronas em algumas fases e valores extremos mais distantes da velocidade média para a anca numas fases (velocidade máxima induzida pela braçada e velocidade mínima induzida pela recuperação dos membros inferiores) e para o CG noutras (velocidade máxima induzida pela pernada). Apesar destas diferenças, a correlação entre as duas curvas para um ciclo completo foi de $r = .80$.

Maglischo et al. (1987) compararam também as curvas de variação ao longo de um ciclo da velocidade da anca e do CG nas quatro técnicas de natação pura desportiva. Para a técnica de braços, as duas curvas foram quase completamente idênticas e síncronas, apesar dos valores extremos se terem afastado mais da média na curva da anca. O mesmo foi referido por Troup (1991a) depois de ter estudado os dois perfis em nadadores de nível mundial. Maglischo et al. (1987) salientaram ainda a utilidade da determinação da curva de variação da velocidade da anca por ciclo gestual para a avaliação da mecânica de nado, especialmente na técnica de braços; isto, claro, apesar das limitações que lhe são inerentes e que se restringem, ainda na opinião dos autores, ao facto das velocidades de deslocamento determinadas para a anca não corresponderem aos valores reais da velocidade de deslocamento da massa do corpo do nadador. Costill et al. (1992) referiram também a utilidade do estudo da cinemática da anca para a avaliação da técnica em natação, mas advertiram para a sua limitação no que respeita à determinação de variáveis dinâmicas. Com base numa argumentação similar, Colman e Persyn (1991) referiram que a curva de variação ao longo de um ciclo da velocidade horizontal da anca não fornece informação adequada para o estudo da propulsão e do arrasto hidrodinâmico. Todavia, Ungerechts (1992) utilizou-a para derivar parâmetros dinâmicos na técnica de braços, nomeadamente a intensidade da força propulsiva produzida pela acção dos membros superiores.

A conflitualidade dos resultados dos diferentes autores impõem que se considere a questão enunciada como um problema ainda não completamente resolvido. Todavia, os resultados parecem convergir para o reconhecimento de que a curva de variação da velocidade de um ponto fixo parece sobre-estimar os valores extremos (superiores e inferiores) da velocidade do CG, principalmente nas técnicas de bruços e de mariposa.

Uma possível justificação para as diferenças registadas entre os resultados de Maglischo et al. (1987) e de Mason et al. (1986), Mason et al. (1989), Colman et al. (1989), Mason et al. (1992) e Persyn et al. (1990) poderá residir exactamente numa particularidade metodológica referida pelos primeiros. Maglischo et al. (1987) observaram que as diferenças entre as duas curvas se atenuam quando a velocidade da anca é determinada por digitalização de um ponto situado a meia distância entre as duas articulações da anca do que quando, para o efeito, é utilizada uma das articulações da anca tal como nos estudos dos restantes autores.

Foi atendendo a estes resultados que optámos pela posição descrita para o emissor de luz que fotografámos, tentando assim atenuar as desvantagens associadas à utilização de um ponto anatómico fixo. Acresce a esta possibilidade a vantagem de termos estudado o movimento da fonte de luz no plano frontal, reduzindo deste modo os eventuais efeitos perniciosos decorrentes dos movimentos verticais da anca. Registe-se, porém, que outros autores optaram por estudar a cinemática de outros pontos anatómicos de referência, nomeadamente a cabeça (McPherson, 1978; Valiant et al., 1982) e o pescoço (Holmér, 1979). Todavia, o estudo do movimento da anca foi privilegiado pela maioria dos autores (Barthels e Adrian, 1975; Persyn et al., 1975; Holmér, 1979; Valiant et al., 1982; Costill et al., 1987; Maglischo et al., 1987; Ungerechts, 1988, 1992).

Em estudos anteriores (Vilas-Boas, 1992a; Vilas-Boas e Fernandes, 1991; Vilas-Boas e Ferreira da Silva, 1992), utilizámos uma versão menos desenvolvida do método agora utilizado no estudo de casos envolvendo a técnica de bruços, tendo sido analisada a coerência dos resultados obtidos face aos descritos na literatura e determinados com base no movimento do CG. Quer os valores dos pontos notáveis da velocidade durante o ciclo, quer a duração relativa das diferentes fases, quer ainda a intensidade estimada dos impulsos horizontais resultantes por fase, mostraram-se compatíveis com os resultados relativos ao estudo do CG publicados por outros autores (Mason et al., 1989; van Tilborgh et al., 1988).

Apesar da discussão anterior nos parecer legitimar a utilização da cinemática de um ponto fixo como alternativa à cinemática do CG, sobretudo se forem salvaguardados alguns cuidados metodológicos e de interpretação dos resultados, pensámos que uma apreciação cuidada das dificuldades associadas à determinação do CG em natação tende a reforçar a adequação do estudo da cinemática de um ponto anatómico fixo. Estas questões serão analisadas no ponto seguinte.

9.1.3.2. Vantagens e inconvenientes dos diferentes métodos

No Quadro 28 apresentamos uma síntese dos diferentes métodos descritos na literatura para a determinação das variações da velocidade de nado por ciclo gestual.

Quadro 28. Métodos de determinação das variações da velocidade de nado por ciclo gestual.

| Método | Autores |
|---|---|
| Métodos mecânicos (monitorização das variações de velocidade de um ponto anatómico fixo): | |
| Método directo utilizando "Speedometers", "Swim meters" ou dispositivos similares, envolvendo a ligação mecânica do nadador ao dispositivo. | Karpovich (1930); Karpovich e Karpovich (1970); Miyashita (1971); Bober e Csabanski (1975); Persyn et al. (1975); Kornecki e Bober (1978); Valiant et al. (1982); Adams et al. (1983); Persyn et al. (1984); Costill e al. (1987); Craig et al. (1988); Tourny (1992); Tourny et al. (1982) |
| Acelerometria | Holmér (1979); Valiant et al. (1981) |
| Registo da variação da resistência eléctrica da água | Loetz et al. (1988) |
| Método directo com dispositivos ambulatórios de medição: "Swim speed recorders" | Kent e Atha (1975a, b); Manley e Atha (1992); Hahn e Krug (1992); Zschorlich (1990). |
| "Cápsula de velocidade" | Boicev e Tzvetkov (1975). |
| Métodos envolvendo processamento de imagem: | |
| <u>Método fotográfico</u> Registo do traçado luminoso intermitente de um ponto anatómico fixo | Reischle et al. (1981); Loetz et al. (1988); Vilas-Boas e Fernandes (1991); Reischle (1992); Vilas-Boas (1992a) |
| <u>Método cinematográfico ou vídeo</u> Monitorização da velocidade de um ponto anatómico fixo | Miyashita (1974); Barthels e Adrian (1975); Persyn et al. (1979); Klauck et al. (1990); Ohmichi e Hizume (1990); Ungerechts (1988, 1992) |
| Monitorização da velocidade do centro de gravidade | McElroy e Blanksby (1976); McPherson (1978); Mason et al. (1986); Costill et al. (1987); Maglischo et al. (1987); vanTilborgh et al. (1988); Colman et al. (1989); Mason et al. (1989); Colman e Persyn (1991); Troup (1991a, b); Mason et al. (1992); Persyn et al. (1992) |

Os *speedometers*, ou *swim meters* como também são designados, são sistemas que se caracterizam pela ligação do nadador a um dispositivo de medida da velocidade através de um cabo com reduzidas propriedades elásticas. Em vários casos esta ligação é directa, formando o cabo com a horizontal um ângulo agudo mais ou menos aberto, o que implica uma constante correcção dos valores registados. Miyashita (1971) utilizou uma solução diferente: o cabo ligado ao nadador foi, por sua vez, ligado a um cabo colocado horizontalmente sobre a piscina que se deslocava em torno de duas roldanas. A velocidade de rotação destas foi considerada proporcional à velocidade do nadador, tendo sido registada através de um sistema de células fotoeléctricas montado numa das roldanas. Destes dispositivos, o primeiro a ter sido desenvolvido foi concebido por Karpovich (1930), tendo sido designado por *Natograph*. Este dispositivo foi posteriormente aperfeiçoado em 1970 (Karpovich e Karpovich, 1970), passando a utilizar um registo em fita magnética. Nesta categoria pode ainda incluir-se o registo directo dos valores da aceleração utilizado por Holmér (1979).

Estes dispositivos evidenciam algumas limitações, como sejam as que decorrem directamente da ligação mecânica do nadador ao dispositivo de registo. Para além desta poder constranger a capacidade de execução técnica do nadador, a ligação ao aparelho de registo é susceptível de introduzir artefactos, nomeadamente decorrentes do efeito de inércia e da ocorrência de obliquações não controladas do cabo relativamente ao sistema de medição (Holmér, 1979).

Os *swim speed recorders* são dispositivos compostos por um hélice de massa reduzida acoplado a um sistema de registo em papel transportado pelo nadador (Kent e Atha, 1975a, b) ou a um sistema de registo digital por cabo ou por telemetria colocado à distância (Zschorlich, 1990; Manley e Atha, 1992). A velocidade de rotação do hélice é considerada proporcional à velocidade de nado do indivíduo. A determinação rigorosa das variações de velocidade horizontal do nadador com base nestes dispositivos pode, todavia, ser afectada por um conjunto de factores potencialmente indutores de artefactos: (i) o regime de escoamento do fluido sobre o hélice pode, eventualmente, ser perturbado pelo escoamento turbulento nas proximidades do corpo do nadador e (ii) os movimentos do corpo do nadador, especialmente na técnica de bruços, podem comprometer a necessidade do hélice se deslocar no plano horizontal com as pás em rotação no plano transversal. O presumível efeito do regime de escoamento do fluido sobre o hélice levou, inclusivamente, a que Manley e Atha (1992) alterassem a colocação do dispositivo relativamente aos primeiros estudos (Kent e Atha, 1975a, b), afastando-o do corpo do nadador. O mesmo cuidado foi observado por Zschorlich (1990). Esta solução, porém, parece poder agravar as possibilidades do plano de rotação do hélice se afastar mais pronunciadamente do plano vertical transversal à direcção horizontal de nado, aumentando a incidência de artefactos.

A cápsula de velocidade desenvolvida por Boicev e Tzvetkov (1975) consiste também num dispositivo concebido para o registo ambulatório das variações de velocidade de um ponto anatómico do nadador. Trata-se de um dispositivo que utiliza transdutores de força para medir as variações da pressão exercida pela água, as quais são tidas como proporcionais às variações de velocidade. Este dispositivo revela as seguintes limitações: (i) é especialmente sensível às variações do regime de escoamento da água sobre o aparelho, o qual é afectado pela presença física do corpo do nadador; (ii) a calibração do dispositivo para a leitura directa dos valores da velocidade é difícil de concretizar e (iii) as variações de posição do aparelho relativamente à horizontal podem, da mesma forma que para os *swim speed recorders*, comprometer a avaliação rigorosa das variações da velocidade horizontal.

Para além das questões relativas à não consideração do CG, as desvantagens dos métodos antes descritos parecem poder ser ultrapassadas pelo método fotográfico que utilizámos ou pelo método de determinação das variações da resistência eléctrica da água entre dois eléctrodos imersos: um colocado na parede testa da piscina e outro acoplado ao nadador. Qualquer destes métodos foi utilizado por Loetz et al. (1988). Segundo os autores, o segundo apresenta a vantagem de facilitar a conversão analógico-digital do sinal e a sua sincronização com, por exemplo, imagens vídeo. Todavia, o método parece ser de difícil operacionalização e calibração.

O método fotográfico que utilizámos é idêntico aos que Reischle et al. (1981), Loetz et al. (1988) e Reischle e Spikermann (1992) descreveram, consistindo a principal diferença na colocação do dispositivo emissor de luz. Klauck e Daniel (1976) estudaram a curva de velocidade durante o deslize passivo para o cálculo do arrasto hidrodinâmico utilizando um método similar: a luz era fixa, sendo filmada através de uma câmara cronociclográfica. O resultado final foi também um rasto de luz intermitente que foi, posteriormente, digitalizado.

A vantagem fundamental do método que utilizámos prende-se com a inexistência de ligações mecânicas entre o nadador e o dispositivo de registo. Permite ainda atenuar a influência de artefactos, seja pelo ajustamento simples de funções, seja pela determinação da curva média representativa de três ou mais ciclos. Isto, porém, implica alguns problemas específicos, como sejam os que se prendem com a modelação dos registos discretos. Mais à frente deter-nos-emos detalhadamente acerca deste problema.

Em contrapartida, o método que utilizámos apresenta, relativamente aos restantes, a desvantagem de dificultar a identificação das diferentes fases da curva de variação da velocidade com as correspondentes acções motoras realizadas pelo nadador. Costill et al. (1987) utilizaram uma conversão analógico-digital do sinal recebido do *swim meter* e sobrepueram, em tempo real, a curva de variação de velocidade do

nadador a imagens video sub-aquáticas. Zschorlich (1990) utilizou o mesmo procedimento com o sinal obtido pelo *swim speed recorder*. Antes, porém, Kent e Atha (1975b) sincronizaram o sinal do *swim speed recorder* com as imagens sub-aquáticas utilizando um dispositivo que, simultaneamente, accionava um marcador no dispositivo de registo da curva velocidade/tempo e iluminava uma lâmpada. Um procedimento similar foi utilizado por Bober e Czabanski (1975) para a sincronização de imagens sub-aquáticas com os registos do *swim meter*. Por seu lado, Tourny (1992) e Tourny et al. (1992) utilizaram duas câmaras de video sincronizadas, uma captando imagens do dispositivo de registo e outra captando imagens sub-aquáticas do movimento do nadador. As imagens das duas câmaras foram posteriormente misturadas. Apesar deste inconveniente, parece-nos importante salientar que este problema não parece assumir uma importância decisiva no contexto deste trabalho, sobretudo se se considerar que, na técnica de bruços, a acção resistiva da recuperação dos membros inferiores é muito acentuada (Kent e Atha, 1971, 1975b; Boitchev, 1981) e a sucessão das acções propulsivas e resistivas bem definida, o que se repercute numa curva de variação da velocidade horizontal muito característica, com pontos máximos e mínimos facilmente conotáveis com as acções motoras que lhes dão origem (Miyashita, 1974; Craig et al., 1988; van Tilborgh et al., 1988; Colman et al., 1989; Ungerechts, 1990b; Colman e Persyn, 1991; Troup, 1991a; Tourny, 1992; Tourny et al., 1992). Para procurar resolver este problema em *crawl*, costas e mariposa, Reischle et al. (1981) utilizaram uma segunda fonte de luz que se acendia no início de cada ciclo.

Os métodos utilizados para o estudo da cinemática do centro de gravidade (CG) são normalmente tidos como os mais adequados (Colman et al., 1989), uma vez que, como referimos, é de esperar que se observem variações, ao longo do ciclo, da localização anatómica do CG. Estes métodos, no entanto, requerem a utilização de meios muito sofisticados, nomeadamente para a captação e processamento informático de imagem, e, devido à morosidade do tratamento de dados, evidenciam um menor potencial de interacção com o processo de treino. Apesar da vantagem óbvia de serem os únicos que permitem o estudo das variações de velocidade do CG, e de permitirem ainda confrontar estas com as variações de velocidade de um ponto anatómico qualquer, estes métodos apresentam também algumas limitações, especialmente quando se considera o movimento de nadadores. Holmér (1979) referiu mesmo, baseando-se em Cavanagh (1976), que estes métodos, para além de morosos e dispendiosos, são também questionáveis no que concerne à determinação dos valores da aceleração. Por seu lado Colman e Persyn (1991) salientaram que o efeito de massa acrescentada não é considerado nas avaliações dinâmicas com base na cinemática do CG do nadador, sendo necessários futuros desenvolvimentos que venham a permitir a determinação do CG total do sistema.

Para além dos inconvenientes antes enunciados, a primeira limitação que destacamos, e talvez a não menos importante, prende-se com a captação de

imagens em dois meios distintos e a necessária correcção de coordenadas dos pontos emersos face aos efeitos decorrentes das diferenças de refração da luz no ar e na água. Acresce a estas dificuldades as que se colocam relativamente à determinação da superfície da água e à difícil visualização de alguns segmentos (Colman et al., 1989). McIntyre e Hay (1975) propuseram um método matemático para esta correcção e Colman et al. (1989) e Colman e Persyn (1991) optaram por uma solução gráfica para obstar a estes problemas. Apesar desta última constituir um procedimento muito interessante e criativo, a sua validade não foi ainda demonstrada. A segunda limitação prende-se ainda com a captação de imagens, mas desta feita é relativa à distância a que o nadador se deve encontrar da câmara para permitir, estando esta imóvel, a observação de um ciclo completo. Optando-se por esta metodologia, a imagem que surge no monitor do computador possui dimensões muito reduzidas, podendo facilmente introduzir erros na determinação exacta dos pontos anatómicos a digitalizar (Persyn et al., 1992). Para solucionar este problema são frequentemente utilizadas câmaras móveis (Colman et al., 1989; Colman e Persyn, 1991; Arellano e Pardo, 1992; Persyn et al., 1992), o que obriga a uma muito cuidada colocação de escalas de referência e a uma permanente correcção das coordenadas de cada ponto, procedimentos que parecem poder agravar o erro associado ao método.

Finalmente, a determinação das coordenadas do CG em cada imagem digitalizada pressupõe a utilização de modelos *standard* respeitantes à massa relativa de cada segmento corporal e à respectiva colocação do CG segmentar. Atendendo às diferenças entre os modelos disponíveis, as repercussões nos resultados finais da opção por um ou por outro não parecem poder ser desprezadas. Esta dificuldade pode, no entanto, ser contornada em estudos comparativos, desde que se utilize sempre o mesmo modelo. A este propósito refira-se ainda que Stijnen et al. (1981) verificaram que a utilização de diferentes modelos - especificamente o de Dempster e o Hanavan - implica resultados diferentes relativamente à posição do CG, resultados estes que, em qualquer dos casos, determinam linhas de acção da gravidade também diferentes das calculadas através de plataformas de forças.

Saliente-se que foram exactamente as dificuldades que sentimos no desenvolvimento de um sistema de captação e processamento de imagens vídeo que nos permitisse minimizar estas dificuldades, que nos levaram a, de entre os métodos alternativos, utilizar e desenvolver o que, à partida, nos poderia permitir uma maior fidelidade da avaliação.

9.1.3.3. Questões específicas relativas à metodologia utilizada

9.1.3.3.1. Consistência do processo de digitalização dos traçados

O método que utilizámos pressupõe a digitalização do rasto fotográfico de uma fonte de luz intermitente, procedimento que pode ser afectado por erros humanos. Apesar

da experiência anterior (Vilas-Boas, 1992a; Vilas-Boas e Fernandes, 1991; Vilas-Boas e Ferreira da Silva, 1992), foi verificada a consistência de digitalizações sucessivas.

Os valores obtidos para os coeficientes de correlação linear calculados para as dez digitalizações consecutivas de uma mesma fotografia variaram entre $r = .991$ e $r = .999$, evidenciando todos elevado significado estatístico ($p < 0.01$), o que coloca em evidência o reduzido significado do erro humano associado ao processo de digitalização.

9.1.3.3.2. Modelação dos registos discretos

Referimos antes que um dos problemas do método que utilizámos quando comparado com os restantes métodos de monitorização da velocidade de um ponto anatómico fixo, consiste nas dificuldades inerentes à modelação dos registos discretos.

Sendo a velocidade horizontal uma variável discreta, definível como uma série temporal, o modelo ideal para a sua modelação parecia ser uma Série de Fourier. Todavia, estas séries impõem frequências de amostragem elevadas, as quais não puderam ser obtidas com o método que utilizámos. Isto ficou a dever-se ao facto de que, com frequências de emissão de luz mais elevadas, para que nas fotografias se pudessem discriminar os diferentes pontos de luz sucessivos, especialmente nas fases de menor velocidade horizontal do nadador, era necessário reduzir a dimensão da fonte de luz (número de LED's). A redução da dimensão da fonte de luz implicaria, entretanto, uma redução concomitante da intensidade luminosa de cada disparo e, conseqüentemente, comprometeria o seu registo fotográfico, pelo que optámos pela frequência máxima no quadro da dimensão mínima da fonte de luz.

Quando tentámos a modelação das séries velocidade/tempo que obtivemos através de Séries de Fourier verificámos que, apesar destas permitirem uma satisfatória representação contínua do fenómeno considerando reduzidos valores de x , quando se testava o modelo para frequências de representação elevadas, a curva obtida desviava-se acentuadamente do modelo geral esperado. Isto deveu-se ao reduzido número de harmónicos seleccionados, uma vez que se mostravam altamente correlacionados entre si, sendo desaconselhável a sua consideração simultânea no modelo de regressão. Em termos práticos o que isto significa é que ficava por modelar o fenómeno físico entre cada par de pontos sucessivamente determinados.

Face à impossibilidade de utilização de Séries de Fourier, a única hipótese aparentemente disponível para representar o fenómeno seria o ajustamento de um

polinómio à nuvem de pontos obtida. Utilizando este procedimento, as primeiras representações do perfil de variação da velocidade horizontal que obtivemos foram, como já referimos, acentuadamente concordantes com os perfis descritos na literatura utilizando registos contínuos (Vilas-Boas, 1992a; Vilas-Boas e Ferreira da Silva, 1992). Todavia, esta solução não permitia respeitar rigorosamente a ciclicidade do fenómeno. Os valores mínimos absolutos da velocidade consecutivamente registados, que utilizámos para definir o final de um ciclo e o início do seguinte, não possuíam necessariamente o mesmo valor e, sobretudo, o respectivo valor da primeira derivada era diferente. Como consequência, o modelo representava um movimento horizontal de nado caracterizado pela ocorrência de acelerações infinitas, naturalmente incompatível com a realidade.

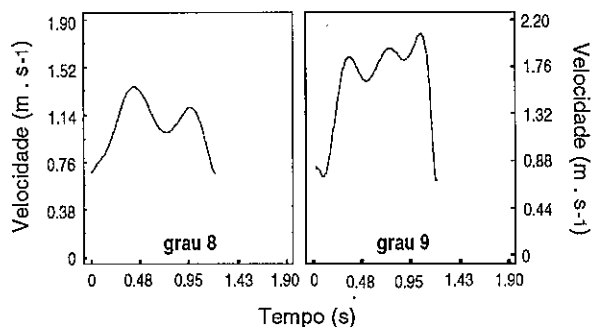
Foi esta limitação que nos levou a desenvolver o método específico que utilizámos, o qual, apesar da reduzida frequência de amostragem utilizada, permitiu, ao impôr duas restrições ao modelo, que a regressão polinomial respeitasse a ciclicidade do fenómeno que pretendíamos modelar; isto, sem parecer comprometer a coerência geral da representação face ao fenómeno original.

Para além destas vantagens, o método que desenvolvemos permitiu ainda elevar o número de pontos com base nos quais foi calculado o polinómio relativamente aos disponibilizados pela frequência de emissão de luz utilizada. Isto foi conseguido através da sobreposição dos ciclos consecutivos registados numa mesma fotografia.

Este procedimento permitiu igualmente optimizar a definição do período médio do fenómeno (T), uma vez que o ajuste óptimo dos diferentes ciclos num só, só é possível se o valor de T com base no qual se procedeu a translacção dos diferentes pontos representar, da facto, ou com um erro mínimo, o valor de T realmente utilizado pelo nadador. A esta vantagem acresce ainda o facto de cada curva calculada representar não um ciclo isolado realizado pelo nadador, mas a curva que melhor representa um conjunto de ciclos consecutivos.

Por fim, a opção por polinómios de grau 8 justificou-se pelo facto das experiências ensaiadas com polinómios de grau 7 e de grau 9 não terem permitido a obtenção de representações satisfatórias nem da nuvem de pontos obtida, nem do fenómeno a modelar (Figura 64). Registe-se ainda que com os polinómios de grau 8 não encontramos diferenças significativas ($p < 0.05$) entre os valores da velocidade média calculados a partir das curvas e determinados com base na cronometragem directa durante os testes. A correlação obtida entre as duas distribuições foi, por seu lado, também significativa ($r = .94$).

Figura 64. Comparação entre as curvas obtidas com polinômios de grau 8 e 9 para a velocidade horizontal da cintura pélvica da nadadora B executando bruços formal.



9.1.3.3.3. Correlação entre o impulso propulsivo resultante máximo e a força propulsiva máxima em nado estacionário

Já nos referimos antes a indicadores da coerência entre o modelo que obtivemos e o fenómeno modelado. Esta, entretanto, foi reforçada pelo valor do coeficiente de correlação calculado entre o impulso propulsivo resultante máximo e a força propulsiva máxima medida em nado estacionário, o que parece confirmar a adequação do procedimento que utilizámos, inclusivamente no que respeita à estimativa de variáveis dinâmicas.

9.1.4. Determinação da economia motora

A economia motora das técnicas de nado foi estudada por numerosos autores (Andersen, 1960; Faulkner, 1966; McArdle et al., 1969; McArdle et al., 1971; Nadel et al., 1973; Holmér, 1974b, 1975, 1983; Le Pere e Porter, 1975; Rennie et al., 1975; Pendergast et al., 1977; Treffene et al., 1977; Carlin, 1978; Kipke, 1978; Klissouras e Sinning, 1978; Pendergast et al., 1978; Treffene et al., 1979; Kemper et al., 1983; Montpetit et al., 1983; Sharp et al., 1984; Boie e Montpetit, 1985; Chatard, 1985; Costill et al., 1985; Lavoie et al., 1985; Montpetit e Cazorla, 1986, 1987; Troup e Daniels, 1986; Montpetit et al., 1987; Beltz et al., 1988; Cazorla e Montpetit, 1988; Montpetit et al., 1988a, b; van Handel et al., 1988a, b; Chatard et al., 1990a, b; Troup, 1990, 1991a; Bassett et al., 1991; d'Acquisto et al., 1992a, b; Ribeiro et al., 1991; Capelli et al., 1992; Klentou e Montpetit, 1992; Troup et al., 1992a, b, c) e é normalmente considerada como uma medida quantitativa do nível de adequação mecânica global do gesto técnico (Schmidt-Nielsen, 1972; Holmér, 1972, 1974a,b, 1983; Rennie et al., 1973; Rennie et al., 1975; Pendergast et al., 1977; Pendergast et al., 1978; Lavoie e Nadeau, 1980; Montpetit, 1981; Montpetit et al., 1983; Craig, 1984; Boie e Montpetit, 1985; Costill et al., 1985; Lavoie et al., 1985; Stallman et

al., 1986; di Prampero, 1986; Troup e Daniels, 1986; Cazorla e Montpetit, 1988; Montpetit et al., 1988a; van Handel et al., 1988a,b; Chatard et al., 1990a, b; Costill et al., 1992). Cavanagh e Kram (1985a) referem, nesta perspectiva, que a economia é universalmente aceite como critério fisiológico de *performance* eficiente. Holmér (1972), Miyashita (1977), Montpetit (1981) e Costill (1985) chegam mesmo a identificar directamente economia e eficiência.

O desenvolvimento teórico desta premissa para a natação ficou a dever-se, principalmente, aos trabalhos de Rennie et al. (1973), di Prampero et al. (1974), Rennie et al. (1975), Pendergast et al. (1977), Pendergast et al. (1978) e Holmér (1983). Estes autores, assumindo a velocidade de nado como medida da prestação em natação pura desportiva, definiram a equação geral da *performance* em natação (equação 52), de resto facilmente dedutível das equações que apresentamos anteriormente:

$$v = \dot{E} * [(e_p * e_m) * D^{-1}] \quad (52)$$

De acordo com a equação anterior, os autores concluíram que a *performance*, em natação pura desportiva, é determinada por dois factores: (i) o *input* energético total (aeróbio + anaeróbio) e (ii) a razão $e * D^{-1}$, que reflecte a habilidade técnica do nadador.

A equação (52) constitui um desenvolvimento da igualdade (15), da qual se pode concluir que a razão $\dot{E} * v^{-1}$, expressa o inverso do nível de adequação mecânica global da técnica, dado por $(e_p * e_m) * D^{-1}$. Em síntese, quanto menor o *input* energético necessário para que o nadador se desloque a uma dada velocidade, mais adequado mecanicamente será o gesto técnico.

9.1.4.1. Factores que comprometem as comparações interindividuais da economia na avaliação da técnica de nado.

No ponto deste capítulo que consagramos à discussão das razões subjacentes à opção pelo privilégio das comparações intraindividuais, referimos que, entre elas, se encontravam os erros presumivelmente associados à comparação das três variantes da técnica de brucos quando executadas por indivíduos diferentes e em condições de prática também diversas. Estes, entretanto, parecem-nos especialmente determinantes no que se refere aos indicadores mais gerais, nomeadamente a economia motora. Neste ponto analisaremos os factores que determinam a variação da economia de indivíduo para indivíduo independentemente da técnica de nado e cuja relevância nos parece substanciar a necessidade de valorizarmos as comparações intraindividuais.

Apesar dos argumentos apresentados anteriormente, a economia motora não reflecte apenas o nível de adequação mecânica global da técnica, dependendo

também de factores como o peso (Chatard, 1985; Montpetit e Cazorla, 1986, 1987; Montpetit et al., 1988a, b; Chatard et al., 1990a, b, 1992; Klentrou e Montpetit, 1992), a massa magra (Costill et al., 1985), as dimensões corporais (Carlin, 1978; Montpetit, 1984; Boie e Montpetit, 1985; Chatard, 1985; Costill et al., 1985; Montpetit e Cazorla, 1986, 1987; Chatard et al., 1986; di Prampero, 1986; Montpetit et al., 1988a; van Handel et al., 1988a; Chatard et al., 1990a, b, 1992) - entre as quais o comprimento do membro superior para uma mesma altura (Chatard, 1985) -, a densidade corporal (Carlin, 1978; Holmér, 1983; Chatard, 1985; Cazorla et al., 1985; Costill et al., 1985; Chatard et al., 1986; van Handel et al., 1988a; Chatard et al., 1990, 1992), o momento de rotação hidrostática a partir de decúbito ventral ou dorsal (Rennie et al., 1973; di Prampero et al., 1974; di Prampero, 1986; Pendergast et al., 1978), o nível de treino (Holmér, 1983; Chatard, 1985; Cazorla et al., 1985; Daniels, 1985; Troup, 1990, 1991a) e as condições ambientais como a temperatura (Nadel et al., 1973; Daniels, 1985) e a altitude (Troup, 1991a). Frederick (1985, 1987) categoriza estes factores em extrínsecos e intrínsecos.

Para além destes, parece ser lícito considerar-se que a economia motora pode ainda ser afectada por outros factores, nomeadamente de natureza bioquímica e biomecânica interna (Cavanagh e Kram, 1985a). Estes poderão condicionar a eficiência da conversão da energia livre dos substratos energéticos utilizados em energia contráctil e, finalmente, a eficiência da conversão desta em trabalho mecânico total, afectando, por isso, a eficiência mecânica total (e_{mT}) e a economia independentemente da técnica de nado utilizada. Estes factores, de resto, poderão incluir-se nas categorias “nível de treino” e “condições ambientais” anteriormente referidas, apesar de poderem não depender estritamente delas.

Bahr et al. (1991) mostraram também que a economia motora em ciclo-ergómetro é susceptível de ser influenciada por estados de *stress* acentuado, quer físico, quer psicológico.

Registe-se, de resto, que Costill et al. (1992) referiram a este propósito que, apesar do custo energético do nado ser dependente das dimensões corporais e da flutuabilidade, a aplicação efectiva de forças sobre a massa de água é o principal factor determinante da economia em natação.

De acordo com Huijting et al. (1983), os valores de e_{mT} dependem da eficiência de 4 passos de transformação de energia: (i) a eficiência das reacções bioquímicas que libertam energia química dos substratos energéticos e a tornam disponível para a realização de trabalho biológico (eficiência metabólica); (ii) a eficiência da transformação de energia química em energia mecânica ao nível da ultraestrutura do músculo esquelético (eficiência contráctil); (iii) a eficiência do processo de transformação de energia contráctil em trabalho mecânico interno (wint.), que podemos designar por eficiência mecânica interna; (iv) a eficiência do processo de transformação de energia contráctil em trabalho mecânico externo (wext.), que

podemos designar por eficiência mecânica externa e (v) a eficiência do aproveitamento do *wext.* em trabalho mecânico propulsivo (*wp*) - eficiência propulsiva.

Ainda segundo os mesmos autores, na maioria das investigações fisiológicas e biomecânicas, os primeiros 4 passos não podem ser identificados separadamente, pelo que são normalmente agrupados segundo a designação de eficiência muscular. Para a maioria das finalidades práticas, é comumente atribuído à eficiência muscular um valor de 25% (Saibene et al., 1983; Sparrow, 1983).

Cavanagh e Kram (1985a), por seu lado, começaram por distinguir a eficiência fosforilativa, definida como o nível de aproveitamento da energia livre dos substratos energéticos em energia útil armazenada nos compostos fosfatados de alta energia (particularmente na molécula de Adenosina Trifosfato - ATP). O valor referido para a eficiência deste passo de transformação de energia é de, aproximadamente, 60%. A este respeito, Lehninger (1971) advertiu para a possibilidade daquele valor poder variar em função da concentração celular de ATP, ADP (Adenosina Difosfato) e Pi (Fosfato Inorgânico). Segundo este autor, esta variação pode oscilar entre os 38% para condições *standard* e os 63% em condições fisiológicas. Lehninger (1971) referiu ainda que aquela variação pode depender do tipo de substrato energético metabolizado (glúcidos, lípidos ou prótidos) e, para o metabolismo dos glúcidos, do processo metabólico em questão (aeróbio ou anaeróbio).

O segundo passo de transformação energética diz respeito à conversão da energia livre do ATP em energia contráctil muscular. A eficiência deste processo foi designada por Cavanagh e Kram (1985a) por eficiência contráctil e o seu valor é, segundo os mesmos autores, de, aproximadamente, 49%. Lehninger (1971), no entanto, atribuiu-lhe um valor de apenas 20%.

A eficiência do processo de transformação da energia livre dos substratos energéticos em energia contráctil é designada por eficiência do músculo isolado, sendo, para ela, indicado um valor de aproximadamente 29% (Cavanagh e Kram, 1985a).

No processo de transformação de energia contráctil do músculo isolado em *wext.* existem, ainda segundo os mesmos autores, dois pontos onde a relação entre o *wext.* e o *input* energético pode ser modificada. O primeiro diz respeito à relação do músculo com o sistema ósteo-articular e o segundo refere-se à relação entre o indivíduo e o meio.

Relativamente ao primeiro, Cavanagh e Kram (1985a), referiram que a eficiência mecânica interna (eficiência relativa ao aproveitamento da energia contráctil em trabalho mecânico interno) pode ser fonte de importantes variações interindividuais do custo energético de uma determinada acção motora, muito embora existam poucas informações quantitativas referentes às diferenças interindividuais da geometria muscular e articular. Williams (1985), por seu lado, referiu que a

eficiência mecânica interna é susceptível de variar de indivíduo para indivíduo em função: (i) do nível de transferência intersegmentar de energia; (ii) do nível de armazenamento muscular de energia elástica; (iii) da viscosidade muscular e articular e (iv) das limitações da mobilidade articular impostas pelas estruturas peri-articulares. Goubel (1989) refere também a importância do armazenamento muscular de energia elástica e Cavanagh e Kram (1985a) acrescentaram a este conjunto de factores o curso do movimento, do qual depende o ângulo de inserção do músculo e, como tal, o momento articular para um dado grau de tensão desenvolvido.

No segundo ponto, referente à relação entre o indivíduo e o envolvimento, a eficiência mecânica externa depende da natureza do meio (no que se refere à água importa, sobretudo, considerar a densidade e a viscosidade), das características morfológicas individuais (dimensões corporais) e da técnica de nado. O *wext* compreende o *wp* (realizado pela força propulsiva efectiva) e o trabalho realizado na variação da energia cinética e potencial da massa de água. A percentagem de *wext* convertido em *wp* foi designada por Huijing et al. (1983), de Groot e van Ingen Schenau (1988) e Toussain et al. (1988) por eficiência propulsiva e depende, fundamentalmente, da adequação mecânica propulsiva do gesto.

Contrariamente à eficiência mecânica propulsiva, a eficiência mecânica total (e_{mT}) assume como *input* energético para a realização de trabalho propulsivo o valor de \dot{E} . Deste modo, a comparação entre dois indivíduos, do nível de adequação mecânica global de uma técnica de nado com base na razão $\dot{E} * v^{-1}$, não entra em linha de conta com as possíveis variações interindividuais da eficiência dos diversos passos de transformação de energia que anteriormente referimos. O mesmo é de esperar para comparações intraindividuais em condições de prática e em estados de treino ou de maturação diferenciados. Registe-se, porém, que van Handel et al. (1988b) não encontraram variações da posição das rectas de regressão entre o $\dot{V}O_2$ e a velocidade de nado relativamente ao sistema de eixos ordenados num período de 60 dias e Eriksson et al. (1978) não encontraram também, ao longo de um período de treino de 240 dias, alterações do $\dot{V}O_2$ sub-máximo para uma dada velocidade de nado num grupo de 19 nadadores de elite.

O custo energético (\dot{E}) é definido pelo dispêndio energético líquido (*net*), ou seja, é determinado com base na diferença entre o consumo requerido para a realização do exercício e o consumo basal (consumo energético em condições de repouso). Não tendo encontrado na literatura referências que nos permitam afirmar que a energia requerida para outras formas de trabalho biológico (químico, osmótico e outras formas de trabalho celular e fisiológico) varia de forma idêntica para todos os indivíduos com a intensidade do exercício, é, portanto, de esperar que só a determinação analítica e exaustiva da eficiência propulsiva permitiria o isolamento da influência do nível de adequação mecânica propulsiva e o estabelecimento de comparações interindividuais sujeitas a um erro metodológico minimizado.

Atendendo ao anteriormente exposto, a comparação directa da economia motora de diferentes técnicas de nado executadas por diferentes indivíduos, pode não permitir discriminá-las no que respeita ao maior ou menor grau de adequação mecânica global, mas tão só despistar particularidades de diferentes amostras e de diferentes condições de testagem.

Troup e Daniels (1986) referiram que a economia motora constitui um instrumento útil para comparar diferentes nadadores e um mesmo indivíduo em condições diferentes. Todavia, segundo os mesmos autores, a comparação directa não permite discriminar diferenças devidas à mecânica de nado ou ao metabolismo específico de diferentes sujeitos.

Obstar a este problema pressupõe: (i) homogeneizar as condições de testagem; (ii) corrigir os resultados através da sua relativização a variáveis que traduzam tanto quanto possível a influência de parâmetros marcadamente individuais não relacionados com a técnica e (iii) homogeneizar tanto quanto possível a amostra no que respeita ao nível desportivo e nível de treino.

Foi neste contexto que decidimos:

(i) Homogeneizar tanto quanto possível as condições de testagem e o nível de treino dos nadadores que compuseram a amostra.

(ii) Relativizar os valores do dispêndio energético à massa corporal. Atendendo ao efeito de *scaling* referido por Astrand e Rodahl (1970), parece-nos lícito supor que, desta forma, conseguimos atenuar o efeito de pelo menos algumas das variáveis individuais determinantes da economia que não a qualidade do gesto. Todavia, para a técnica de bruços, Montpetit et al. (1988b) preconizaram que os valores do peso devem primeiro ser multiplicados por 0.87 antes de serem utilizados para corrigir o $\dot{V}O_2$. Este valor, porém, foi calculado com base na correlação entre o $\dot{V}O_2$ e o peso a uma velocidade de $0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, não se sabendo se esta correcção é lícita para outras velocidades. Outros autores optaram por outros factores de correcção, como a massa magra (Costill et al., 1985), o peso na água (Holmér, 1972), a altura (Chatard et al., 1986), a superfície corporal (Chatard et al., 1990a, b, 1992), a flutuabilidade (Chatard et al., 1986; Chatard et al., 1990, 1992) ou o produto destas últimas (Chatard et al., 1990a, b, 1992). Montpetit et al. (1988b) verificaram, entretanto, que para nadadores de bom nível, peso, peso na água, altura e superfície corporal se correlacionam acentuadamente, pelo que a tradicional opção pela relativização dos valores do $\dot{V}O_2$ ao peso nos pareceu satisfatória. Van Handel et al. (1988a) optaram pela mesma solução, tendo podido verificar que a correcção dos valores do $\dot{V}O_2$ pelo peso permitia mesmo anular as diferenças observadas entre indivíduos de sexos diferentes.

(iii) Que todos os indivíduos seriam avaliados em todas as variantes da técnica de

bruços, em condições de prática tão semelhantes quanto possível e num período de tempo suficientemente curto para que não se registassem modificações apreciáveis induzidas pelo treino ou pela maturação.

(iv) Que o número de especialistas de cada uma das diferentes variantes fosse equilibrado.

9.1.4.2. Velocidades de nado utilizadas.

Os trabalhos consagrados ao estudo da economia das técnicas de nado restringiram-se geralmente à avaliação do dispêndio energético associado a velocidades de nado sub-máximas (cf. ponto 9.1.4.). Na generalidade estes autores utilizaram velocidades inferiores à velocidade mínima correspondente ao $\dot{V}O_2$ máx., considerando, neste caso, que a totalidade do custo energético do exercício é suprido pelo $\dot{V}O_2$. Holmér (1975), porém, considerou como limite superior de intensidade a velocidade correspondente a 80% da velocidade mínima correspondente ao $\dot{V}O_2$ máx..

Costill et al. (1992) salientaram que a eficiência e o custo energético do nado podem ser marcadamente diferentes a velocidades de competição quando comparados com os correspondentes valores obtidos para nado sub-máximo. Na mesma perspectiva, Pendergast et al. (1978), baseando-se nos estudos de Holmér (1974c) e Vaudry (1976), referiram que o *crawl* parece ser a única técnica de nado para a qual a razão $\dot{V}O_2 * v^{-1}$ permanece constante ao longo de um leque alargado de velocidades, enquanto que para a técnica de bruços a mesma parece crescer com a velocidade. Chatard et al. (1990a, b, 1992) observaram, entretanto, que também em *crawl*, o custo energético cresce com a velocidade de nado. O crescimento da razão de $\dot{V}O_2 * v^{-1}$ com v para a técnica de bruços (Vaudry, 1976) é, de acordo com a equação (15), imputável a uma variação desproporcional de D e de $e_p * e_m = e_{mT}$ com v .

Segundo Pendergast et al. (1977), o crescimento de D com v é exponencial. Por outro lado, e_{mT} parece crescer com v até um valor óptimo (Holmér, 1974a; di Prampero et al., 1974). Pendergast et al. (1977) referiram, para a técnica de *crawl* nadada a velocidades sub-máximas, um crescimento linear de e_{mT} com v , enquanto que Holmér (1975) e Pendergast et al. (1978) encontraram um decréscimo de e_{mT} com o aumento da v para velocidades de nado mais elevadas. Estes resultados estão de acordo com os de Klissouras (1968).

As razões apontadas para o crescimento de e_{mT} com v prendem-se, normalmente, com variáveis mecânicas externas, nomeadamente com a redução do trabalho necessário para compensar o momento hidrostático que parece resultar de um efeito de sustentação hidrodinâmica (Holmér, 1974a; di Prampero et al., 1974). No entanto, nenhuma explicação que envolva aquele tipo de variáveis parece ter sido

dada para o decréscimo de e_{mT} com o aumento de v para velocidades muito elevadas.

Também parecem não ter sido determinadas, até agora, funções matemáticas que traduzam a variação de e_{mT} com v para as diferentes técnicas de nado. No entanto, a variação de e_{mT} com v parece seguir uma função idêntica às que foram referidas por Sparrow (1983) para outras actividades cíclicas. Este autor referiu que a eficiência máxima, para actividades cíclicas, ocorre quando é utilizado um ritmo determinado que varia de indivíduo para indivíduo. Ainda segundo aquele autor, o número de ciclos requeridos para realizar uma dada quantidade de trabalho possui um valor teórico óptimo, o qual, segundo Cotes e Meade (1960), Ronnholm (1962), Corlett e Mahadeva (1970), Salvendy (1972), van der Walt e Wyndham (1973), Zarrugh et al. (1974), Swaine e Reilly (1983) e Cavanagh e Kram (1985b), corresponde ao ritmo escolhido livremente por cada indivíduo. A utilização de ritmos inferiores ou superiores parece implicar uma diminuição da eficiência. Este fenómeno parece relacionar-se com a ocorrência de uma organização óptima de certas características fisiológicas da musculatura aquele ritmo (nomeadamente relação agonistas/antagonistas, nível de coordenação sinérgica, aproveitamento da energia elástica armazenada, velocidade de contracção muscular, etc.) e envolver aquilo que é designado por *mecanismo de temporização biologicamente inato* tendente a minimizar o custo energético da tarefa (Sparrow, 1983). Este parece ser determinado por características morfológicas e fisiológicas individuais e pelas imposições características da tarefa.

Considerando que D e e_{mT} parecem não seguir funções similares de variação com v , os valores de $\dot{E} * v^{-1}$ encontrados para baixas velocidade evidenciam importantes limitações enquanto base de extrapolação para os valores obtidos para velocidades muito elevadas. Holmér (1975) enfatizou, nas conclusões do seu estudo, os cuidados a ter neste domínio.

Foi por este motivo que decidimos estudar a economia relativa das três variantes da técnica de bruços a velocidades tão próximas quanto possível das velocidades de competição e utilizando preferencialmente as curvas de economia em detrimento do valor do custo energético específico de transporte calculado apenas para um valor particular de v . A opção pelas curvas foi ainda condicionada pelas dificuldades de regular precisamente a velocidade de nado, apesar da utilização de um dispositivo especialmente concebido para o efeito.

A justeza desta decisão parece-nos poder ser reforçada se atendermos aos resultados de Bober e Czabanski (1975) e Czabanski e Koszczy (1979), autores que encontraram alterações de coordenação dos movimentos contra-laterais e de sincronização gestual global na técnica de bruços executada a diferentes velocidades. Acresce ainda o facto de Cazorla et al. (1985) terem imputado os baixos valores da eficiência até então calculados em natação às reduzidas velocidades de testagem, às quais os autores consideraram ser plausível uma deterioração não inócua da

qualidade do gesto.

9.1.4.3. Determinação do consumo energético total

A necessidade de se considerarem velocidades de nado em situações de avaliação tão próximas quanto possível das velocidades de competição parece já ser reconhecida de há muito.

Karpovich e Le Maistre (1940) estudaram a economia em braços a velocidades próximas da velocidade máxima, considerando que o $\dot{V}O_2$ máximo de exercício, determinado a partir de colheitas do ar expirado num saco de Douglas, e a dívida de oxigénio, determinada nos 35 a 40mn imediatamente após o esforço, permitiam uma medida do dispêndio energético total. Adrian et al. (1966) estudaram o custo energético das acções dos membros superiores e inferiores e do *crawl* completo utilizando uma metodologia semelhante.

Por seu lado, Karpovich e Millman (1944) estudaram o dispêndio energético requerido para nadar em apneia 60 ou 120 jardas nas técnicas de *crawl*, costas, *side stroke*, braços e mariposa. Para tal consideraram apenas a dívida de oxigénio medida nos primeiros 40mn de recuperação. Miyashita (1975) estudou o dispêndio energético total para distâncias de 25m *crawl* utilizando uma metodologia semelhante e Klissouras e Sinning (1978) utilizaram também o mesmo critério para avaliar o dispêndio energético a velocidades máximas.

A dívida de O_2 , porém, é um critério de há muito questionado relativamente à sua validade para a avaliação do dispêndio energético associado à actividade motora (MacArdle et al., 1971; Gaesser e Brooks, 1984). Lavoie e Montpetit (1986) afirmaram concretamente que este método é inapropriado para estimar o dispêndio energético em natação. Gaesser e Brooks (1984) referiram, por seu lado, que a dívida de O_2 é especialmente determinada pelos factores que condicionam a respiração mitocondrial durante a recuperação, especialmente a temperatura corporal, não sendo por isso possível estabelecer-se relações de causalidade entre o consumo energético de exercício e o $\dot{V}O_2$ medido durante a recuperação.

Talvez admitindo as limitações a que nos referimos, a maioria dos autores preferiu optar pelo estudo da economia a velocidades submáximas considerando o $\dot{V}O_2$ como medida do dispêndio energético total.

Mais recentemente, porém, a necessidade de se considerarem velocidades próximas das de competição parece ter sido reafirmada, o que levou Troup (1990, 1991a), d'Acquisto et al. (1992), Barzeducas et al. (1992) Cappaert et al. (1992a, b), Takahashi et al. (1992a, b) e Troup et al. (1992, a, b,c) a proporem uma nova aproximação. Estes autores optaram por extrapolar o dispêndio energético

correspondente às velocidades de competição com base na curva de economia determinada para velocidades submáximas. Como vimos, este procedimento parece questionável, pelo menos para a técnica de bruços, devido ao presumível efeito na economia da variação de diferentes parâmetros biomecânicos com a velocidade de nado. Saltin (1989) referiu a propósito deste procedimento que o cálculo da energia total dispendida realizado com base nos valores submáximos tende a subestimá-la, muito principalmente devido à redução da eficiência mecânica com a velocidade. Como já referimos, Costill et al. (1992) partilharam desta perspectiva. Neste contexto, quanto mais próximas da velocidade a considerar forem as medições com base nas quais se determina a curva de economia, menor será o erro associado à extrapolação. De resto, a realização da extrapolação com base no modelo linear ou no modelo exponencial é uma questão que permanece em aberto. Enquanto vários autores optaram pelo modelo linear, Hollander et al. (1990) mostraram que o modelo exponencial parece permitir uma ligeira melhoria no ajustamento do valor predito. Lavoie e Montpetit (1986) conferiram grande relevância a esta controvérsia ao reverem o estado de conhecimentos relativamente à fisiologia da natação.

Face aos problemas antes enunciados, optámos por determinar a curva de economia entre velocidades sub-máximas e velocidades máximas, determinando o *input* energético total através do $\dot{V}O_2$ total líquido (*net*) medido continuamente durante a prova por oximetria directa e da concentração líquida (*net*) máxima de lactato no sangue. Para tal utilizámos o valor do equivalente energético de $1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ de lactato sanguíneo determinado por di Prampero et al. (1978) para converter ambas as medições no valor de \dot{E} . Fundamentalmente procurámos conjugar a avaliação mais tradicionais da economia aeróbia com a avaliação da economia anaeróbia láctica (Cervetti, 1985; van Handel et al., 1988a; Sharp e Costill, 1990).

Na sequência dos trabalhos de Margaria et al. (1963) desenvolvidos para a corrida, di Prampero et al. (1978) determinaram, para a natação, um equivalente energético para o lactato venoso máximo registado após o exercício. Na opinião destes autores, este instrumento permite aos investigadores a avaliação do dispêndio energético total de um exercício a partir da medição do consumo de oxigénio e da determinação da correspondente concentração máxima de lactato no sangue.

Segundo estes autores, o consumo energético total por unidade de tempo (\dot{E}) pode ser definido da seguinte forma:

$$\dot{E} = \dot{V}O_2 + a \dot{A}L_m + a\dot{l} \quad (53)$$

Na equação (53) todos os termos são expressos em relação à massa corporal, a é a energia libertada (em unidades de O_2), por unidade de ácido láctico formado no

músculo ($\dot{A}L_M$) e a_l representa a participação energética anaeróbia aláctica, também ela expressa em unidades de O_2 .

$\dot{A}L_M$ traduz a quantidade net de lactato produzido, por unidade de tempo nos músculos em actividade. Uma vez que este parâmetro é de difícil determinação, considera-se que o valor máximo do lactato sanguíneo depois do exercício ($\dot{A}L_S$) é proporcional à quantidade total de ácido láctico acumulado no corpo. Assim:

$$\dot{A}L_S = \alpha \dot{A}L_M \quad (54)$$

Na equação (54) α é a constante de proporcionalidade entre as duas variáveis, sendo dependente da distribuição do ácido láctico nos diferentes fluidos corporais e da *clearance* verificada entre o final do exercício e o momento de determinação da concentração sanguínea máxima.

Considerando (54), a equação (53) pode ser escrita:

$$\dot{E} = \dot{V}O_2 + (\alpha * \alpha^{-1}) \dot{A}L_S + a_l \quad (55)$$

Para um exercício de duração t e intensidade \dot{E} , a energia total consumida é, então, dada por:

$$\dot{E} * t - VO_2 = (\alpha * \alpha^{-1}) \dot{A}L_S + a_l \quad (56)$$

Na equação (56), VO_2 representa o consumo total net de O_2 .

Di Prampero et al. (1978) verificaram que $\dot{E} * t - VO_2$ varia linearmente com $\dot{A}L_S$, sendo o declive desta função uma medida de $\alpha * \alpha^{-1}$. Os resultados do estudo destes autores sugerem que o valor de $\alpha * \alpha^{-1}$ é de $2.7 \text{ ml}O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol}^{-1}$, representando a quantidade de energia, em equivalentes de O_2 , libertada por kg de peso quando a quantidade de ácido láctico produzido nos músculos é tal que a lactatemia se eleva em $1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$.

Thevelein et al. (1984) validaram este equivalente para as concentrações de lactato no sangue capilar arterializado em 6 nadadores do sexo masculino, tendo obtido um valor médio de $2.78 \text{ ml}O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol}^{-1}$.

Os resultados de di Prampero et al. (1978) foram, na opinião dos autores, compatíveis com o valor de $3.3 \text{ ml}O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol}^{-1}$ obtido por Margaria et al. (1963) para a corrida. Porém, desenvolvimentos mais recentes utilizando uma metodologia idêntica (Camus e Thys, 1991) permitiram a obtenção de valores de $2.7 \text{ ml}O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol}^{-1}$ também para a corrida, valores em média 8% superiores aos previamente determinados com base nas relações entre a dívida de O_2 e os valores máximos do

lactato sanguíneo após a prova (Camus et al., 1984).

Entretanto, Lacour et al. (1990) estudaram a participação anaeróbia em competições de corrida de 400 e 800m através dos valores de AL_S , servindo-se do custo energético total estudado com base na soma do equivalente energético daquelas concentrações ao $\dot{V}O_2$ máx. individual. Camus e Thys (1991), defenderam também a possibilidade de se estudar a participação energética glicolítica através deste procedimento, apesar de terem observado valores inferiores aos determinados com base na dívida e no déficit de O_2 . Referiram mesmo que este resultado é conforme com a perspectiva de Keul et al. (1972), autores que demonstraram que a dívida de O_2 sobre-estima a participação energética anaeróbia.

Di Prampero et al. (1978) salientaram que a utilização do equivalente energético das concentrações sanguíneas máximas de ácido láctico é adequado para a determinação de \dot{E} , sem que, todavia, se possa considerar a avaliação dos percentuais aeróbio e anaeróbio. Segundo os autores, o ácido láctico metabolizado pelo fígado durante o exercício e os primeiros minutos da recuperação é negligenciável, mas pode também ser removido e re-sintetizado em glicogênio. Qualquer destes dois processos implica um consumo de O_2 , pelo menos idêntico à energia livre das reacções inversas. Neste contexto, qualquer remoção do ácido láctico produzido é contabilizada em consumo de O_2 , tendendo a sobrevalorizar a participação oxidativa em detrimento da participação glicolítica. Saltin (1989) questionou também este método no que diz respeito à sua utilidade para a determinação do percentual de participação energética aeróbia e anaeróbia, acentuando a presumível importância da remetabolização do lactato antes do estabelecimento do equilíbrio entre as concentrações de lactato muscular e sanguíneo e da homogenização da sua distribuição pelos diferentes espaços aquosos. Esta objecção, porém, não questiona a sua utilidade para o cálculo do dispêndio energético total em alternativa à extrapolação a partir de valores do custo energético sub-máximo.

Registe-se, entretanto, que Daly et al. (1981) verificaram a existência de correlações elevadas entre o $\dot{V}O_2$ e as concentrações máximas de lactato determinados nos mesmos nadadores sujeitos ao mesmo protocolo em dias consecutivos.

Daly et al. (1981) adoptaram uma metodologia semelhante à que utilizámos para a avaliação do dispêndio energético total na técnica de *crawl* em nado estacionário. Os valores do $\dot{V}O_2$ foram, porém, obtidos através da análise do ar expirado recolhido em sacos de Douglas.

A nossa decisão de considerar os valores do $\dot{V}O_2$ total e não os valores em equilíbrio fisiológico justifica-se pelo facto da lactatemia medida após o esforço representar o valor remanescente da quantidade total do lactato produzido durante a prova. Aceitando que nos primeiros momentos de cada estágio o $\dot{V}O_2$ em equilíbrio fisiológico sobrevaloriza o consumo real e que, nesta fase, o metabolismo glicolítico intervém de forma mais apreciável (déficit de O_2), a utilização dos valores do $\dot{V}O_2$ de equilíbrio tenderia a sobrevalorizar o dispêndio energético total de cada estágio.

9.1.4.4. Determinação do consumo de oxigénio

"(...) difficulties in making physiological measurements of swimming subjects (...) tended to discourage scientists from specializing in this sport".

Reilly (1990, p. 217)

A avaliação do consumo de oxigénio em natação tem sido realizada através de diferentes métodos (Quadro 29).

O primeiro dos métodos enunciados no Quadro 29 permite apenas a determinação do $\dot{V}O_2$ médio no período de colheita escolhido, sendo normalmente recolhido o ar expirado nos últimos momentos de cada prova. Em consequência, este método parece limitar-se à avaliação dos valores do $\dot{V}O_2$ em estado de equilíbrio fisiológico, ou aos valores máximos registados no final de uma prova dada. O mesmo se passa relativamente aos métodos baseados nos valores de recuperação, os quais são fundamentalmente condicionados pelos últimos 30 a 60s de exercício (Bassett et al., 1991).

A utilização do equivalente energético, em unidades de O_2 , da concentração máxima *net* de lactato sanguíneo para a determinação de \dot{E} , impôs-nos a determinação do consumo de O_2 total em cada estágio de intensidade. Para tal julgámos mais adequada a opção pela determinação directa do $\dot{V}O_2$, já que, para o efeito, os métodos baseados nos valores de recuperação são inoperativos e a colheita de ar expirado em saco de Douglas muito pouco prática.

Até ao momento, a oximetria directa em natação só foi realizada em condições experimentais muito específicas, nomeadamente nos testes realizados em ergómetro de água - *swim flume* (Troup, 1990, 1991a; d'Acquisto et al., 1991; Sardella et al., 1991; d'Acquisto et al., 1992a, b; Barzeducas et al., 1992; Cappaert et al., 1992a, b; Takahashi et al., 1992a, b; Troup et al., 1992, a, b, c) - ou num tanque para testes de modelos de barcos (200 x 4 x 4m) dotado de uma plataforma móvel colocada sobre a água (Kemper et al., 1976; Kemper et al., 1983). Foi, de resto, em experiências conduzidas nesta última infra-estrutura - *The Netherlands Ship Model Bassin* -, que Kemper et al. (1976) observaram que a oximetria directa proporciona valores do $\dot{V}O_2$ em estado de "equilíbrio fisiológico" semelhantes aos obtidos com o método de recolha de ar expirado num saco de Douglas.

Para implementarmos o método de avaliação do $\dot{V}O_2$ por oximetria directa em natação livre foi necessário adoptar um conjunto de procedimentos, de entre os quais nos parece importante destacar neste ponto a acopulação ao oxímetro de uma válvula

especialmente concebida para oximetria em natação e o aumento do tubo de captação do ar expirado.

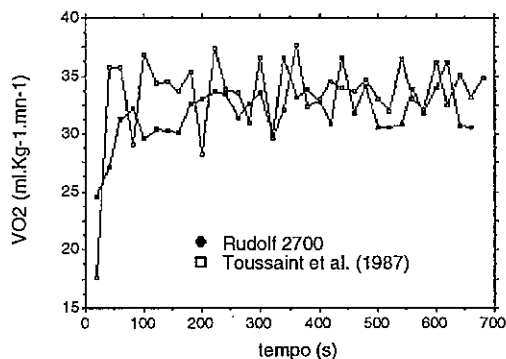
Quadro 29. Revisão da literatura acerca dos diferentes métodos utilizados em natação para a determinação do consumo de oxigénio.

| Método | Autores |
|---|---|
| Análise dos conteúdos de O ₂ e de CO ₂ do volume de ar expirado recolhido durante o exercício num saco de Douglas | Karpovich e Le Maistre (1940); Karpovich e Millman, (1944); van Huss e Cureton (1955); Andersen (1960); Astrand e Saltin (1961); Adrian et al. (1966); Costill, (1966b); Costill et al. (1967); Magel e Faulkner (1967); Dixon e Faulkner (1971); Holmér (1971, 1972, 1974a, b, 1975); McArdle et al. (1971); Holmér e Astrand (1972); di Prampero et al. (1974); Holmér et al. (1974a, b); Magel et al. (1974); von Döbeln e Holmér (1974); Hay et al. (1975); Miyashita (1975); Eriksson et al. (1978); Houston et al. (1978); Kasch (1978), Kipke (1978); Klissouras e Sinning (1978); Nomura (1979); Bonen et al. (1980); Holmér e Gullstrand (1980); Daly et al. (1981); Cazorla e Montpetit (1983); Lavoie et al. (1983); Montpetit et al. (1983); Nomura (1983); Toussaint et al. (1983); Chatard (1985); Costill et al. (1985); Stallman et al., (1986); Bouzou et al. (1987); Kohrt et al. (1987); Montpetit et al. (1987); Cazorla e Montpetit (1988); Montpetit et al. (1988a); Toussaint (1988, 1990); Toussaint et al. (1988); van Handel et al. (1988a, b); Bassett et al. (1991); Chatard et al. (1991); Capelli et al. (1992); Chatard et al. (1992); Rinehardt et al. (1992) |
| Retro-extrapolação dos valores sucessivos de repouso para o início da recuperação | Leger et al. (1980); Montpetit et al. (1981); Lavoie et al. (1983); Costill et al. (1985) |
| Valor determinado nos primeiros 20 s de recuperação | Lavoie et al. (1983); Costill et al. (1985); Lavoie et al. (1985); Smith et al. (1988); Bassett et al. (1991); Ribeiro et al. (1991); Klentrou e Montpetit (1992); Rinehardt et al., (1992) |
| Valor determinado nos primeiros 40 s de recuperação | Jang et al. (1987); Beltz et al. (1988); Sharp e Costill (1990) |
| Oximetria directa | Kemper et al. (1976); Kemper et al. (1983); Troup (1990, 1991a); d'Acquisto et al. (1991); Sardella et al. (1991); d'Acquisto et al., (1992a, b); Barzeducas et al. (1992); Cappaert et al. (1992a, b); Takahashi et al. (1992a, b); Troup et al. (1992, a, b, c) |

A utilização de uma válvula especialmente concebida para utilização em natação deveu-se à necessidade de, por um lado, minimizar o previsível efeito das válvulas mais tradicionais na intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposto ao deslocamento do nadador (Toussaint et al., 1987) e, por outro, de atenuar o constrangimento imposto pelos dispositivos oximétricos tradicionais à capacidade individual de execução motora do gesto (Legér et al., 1980). A válvula que utilizámos foi especialmente desenvolvida para o efeito na Universidade Livre de Amesterdão, tendo já sido anteriormente evidenciadas as vantagens que proporciona (Toussaint et al., 1987).

A ligação da válvula ao oxímetro foi realizada através de um aumento de, aproximadamente, 1.5m no comprimento do tubo de colheita do ar expirado. Desta forma foi possível suspendê-lo na vertical do nadador através de um suporte flexível, permitindo minimizar o constrangimento dos movimentos verticais e laterais do nadador. Os eventuais efeitos sobre os registos do $\dot{V}O_2$ do prolongamento do tubo e da utilização de uma válvula diferente da fornecida de origem com o oxímetro foram analisados previamente em ciclo-ergómetro (Figura 65). Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores máximos e submáximos registados para o mesmo indivíduo com o aparelho na configuração de origem e com o prolongamento do tubo e a válvula de natação.

Figura 65. Variação dos valores do consumo de oxigénio ($\dot{V}O_2$) com o tempo medido na mesma prova para o mesmo indivíduo utilizando o equipamento de origem do oxímetro (válvula Rudolf 2700) e utilizando a válvula de Toussaint et al. (1987), bem como as restantes adaptações introduzidas para o presente estudo.



9.1.4.5. Avaliação das concentrações sanguíneas de lactato

Dadas as dificuldades inerentes à cateterização para a colheita de amostras de sangue venoso, optámos por, de acordo com Daly et al. (1981), utilizar amostras de sangue capilar arterializado. Com base nos resultados de Robergs et al. (1990a),

esta opção poderá ter implicado uma sobrevalorização dos valores de $\dot{V}E$, uma vez que aqueles autores encontraram valores de lactatemia capilar significativamente superiores aos valores correspondentes das concentrações venosas. Todavia, os autores atribuíram parte desta diferença ao facto de terem imobilizado o segmento (membro superior) em que procederam à colheita de sangue venoso. Reforçando esta perspectiva, Robergs et al. (1990b) verificaram que as concentrações venosa e capilar de lactato doseadas em repouso e em resposta a uma prova máxima de 200m *crawl* só foram significativamente diferentes quando considerados os valores da diferença entre os valores máximos de esforço e os valores de repouso após um aquecimento particularmente intenso. Os valores de repouso antes do aquecimento e os valores máximos após a prova não se distinguiram significativamente, tendo a diferença registada entre as médias sido de $0.9 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ nos dois casos.

Apesar das diferenças registadas, os resultados de Robergs et al. (1990a) evidenciaram funções similares de variação das duas concentrações com o tempo de prova e de recuperação num exercício de intensidade progressiva. Este último resultado sugere que o erro em que incorremos com a utilização das concentrações de lactato capilar poderá, a existir, ser sistemático e não influenciar as conclusões. Acresce a isto o facto de Thevelein et al. (1984) terem obtido valores do equivalente energético para a lactatemia capilar idênticos aos registados por di Prampero et al. (1978) para as concentrações venosas de lactato.

Por fim, registe-se que o método analítico que utilizámos para a determinação das concentrações de lactato constitui referência para a validação de procedimentos de mais fácil operacionalização (Bishop et al., 1992) e que o protocolo utilizado para a determinação do valor máximo durante a recuperação foi conforme ao normalmente utilizado em estudos envolvendo esta variável (Olbrecht et al., 1985; Keskinen e Komi, 1988; Olbrecht et al., 1988; van Handel et al., 1988b; Gerrard et al., 1991).

9.1.4.6. Duração de cada estágio de intensidade

Segundo Astrand e Rodahl (1970), para cargas sub-máximas contínuas, um estado de "equilíbrio fisiológico" normalmente designado por *steady state* (SS), é atingido entre o 3º e o 4º minutos de exercício. O SS é definido por Mathews e Fox (1979) como sendo o estado de equilíbrio fisiológico em que toda a energia necessária pode ser considerada como sendo suprida aerobiamente e, segundo Astrand e Rodahl (1970), é indicado por uma estabilização da frequência cardíaca (variações iguais ou inferiores a $5 \text{ bat} \cdot \text{mn}^{-1}$) e do $\dot{V}O_2$ sub-máximos.

Treffene (1975) encontrou o SS aos 90s de exercício para velocidades sub-máximas constantes. Treffene et al. (1979) encontraram valores estabilizados da frequência cardíaca, também para velocidades sub-máximas constantes, a partir dos 160s de exercício e Treffene et al. (1978) e Treffene (1983) utilizaram exercícios com a

duração de 3 mn, considerando que a frequência cardíaca encontrada no final reflectia a resposta cárdio-respiratoria em estado de equilíbrio fisiológico.

McArdle et al. (1971), Holmér (1974a), Kemper et al. (1976), Kemper et al. (1983), Cazorla e Montpetit (1993), Montpetit et al. (1983) e Takahashi et al. (1983) utilizaram nos seus protocolos durações de 4 mn para cada estágio de intensidade, tendo procedido à determinação do *input* energético com base em medições realizadas entre o 3º e o 4º minutos. Vilas-Boas (1987, 1990) utilizou também estádios de intensidade diferente com 4mn de duração. Troup e Daniels (1986) referiram igualmente a necessidade de prolongar o exercício durante aproximadamente 4 mn para que se obtenha o estado de SS. Klissouras (1968), por seu lado, utilizou durações de exercício entre 5 e 6 mn e Goff et al. (1957), Troup (1990, 1991a) e Klentrou e Montpetit (1992) durações de 5 mn. Holmér (1975) estipulou uma duração de 5 mn para cada estágio do seu protocolo, muito embora tenha indicado anteriormente (Holmér, 1974a), de acordo com resultados preliminares, que o SS é obtido 3 mn depois de uma alteração de carga. Kohrt et al. (1987) foram mais longe, tendo adoptado estádios de 2mn de duração. Holmér (1972, 1974b) e Holmér e Astrand (1972) utilizaram, para esforços sub-máximos, durações de 6 mn e determinaram o *input* energético aeróbio com base em medições realizadas entre o 3º e o 6º minutos. Para esforços máximos utilizaram durações de, pelo menos, 2,5mn. Di Prampero et al. (1974) utilizaram também estádios com 6mn de duração, tendo recolhido o ar expirado entre o 4º e o 6º minutos. Costill et al. (1985) utilizaram estádios de duração mais elevada, tendo recolhido o ar expirado entre o 6º e o 7º minutos de exercício.

A maioria das investigações consagradas ao estudo da economia de nado foram realizadas tendo por base a técnica de *crawl*, sendo muito frequentemente utilizados estádios com 400m de extensão (Costill et al., 1985; van Handel et al., 1988a). Rinehardt et al. (1992) compararam os resultados obtidos com base em 457m e em 183m, não tendo encontrado diferenças significativas, inclusivamente quando estavam em causa valores do $\dot{V}O_2$ máx.. Posteriormente, Klentrou e Montpetit (1992) estudaram a economia no nado de costas com base nos valores do registados em 3 a 5 estádios de intensidade sub-máxima diferente, todos com 250m de extensão, e num percurso máximo de 400m. Anteriormente, porém, já Smith et al. (1988) tinham estudado a economia na técnica de costas utilizando estádios de 250m de extensão e van Handel et al. (1988b) tinham estudado a economia em *crawl* com base em percursos de 200m. Bonen et al. (1980) utilizaram 3 estádios sub-máximos e um máximo com 200m de extensão.

Considerando a menor velocidade de nado em bruços, a duração dos estádios de intensidade diferente utilizados por outros autores e o espaço de tempo considerado necessário para a obtenção do SS, optámos por avaliar estádios de 200m que, às velocidades propostas, implicariam durações próximas dos 4mn para os estádios de intensidade sub-máxima.

Posteriormente, sempre que os parâmetros fisiológicos foram expressos em valor médio de SS, considerámos que este foi alcançado no último minuto de exercício desde que as variações da frequência cardíaca não excedessem os 5 bat . mn⁻¹ (Astrand e Rodahl, 1970).

9.1.4.7. Duração do período de recuperação anterior a cada estágio de intensidade.

A duração de 30 mn porque optámos para os períodos de recuperação entre os diferentes estádios de intensidade foi superior à normalmente utilizada nos protocolos implementados para a avaliação da economia motora em natação. Períodos de recuperação de apenas 5mn foram anteriormente utilizados por Montpetit et al. (1983) e Vilas-Boas (1987, 1990) entre estádios de intensidade sub-máxima, enquanto que McArdle et al. (1971) utilizaram intervalos de 10 mn.

A utilização de intervalos mais longos justificou-se pelo facto de considerarmos os valores da concentração sanguínea de lactato, tendo diferentes autores constatado que, normalmente, são necessários 20mn de intervalo para que, após o exercício, sejam repostos os valores de repouso (Lavoie e Montpetit, 1986; Olbrecht et al., 1988; Chrisovoulos, 1989). Todavia, Peyrebrune e Hardy (1992) estudaram a variação da lactatemia em testes progressivos de natação, tendo utilizado um intervalo de apenas 15mn entre estádios de intensidade diferente.

9.1.4.8. Razões subjacentes à valorização da avaliação de $E * v^{-1}$ em detrimento de $D * e_{mT}^{-1}$

Como vimos anteriormente, a razão $D * e_{mT}^{-1}$ traduz, em determinadas condições, o nível global de adequação mecânica da técnica de nado. As eventuais vantagens mecânicas de uma técnica de nado relativamente a outra podem, portanto, ser imputáveis quer a valores inferiores da intensidade de D, quer a valores superiores de e_{mT} . Nesta medida, atendendo a que D e e_{mT} variam independentemente, as investigações biomecanicamente mais conclusivas deveriam considerar as duas variáveis independentemente (Pendergast et al., 1978).

Porém, as metodologias até agora desenvolvidas para a determinação daquelas variáveis são hoje objecto de acentuada controvérsia, para além de implicarem dispositivos sofisticados e, sobretudo, procedimentos muito morosos. Importa referir, no entanto, que os métodos até agora desenvolvidos parecem não ter ainda permitido uma determinação rigorosa quer de D quer de e_{mT} , ou de qualquer das suas componentes, especialmente quando se trata de técnicas descontínuas.

Como já referimos, os métodos de determinação do arrasto activo (D) parecem ainda não ter atingido um grau de desenvolvimento suficiente para garantirem a obtenção de resultados rigorosos e consistentes. Um deles, inclusivamente, não pode ser

utilizado na técnica de braços (*MAD-system*), enquanto que os restantes pressupõem sempre a velocidade de nado como constante (Clarys, 1979; Kemper et al., 1983; di Prampero et al., 1974; Holmér, 1975; Pendergast et al., 1977; Hollander et al., 1985a, b; Kolmogorov e Duplishcheva, 1992; Niklas et al., 1993), o que não parece poder considerar-se razoável no que respeita à técnica de braços. Os métodos de determinação de e_{mT} , por seu lado, parecem também não estar isentos de um erro metodológico importante, pelo menos a julgar pela inconsistência dos resultados até agora obtidos. De resto, estes últimos, na sua maioria, têm como base a determinação de D , sendo por isso afectados pelas mesmas imprecisões, ou restringem-se ao estudo parcial da propulsão (Cappaert et al., 1992a, b).

A este propósito, Frederick (1987) referiu que a determinação exacta da eficiência não parece ser possível nos movimentos desportivos em geral, apesar de se tratar de um conceito interessante e importante para a elucidação da influência das variáveis biomecânicas no rendimento desportivo de modalidades de resistência. Nesta conformidade, o autor preconizou a utilização, mais confortável na sua perspectiva, da economia motora, desde que se assumam as necessárias precauções. De acordo com esta perspectiva, Reilly (1990) sugeriu que o estudo da economia permite superar as dificuldades inerentes ao cálculo da eficiência.

9.2. Discussão dos resultados

9.2.1. Trajectórias da mão, do pé e da anca em diferentes planos

As trajectórias da mão, do pé e da anca que registámos nos planos sagital, frontal e transverso são, na generalidade, semelhantes às anteriormente descritas por outros autores (Lewillie, 1970, 1971; Clarys et al., 1973; Hoecke e Gruendles, 1975; Schleihau, 1977, 1979; Thayer et al., 1986; Schleihau et al., 1988; Ungerechts, 1990a; Colman e Persyn, 1991; Persyn et al., 1992; Reischle, 1993).

Neste contexto, a análise dos deslocamentos segmentares específicos dos membros superiores e dos membros inferiores, coloca em evidência que, tal como Brown e Counsilman (1971) constataram, o nadador de elevado nível desportivo privilegia, para se propulsionar, os deslocamentos segmentares predominantemente transversais relativamente à direcção de nado e, neste contexto, com predomínio dos deslocamentos segmentares oblíquos (Schleihau et al., 1988). Esta observação parece reforçar as perspectivas segundo as quais a propulsão obtida em braços pelas acções dos membros superiores e inferiores, decorre em larga medida da combinação das forças ascensional hidrodinâmica (L) e de arrasto hidrodinâmico propulsivo (D_p), tal como é preconizado pela teoria da força ascensional propulsiva ou teoria do *aerofoil* (Schleihau, 1977, 1979; Thayer et al., 1986; Schleihau et al., 1988). Neste quadro, a aparente prevalência das componentes transversais sugere uma acentuação da importância da força ascensional hidrodinâmica em detrimento da força de arrasto hidrodinâmico propulsivo, o que parece concordar

satisfatoriamente com os resultados de Thayer et al. (1986) e Schleihauf et al. (1988), que obtiveram razões L/Dp em braços de, respectivamente, $1.24 (\pm 0.23)$ e $1.25 (\pm 0.21)$.

Apesar da coerência evidenciada na sua configuração geral, os vários traçados que obtivemos para os diferentes pontos de referência nas três variantes, evidenciaram uma diversidade que importa ter em conta, a qual imputamos às diferenças de interpretação individual que normalmente se designam por estilo (Grosser e Newmaier, 1986). Estas diferenças são traduzidas pelos valores elevados dos desvios padrão obtidos relativamente à média dos parâmetros quantitativos que estudámos, apesar destes serem também influenciados pelas diferenças interindividuais das dimensões segmentares (Quadros A1 a A4, ANEXO 1). Para além destas diferenças, porém, a análise estatística dos parâmetros quantitativos estudados pôde evidenciar tendências distintivas das variantes em estudo, as quais constituem o cerne dos resultados que obtivemos a este nível. Em continuação passaremos a discutir estes resultados.

9.2.1.1. Trajectórias da mão

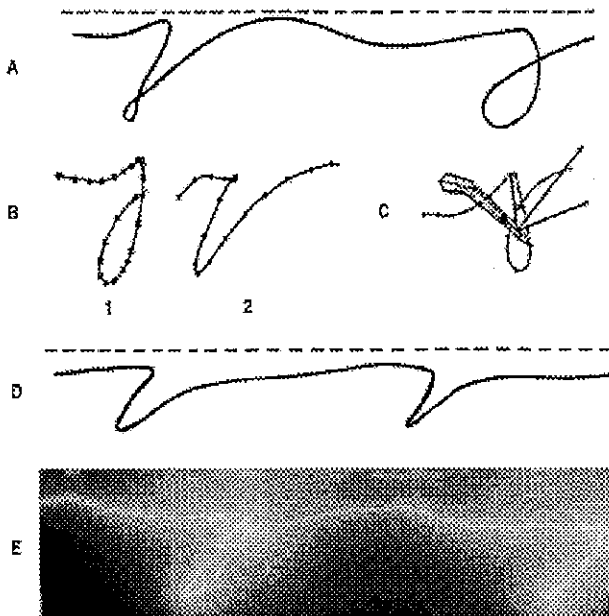
Clarys et al. (1973) publicaram o traçado do movimento da mão de Ronald Hond no plano sagital (Figura 66D). Este traçado é semelhante a alguns dos que obtivemos (Figura 66E). Todavia, nota-se um deslocamento antero-posterior mais acentuado do que para a maioria dos traçados que registámos, para além de não ser perceptível qualquer movimento ondulatório das mãos.

Relativamente ao deslocamento antero-posterior da mão durante o trajecto motor, os nossos resultados evidenciaram valores médios semelhantes ao obtido por Schleihauf et al. (1988) com base numa amostra de 17 nadadores de nível olímpico, independentemente da variante considerada: $\bar{X} = .208 (\pm .094)m$. Os resultados que obtivemos foram significativamente diferentes para as três variantes em estudo, tendo os mais elevados sido obtidos para o BF ($\bar{X} = .239, \pm .065m$). Para o BNA obtivemos valores inferiores ($\bar{X} = .207, \pm .066m$) e, finalmente, para o BN foram obtidos os valores mínimos ($\bar{X} = .169, \pm .061m$). Valores mais elevados para o BF quando comparado com o BN podem também ser percebidos nos trajectos publicados por Persyn et al. (1992) (Figura 7).

Esta hierarquia das três variantes foi também notada relativamente ao índice de estabilização antero-posterior do trajecto motor da mão no plano sagital, não tendo, porém, sido observadas diferenças significativas entre o BF e o BNA. Este resultado é explicado pela significativamente menor amplitude vertical do trajecto motor nesta última variante ($\bar{X} = .435, \pm .042m$) quando comparada com as restantes duas e especialmente com o BF. No BN ($\bar{X} = .453, \pm .049m$), todavia, a amplitude vertical foi também significativamente inferior à registada para o BF ($\bar{X} = .477, \pm .044m$), mas o acentuadamente menor deslocamento antero-posterior foi suficiente para a

compensar no índice de estabilização. Foi no BN, de facto, que as mãos se deslocaram menos para trás relativamente ao seu deslocamento vertical. Entretanto, os valores médios do índice de estabilização antero-posterior da mão no plano sagital que obtivemos para qualquer das variantes foram inferiores ao calculado com base nos resultados de Schleihauf et al. (1988) - .65 -, o que indica que, relativamente à amostra estudada por aqueles autores, os nadadores que analisámos deslocam menos para trás a mão durante o trajecto motor relativamente ao seu deslocamento vertical. Esta diferença, entretanto, fica a dever-se especialmente à menor amplitude vertical média dos trajectos motores estudados por Schleihauf et al. (1988). De facto, os resultados que obtivemos na amplitude vertical do deslocamento da mão durante o trajecto motor ($\bar{X} = .320, \pm 0.076, m$) foram, independentemente da variante considerada, superiores aos registados por Schleihauf et al. (1988). Apesar desta diferença poder ser imputável a diferentes características antropométricas dos sujeitos que compuseram as duas amostras - hipótese que não pode ser verificada, uma vez que Schleihauf et al. (1988) não publicaram qualquer referência às características morfológicas dos nadadores que estudaram -, pensamos, porém, que se deve preferencialmente ao facto dos nadadores estudados por aqueles autores privilegiarem a amplitude transversal em detrimento da amplitude vertical, como veremos mais à frente. De resto, a já referida similaridade dos valores médios do deslocamento antero-posterior parece reforçar a possibilidade das diferenças morfológicas poderem não afectar muito pronunciadamente os resultados.

Figura 66. Traçados do movimento da mão no plano sagital obtidos por: (A) Lewillie (1970); (B1 e 2) Thayer et al. (1986); (C) Schleihauf et al. (1988) e (D) Clarys et al. (1973). É também apresentado um dos traçados que obtivemos (E).



As diferenças na amplitude vertical observadas entre as três variantes, entretanto, deveram-se apenas à profundidade máxima, não tendo sido registadas diferenças no que respeita à profundidade mínima. Colman e Persyn (1991) encontraram também valores superiores da amplitude vertical do trajecto motor do BF (31.6% da altura do nadador) quando comparado com o BN (entre 12 e 13.8% da altura do nadador).

Na Figura 66E pode observar-se o registo que obtivemos para o nadador B executando o BF, onde o movimento ondulatório da mão também não é perceptível. A ausência de movimento ondulatório das mão foi por nós verificada em 6 casos para o BF, mas esteve sempre presente nas variantes naturais. A observação de um movimento ondulatório da mão durante a deslocamento à frente dos membros superiores no BF pode parecer atípico desta variante. Todavia, já anteriormente havia sido descrito por Colman e Persyn (1991) e Persyn et al. (1992), como se pode observar na Figura 7. Estes autores observaram, porém, que este movimento é mais acentuado no BN. O mesmo pôde ser observado nos nossos registos. De facto, a tortuosidade média deste movimento foi significativamente inferior no BF do que nas variantes naturais e, nestas, foi ainda superior no BNA do que no BN. Estes resultados estão de acordo com as diferenças entre as 3 variantes no que respeita ao movimento ondulatório do corpo, o qual discutiremos mais adiante.

Note-se que a superior tortuosidade do deslocamento à frente da mão nas variantes naturais, e especialmente no BNA, ocorreu em trajectos de amplitude total no plano sagital também significativamente superior, característica que pode ser explicada pela sujeição do nadador, como observámos, a um impulso propulsivo superior produzido pela acção dos membros inferiores. Apesar do BNA ter sido a variante que evidenciou valores médios superiores da amplitude total do deslocamento da mão no plano sagital e do índice de tortuosidade do seu deslocamento à frente, a profundidade máxima deste foi significativamente inferior às observadas no BF e no BN, o que é susceptível de ser parcialmente explicado pela emersão das mãos durante parte deste percurso. No BN o trajecto de recuperação aproximou-se mais da superfície do que no BF, mas atingiu também uma profundidade máxima superior, o que concorda satisfatoriamente com uma ondulação mais pronunciada da mão nesta variante, tal como é traduzido pelos trajectos publicados por Colman e Persyn (1991) e Persyn et al. (1992). Esta profundidade máxima superior está de acordo com a maior orientação "para baixo" da recuperação dos membros superiores no BN referida por Firby (1975), Persyn et al. (1986), Costill et al. (1992) e Suarez (1992) e permite, nesta variante, a acentuação do deslocamento vertical ascendente durante o *outsweep*, apesar da profundidade mínima da mão durante a acção propulsiva não ser significativamente diferente de qualquer das restantes variantes em estudo. Registe-se, por fim, que os valores da profundidade máxima e mínima do deslocamento à frente da mão que obtivemos concordam satisfatoriamente com a profundidade do deslocamento à frente da mão na técnica de braços, referida por Maglischo (1982): entre .203m e .254m. No nosso estudo os valores da profundidade

máxima oscilaram entre .187 e .216m, enquanto que os valores da profundidade mínima variaram entre a emersão e .089m.

Mais próximo da maioria dos registos que obtivemos são os traçados publicados por Lewillie (1970), Thayer et al. (1986) e Schleihauf et al. (1988). Nestes (Figura 66 A, B1, B2 e C), o deslocamento antero-posterior é menos acentuado e nota-se também um movimento ondulatório regular da mão durante o seu deslocamento à frente (A). Nos casos D e E da Figura 66 não se verifica a existência de uma componente vertical ascendente no deslocamento da mão durante a fase de deslocamento "para fora" (*outsweep*), enquanto que nos casos A, B1 e C esta é claramente perceptível, apesar de ser no plano transversal que este deslocamento parece ser mais visível. Na Figura 67 apresentamos os traçados da mão no plano transversal obtidos por Clarys et al. (1973) e Thayer et al. (1986), comparados com traçados similares que obtivemos.

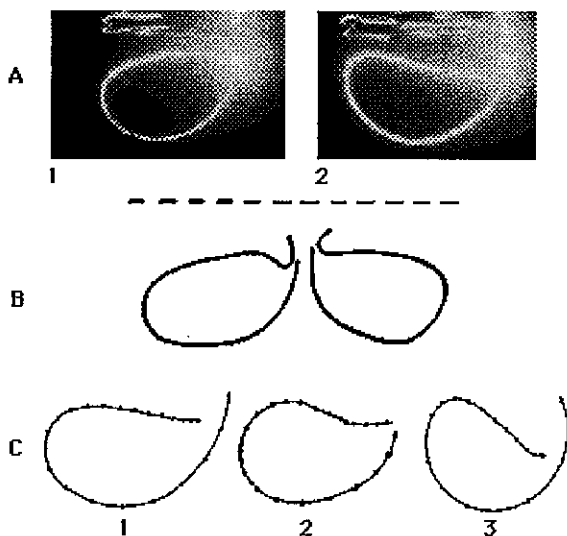
A componente vertical ascendente da fase de deslocamento da mão "para fora" foi por nós observada em 9 casos no BF, 12 no BN e 11 no BNA. Não parece, portanto, tratar-se de uma característica específica de qualquer das variantes em estudo, como sugerem van Tilborgh et al. (1988), apesar de ter sido significativamente mais pronunciada nas variantes naturais do que no braço formal e, naquelas, significativamente mais acentuada no BN, o que poderá ter ficado a dever-se à insuficiente imersão da mão após o percurso de recuperação aérea característico do BNA. A mais elevada amplitude vertical do deslocamento "para fora" (*outsweep*) nas variantes naturais relativamente ao BF está de acordo com as perspectivas de outros autores (Fitzgerald, 1982; Persyn et al., 1986; van Tilborgh et al., 1988; Colman et al., 1989; Chollet, 1990; Navarro et al., 1990; Ungerechts, 1990b; Colman e Persyn, 1991; Persyn et al., 1992).

O eventual contributo propulsivo desta acção é controverso, como discutiremos no ponto 9.2.2.. Enquanto uns autores lhes atribuem virtualidades propulsivas (van Tilborgh et al., 1988; Colman et al., 1989; Colman e Persyn, 1991; Persyn et al., 1992), outros não lhe reconhecem qualquer vantagem (Thayer et al., 1986) e, finalmente, outros consideram-na mesmo uma acção supérflua (Costill et al., 1992). Os resultados que obtivemos com a estimativa do impulso horizontal resultante por fase também não nos permitem reconhecer-lhe qualquer vantagem. Saliente-se, no entanto, que em nenhum caso pudemos registar no plano transversal componentes verticais ascendentes tão pronunciadas como a obtida por Thayer et al. (1986) (Figura 67 C3).

Segundo Colman et al. (1989) e Persyn et al. (1992), a braçada do BN é, no computo geral, propulsivamente mais efectiva do que a do BF, exactamente pela prevalência dos movimentos verticais no plano transversal, facilitando a utilização das mãos de acordo com o modelo do hélice e favorecendo a aproximação permanente da linha de acção da força propulsiva ao eixo longitudinal que passa pelo centro de gravidade do corpo (Figura 10). Os nossos resultados relativos ao índice de horizontalidade,

porém, revelaram que, nas variantes naturais, e especialmente no BNA, a amplitude do deslocamento horizontal é mais prevalente relativamente à amplitude dos deslocamentos verticais do que no BF. Esta constatação contraria a perspectiva de Alves (1984), autor que referiu que, no BF, prevalecem as componentes de deslocamento segmentar lateral em prejuízo das verticais.

Figura 67. Traçados do movimento da mão no plano transverso obtidos no presente estudo (A1 e 2) e por: (B) Clarys et al. (1973) e (C1, 2 e 3) Thayer et al. (1986).

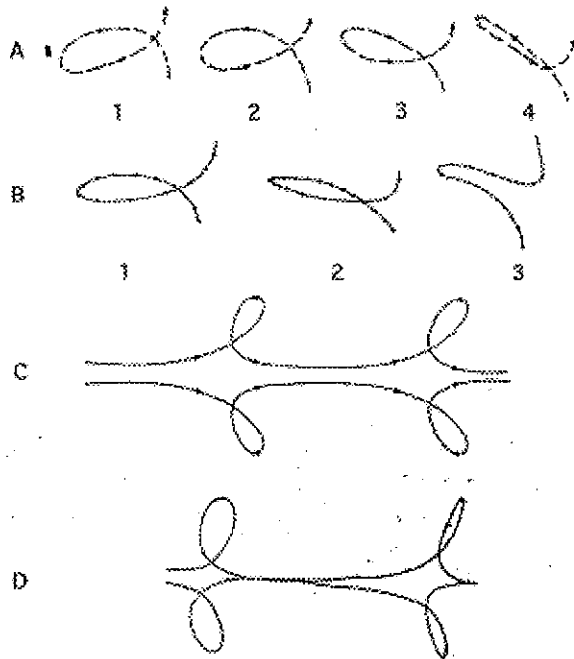


Contrariamente à perspectiva dos autores citados, a comparação dos nossos resultados com os obtidos para os nadadores de classe mundial estudados por Schleihauf et al. (1988) sugere que os nadadores da nossa amostra privilegiaram os deslocamentos verticais no plano sagital em detrimento dos deslocamentos transversais no plano frontal, o que nos parece questionar a superioridade dos deslocamentos verticais. De resto, prevaleçam uns ou outros, o que parece teoricamente mais decisivo é o favorecimento de deslocamentos segmentares propulsivos transversais e ligeiramente oblíquos relativamente à direcção de nado, por forma a maximizar o aproveitamento propulsivo das força hidrodinâmicas ascensional e de arrasto propulsivo.

Os traçados do movimento da mão obtidos no plano frontal são também semelhantes aos registados anteriormente por outros autores. Na Figura 68 apresentamos os trajectos dos membros superiores no plano frontal publicados por Schleihauf (1979), Thayer et al. (1986), Ungerechts (1990a) e Reischle (1993).

A análise da Figura 68 revela que diferentes nadadores parecem optar por diferentes graus de obliquidade do deslocamento “para dentro” relativamente à direcção de nado. Estas diferenças parecem ser função de uma mais ou menos pronunciada orientação antero-posterior da fase de deslocamento “para fora” a qual, por sua vez, nos parece decorrer de uma mais ou menos precoce flexão do ante-braço sobre o braço. A ser assim, parece-nos ser razoável esperar que um deslocamento mais orientado para a frente durante a fase de deslocamento “para fora” poderia estar associado à acentuação da componente vertical ascendente desta fase e a um deslocamento “para dentro” com uma componente antero-posterior mais acentuada. A comparação dos trajectos obtidos por Schleihauf (1979) para diferentes nadadores parece-nos reforçar esta hipótese (Figura 68A).

Figura 68. Trajectos dos membros superiores no plano frontal publicados por: (A1....., A4) Schleihauf (1979); (B) Thayer et al. (1986); (C) Ungerechts (1990a) e (D) Reischle (1993).



Confirmando-se a possibilidade que enunciamos, a maior obliquidade antero-posterior do deslocamento “para dentro” deveria ser mais frequentemente observada nas variantes naturais. A literatura, porém, não refere esta associação, muito embora Schleihauf (1979) tenha registado para Jastremski um deslocamento da mão “para dentro” também orientado para a frente (Figura 68 A1). Entretanto, os nossos resultados também não foram esclarecedores a este respeito, uma vez que os registos no plano frontal foram obtidos de uma perspectiva superior, tornando

imperceptível uma porção importante da fase de deslocamento "para dentro" da mão. Esta limitação comprometeu a possibilidade de estudarmos quantitativamente este detalhe técnico. Todavia, uma apreciação subjectiva dos traçados sugere uma ligeira tendência neste sentido, apesar de nenhum parecer traduzir níveis de obliquidade tão acentuados quanto os extremos anteriormente publicados (Figura 68). Esta eventual associação deverá ser pesquisada no futuro, já que Schleihauf (1976, 1979) colocou em evidência a vantagem hidrodinâmica propulsiva da inclusão de uma componente antero-posterior na fase de deslocamento "para dentro" da mão. Acresce a isto o facto desta ser a fase mais propulsiva da braçada (Schleihauf, 1976, 1979, 1986; Thayer et al., 1986; Schleihauf et al., 1988; van Tilborgh et al., 1988), não apenas por ser nela que a velocidade da mão relativamente à água é superior (Schleihauf, 1977), como também por ser aquela que parece proporcionar uma mais conveniente orientação da resultante das forças ascensional hidrodinâmica e de arrasto hidrodinâmico propulsivo (Schleihauf, 1976, 1979, 1986; Thayer et al., 1986; Schleihauf et al., 1988).

Um outro aspecto decisivo da configuração da braçada no plano frontal diz respeito à amplitude transversal. Schleihauf (1976) comparou a variação dos valores da força propulsiva efectiva ao longo de um ciclo em dois padrões técnicos, tendo registado valores superiores ao longo do ciclo quando a braçada foi transversalmente mais ampla. Os nossos resultados mostraram que a amplitude transversal da braçada foi significativamente superior no BNA ($\bar{X} = .649, \pm 0.075\text{m}$) do que nas restantes variantes (BF: $\bar{X} = .616, \pm 0.077\text{m}$ e BN: $\bar{X} = .627, \pm 0.078\text{m}$), resultado que é coerente com as diferenças registadas no índice de horizontalidade do trajecto motor. Todavia, o estudo dos impulsos horizontais resultantes por fase não parece confirmar a hipótese desta particularidade se repercutir numa vantagem propulsiva. Mais adiante (ponto 9.2.2.) deter-nos-emos mais demoradamente a este respeito. Entretanto, refira-se que os valores médios da amplitude transversal do trajecto motor da mão que obtivemos em qualquer das variantes foram inferiores aos registados por Schleihauf et al. (1988) independentemente da variante utilizada: $\bar{X} = .777 (\pm 0.079)\text{m}$. Esta diferença, entretanto, parece-nos poder ser imputável à já referida mais acentuada valorização deste movimento pelos nadadores estudados por aqueles autores, já que, em contrapartida, os nadadores que estudámos parecem privilegiar mais as amplitudes dos deslocamentos verticais no plano sagital.

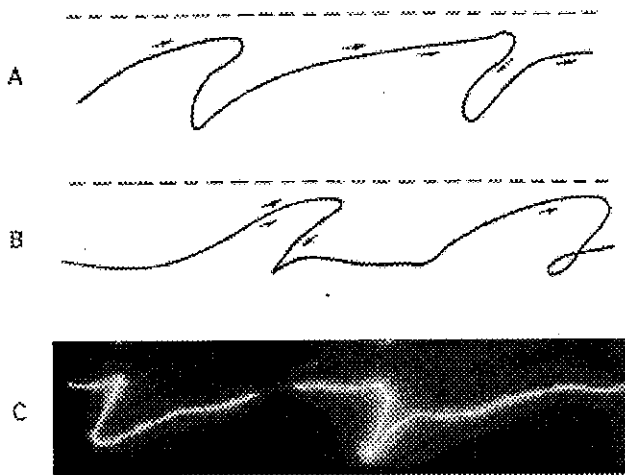
Por último, a comparação dos valores médios do índice de estabilização antero-posterior total da mão que obtivemos para as três variantes revelou diferenças estatisticamente significativas entre todas, tendo o deslocamento antero-posterior relativamente ao deslocamento vertical e transversal da mão sido superior no BF ($\bar{X} = .221, \pm 0.064$), inferior no BNA ($\bar{X} = .190, \pm 0.060$) e, finalmente, mínimo no BN ($\bar{X} = .156, \pm 0.056$). O cálculo deste índice com base nos resultados de Schleihauf et al. (1988) revelou um valor igual ao valor médio que obtivemos para o BNA. Estes resultados estão de acordo com as perspectivas de Colman et al. (1989), Colman e Persyn (1991) e Persyn et al. (1992).

Deslocamentos antero-posteriores da mão mais acentuados parecem, na opinião de Barthels (1979), poder repercutir-se em valores da distância horizontal percorrida por ciclo inferiores e traduzirem uma acção propulsiva menos eficaz. Todavia, os nossos resultados relativos ao impulso horizontal resultante por fase não parecem confirmar esta possibilidade, já que foi nas variantes naturais que observámos deslocamentos antero-posteriores inferiores, mas associados a valores também inferiores do impulso horizontal resultante durante a acção propulsiva dos membros superiores. Acresce a estes resultados o facto de não nos parecer facilmente justificável uma elevação da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposto ao deslocamento do nadador durante esta fase nas variantes naturais, que possa ter compensado uma força propulsiva de intensidade eventualmente superior. No ponto 9.2.1.4. discutiremos outros argumentos que parecem reforçar esta nossa perspectiva, questionando a validade da estabilização antero-posterior como critério para a avaliação da adequação mecânica da acção propulsiva da braçada na técnica de bruços.

9.2.1.2. Trajectórias do pé

Também no que respeita ao movimento dos membros inferiores, tivámos oportunidade de obter traçados no plano sagital semelhantes aos previamente publicados por outros autores. Na Figura 69 pode observar-se os registos publicados por Lewillie (1970) e Clarys et al. (1973), comparados com um dos registos que obtivemos e que se situa mais próximo destes do que os que apresentámos na Figura 40.

Figura 69. Trajectos do pé no plano sagital publicados por: (A) Lewillie et al. (1970) e (B) Clarys et al. (1973), comparados com um dos registos que obtivemos (C).



Todavia, a maioria dos traçados do movimento do pé que registámos para as variantes naturais, colocam em evidência um pormenor particular: a finalização do movimento ondulatório do corpo através de batimentos semelhantes aos de mariposa, inclusivamente com dois tempos descendentes claramente demarcados, apesar de aparentemente menos potentes do que naquela técnica (cf. Figura 40 e Quadro 16), uma vez que de menos pronunciada verticalidade. Hoecke e Grendler (1975), porém, publicaram os traçados luminosos do pé no plano sagital em mariposa, podendo verificar-se que o tempo descendente do segundo batimento não é acentuadamente mais vertical do que o trajecto que obtivemos em bruços. O traçado do pé no plano sagital característico do bruços ondulatório ou natural publicado por Persyn et al. (1992) evidencia apenas a fase ascendente de um dos tempos referidos (Figura 7). O mesmo foi defendido por Sandino (1968), Maglischo (1982), Fitzgerald (1982) e Persyn et al. (1986). Todavia, Minxing (1984) refere concretamente a realização também de um tempo descendente, caracterizando esta acção global como uma "pernada adicional".

Este duplo batimento foi observado em 4 casos no BN e em 5 casos no BNA. Registe-se, de resto, que estas acções são contrárias aos regulamentos desportivos da técnica de bruços, podendo não ser sistematicamente punidas com a desclassificação por serem ou muito pouco amplas e profundas, ou muito amplas e não tão vigorosas como na técnica de mariposa, passando assim despercebidas aos juizes. Saliente-se que apenas em 3 casos foi observada a emersão do pé.

Com apenas uma excepção para o BN, todos os restantes registos obtidos para as variantes naturais evidenciaram a realização de um tempo ascendente e um tempo descendente similares ao batimento de mariposa. Curiosamente, no BF foi também possível observar a existência de uma "pernada adicional" constituída por um tempo ascendente e um descendente, mas apenas em 4 casos. Em 3 casos observou-se apenas um tempo ascendente e nos restantes 6 não foi observado qualquer movimento identificável com os tempos propulsivos da acção dos membros inferiores em mariposa.

Estas diferenças qualitativas observadas nos traçados traduziram-se, como seria de esperar, em valores médios superiores do índice de tortuosidade do movimento do pé e da amplitude total do seu movimento no plano sagital, quando comparámos as variantes naturais com o BF. Entre as variantes naturais, aqueles parâmetros foram ainda significativamente superiores no BNA. A maior acentuação do movimento ondulatório do pé nas variantes naturais era esperado, já que constitui uma das mais importantes particularidades distintivas que deram origem ao reconhecimento destas mesmas variantes e está de acordo com as diferenças registadas na acentuação do movimento ondulatório da mão, a que já nos referimos, e da anca, que analisaremos mais à frente.

A mais acentuada tortuosidade do deslocamento à frente do pé traduziu-se,

naturalmente, numa maior aproximação deste à superfície da água no BNA do que no BN e também superior neste quando comparado com o BF. Esta maior aproximação à superfície proporcionou mesmo a emersão do pé num caso do BN e em dois casos do BNA. No BF nunca foi notada. Da mesma forma, a profundidade máxima do pé foi superior no BN do que no BF, apesar de não terem sido notadas diferenças significativas entre o BN e o BNA e entre este e o BF.

Se os traçados obtidos para as três variantes se parecem distinguir durante o deslocamento à frente do pé, no que respeita aos parâmetros relativos ao trajecto motor apenas encontramos diferenças estatisticamente significativas entre o BF e as variantes naturais. Em nenhum caso o trajecto motor do pé se distinguiu significativamente entre o BN e o BNA.

A amplitude vertical máxima do trajecto motor dos membros inferiores foi um dos parâmetros onde registámos diferenças significativas, tendo sido inferior no BF ($\bar{X} = .474, \pm .076$) do que nas variantes naturais (BN: $\bar{X} = .518, \pm .077$ e BNA: $\bar{X} = .506, \pm .089$), o que está de acordo com os resultados de Colman e Persyn (1991). Estes autores, porém, observaram valores relativos deste parâmetro inferiores aos do presente estudo. Para o BF obtiveram, em média, valores de 17.3% da altura dos sujeitos e para o BN de 20.7%. Se expressarmos os valores médios que determinámos também em percentagem da altura dos nadadores, obtemos para o BF 28.3%, para o BN 30.9% e para o BNA 30.2%. Estas diferenças poderão ter ficado a dever-se a uma eventualmente menor estatura dos nadadores portugueses, aparentemente favorecedora da acentuação do movimento ondulatório global do corpo (Colman et al., 1992; Tourny, 1992). Porém, esta hipótese não pode ser explorada, uma vez que Colman e Persyn (1991) não publicaram resultados, em valor absoluto, relativos às características antropométricas da amostra que estudaram.

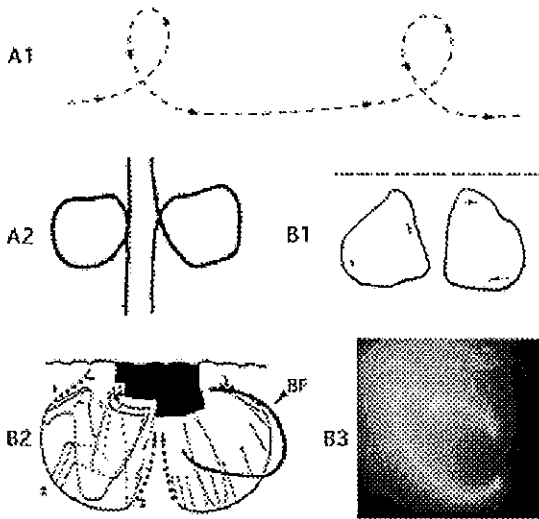
Da mesma forma que observámos para o trajecto motor dos membros superiores, também no caso vertente as diferenças registadas na amplitude vertical do trajecto motor ficaram a dever-se sobretudo às diferenças registadas na profundidade máxima do pé, já que no que respeita à profundidade mínima não foram observadas diferenças significativas entre as três variantes.

A menor amplitude vertical do trajecto motor do pé no BF conjugada com a não constatação de diferenças estatisticamente significativas na amplitude transversal do mesmo entre as 3 variantes, implicou valores significativamente superiores do índice de horizontalidade do trajecto motor do BF quando comparado com as variantes naturais. No BF, portanto, ao contrário do que observámos para as variantes naturais, o deslocamento do pé é mais acentuadamente horizontal do que vertical, o que está de acordo com as perspectivas de numerosos autores (cf. Quadro 1)

Contrariamente ao observado para a amplitude vertical, a amplitude do deslocamento

antero-posterior do pé foi significativamente mais acentuada no BF do que nas variantes naturais, o que conjugado com a menor amplitude vertical, proporcionou valores médios acentuadamente superiores, no BF, do índice de estabilização antero-posterior do trajecto motor no plano sagital.

Figura 70. Trajectos do pé no plano frontal (A) publicados por: (A1) Ungereschts (1990) e (A2) Czabanski (1975) e transverso (B) publicados por: (B1) Clarys et al. (1973) e (B2) Colman e Persyn (1991), comparados com um dos registos no plano transverso que obtivemos (B3).



Tal como foi observado no plano sagital, também no plano frontal a amplitude do deslocamento antero-posterior do pé e o índice de estabilização antero-posterior do trajecto motor foram significativamente superiores no BF relativamente às variantes naturais. Saliente-se que os valores da amplitude do deslocamento antero-posterior medidos nos dois planos foram acentuadamente semelhantes.

Uma vez que no BF o deslocamento antero-posterior do pé foi superior ao observado nas variantes naturais, quer quando relativizado ao deslocamento vertical, quer quando relativizado ao deslocamento transversal, compreende-se com facilidade que o índice de estabilização antero-posterior total do trajecto motor do pé tenha apresentado valores também significativamente superiores para o BF e inferiores para o BN e BNA. Tal como referimos para o deslocamento da mão, menores amplitudes do deslocamento antero-posterior em relação aos deslocamentos verticais e transversais são esperadamente relacionados com valores superiores da distância horizontal percorrida por ciclo e da intensidade da força propulsiva. Se para a mão esta relação não pode ser verificada com os presentes resultados, o mesmo não aconteceu para o deslocamento do pé. Como veremos no ponto 9.2.2., o BF foi a variante onde observámos valores inferiores da distância horizontal

percorrida por ciclo e do impulso horizontal resultante propulsivo associado à acção dos membros inferiores. Por outro lado, não foram registadas diferenças significativas nestes parâmetros entre as variantes naturais.

No que respeita à amplitude total do deslocamento do pé no plano frontal, os resultados foram idênticos aos observados no plano sagital, tendo este parâmetro sido significativamente diferente nas três variantes: mínima no BF, intermédia no BN e máxima no BNA.

Por fim, registre-se que os traçados que obtivemos no plano frontal e no plano transversal foram também semelhantes aos obtidos por outros autores (Figura 70).

9.2.1.3. Trajectórias da anca

Os registos que obtivemos do movimento da anca no plano sagital são semelhantes aos anteriormente publicados por outros autores (cf. Figura 7). Registre-se, curiosamente, que no BF pudemos observar a presença de um ligeiro movimento ondulatório em 7 dos 13 casos estudados, o que, de resto, é coerente com a já referida observação, nesta variante, de um ligeiro movimento ondulatório dos membros inferiores. Nas variantes naturais o movimento ondulatório da anca foi nítido em todos os casos e mais regular e amplo do que no BF.

Para além do movimento ondulatório da anca ter sido mais consistentemente percebido nas variantes naturais, foi também nestas que registámos valores superiores do índice de tortuosidade e da amplitude total do deslocamento no plano sagital durante um ciclo. De facto, os valores médios deste parâmetro não se distinguiram significativamente entre o BN e o BNA, mas foram, em qualquer destas variantes, superiores aos registados para o BF. Esta diferença na tortuosidade dos movimentos da anca está de acordo com os valores também superiores deste parâmetro nas variantes naturais relativamente ao BF que obtivemos para os deslocamentos da mão e do pé. Nestes, porém, o BNA apresentou também valores significativamente superiores ao BN.

Diferenças mais pronunciadas na amplitude do movimento ondulatório das extremidades parecem-nos ser de esperar, já que esta parece tender a crescer pelo menos da anca para os pés. Sanders et al. (1992) verificaram exactamente este efeito na técnica de mariposa e os argumentos de Colman e Persyn (1991) acerca das repercussões propulsivas do movimento ondulatório do corpo em braços sugerem também esta possibilidade. Também da anca para as mãos se poderia esperar a elevação que observámos na amplitude do movimento ondulatório, já que Troup (1991a, b) verificou também um movimento mais amplo dos ombros do que da anca na técnica de braços.

Concordando com os resultados relativos à tortuosidade do movimento da anca,

também a profundidade mínima foi significativamente superior e a profundidade máxima inferior no BF do que nas variantes naturais. Em nenhum destes parâmetros observámos diferenças significativas entre as variantes naturais. Todavia, a amplitude vertical do movimento da anca distinguiu-se com significado estatístico entre todas as variantes, tendo sido mínima no BF e máxima no BNA. As diferenças neste parâmetro observadas entre o BN e o BNA, não se repercutiram em valores também significativamente diferentes do índice de tortuosidade, provavelmente porque o valor médio da amplitude total do movimento da anca no BNA foi ligeiramente superior ao observado para o BN.

Os valores da amplitude vertical do movimento da anca que obtivemos foram similares aos determinados por Troup (1991a). Este autor registou, em 4 nadadores de elevado nível desportivo, valores deste parâmetro que oscilaram entre .110 e .250m. Saliente-se, porém, que os valores médios que obtivemos para as variantes naturais foram inferiores aos .210m medidos por este autor num dos brucistas naturais mais destacados: M. Barrowman. Só em 3 casos é que registámos valores superiores a este, não tendo nenhum atingido o valor máximo encontrado por (Troup, 1991a).

Van Tilborgh et al. (1988) e Persyn et al. (1992) imputaram ao movimento ondulatório do corpo em brucos um contributo propulsivo adicional, hipótese que substanciaram na constatação de correlações positivas entre a amplitude do movimento ondulatório e o impulso horizontal resultante em fases do ciclo onde não ocorrem acções propulsivas quer dos membros superiores, quer dos membros inferiores, nomeadamente na transição entre as acções propulsivas daqueles segmentos. Em conformidade com estes resultados, seria de esperar que obtivéssemos entre v2 e v3 nas variantes naturais um impulso horizontal resultante mais propulsivo, ou menos resistivo, do que no BF, o que não aconteceu. Mais à frente deter-nos-emos mais demoradamente a este respeito.

9.2.1.4. Índice absoluto de estabilização antero-posterior das acções propulsivas e distância horizontal percorrida por ciclo

Já discutimos antes as diferenças observadas entre as três variantes em estudo no que respeita aos valores dos índices de estabilização antero-posterior total dos movimentos dos membros superiores e dos membros inferiores. Em qualquer dos casos os deslocamentos antero-posteriores foram, relativamente aos deslocamentos verticais e transversais, superiores no BF do que nas variantes naturais. Relativamente ao movimento da mão encontrámos também diferenças entre o BN e o BNA, tendo este evidenciado níveis superiores de deslocamento antero-posterior. No que se refere ao movimento do pé, as variantes naturais não se distinguiram entre si.

A combinação destes dois índices, porém, resultou em valores médios do índice

absoluto de estabilização antero-posterior das acções propulsivas também diferenciados entre as três variantes, sendo superior no BF e mínimo no BN. Estes resultados parecem concordar satisfatoriamente com as diferenças observadas relativamente à distância horizontal percorrida por ciclo (DC), tendo sido observados valores médios mais reduzidos deste parâmetro nas variantes onde o índice de estabilização antero-posterior foi superior e, portanto, o deslocamento segmentar da frente para trás também superior. A correlação entre as duas variáveis não foi, porém, estatisticamente significativa. Isto poderá ter ficado a dever-se ao facto da correlação entre o índice de estabilização antero-posterior total dos membros superiores e a distância horizontal percorrida por ciclo ter sido positiva ($r = .308$, $p < 0.01$), enquanto que entre esta variável e o índice de estabilização antero-posterior total dos membros inferiores foi negativa ($r = -.373$, $p < 0.01$). Estas constatações sugerem que a estabilização antero-posterior dos trajectos motores é especialmente crítica no que respeita aos membros inferiores, enquanto que nos membros superiores a existência de uma componente antero-posterior mais pronunciada poderá mesmo ser determinante. Esta hipótese parece poder ser suportada pelos já referidos resultados de Schleihauf (1977, 1979) e Thayer et al. (1986), os quais evidenciaram uma maior efectividade propulsiva da braçada quando a fase de deslocamento "para dentro" da mão se orienta também para trás.

No que respeita aos valores da distância horizontal percorrida por ciclo, as três variantes em estudo distinguiram-se significativamente quando comparadas com base nos traçados obtidos para a mão e para o pé no plano sagital. Porém, os valores médios calculados com base em todos os registos estudados só permitiu distinguir o BF das variantes naturais. O mesmo foi observado nos traçados da anca e do pé no plano frontal. Como referimos, estes valores superiores da distância horizontal percorrida por ciclo nas variantes naturais poderá ter ficado a dever-se a uma mais acentuada estabilização antero-posterior do trajecto motor dos membros inferiores, já que os valores de r calculados entre os diferentes índices e a DC foram todos negativos e significativos, com excepção para o índice de estabilização antero-posterior do trajecto motor do pé no plano frontal ($r = -.148$): $r = -.512$ para o índice de estabilização no plano sagital e $r = -.373$ para o índice de estabilização total das membros inferiores. Todavia, a correlação entre o deslocamento antero-posterior do pé no plano frontal e a DC foi também negativa e significativa ($r = -.280$). Em contrapartida, relativamente ao estudo das correlações de DC com a estabilização antero-posterior do trajecto motor da mão, obtivemos correlações positivas: $r = .237$ para o índice de estabilização calculado no plano sagital e $r = .308$ para o índice de estabilização total do movimento dos membros superiores. Estes resultados, conjuntamente com a correlação que obtivemos entre o deslocamento antero-posterior da mão e a DC ($r = .335$), parecem confirmar a importância deste deslocamento para a mais conveniente adequação propulsiva do gesto. Todavia, enquanto que os resultados relativos aos membros inferiores foram coerentes com as diferenças observadas entre as três variantes nos diferentes parâmetros em causa, já o mesmo não ocorreu com os resultados relativos aos membros superiores,

comprometendo a generalização da conclusão anterior. Esta aparente incoerência poderá ter decorrido quer de uma influência específica dos resultados obtidos para qualquer das variantes, quer da influência de uma outra relação espúria não contemplada neste estudo.

O valor médio da DC que obtivemos para o BF foi de $\bar{X} = 1.585 (\pm 1.89)m$, para o BN de $\bar{X} = 1.687 (\pm 2.04)m$ e para o BNA de $\bar{X} = 1.659 (\pm 1.98)m$. Valores superiores da DC para uma dada velocidade média são tidos por numerosos autores como indicadores de níveis globais superiores de adequação mecânica do gesto técnico (Costill et al., 1985; Lavoie et al., 1985; Smith et al., 1988; McMurray et al., 1990), especialmente se obtidos no quadro de comparações intraindividuais, uma vez que permitem anular o efeito das dimensões corporais sobre os parâmetros em causa. A ser assim, os resultados que obtivemos sugeririam uma superioridade biomecânica das variantes naturais relativamente ao BF. Todavia, num trabalho anterior (Vilas-Boas, 1992b) verificámos que o produto da DC pela velocidade de nado para velocidades submáximas - índice de braçada (Costill et al., 1985) - se correlacionava diferentemente de indivíduo para indivíduo com a razão entre a frequência cardíaca e a velocidade de nado. Nuns casos a correlação foi negativa e, noutros, positiva. Estes resultados e a possibilidade de, em braços nadado a uma mesma velocidade submáxima, o nadador poder optar por valores diferentes da intensidade das acções propulsivas e por padrões também diferentes de sincronização das acções segmentares, levou-nos a formular a hipótese de que a DC, por si só, poderá ser uma medida indirecta do nível de adequação mecânica menos válida para a técnica de braços do que para as restantes, especialmente para as técnicas contínuas. Registe-se, porém, que os resultados que obtivemos se correlacionaram negativa e significativamente com o custo energético do nado, o que parece contribuir para a refutação da hipótese enunciada.

Os resultados que obtivemos relativamente à DC foram, entretanto, compatíveis com os publicados por outros autores.

Nelson et al. (1988) obtiveram valores de $\bar{X} = 1.99 (\pm 1.8)m$ para os 16 finalistas masculinos nos JO de Seul e de $\bar{X} = 1.96 (\pm 2.3)m$ para 52 nadadores participantes nas eliminatórias. Para as nadadoras finalistas a DC média foi de $\bar{X} = 1.76 (\pm 1.9)m$, enquanto que para as 42 participantes nas eliminatórias foi de $\bar{X} = 1.65 (\pm 1.7)m$.

Entretanto, Arellano (1989) estudou as finais dos Campeonatos da Europa de Bona de 1989, tendo registado valores médios da distância horizontal percorrida por ciclo de $\bar{X} = 1.82 (\pm 2.3)m$ para os indivíduos do sexo feminino e de $\bar{X} = 1.86 (\pm 1.6)m$ para os indivíduos do sexo masculino.

Por seu lado, Troup (1991a,b) observou um valor médio de $\bar{X} = 1.97 (\pm 1.32)m$ e $\bar{X} = 1.78 (\pm 1.76)m$ tendo por base os resultados obtidos com os 8 finalistas masculinos e femininos da prova de 200m braços dos Campeonatos do Mundo de Perth.

A diferença destes valores relativamente aos que obtivemos poderá justificar-se quer por existirem presumíveis diferenças de estatura entre as amostras, quer pelas diferenças no nível desportivo dos sujeitos em causa. De facto, a duração média de cada ciclo obtida por Arellano (1989) foi de $\bar{X} = 1.33 (\pm .11)$ s e de $\bar{X} = 1.43 (\pm .20)$ s, respectivamente para os nadadores e para as nadadoras. Por seu lado, Troup (1991a) obteve, para o mesmo parâmetro, valores de $\bar{X} = 1.37 (\pm .083)$ s para os indivíduos do sexo masculino e de $\bar{X} = 1.40 (\pm .133)$ s para as nadadoras. Estes valores foram muito semelhantes aos que obtivemos (Quadro A11, ANEXO 3). Neste contexto, era de esperar que os valores de DC obtidos por Arellano (1989) e Troup (1991a) fossem superiores, para justificar o valor também superior da velocidade média nas finais dos Campeonatos da Europa e do Mundo, comparativamente com a velocidades médias a que foram testados os nadadores da nossa amostra.

A comparação dos nossos resultados com estudos envolvendo competições de nível desportivo inferior revela, de facto, uma maior proximidade dos valores. Pai et al. (1986) estudaram os Jogos do Commonwealth de 1982 (cf. Figura 2), onde registaram valores médios de $\bar{X} = 1.76 (\pm .08)$ m na final masculina de 200m bruços e de $\bar{X} = 1.60 (\pm .15)$ m na final feminina. Entretanto, Craig e Pendergast (1979) e Craig et al. (1985) estudaram as competições nacionais norte-americanas preliminares aos JO de Montreal e Los Angeles, tendo obtido valores médios da DC em 200m bruços para as nadadoras de, respectivamente, $\bar{X} = 1.43 (\pm .03)$ m e $\bar{X} = 1.57 (\pm .03)$ m e, para os nadadores de $\bar{X} = 1.59 (\pm .04)$ m e $\bar{X} = 1.77 (\pm .03)$ m. Wakayoshi et al. (1992) estudaram os jogos Pan Pacific de 1989 e as competições nacionais japonesas preliminares aos JO de Seul. Os valores da DC obtidos para os finalistas das provas masculina e feminina de 200m bruços foram de, respectivamente, $\bar{X} = 1.82 (\pm .18)$ e $\bar{X} = 1.55 (\pm .12)$ em 1988 e de $\bar{X} = 1.83 (\pm .18)$ e $\bar{X} = 1.67 (\pm .25)$ em 1989.

9.2.2. Variações ao longo de um ciclo gestual da velocidade horizontal e de parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos associados

As curvas de variação da velocidade horizontal da anca do nadador foram similares às anteriormente publicadas por outros autores, evidenciando uma estrutura bimodal com dois picos máximos intervalados por dois pontos mínimos (Miyashita, 1974; Kent e Atha, 1975b; Persyn et al., 1975; McElroy e Blanksby, 1976; Persyn et al., 1979; Schleihauf, 1979; Persyn, 1984; Mason et al., 1986; Wilkie e Juba, 1986; Costill et al., 1987; Maglischo et al., 1987; Craig et al., 1988; d'Acquisto et al., 1988; Loetz et al., 1988; Mason et al., 1989; Klauck et al., 1990; Ungerechts, 1990b; Zschorlich, 1990; Colman e Persyn, 1991; Vilas-Boas e Fernandes, 1991; Hahn e Krug, 1992; Tourny, 1992; Tourny et al., 1992; Vilas-Boas, 1992a; Vilas-Boas e Ferreira da Silva, 1992; Reischle, 1993).

No Quadro 30 comparamos os valores da velocidade horizontal média e os valores de v_1 , v_2 , v_3 e v_4 que obtivemos, com resultados relativos aos mesmos parâmetros publicados por outros autores que estudaram também as curvas velocidade/tempo de um ponto anatómico fixo.

Quadro 30. Comparação dos valores da velocidade horizontal média e dos valores v1, v2, v3 e v4 obtidos no presente estudo com resultados publicados por outros autores relativamente aos mesmos parâmetros obtidos com base na variação da velocidade da anca ao longo de um ciclo. Entre parêntesis são apresentados os correspondentes valores percentuais relativamente à velocidade média.

| Autores | Amostra | v1 | v2 | v3 | v4 | v | |
|---------------------------------------|----------------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Miyashita (1974) | Destrei. | .35(40.2) | 1.10(126.4) | .88(101.1) | 1.20(137.9) | .87 | |
| | Destrei. | .05(6.41) | 1.10(141.0) | .81(103.8) | 1.25(160.3) | .78 | |
| | Trein. | .62(44.3) | 1.50(107.1) | 1.44(102.9) | 2.00(142.9) | 1.40 | |
| | Trein. | .49(38.9) | 1.69(134.1) | 1.62(128.6) | 1.80(142.9) | 1.26 | |
| Bober e Cazaban-ski (1975) | Destrei. | .45 | 1.53 | 1.20 | 1.49 | - | |
| | (ex-élite) | .48 | 1.60 | 1.02 | 1.38 | - | |
| | | .34 | 1.58 | .83 | 1.20 | - | |
| | | .45 | 1.62 | .85 | 1.26 | - | |
| | .24 | 1.45 | .72 | 1.14 | - | | |
| Kent e Atha (1975b) | Elite | 0(0) | 1.85(131.2) | 1.76(124.8) | 1.95(138.3) | 1.41 | |
| McElroy e Blanksby (1976) | Trein. | .25 | 1.56 | 1.44 | 1.91 | - | |
| Persyn et al. (1979) | Trein. | .50(36.0) | 2.00(143.9) | 1.85(133.1) | 1.90(136.7) | 1.39 | |
| Persyn (1984) | | .25 | 1.52 | 1.25 | 1.97 | - | |
| Mason et al. (1986) | Elite (F) | .24 | 1.30 | 1.00 | 1.51 | - | |
| | Trein. (F) | .20 | 1.34 | 1.30 | 1.63 | - | |
| Wilkie e Juba (1986) | Elite | .50(45.5) | 1.50(136.4) | .87(79.1) | 1.60(145.5) | 1.10 | |
| Costill et al.(1987) | Elite (F) | .06(4.6) | 2.00(153.8) | 1.50(115.4) | 2.20(169.2) | 1.30 | |
| | | .37(35.2) | 1.44(137.1) | 1.25(119.0) | 1.38(131.4) | 1.05 | |
| Maglisco et al. (1987) | Elite | .45 | 1.65 | 1.55 | 2.20 | - | |
| D'Acquistto et al. (1988) | Elite | .24(24.7) | 1.81(186.6) | 1.09(112.4) | 1.68(173.2) | .97 | |
| Craig et al. (1988) | Trein.: Ráp. | .20(16.0) | 1.95(156.0) | 1.32(105.6) | 1.75(140.0) | 1.25 | |
| | Lento | .19(20.7) | 1.49(162.0) | .75(81.5) | 1.32(143.5) | .92 | |
| Loetz et al. (1988) | Trein. | .26(23.6) | 1.39(126.4) | 1.28(116.4) | 1.72(156.4) | 1.10 | |
| Mason et al. (1988) | Elite (F) | .27 | 1.24 | 1.14 | 1.75 | - | |
| Klauck et al. (1990) | Trein. n=28 | .32 | 1.43 | - | 1.88 | - | |
| | | .50(33.3) | 1.40(93.3) | 1.30(86.7) | 2.60(173.3) | 1.50 | |
| Ungereschts (1990b) | Trein. (F) | .40(32.3) | 1.50(121.0) | 1.28(103.2) | 1.84(148.4) | 1.24 | |
| Zschorlich (1990) | | .45 | 1.35 | .75 | 1.95 | - | |
| Colman e Persyn (1991) | | .38 | 1.80 | 1.30 | 2.05 | - | |
| Vilas-Boas e Fernandes (1991) | Trein. (lento) | .33(45.8) | 1.00(138.9) | .75(104.2) | .95(131.9) | .72 | |
| Tourny (1992) | | | | | | | |
| Tourny et al. (1992) | Elite (F) | 0(0) | 2.60(173.3) | 1.30(86.7) | 2.60(173.3) | 1.50 | |
| Hahne Krug (1992) | | .73(56.2) | 1.50(115.4) | 1.37(105.4) | 1.50(115.4) | 1.30 | |
| Vilas-Boas (1992a) | Trein. | .20 | 1.20 | .90 | 1.15 | - | |
| | Trein. (lento) | .40 | .97 | .75 | .88 | - | |
| Vilas-Boas e Ferreira da Silva (1992) | Trein. | .20 | 1.30 | .95 | 1.10 | - | |
| Reischle (1993) | | .11(9.8) | 1.39(124.1) | 1.27(113.4) | 1.73(154.5) | 1.12 | |
| Presente estudo | BF | \bar{x} | .44 (41.4) | 1.40 (131.7) | 1.10 (102.6) | 1.29 (121.5) | 1.064 |
| | | \pm | .11 (9.7) | .09 (8.4) | .17 (7.4) | .16 (6.9) | .10 |
| | BN | \bar{x} | .39 (36.5) | 1.43 (136.5) | 1.04 (99.4) | 1.26 (120.0) | 1.05 |
| | | \pm | .13 (10.5) | .15 (9.6) | .14 (5.5) | .14 (5.1) | .10 |
| | BNA | \bar{x} | .38 (36.0) | 1.47 (139.6) | 1.07 (101.1) | 1.22 (115.2) | 1.06 |
| | | \pm | .09 (8.6) | .15 (8.1) | .11 (5.2) | .16 (6.4) | .10 |

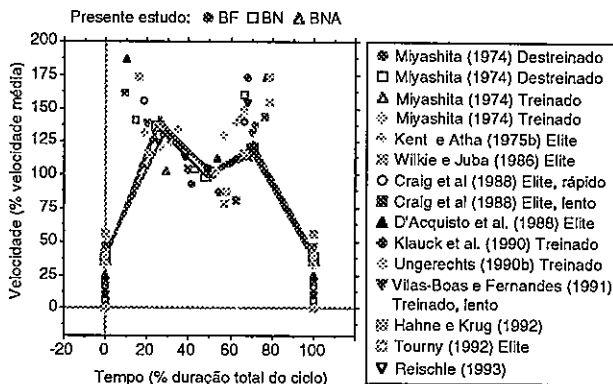
No Quadro 31 comparamos, na mesma perspectiva, os valores da duração de cada ciclo e de cada fase do ciclo. Na Figura 71 representámos graficamente os resultados que obtivemos para as três variantes em estudo, comparados com aqueles que, dos Quadros 30 e 31, nos permitiram relativizar a velocidade em cada ponto, e a duração de cada fase, à velocidade e à duração médias do ciclo.

Quadro 31. Comparação dos valores da duração de cada ciclo (T) e de cada fase do ciclo (t) obtidos no presente estudo com resultados publicados por outros autores relativamente aos mesmos parâmetros obtidos com base na variação da velocidade da anca ao longo de um ciclo. Entre parêntesis são apresentados os correspondentes valores percentuais relativamente à duração total do ciclo.

| Autores | Amostra | t(v1-v2) | t(v2-v3) | t(v3-v4) | t(v4-v5) | T |
|--|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
| Miyashita (1974) | Destrei. | .36 (23.2) | .38 (24.5) | .37 (23.9) | .44 (28.4) | 1.55 |
| | Destrei. | .24 (14.5) | .47 (28.5) | .39 (23.6) | .55 (33.3) | 1.65 |
| | Trein. | .20 (17.4) | .13 (11.3) | .42 (36.5) | .40 (34.8) | 1.15 |
| | Trein. | .38 (35.2) | .23 (21.3) | .09 (8.3) | .38 (35.2) | 1.08 |
| Bober e Cazabanski (1975) | Destrei. | .24 (19.0) | .26 (0.6) | .36 (28.6) | .39 (31.0) | 1.26 |
| | (ex-élite) | .23 (13.7) | .65 (38.7) | .26 (15.5) | .54 (32.1) | 1.68 |
| | | .26 (13.5) | .83 (43.2) | .36 (18.8) | .48 (25.0) | 1.92 |
| | | .21 (8.9) | 1.21 (51.3) | .36 (15.3) | .57 (24.2) | 2.36 |
| | | .28 (10.7) | 1.46 (55.7) | .38 (14.5) | .50 (19.1) | 2.62 |
| Kent e Atha (1975b) | Elite | .20 (18.5) | .14 (13.0) | .34 (31.5) | .40 (37.0) | 1.08 |
| | | | | | | |
| McElroy e Blanksby (1976) | Trein. | .36 (30.3) | .12 (10.1) | .27 (22.7) | .44 (37.9) | 1.19 |
| | Trein. | .22 (20.0) | .26 (23.6) | .31 (28.2) | .31 (28.2) | 1.10 |
| Persyn (1984) | Elite (F) | .38 (26.2) | .20 (13.8) | .40 (27.6) | .47 (32.4) | 1.45 |
| | | Trein. (F) | .30 (22.6) | .30 (22.6) | .25 (18.8) | .48 (36.1) |
| Mason et al. (1986) | Elite | .41 (25.9) | .50 (31.6) | .33 (20.9) | .33 (20.9) | 1.58 |
| | Elite | .25 (21.6) | .18 (15.5) | .35 (30.2) | .38 (32.8) | 1.16 |
| Maglischo et al. (1987) | Elite | .22 (10.0) | .96 (43.6) | .51 (23.2) | .52 (23.6) | 2.20 |
| D'Acquisto et al. (1988) | Elite | .22 (10.0) | .96 (43.6) | .51 (23.2) | .52 (23.6) | 2.20 |
| Craig et al. (1988) | Trein.: Ráp. | .20 (17.9) | .35 (31.3) | .19 (17.0) | .38 (33.9) | 1.12 |
| | Lento | .20 (9.0) | 1.19 (53.6) | .30 (13.5) | .53 (23.9) | 2.22 |
| Mason et al. (1988) | Elite (F) | .25 (21.7) | .25 (21.7) | .30 (26.1) | .35 (30.4) | 1.15 |
| Klauck et al. (1990) | Trein. n=28 | .22 (21.0) | .23 (21.4) | .23 (21.4) | .37 (35.2) | 1.05 |
| | | .45 (40.9) | .15 (13.6) | .15 (13.6) | .35 (31.8) | 1.10 |
| Ungereschts (1990b) | Trein. (F) | .40 (27.0) | .38 (25.7) | .20 (13.5) | .55 (37.2) | 1.48 |
| Zschorlich (1990) | | .37 (19.3) | .40 (20.8) | .55 (28.6) | .60 (31.3) | 1.92 |
| Tourny (1992) | | | | | | |
| Vilas-Boas e Fernandes (1991) | Trein. (lento) | .40 (20.0) | .40 (20.0) | .60 (30.0) | .60 (30.0) | 2.00 |
| | Elite (F) | .24 (15.8) | .64 (42.1) | .32 (21.1) | .32 (21.1) | 1.52 |
| Tourny et al. (1992) | | | | | | |
| Hahne Krug (1992) | | .31 (20.7) | .28 (18.7) | .41 (27.3) | .50 (33.3) | 1.50 |
| Vilas-Boas (1992a) | Trein. | .36 (26.5) | .32 (23.5) | .32 (23.5) | .36 (26.5) | 1.36 |
| | Trein. (lento) | .36 (18.8) | .44 (22.9) | .62 (32.3) | .50 (26.0) | 1.92 |
| Vilas-Boas e Ferreira da Silva (1992) | Trein. | .35 (27.3) | .33 (25.8) | .27 (21.1) | .33 (25.8) | 1.28 |
| Reischle (1993) | | .35 (25.0) | .18 (12.9) | .42 (30.0) | .45 (32.1) | 1.40 |
| Presente estudo | BF \bar{X} | .38 (28.2) | .31 (23.0) | .27 (20.1) | .38 (28.7) | 1.35 |
| | | \pm | .07 (4.2) | .09 (4.3) | .06 (2.1) | .07 (5.2) |
| | BN \bar{X} | .33 (24.4) | .33 (24.7) | .28 (21.2) | .40 (29.7) | 1.34 |
| | | \pm | .05 (3.3) | .04 (2.0) | .04 (1.9) | .07 (4.0) |
| | BNA \bar{X} | .35 (26.2) | .36 (26.2) | .25 (18.4) | .40 (29.1) | 1.36 |
| | | \pm | .05 (5.0) | .07 (3.0) | .06 (2.9) | .11 (5.3) |

A configuração obtida pela generalidade dos autores para as curvas velocidade/tempo ao longo de um ciclo de bruços é, entretanto, conforme ao perfil teórico estabelecido por Gallenstein e Huston (1973) definido com base num modelo matemático da técnica e parece ser acentuadamente coerente com a própria estrutura do movimento (Craig et al., 1988):

Figura 71. Comparação dos resultados de outros autores com os resultados que obtivemos para as três variantes em estudo relativamente aos valores de v1, v2, v3 e v4 (expressos em percentagem da velocidade média) e respectivo momento de ocorrência (expresso em percentagem da duração total do ciclo).



A flexão pronunciada das coxas sobre o tronco na finalização da recuperação dos membros inferiores, é a fase do ciclo onde a intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposto ao deslocamento do nadador é superior (Kent e Atha, 1971, 1975b; Boitchev, 1981; van Tilborgh et al., 1988), implicando uma muito pronunciada redução da velocidade horizontal. Ao ponto mínimo da curva correspondente a esta fase, segue-se uma elevação acentuada da velocidade decorrente da aceleração induzida pela acção propulsiva dos membros inferiores, a qual culmina com um primeiro ponto máximo. A finalização da acção propulsiva dos membros inferiores e a primeira parte da acção propulsiva dos membros superiores são as porções menos propulsivas da braçada e da pernada (Schleihauf, 1977, 1979; Schleihauf et al., 1988; van Tilborgh et al., 1988; Troup, 1991a, b), pelo que após o primeiro máximo produzido pela acção dos membros inferiores e o segundo máximo induzido pela acção propulsiva dos membros superiores, se observa um mínimo intermédio, de todas as formas menos acentuado do que o que é determinado pela recuperação dos membros inferiores. Este mínimo poderá ser ainda mais acentuado se o nadador optar pela realização de uma fase de deslize intermédia entre as acções propulsivas dos membros inferiores e superiores (Manley e Atha, 1992; Tourny, 1992). Ao segundo máximo provocado pela acção propulsiva da braçada segue-se a recuperação dos membros superiores e, quase simultaneamente (Councilman, 1968; Bober e Czabanski, 1975), nova recuperação dos membros inferiores e, conseqüentemente, novo mínimo absoluto antes de se iniciar um novo ciclo.

A maioria das curvas publicadas pelos diferentes autores evidenciaram valores máximos absolutos da velocidade associados à acção propulsiva dos membros superiores. O mesmo pode ser observado nas curvas velocidade / tempo do CG determinadas por Mason et al. (1986), Maglischo et al. (1987), Maglischo et al. (1988), Mason et al. (1988), Colman e Persyn (1991), Persyn et al. (1992). Troup (1991a, b) e Manley e Atha (1992) também registaram valores máximos absolutos da velocidade associados à braçada, apesar das curvas que obtiveram terem evidenciado configurações distintas. Entretanto, nas curvas que determinámos apenas observámos valores máximos da velocidade para a braçada em 3, tendo os dois máximos sido muito próximos em 6 casos. Saliente-se que Tourny (1992) registaram curvas de variação da velocidade horizontal da anca da campeã olímpica de Seul, onde observaram valores idênticos da velocidade nos dois picos referidos. O mesmo foi também observado por Hahne e Krüge (1992). Por sua vez, Persyn et al. (1979), d'Acquisto et al. (1988), Vilas-Boas e Fernandes (1991), Vilas-Boas (1992a) e Vilas-Boas e Ferreira da Silva (1992) publicaram também curvas com picos máximos de velocidade associados à acção dos membros inferiores.

As diferenças relativas à fase do ciclo onde se observam os valores máximos absolutos da velocidade poderão ser explicadas pelas também diferentes velocidade de nado a que foram testados os nadadores nos vários estudos. Bober e Czabanski (1975), Ungerechts (1990b) e Vilas-Boas (1992a) notaram que quanto menor é a velocidade média de nado mais longo é o deslize passivo (e, portanto, v2-v3) observado entre as acções propulsivas dos membros inferiores e superiores (Quadro 31), alterando a sincronização entre acções propulsivas e resistivas e a diferença entre os valores máximos observados em associação às acções propulsivas da pernada e da braçada.

No entanto, no estudo de Bober e Czabanski (1975), os máximos associados à acção dos membros inferiores foram sempre superiores aos máximos associados à acção dos membros superiores (Quadro 30).

Na mesma perspectiva, Colman et al. (1989), Ungerechts (1990b) e Manley e Atha (1992) observaram que a duração da fase de transição entre as acções propulsivas dos membros inferiores e superiores tende a diminuir com a elevação da velocidade média de nado, ao mesmo tempo que cresce também o valor de v4. Costill et al. (1987) observaram valores mais elevados de v2 relativamente a v4 a $1.05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ e o oposto para $1.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Os resultados de Craig et al. (1988) não confirmaram, porém, esta tendência, apesar de terem também notado uma elevação da duração da fase v2-v3 com a redução da velocidade média de nado.

Nos nossos resultados pode também observar-se que os nadadores em que se registou uma maior proximidade entre os valores de v4 e v2 foram predominantemente os do sexo masculino (H, J, L, M, N), para além da nadadora A. Foi também nestes casos que pudemos observar valores mais reduzidos da duração e valores mais elevados da velocidade média na fase v2-v3 (cf. Quadros A6, A7 e A12, ANEXO 3).

No presente estudo, os nadadores foram testados a uma velocidade média próxima, mas mesmo assim inferior, ao ritmo de prova de 200m, enquanto que na maioria dos outros estudos as velocidades médias consideradas foram superiores. Nesta conformidade é de esperar que, nadando a velocidades inferiores, os nadadores tenham utilizado uma sincronização mais descontínua, inclusivamente fazendo uso de um tempo de deslize passivo em extensão entre a pernada e a braçada. Em consequência, a velocidade horizontal foi mais acentuadamente reduzida durante v2-v3 do que o que seria no caso de uma sincronização mais contínua. Depois, a aceleração induzida pela acção propulsiva dos membros superiores poderá não ter sido suficiente para permitir que a velocidade máxima decorrente da braçada fosse superior à que foi observada em consequência da pernada. Em contrapartida, velocidades médias de nado mais elevadas implicariam padrões de sincronização mais contínuos ou mesmo sobrepostos, eliminando o deslize e aproximando mais, ou fazendo suceder no tempo, as fases mais propulsivas da pernada e da braçada.

Reforçando esta perspectiva, Manley e Atha (1992) observaram curvas com dois picos quase que imperceptivelmente diferenciados e curvas, inclusivamente, com apenas um máximo. Nos resultados destes autores pode notar-se que a redução da perceptibilidade do primeiro pico foi função da velocidade de nado, já que a curva onde observaram um único pico foi determinada à velocidade máxima. McElroy e Blanksby (1976) notaram também uma redução da perceptibilidade do primeiro máximo quando a braçada ocorreu mais precocemente.

As diferenças nos valores da velocidade média a que foram testados os nadadores das diferentes amostras poderá também justificar os valores absolutos máximos e mínimos mais elevados que obtivemos quando os nossos resultados são comparados com os de outros autores. Velocidades de nado superiores são normalmente associadas a frequências gestuais também superiores (Craig e Pendergast, 1979; Craig et al., 1985; Pai et al., 1986; Craig et al., 1988; Nelson et al., 1988; Troup, 1991a, b; Wakayoshi et al., 1992) e, portanto, durações de cada ciclo inferiores (Quadro 31). Ciclos menos demorados parecem implicar não apenas um encurtamento da fase v2-v3, como também valores mais elevados da velocidade segmentar, quer nas fases propulsivas, quer nas fases resistivas de recuperação. Considerando que as forças hidrodinâmicas (F) propulsivas e resistivas a que o nadador está sujeito são função da velocidade segmentar em relação à água ($F = a * v^2$) é, portanto, de esperar que as forças propulsivas e de arrasto hidrodinâmico máximas sejam mais intensas a velocidades médias de nado mais elevadas. Em conformidade, os valores máximos da velocidade associados às acções propulsivas dos membros inferiores (v2) e superiores (v4) serão presumivelmente superiores, bem como os valores mínimos da velocidade associados às acções de recuperação (v1). Colman et al. (1989) observaram que um aumento da velocidade média de nado se repercute numa elevação de v1 e de v4 e numa redução do tempo de deslize. A elevação de v1 parece inesperada no contexto teórico antes referido, mas poderá ficar a dever-se a uma duração percentual inferior da fase de recuperação com a

elevação da velocidade média.

No Quadro 30 pode observar-se que, nos estudos que utilizaram velocidades médias de nado inferiores (Miyashita, 1974; Craig et al., 1988; Vilas-Boas e Fernandes, 1991), os valores absolutos da velocidade em v2 e v4 foram normalmente também inferiores aos que registámos. Em contrapartida, os resultados obtidos noutros estudos para velocidades médias superiores foram também mais elevados do que os que obtivemos.

Costill et al. (1987) foram os autores que publicaram resultados obtidos a velocidades médias de nado mais próximas das que estudámos, tendo verificado resultados muito próximos dos nossos para v1, v2 e mesmo v4.

Os valores mais elevados de v4 obtidos por aqueles autores poderão, entretanto, ser explicados por valores eventualmente superiores da duração v3-v4, apesar de não nos ter sido possível obter informações a este respeito. Todavia, os valores que observámos para a duração daquela fase foram ligeiramente inferiores aos obtidos pela maioria dos restantes autores. Troup (1991a) estudou a cinemática do CG e observou valores da duração de v3-v4 para nadadores de elite internacional que variaram entre 45.1 e 49% da duração total do ciclo, valores apreciavelmente superiores aos que obtivemos e aos determinados pela generalidade dos restantes autores cujos resultados são apresentados no Quadro 31.

Atendendo a que os valores correspondentes da aceleração que determinámos nesta fase (entre .594 e .753 m. s⁻²) foram inferiores aos publicados por Miyashita (1974) - entre .80 e 2.06 m. s⁻² - e Bober e Czabanski (1975) - 1.09 m. s⁻² -, a justificação para os valores inferiores de v4 não deverá excluir a possibilidade de se verificar uma insuficiência biomecânica generalizada na acção propulsiva dos membros superiores dos nadadores que estudámos ou a sujeição dos mesmos a uma força de arrasto hidrodinâmico de intensidade superior durante a mesma fase. Esta possibilidade, de resto, parece poder ser reforçada pela constatação de que, relativamente a amostras de nível desportivo mais elevado, os valores da distância horizontal percorrida por ciclo que obtivemos foram inferiores, apesar de terem sido determinados a velocidades médias também inferiores (cf. ponto 9.2.1.4.).

No Quadro 32 apresentamos os valores da aceleração média por fase obtidos noutros trabalhos, comparados com os calculados no presente estudo. A semelhança dos resultados actuais face aos valores obtidos em trabalhos que realizámos anteriormente pode, entretanto, ser justificada pelo facto de aqueles terem sido realizados sobre nadadores que integraram a presente amostra, o que reforça a consistência dos resultados.

Quadro 32. Comparação dos valores da aceleração média (j) por fase do ciclo obtidos no presente estudo com resultados similares publicados por outros autores com base na variação da velocidade da anca ao longo de um ciclo.

| Autores | Amostra | j(v1-v2) | j(v2-v3) | j(v3-v4) | j(v4-v5) |
|-------------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Miyashita (1974) | Destrei. | 1.86 | -.31 | .80 | -1.95 |
| | Destrei. | 4.00 | -.43 | 1.07 | -2.2 |
| | Trein. | 4.50 | -.25 | 1.25 | -3.5 |
| | Trein. | 3.18 | -.31 | 2.06 | -3.5 |
| Bober e Cazabanski (1975) | Destrei. (ex-elite) | 4.90 | - | 1.09 | -1.4 -1.8 |
| Craig et al. (1988) | Trein.: rápido | 8.70 | -1.80 | - | -4.4 |
| | lento | 5.60 | -.60 | 2.3 | -2.2 |
| Vilas-Boas e Fernandes (1991) | Trein. (lento) | 1.70 | -.75 | .42 | -1.0 |
| Vilas-Boas (1992a) | Trein. | 2.78 | -.94 | .78 | -2.6 |
| | Trein. (lento) | 1.58 | -.50 | .21 | -.96 |
| Vilas-Boas e da Silva (1992) | Trein. | 3.14 | -1.06 | .56 | -2.7 |
| Presente estudo | BF \bar{X} | 2.66 | -.93 | .72 | -2.3 |
| | \pm | (.73) | (.38) | (.22) | (.49) |
| | BN \bar{X} | 3.22 | -1.17 | .75 | -2.2 |
| | \pm | (.75) | (.38) | (.26) | (.43) |
| | BNA \bar{X} | 3.20 | -1.15 | .59 | -2.2 |
| | \pm | (.83) | (.36) | (.30) | (.65) |

Entretanto, a possibilidade de se verificar na nossa amostra uma insuficiência biomecânica da acção propulsiva dos membros superiores, deverá ser procurada sobretudo ao nível da orientação das superfícies propulsivas relativamente à sua direcção de deslocamento ao longo do trajecto motor, já que, como referimos, não foram notadas diferenças apreciáveis entre os padrões deste evidenciados pelos nadadores que testámos e os de outros estudos. A ser assim, o problema poderá decorrer da utilização de ângulos de ataque excessivamente fechados, comprometendo a maximização de L e Dp (Schleihau, 1979).

Fundamentamos esta hipótese em duas constatações: (i) por um lado a duração média da acção propulsiva dos membros superiores aproxima-se mais dos valores inferiores encontrados na literatura (Quadro 31) e (ii) por outro, as dimensões do trajecto motor nesta fase são semelhantes às descritas por outros autores. Percursos idênticos cumpridos num tempo inferior pressupõem velocidades segmentares superiores. Ora, considerando a já referida dependência das forças hidrodinâmicas do quadrado da velocidade segmentar, seria de esperar, para a mesma capacidade propulsiva dos segmentos, valores superiores da força propulsiva. Estes, entretanto, repercutir-se-iam, para um mesmo arrasto hidrodinâmico, em valores superiores da aceleração do corpo do nadador. Uma vez que este efeito não foi verificado, a redução da capacidade propulsiva segmentar deverá ser

presumivelmente decorrente da utilização de ângulos de ataque inferiores, já que dificilmente se poderia ficar a dever a deficientes ângulos de orientação ou a diferenças pronunciadas das dimensões segmentares. Por último, parece-nos ainda possível formular a hipótese de que a utilização de ângulos de ataque mais fechados poderá decorrer, uma vez que reduzem a intensidade da força de arrasto oposta pela água ao deslocamento segmentar, da necessidade de cumprir uma dada sincronização inter-segmentar dispondo de níveis inferiores de força dos membros superiores.

Troup (1990) obteve resultados que parecem poder reforçar esta hipótese. Este autor observou que, ao longo de uma prova de 200m bruços, os valores da força propulsiva efectiva tendem a diminuir fundamentalmente à custa de uma redução da velocidade da mão. Porém, notou ainda que o que distinguiu o vencedor dos 200m bruços dos restantes participantes foram, para além da velocidade da mão, a intensidade da força propulsiva, a utilização de ângulos de ataque mais abertos na braçada (31° vs. 24°) e uma razão L/Dp na acção propulsiva dos membros superiores, em média, 20% mais elevada.

A hipótese que formulámos parece-nos ainda compatível com a constatação de que o BNA foi a variante da técnica de bruços onde a velocidade máxima e a aceleração associadas à acção propulsiva dos membros superiores foi inferior. Nesta conformidade, a necessidade de acelerar acentuadamente as mãos na fase final do trajecto motor por forma a permitir a sua emersão e projecção à frente, pode ter obrigado os nadadores a reduzirem muito significativamente o ângulo de ataque nesta fase, comprometendo a sua capacidade propulsiva. Pedroletti (1991), na mesma perspectiva, referiu que, no BNA, a necessidade de emergir as mãos para a recuperação implica uma perda de apoio hidrodinâmico dos membros superiores. Acresce ainda o facto da fase final do trajecto motor dos membros superiores em bruços ser a fase mais propulsiva da braçada (Schleihauf, 1977, 1979; Thayer et al., 1986; Schleihauf et al., 1988; van Tilborgh et al., 1988). Por último, a reforçar a hipótese em causa destacam-se ainda os resultados de Colman e Persyn (1991) e Colman et al. (1992), autores que observaram serem os níveis de força dos músculos peitorais decisivos para a capacidade de execução das variantes ondulatórias.

Analisando o Quadro 32 pode perceber-se que, para além dos valores relativamente reduzidos da aceleração associada à acção propulsiva dos membros superiores, os nossos resultados evidenciam valores também inferiores da aceleração associada à acção propulsiva dos membros inferiores. Para além destes aspectos, nota-se ainda uma aceleração negativa superior associada à fase de transição entre aquelas duas acções, bem assim como uma desaceleração similar induzida pelos movimentos de recuperação. O facto destas diferenças se verificarem indiferentemente da velocidade média considerada, sugere a possibilidade de se ficarem a dever, preferencialmente, a diferenças na duração das várias fases do ciclo.

Para além dos parâmetros anteriormente discutidos, os valores da velocidade média por fase que obtivemos foram satisfatoriamente concordantes com os resultados de Miyashita (1974). Este autor observou valores da velocidade média em v1-v2 variando entre .55 e 1.08 m . s⁻¹, em v2-v3 entre .93 e 1.65 m . s⁻¹, em v3-v4 entre 1.02 e 1.71 m . s⁻¹ e, finalmente, em v4-v5, entre .63 e 1.29 m . s⁻¹. A aproximação dos valores que obtivemos aos extremos inferiores e superiores apresentados por este autor para as diferentes fases, é justificável pelos mesmos argumentos que discutimos relativamente aos valores iniciais e finais e à duração de cada fase. Saliente-se, entretanto, que estas mesmas diferenças são acentuadamente atenuadas quando comparamos os resultados expressos em valor percentual da velocidade média.

Mais atípicas do que as curvas velocidade / tempo obtidas por Manley e Atha (1992) foram as determinadas por McPherson (1978) e Troup (1991a, b). O primeiro determinou uma curva com 6 máximos e o segundo curvas com 3, 4 e 6 máximos.

McPherson (1978) estudou a técnica de D. Wilkie tendo registado 2 máximos durante a acção propulsiva dos membros superiores, um durante a recuperação destes, outro durante a recuperação dos membros inferiores e, finalmente, dois durante a acção propulsiva dos membros inferiores. O primeiro caso apresentado por Troup (1991a, b) é ilustrado pela técnica do recordista do mundo de 200m - M. Barrowman -, onde os máximos associados à pernada e à braçada são relativamente próximos, apesar de superior o registado para a segunda acção, mas são ambos separados por um mínimo pronunciado. Depois, um muito ténue terceiro máximo surge durante a recuperação dos membros superiores. O segundo caso foi obtido para o campeão mundial de 100m bruços, N. Rosza, e para o campeão do mundo de 400m estilos T. Darnyi, correspondendo dois máximos à acção propulsiva dos membros inferiores e outros dois à acção propulsiva dos membros superiores. O terceiro caso correspondeu também a um nadador de classe mundial - L. Frame - sendo 3 dos 6 máximos associados à acção propulsiva dos membros inferiores e três outros à acção propulsiva dos membros superiores. Troup (1991a, b) não atribuiu a particularidade dos traçados que obteve a nenhum factor em particular, a não ser a técnica de nado específica de cada nadador. Nesta perspectiva, o terceiro pico de Barrowman poderia mesmo ser justificado pelo lançamento à frente dos MS durante a recuperação (Nagy, 1989). Todavia, nenhuma evidência parece permitir validar esta hipótese. Finalmente, a configuração especial da curva de McPherson (1977) poderá decorrer de uma insuficiente filtragem dos resultados, procedimento ao qual o autor não se refere. No que respeita aos resultados de Troup (1991b), porém, as coordenadas dos pontos anatómicos de referência foram filtradas (*Butterworth*, 6Hz), depois de obtidas por transformação linear directa (DLT).

Para além da coerência observada no que respeita às características gerais das curvas entre os nossos resultados e os obtidos pela maioria dos autores, pudemos ainda verificar que, de acordo com Manley e Atha (1992), os indivíduos do sexo

masculino evidenciaram, relativamente aos do sexo feminino, valores absolutos mais elevados da velocidade média e da velocidade máxima nos picos obtidos com a pernada e com a braçada em todas as variantes ($\bar{X} = 1.25, \pm .135 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ para as nadadoras e $\bar{X} = 1.45, \pm .142 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ para os nadadores). Esta última diferença, entretanto, foi acentuadamente atenuada quando os valores da velocidade foram expressos em percentagem da velocidade média ($\bar{X} = 127.1, \pm 13.59 \%$ para as nadadoras e $\bar{X} = 127.7, \pm 9.08 \%$ para os nadadores). Registe-se que estas diferenças intersexuais estão de acordo com as diferenças que observámos entre os valores médios da força propulsiva máxima em nado estacionário determinados para os dois sexos.

Manley e Atha (1992) observaram ainda uma tendência para os indivíduos do sexo masculino evidenciarem durações inferiores do ciclo, comparativamente com as nadadoras. Uma tendência similar pode ser registada nos nossos resultados ($\bar{X} = 1.37, \pm .195\text{s}$ para as nadadoras e $\bar{X} = 1.32, \pm .149\text{s}$ para os nadadores). Todavia, esta diferença era já esperada, uma vez que os valores da velocidade média foram também diferentes para os dois grupos ($\bar{X} = .99, \pm .030 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ para as nadadoras e $\bar{X} = 1.13, \pm .086 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ para os nadadores), tendo Craig e Pendergast (1979), Craig et al. (1985), Pai et al. (1986), Craig et al. (1988), Nelson et al. (1988), Troup (1991a, b) e Wakayoshi et al. (1992) observado uma elevação da frequência gestual em braços com o aumento da velocidade média de nado. Finalmente, será interessante referir que Manley e Atha (1992) observaram velocidades médias entre v2 e v3 inferiores para os indivíduos do sexo masculino ($\bar{X} = 1.10, \pm .061 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) comparativamente aos indivíduos do sexo feminino ($\bar{X} = 1.19, \pm .061 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), resultado que consideraram inesperado. Os nossos resultados neste particular apresentaram valores superiores e sugerem exactamente o oposto: $\bar{X} = 1.33 (\pm .114) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ para os nadadores e $\bar{X} = 1.16 (\pm .042) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ para as nadadoras, diferença que, tal como para as velocidades máximas, se esbate quando os valores são relativizados à velocidade média ($\bar{X} = 117.4, \pm 3.00 \%$ para os nadadores e $\bar{X} = 117.6, \pm 4.14 \%$ para as nadadoras). Uma explicação possível para as diferenças observadas no que respeita ao valor absoluto da velocidade média entre v2 e v3 parece-nos ser o nível desportivo dos sujeitos. Os nadadores estudados por Manley e Atha (1992) foram 8 nadadores de nível regional e nacional junior inglês. Estes mesmos autores observaram, para um nadador olímpico, um valor deste parâmetro de $1.25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

O estudo das diferenças entre as variantes formal, natural e natural com recuperação aérea dos membros superiores da técnica de braços considerando as curvas de variação da velocidade horizontal e parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos a elas associados, foi realizado por Persyn (1984), van Tilborgh et al. (1988), Colman e Persyn (1991), Persyn et al. (1992), Tourny (1992) e Tourny et al. (1992).

Persyn et al. (1992) observaram que o BN permite a obtenção de valores mais elevados de v1, v2, v3 e v4 do que o BF, tendo encontrado correlações significativas

entre estes parâmetros e: (i) a componente vertical ascendente do deslocamento "para fora" do trajecto motor da braçada ($r = .44$ com $v4$); (ii) diferentes parâmetros relativos ao movimento ondulatório do corpo (r com $v3$ variou entre $.37$ e $.59$) e (iii) a profundidade máxima do trajecto motor dos membros inferiores ($r = .47$ com $v2$). Estes autores, porém, não se referiram aos valores da velocidade média a que a amostra de brucistas formais foi testada nem à velocidade média correspondente ao ciclo da brucista natural que estudaram. A argumentação que apresentaram, entretanto, baseou-se nas curvas de variação da velocidade com o tempo que apresentámos na Figura 7 A, as quais sugerem valores superiores da velocidade média para o BN. Acresce a isto que os autores não referiram ter comparado os valores percentuais dos máximos considerados em vez dos respectivos valores absolutos. Os nossos resultados expressos em percentagem da velocidade média, por outro lado, colocaram em evidência que: (i) $v1$ foi significativamente superior para o BF relativamente apenas ao BNA; (ii) $v2$ foi significativamente inferior no BF também apenas quando comparado com o BNA; (iii) não se observaram diferenças significativas relativamente a $v3$ e (iv) o BF e o BN proporcionaram valores significativamente superiores de $v4$ relativamente ao BNA, mas não se distinguiram entre si.

Apesar destas diferenças, a configuração geral das curvas obtidas para as três variantes por um mesmo sujeito evidenciaram, em geral, padrões idênticos (com excepção para o BF do indivíduo M). Do mesmo modo, as representações simplificadas da variação da velocidade e do momento de ocorrência dos diferentes pontos notáveis foram também muito próximas (cf. Figura 46). A configuração geral das curvas publicadas para o BF e para o BN por Persyn et al. (1992) são também bastante semelhantes (cf. Figura 7). Esta similaridade dos padrões registados para diferentes variantes da técnica de braços parece-nos natural, uma vez que a sua diferenciação denota apenas diferenças mais ou menos subtis de interpretação de uma mesma técnica (Suarez, 1992). Estas diferenças, porém, podem ser decisivas para a optimização biomecânica do gesto desportivo, pelo que nos parece importante conferir-lhes relevância e procurar justificar a sua ocorrência.

Valores mais elevados de $v1$ para o BF poderão decorrer das menores repercussões resistivas presumivelmente associadas à menos acentuada flexão máxima da anca (Vilas-Boas, 1988). Não pudemos, porém, observar diferenças significativas entre as variantes na fase $v4-v1'$, no que respeita quer à sua duração, quer à aceleração média que implica, quer, finalmente, no que respeita ao impulso horizontal resultante, pelo que valores médios de $v1$ mais elevados no BF devem ser atribuídos sobretudo às diferenças observadas em $v4$. Diferenças na intensidade da força de arrasto hidrodinâmico a que se sujeitam os nadadores nesta fase ($v4-v1'$) nas diferentes variantes, ou não ocorreram de todo, ou não influenciaram significativamente o deslocamento do nadador. Nesta conformidade, a recuperação aérea dos membros superiores no BNA não parece constituir uma vantagem apreciável. De facto, não nos foi possível observar uma atenuação significativa da

aceleração negativa durante a recuperação, como foi sugerido por Suarez (1992). Isto, porém, poderá decorrer de uma elevação concomitante da intensidade do arrasto de onda em consequência desta acção, possibilidade que foi adiantada por Costill et al. (1992). O mesmo raciocínio poderia ser desenvolvido relativamente à possibilidade, enunciada por Costill et al. (1992), de uma recuperação dos membros superiores mais acentuadamente orientada para baixo se repercutir numa elevação da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do corpo do nadador durante esta fase. Todavia, apesar das diferenças na aceleração e no impulso entre as três variantes o não sugerirem, pudemos determinar correlações positivas e significativas entre o impulso horizontal resultante negativo durante a recuperação e quer a profundidade máxima do deslocamento à frente da mão ($r = .375$) e o índice de tortuosidade deste ($r = .371$). A correlação deste último parâmetro com o impulso horizontal resultante em $v4-v1'$ foi, entretanto, especialmente elevada para o BN, enquanto que a profundidade máxima do movimento da anca se correlacionou positiva e significativamente com a aceleração média na mesma fase para o BN.

Por outro lado, valores inferiores de $v2$ no BF relativamente ao BNA - e também ao BN, apesar das diferenças não terem sido estatisticamente significativas - poderão ser justificadas exactamente pelos argumentos apresentados por Persyn et al. (1992), nomeadamente a mais acentuada profundidade do trajecto motor dos membros inferiores nas variantes naturais, favorecendo um funcionamento propulsivo dos pés mais conforme ao modelo do hélice. A esta possibilidade acrescentamos a maior amplitude vertical do trajecto motor e a mais pronunciada acentuação do deslocamento vertical em detrimento do deslocamento horizontal (índice de horizontalidade inferior) nestas variantes relativamente ao BF. Estas últimas variáveis são conformes aos argumentos apresentados em defesa da superioridade biomecânica da acção propulsiva das variantes naturais por outros autores (Curry, 1979b; Minxing, 1984). No entanto, observámos inesperadamente para o BN uma correlação negativa entre a aceleração horizontal associada a $v1-v2$ e as profundidades mínima ($r = -.582$) e máxima ($r = -.709$) do trajecto motor do pé.

Entre $v1$ e $v2$ o valor médio do impulso horizontal resultante que estimámos para o BF foi significativamente inferior ao do BNA e também inferior, mas não significativamente, ao associado ao BN. Estes resultados questionam a validade do argumento de Counsilman (1968), segundo o qual, a elevação da anca que ocorre aquando da acção propulsiva dos membros inferiores nas variantes naturais ondulatórias, compromete o nível de aproveitamento do impulso propulsivo produzido. Acresce a estes nossos resultados a constatação de que, como se pode observar na Figura 7, concomitantemente com o movimento vertical da anca, a trajectória do CG nas variantes ondulatórias se mantém acentuadamente horizontal (Persyn et al., 1992).

A aceleração média entre v_1 e v_2 , entretanto, distinguiu significativamente a variante formal das duas variantes naturais, enquanto que o impulso horizontal resultante distinguiu apenas o BF do BNA. A análise dos factores que se correlacionaram significativamente com estas variáveis (Quadros 18 e 19) coloca em evidência que a amplitude transversal do deslocamento do pé poderá ter contribuído para a diferenciação da capacidade propulsiva dos membros inferiores nas três variantes, apesar de não terem sido notadas diferenças significativas neste parâmetro entre elas. A importância propulsiva do deslocamento transversal do pé não nos parece ter sido ainda colocada em evidência na literatura, mas Schleihauf (1977) verificou um incremento da capacidade propulsiva da braçada de braços na presença de deslocamentos transversais mais amplos da mão. Relativamente ao índice de estabilização antero-posterior do pé no plano frontal e ao índice absoluto de estabilização antero-posterior das acções propulsivas, foram já notadas diferenças, tendo sido mais pronunciado o deslocamento para trás do pé relativamente ao seu deslocamento transversal no BF do que nas variantes naturais. Contrariamente ao referido para o movimento das mãos, a estabilização antero-posterior do trajecto motor dos pés parece desempenhar um papel decisivo para a efectividade da acção propulsiva dos mesmos, sobretudo no que respeita ao BF (Quadro 21).

A profundidade máxima do deslocamento à frente da mão correlacionou-se também negativamente com o impulso horizontal resultante associado à acção propulsiva dos membros inferiores, provavelmente por, nesta fase, favorecer uma elevação da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico, ou comprometer o aproveitamento máximo do impulso total resultante positivo em impulso horizontal resultante (Counsilman, 1968). As diferenças entre as três variantes neste parâmetro concordam satisfatoriamente com as diferenças registadas no impulso horizontal resultante entre v_1 e v_2 , sobretudo pela correlação ter sido fundamentalmente determinada pelos valores obtidos para o BN (Quadro 20). Em contrapartida, o facto do índice de tortuosidade do movimento da anca se ter correlacionado positivamente com a aceleração, sugere que o movimento ondulatório poderá, directa ou indirectamente, facilitar a acção propulsiva dos membros inferiores, não devendo, no entanto, tornar-se extensível ao movimento dos membros superiores durante o seu deslocamento à frente.

O facto de não termos observado diferenças em v_3 entre as três variantes é explicado pelo impulso horizontal resultante negativo superior entre v_2 e v_3 que observámos nas variantes naturais relativamente ao BF, apesar das diferenças só se terem revelado com significado estatístico quando foi comparado o BNA com o BF. Estes resultados contrariam os valores superiores do impulso observados nesta fase por van Tilborgh et al. (1988) e Persyn et al. (1992), questionando a relevância do efeito de massa acrescentada que aqueles autores consideraram poder ocorrer. De facto, não encontramos correlações significativas entre os parâmetros relativos ao movimento ondulatório do corpo e o impulso horizontal resultante na fase v_2 - v_3 . Pudemos mesmo registar uma correlação negativa entre a aceleração média nesta fase e, quer o índice de tortuosidade do movimento da anca ($r = -.344$), quer a

amplitude vertical do mesmo ($r = -.335$).

Pudemos ainda observar que o impulso horizontal resultante em v2-v3 se correlacionou negativamente com a amplitude do deslocamento transversal do pé ($r = -.323$) e com a amplitude do deslocamento transversal da mão ($r = -.570$), a qual foi especialmente elevada para o BN ($r = -.671$) e para o BNA ($r = -.635$). A primeira poderá estar eventualmente associada a uma perda da capacidade propulsiva da fase final do trajecto motor dos membros inferiores quando estes evidenciam uma amplitude transversal exagerada, perda que poderia ser motivada por uma extensão precoce dos membros inferiores. A segunda poderá decorrer da possibilidade de amplitudes mais elevadas do trajecto motor dos membros superiores implicarem um afastamento precoce dos mesmos, elevando a intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposto ao deslocamento do nadador na fase particular em causa.

Os valores significativamente inferiores de v4 que observámos no BNA relativamente às restantes variantes e o valor absoluto mais elevado obtido para o BF, apesar de não significativamente diferente do observado no BN, foram resultados relativamente inesperados, já que na literatura parecem sobressair vários argumentos em favor da acção propulsiva dos membros superiores característica das variantes naturais (cf. Quadro 2). Estas diferenças, e especialmente as registadas entre o BF e o BNA parecem-nos terem ficado a dever-se, fundamentalmente, aos valores ligeiramente mais elevados de v3 obtidos para o BF, conjugados com os valores também ligeiramente inferiores da aceleração média e do impulso horizontal resultante registados para o BNA em v3-v4. Nenhum destes parâmetros, porém, foi significativamente diferente quando se compararam as três variantes. As ténues diferenças observadas na aceleração e no impulso horizontal resultante em v3-v4 que obtivemos para o BNA relativamente ao BF e mesmo ao BN podem, entretanto, ser explicados pelos valores significativamente inferiores da duração desta fase naquela variante, a qual, conjugada com a velocidade média inferior que observámos, justifica também a menor distância horizontal percorrida pelo nadador com o BNA na fase em questão. Para além deste efeito, porém, a relativa ineficácia da braçada do BNA poderá também ser explicada pela já referida possibilidade dos nadadores reduzirem o ângulo de ataque durante a fase mais propulsiva, por forma a, no quadro dos níveis de força de que podem dispor, acelerarem as mãos para permitir a recuperação aérea dos membros superiores. Esta possibilidade, entretanto, pode ainda explicar a menor duração de v3-v4 no BNA, a que já nos referimos. Para além destas justificações, os valores mais reduzidos da profundidade máxima e da amplitude vertical dos trajectos motores dos membros superiores nas variantes naturais, variáveis que se correlacionaram positiva e significativamente com a aceleração média e o impulso horizontal resultante entre v3 e v4, podem também ser tidas como explicação para as ténues diferenças observadas. Tal como Schleihauf (1977) observou, a amplitude transversal do trajecto motor da mão correlacionou-se positiva e significativamente ($r = .404$) com o impulso horizontal resultante em v3-v4. Curiosamente porém, este parâmetro foi significativamente superior no BNA relativamente ao BF e ao BN, enquanto que nestas variantes a

aceleração e o impulso horizontal resultante nesta fase foram ligeiramente superiores, apesar de sem significado estatístico, quando comparados com os valores correspondentes determinados para o BNA. Este efeito poderá ser explicado quer através de uma compensação, no resultado final (aceleração e impulso), da variação dos restantes factores anteriormente referidos, quer, e especialmente, por aquela correlação ter sido particularmente elevada para o BF ($r = .680$).

Relativamente à acção propulsiva dos membros superiores pudemos ainda observar que as variantes onde se notaram valores médios inferiores de v_4 e da aceleração e impulso horizontal resultante entre v_3 e v_4 foram exactamente aquelas onde obtivemos valores inferiores do deslocamento antero-posterior e dos índices de estabilização antero-posterior da mão. Estes resultados podem parecer incoerentes. Todavia, a sua justificação foi já anteriormente discutida (cf. ponto 9.2.1.4.), podendo ser explicados pela necessidade do nadador valorizar parcialmente o deslocamento antero-posterior da mão durante a fase de deslocamento "para dentro", por forma a otimizar a orientação da força resultante das forças hidrodinâmicas propulsivas ascensional e de arrasto (Schleihauf, 1977, 1979; Thayer et al., 1986; Schleihauf et al., 1988).

Os valores não significativamente diferentes ou mesmo inferiores de v_4 observados para as variantes naturais relativamente ao BF, bem assim como a não constatação de diferenças na aceleração horizontal média e no impulso horizontal resultante entre v_3 e v_4 , colocam em questão, entretanto, as vantagens propulsivas quer do deslocamento vertical ascendente durante a fase de deslocamento "para fora" das mãos, quer da valorização da amplitude do deslocamento transversal da mão no plano frontal, quer, finalmente, das "pernadas adicionais" tipo mariposa que observámos. Isto é também reforçado pela não existência de diferenças em v_3 e em v_2-v_3 .

A amplitude do deslocamento vertical da mão durante a fase de deslocamento "para fora" correlacionou-se negativamente com o impulso horizontal resultante médio determinado durante esta fase ($r = -.349$). Todavia, esta correlação foi especialmente determinada pelo BF ($r = -.690$), não tendo sido obtidas correlações significativas para as variantes naturais. Thayer et al. (1986) estudaram comparativamente a capacidade propulsiva do deslocamento da mão "para fora" com ou sem componente vertical ascendente, tendo por base o cálculo da componente vectorial, na direcção de nado, da resultante das forças ascensional hidrodinâmica e de arrasto hidrodinâmico a que se sujeita a mão. Estes autores não puderam atribuir qualquer vantagem à braçada que utiliza a componente vertical ascendente. Costill et al. (1992) também não lhe reconhecem qualquer vantagem propulsiva. Em contrapartida, Troup (1991a) observou que esta componente pode constituir uma vantagem hidrodinâmica propulsiva e van Tilborgh et al. (1988) atribuíram-lhe o impulso horizontal resultante positivo superior que observaram durante esta fase no BN quando comparado com o BF. Todavia, os autores justificaram este efeito não

por qualquer vantagem hidrodinâmica, mas pela maior extensão e duração do *outsweep* quando orientado também para cima, tendo ainda reconhecido poder tratar-se de um efeito decorrente de uma redução, associada ao movimento ondulatório do corpo, da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador. Colman et al. (1989) e Persyn et al. (1992) obtiveram também uma correlação significativa entre a amplitude vertical do deslocamento "para fora" e o impulso horizontal resultante positivo associado à acção dos membros superiores.

Relativamente ao eventual contributo propulsivo das pernadas adicionais do tipo das de mariposa, os nossos resultados parecem contrariar os de Minxing (1984), autor que notou um contributo propulsivo adicional no BN quando comparado com o BF, o qual imputou ao movimento ondulatório do corpo e à "pernada adicional" tipo mariposa. Saliente-se, todavia, que estes resultados foram obtidos por dinamometria directa em nado estacionário, técnica que parece poder comprometer a mais conveniente diferenciação dos gestos típicos de cada variante e, sobretudo, a discriminação de contributos propulsivos decorrentes de subtis relações específicas estabelecidas entre os segmentos propulsivos e a água (Alley, 1952; Mostered e Jonbloed, 1964; Yeater et al., 1980; Lavoie e Montpetit, 1986). De facto, nada nos nossos resultados nos permite supor que este efeito possa de facto verificar-se, a não ser que a capacidade propulsiva dos membros superiores nas variantes naturais seja muito significativamente inferior à do BF. Nem mesmo o facto de termos notado que a ondulação do corpo se desenvolve mais acentuadamente no sentido céfalo-caudal no BNA do que nas restantes variantes, e no BN do que no BF, permite substanciar esta possibilidade, já que foi exactamente no BNA que as curvas de velocidade/tempo se mostraram menos favoráveis a partir de v3. A possibilidade das "pernadas adicionais" não evidenciarem um contributo propulsivo assinalável parece-nos reforçada pela tênue obliquidade observada nos tempos descendentes, sugerindo uma reduzida potência destas acções, a qual, em contrapartida, parece ser necessária para promover a propulsão em regimes de escoamento instável por separação de vórtices (Colwin, 1984, 1985a, b, 1992; Ungerechts, 1981, 1982, 1983, 1985a, b, 1987, 1988, 1992). Acresce a esta característica o facto de termos observado uma incidência superior da emersão do pé nas variantes naturais, o que parece comprometer a capacidade propulsiva da fase correspondente de mudança de direcção do segmento propulsivo (Ungerechts, 1985b).

A ocorrência, a expressão e a amplitude das "pernadas adicionais" tipo mariposa estão intimamente ligadas ao movimento ondulatório do corpo, o qual é mais acentuado nas variantes naturais e é tido por vários autores como uma vantagem relativamente às variantes formais (Persyn et al., 1988a; van Tilborgh et al., 1988; Colman et al., 1989; Colman e Persyn, 1991; Persyn et al., 1992). Em continuação discutiremos os efeitos relativos à acentuação do movimento ondulatório do corpo sobre os parâmetros que estudámos.

Colman e Persyn (1991) notaram que a acentuação do movimento ondulatório do corpo se repercutiu em valores mais elevados de v_1 , valores ligeiramente superiores de v_2 , valores idênticos de v_3 e valores inferiores de v_4 . No nosso estudo a variante que evidenciou níveis superiores de ondulação foi o BNA. A comparação desta variante com as restantes no que respeita a estas variáveis só não permitiu confirmar os resultados de Colman e Persyn (1991) no que respeita a v_1 , onde implicou valores inferiores ao BF. Já no que respeita a v_2 evidenciou, de acordo com os resultados de Colman e Persyn (1991), valores significativamente superiores aos observados para o BF. Os valores de v_3 não se distinguiram com significado estatístico dos valores correspondentes nas restantes variantes e os valores de v_4 foram significativamente inferiores. Os valores de v_2 superiores na variante mais ondulatória estudada por Colman e Persyn (1991) foram atribuídos ao efeito de massa acrescentada e à mais pronunciada acentuação do deslocamento vertical do pé durante o trajecto motor. Esta última relação foi já anteriormente discutida, tendo-nos sido possível verificar que a amplitude vertical do pé é significativamente superior nas variantes naturais do que no BF.

Todavia, dos resultados de Colman e Persyn (1991), bem assim como dos de van Tilborgh et al. (1988), sobressai a constatação de que a variação global de velocidade ao longo do ciclo foi inferior na técnica mais ondulada do que nas variantes menos onduladas. Os nossos resultados, em contrapartida, evidenciaram exactamente o oposto, tendo as variações de velocidade sido significativamente mais importantes no BNA do que nas restantes duas variantes, o que é evidenciado pelos valores significativamente mais reduzidos do número de *Strukhal*. O índice de tortuosidade do movimento da anca e a amplitude vertical do mesmo correlacionaram-se negativa e significativamente com Sh (respectivamente $r = -.540$ e $r = -.595$), o que significa que quanto mais acentuado foi o movimento ondulatório da anca, mais elevadas foram as variações de velocidade num ciclo relativamente à velocidade média. Para o índice de tortuosidade dos movimentos dos membros inferiores obtivemos resultados semelhantes ($r = -.467$). Os valores médios obtidos para estes parâmetros foram sempre máximos para o BNA relativamente ao BN e ao BF. Para além destas, todas as restantes correlações significativas que observámos entre os parâmetros relativos aos deslocamentos segmentares e Sh foram satisfatoriamente compatíveis com as maiores variações da velocidade observadas no BNA. A amplitude vertical do *outsweep* ($r = -.333$) e o índice de horizontalidade do trajecto motor dos membros superiores ($r = -.501$) correlacionaram-se também negativamente com Sh, tendo os valores médios sido, respectivamente, intermédios e máximos para o BNA. Por outro lado, a profundidade máxima e a amplitude vertical do trajecto motor dos membros superiores (respectivamente $r = .449$ e $r = .503$), bem como a profundidade mínima do deslocamento à frente do pé ($r = .664$) e do movimento da anca ($r = .468$) foram variáveis que se correlacionaram positivamente com Sh (valores mais elevados correspondem a valores superiores de Sh e, portanto, a variações menos pronunciadas da velocidade horizontal relativamente à velocidade média). Os valores destes parâmetros obtidos para o BNA foram mínimos quando

comparados com os obtidos para as restantes variantes.

Os resultados obtidos por Kornecki e Bober (1978) para a técnica de mariposa reforçam estes resultados, tendo estes autores encontrado uma correlação positiva entre a amplitude vertical do movimento da anca no plano sagital e as variações de velocidade num ciclo. Para a técnica de bruços, Ungerechts (1990b) referiu também que considera questionável que as variações da velocidade ao longo de um ciclo possam ser optimizadas através da ênfase do movimento ondulatório do corpo.

Tourny (1992) e Tourny et al. (1992) observaram também que as variantes mais acentuadamente ondulatórias implicam variações mais pronunciadas da velocidade ao longo de um ciclo do que as variantes mais planas. Por sua vez, Persyn et al. (1992, p. 78) referem ter observado "(...) picos mais elevados e decréscimos de velocidade para o padrão ondulatório(...)" relativamente ao BF. Importa considerar, porém, que destes estudos, apenas Persyn et al. (1992) consideraram a cinemática do CG, pelo que a extrapolação directa de conclusões com base nestas constatações para, por exemplo, a economia motora, devem ser consideradas sob reserva. No entanto, os resultados que obtivemos a este nível e as correlações significativas entre as variações de velocidade e o custo energético, parecem confirmar a validade destes resultados.

No que respeita às diferenças que registámos relativamente à duração das diferentes fases do ciclo, os nossos resultados também não são completamente concordantes com os de Colman e Persyn (1991), reportando-se as diferenças sobretudo à acção propulsiva dos membros inferiores.

Para o BF, aqueles autores observaram uma duração do trajecto motor dos membros inferiores de 26% da duração total do ciclo, enquanto que para as variantes ondulatórias registaram valores de 29% e 33%. No nosso estudo a duração de v1-v2 para o BF foi de 28.2%, enquanto que para as variantes naturais foi inferior (24.4% para o BN e 26.2% para o BNA). Esta menor duração da fase v1-v2 nas variantes naturais parece decorrer de uma acção propulsiva mais rápida dos segmentos propulsivos dos membros inferiores, já que os valores das amplitudes do trajecto motor que determinámos para o BN e para o BNA foram sempre superiores às do BF, com excepção para o deslocamento antero-posterior. Aceitando então que a velocidade segmentar durante o trajecto motor tenha sido superior, e considerando a influência desta na intensidade das forças hidrodinâmicas propulsivas, estes resultados parecem contribuir, conjuntamente com as diferenças notadas na orientação do trajecto motor, para a explicação das diferenças observadas na velocidade terminal da fase v2. Entretanto, a possibilidade da intensidade propulsiva poder ter sido superior, concorda com os valores também superiores da aceleração horizontal observados para as variantes naturais entre v1 e v2. A força propulsiva eventualmente superior associada à acção dos membros inferiores nas variantes naturais poderá mesmo ter-se repercutido num impulso horizontal

resultante propulsivo superior durante v1-v2 no BNA, apesar da duração desta fase nesta variante ter sido inferior à observada no BF. No BN, porém, a duração significativamente inferior da fase em causa não terá permitido a elevação do impulso horizontal resultante, apesar de, na mesma perspectiva, nos parecer admissível a produção de uma força propulsiva média de intensidade superior.

Para a braçada, Colman e Persyn (1991) observaram uma duração de 37% para o BF e de 42% e 46% para as variantes ondulatórias que estudaram. Neste valores estão também incluídos os correspondentes a v2-v3, que os autores consideraram corresponder à primeira fase propulsiva da acção dos membros superiores. Os resultados para v3-v4 do nosso estudo foram de 20.1% para o BF, de 21.2% para o BN e de 18.4% para o BNA, enquanto que para v2-v3 foram de 23% para o BF, de 24.7% para o BN e de 26.2% para o BNA. A adição das durações relativas que obtivemos para estas fases proporciona resultados compatíveis com os dos autores referidos: 43.1% para o BF e 45.9% e 44.6% respectivamente para o BN e para o BNA. Esta similaridade das durações da acção propulsiva dos membros superiores, conjugadas com os valores idênticos que obtivemos para as três variantes no que respeita à soma da amplitude dos diferentes parâmetros do trajecto motor, reforçam a possibilidade antes enunciada dos nadadores que testámos evidenciarem uma insuficiência biomecânica na braçada, especialmente conotada com o ângulo de ataque utilizado. Isto parece-nos ainda mais reforçado quando comparamos os valores do impulso horizontal resultante que obtivemos em v3-v4 com os calculados por van Tilborgh et al. (1988): aproximadamente 19 Ns. Para v1-v2 e para v4-v5, os valores do impulso horizontal resultante que obtivemos foram compatíveis com os publicados por aqueles autores, apesar de uma comparação directa ser difícil, já que van Tilborgh et al. (1988) decompõem cada uma das fases em duas sub-fases.

Para a recuperação, Colman e Persyn (1991) obtiveram durações de 35% para o BF e de 34% e 23% para as variantes ondulatórias, enquanto que neste estudo os valores obtidos foram de 28.7% para o BF, 29.7% para o BN e 29.1% para o BNA.

Colman e Persyn (1991) observaram ainda que os resultados relativos às diferenças entre a duração de cada fase são similares aos obtidos para a distância horizontal percorrida por fase. No nosso estudo pudemos também constatar o mesmo efeito, o que coloca em evidência que diferentes distâncias horizontais percorridas por fase do ciclo são mais dependentes da duração de cada fase do que das diferenças de velocidade médias que lhes estão associadas. De facto, os nossos resultados relativos à distância horizontal percorrida por fase divergem dos de Colman e Persyn (1991) da mesma forma que os relativos à duração das fases. Neste contexto, as diferenças que observámos entre as três variantes no que respeita à velocidade média em cada fase devem ser tidos como efeitos residuais das diferenças observadas nas velocidades iniciais, na aceleração média e na duração de cada fase.

As diferentes durações das várias fases que obtivemos em comparação com os

resultados de Colman e Persyn (1991), podem ser imputadas a diferentes velocidades segmentares ou extensões do percurso segmentar durante as mesmas. Relativamente à extensão do trajecto motor nas diferentes fases propulsivas, os nossos resultados não parecem justificar diferenças relativamente à duração das mesmas nas três variantes, já que a soma das amplitudes dos deslocamentos vertical, antero-posterior e transversal dos membros superiores e inferiores é idêntica para todas as variantes e, curiosamente, para os dois segmentos considerados. Em consequência, as diferentes durações das várias fases deverão ser preferencialmente determinadas pela velocidade segmentar. Este parâmetro, porém, não foi estudado, nem tão pouco Colman e Persyn (1991) publicaram qualquer referência a propósito.

Todavia, a mais acentuada duração da fase v2-v3 no BNA relativamente ao BF pode ser justificada pela amplitude total do deslocamento do nadador durante o deslize. Apesar de não dispormos de dados directos a este respeito, esta possibilidade parece-nos substanciável pelas seguintes constatações: (i) a amplitude global dos trajectos motores dos membros superiores e inferiores não parece, como vimos, distinguir-se entre as três variantes e (ii) a amplitude total dos deslocamentos dos membros superiores no plano sagital e dos membros inferiores nos planos sagital e frontal foram sempre significativamente superiores no BNA do que no BN e no BF, para além de terem sido também superiores no BN, relativamente ao BF. Estes últimos resultados são ainda reforçados pela maior amplitude total do deslocamento da anca nas variantes naturais relativamente ao BF. Sendo a amplitude total superior e a amplitude dos trajectos motores idênticas, é de esperar que persistam também diferenças no que respeita à amplitude total do deslocamento do nadador durante as fases não propulsivas e especialmente durante o deslize que eventualmente ocorre na fase v2-v3. Estas, entretanto, estão de acordo com os valores superiores da distância horizontal percorrida nesta fase do BNA relativamente ao BF e deverão ser suficientemente pronunciadas, já que a velocidade inicial (v2) é superior no BNA do que nas restantes variantes e a velocidade horizontal média durante v2-v3 é também significativamente superior nesta variante relativamente às restantes.

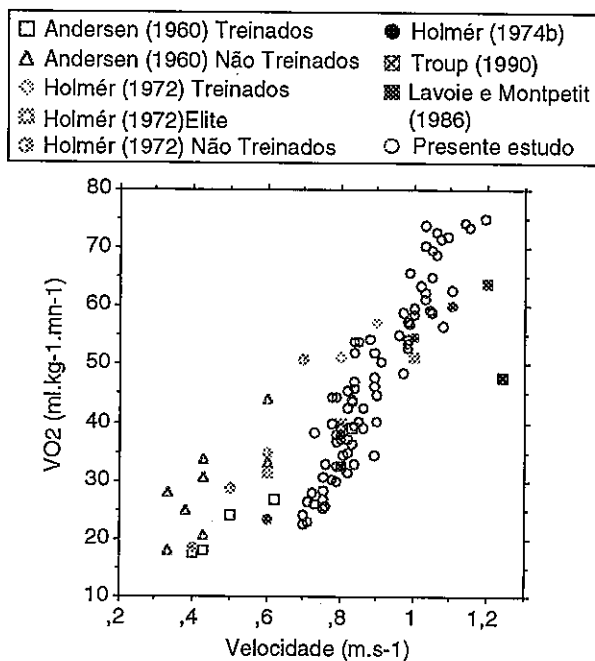
Um percurso de deslize passivo superior no BNA justificaria, entretanto, os valores superiores do impulso horizontal resultante negativo em v2-v3 que observámos nesta variante relativamente ao BF. A ser assim, este dependeria mais do tempo de aplicação da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador do que da intensidade desta, o que deixa em aberto a possibilidade do movimento ondulatório do corpo permitir uma redução, ainda que supostamente ténue, da intensidade de D nesta fase particular do ciclo (Persyn et al., 1986; van Tilborgh et al., 1988; Colman et al., 1989; Ungerechts, 1990b; Persyn et al., 1992).

9.2.3. Economia motora

Na Figura 72 apresentamos a variação com a velocidade de nado dos valores do consumo de oxigênio em estado de equilíbrio fisiológico que obtivemos, comparados com os publicados por outros autores utilizando a técnica de bruços.

Pode observar-se que os nossos resultados são acentuadamente coerentes com os anteriormente publicados, independentemente de terem sido obtidos em *flume* (Holmér, 1972, 1974; Troup, 1990) ou em piscina convencional (Andersen, 1960) e independentemente ainda de terem sido determinados através da colheita do ar expirado em sacos de Douglas durante o exercício (Andersen, 1960; Holmér, 1972, 1974b) ou por oximetria directa. Saliente-se que a este último respeito, Kemper et al. (1976) não registaram diferenças significativas entre os dois procedimentos para a determinação dos valores do $\dot{V}O_2$ em estado de equilíbrio fisiológico. Em contrapartida, d'Acquisto et al. (1991) notaram que, em bruços, os testes em *flume* implicam, relativamente às piscinas convencionais, valores do $\dot{V}O_2$ submáximo 12.3% superiores para a mesma velocidade de nado, enquanto que Holmér (1972, 1979) e Bonen et al. (1980) não encontraram diferenças significativas no que se refere aos valores máximos.

Figura 72. Variação do consumo de oxigênio em estado de equilíbrio fisiológico com a velocidade de nado. São comparados os resultados obtidos no presente estudo com os resultados obtidos por outros autores.



Na Figura 72 pode ainda observar-se que é possível distinguir a menor economia dos nadadores não treinados relativamente aos treinados. Entre estes, entretanto, os resultados que registámos parecem aproximar-se mais dos resultados obtidos para nadadores de elite por Holmér (1972, 1974b) há já duas décadas, do que dos mais recentemente publicados por Lavoie e Montpetit (1986) e por Troup (1990). Esta constatação poderá ser explicada pela possibilidade da evolução técnica ter permitido que os nadadores treinados de hoje evidenciem valores de economia idênticos aos de elite internacional de há 20 anos, apesar de se manterem ainda ligeiramente inferiores aos níveis atingidos pelos nadadores de elite internacional mais actuais.

A coerência dos nossos resultados relativamente aos anteriormente publicados é ainda reforçada pela sua comparação com os dados apresentados por Montpetit et al. (1988b). Estes autores publicaram uma recta de regressão do $\dot{V}O_2$ com a massa corporal em bruços nadado a $.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Para o peso médio dos indivíduos da nossa amostra, os valores do $\dot{V}O_2$ interpolado com base nessa recta é de $45.8 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$, resultado que concorda muito satisfatoriamente com os resultados que obtivemos (cf. Figura 72).

A relação expressa na Figura 72 sugere uma variação ligeiramente exponencial do $\dot{V}O_2$ com a velocidade de nado, o que concorda com os resultados de Holmér (1974b, 1979), Pendergast et al. (1977) e Troup e Daniels (1986). Todavia, o modelo linear é o que melhor parece representar os nossos resultados, o que pode ter ficado a dever-se às velocidades elevadas de testagem que utilizámos, tendo assim monitorizado predominantemente o ramo de declive superior da curva (Reilly, 1990). McArdle et al. (1971), LePere (1973), LePere e Porter (1975), Kipke (1978), Montpetit et al. (1983), Boie e Montpetit (1985), Montpetit et al. (1988a, b), van Handel et al. (1988a) e Smith et al. (1988) também observaram que o $\dot{V}O_2$ varia linearmente com a velocidade de nado.

Os valores máximos do $\dot{V}O_2$ que determinámos (entre 60.9 e $75.2 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$, $\bar{X} = 67.4 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$, ± 4.73) foram também similares aos obtidos por outros autores. Para a técnica de bruços executada pelas nadadoras da equipa nacional de França, Cazorla et al. (1984) obtiveram valores do $\dot{V}O_2$ máx. de $\bar{X} = 65.15 (\pm 5.03) \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$. O valor médio obtido para as nadadoras que estudámos foi de $\bar{X} = 66.3 (\pm 4.73) \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$ e para os indivíduos do sexo masculino registámos $\bar{X} = 69.7 (\pm 4.78) \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$. Para os jovens nadadores da equipa de França o valor obtido por Cazorla et al. (1984) foi de $\bar{X} = 66.38 (\pm .69) \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$. Saliente-se, porém, que Astrand e Saltin (1961) e Holmér et al. (1974a) observaram, em bruços, valores apreciavelmente inferiores do $\dot{V}O_2$ máx. do que os que obtivemos e os que foram descritos por Cazorla et al. (1984). Astrand e Saltin (1961) determinaram valores de $49.6 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$ e Holmér et al. (1974a) valores entre 51.3 e $51.7 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$. A diferença entre estes resultados e os mais recentes, incluindo os do presente estudo, poderá ser explicada pela evolução da potência aeróbia dos nadadores com o treino, que ao longo do tempo

se foi tornando progressivamente mais específico e persistente (Platonov, 1987).

Para além da semelhança dos resultados descritos no último parágrafo, é também notória a similaridade dos nossos resultados com os registados para outras técnicas de nado. Magel e Faulkner (1967) obtiveram valores entre 65 e 66 mlO₂ . kg⁻¹ . mn⁻¹ para a técnica de crawl. Posteriormente, van Handel et al. (1988a) descreveram, para a mesma técnica, valores que variaram entre 49.8 e 66 mlO₂ . kg⁻¹ . mn⁻¹ para as nadadoras e entre 56.8 e 79.9 mlO₂ . kg⁻¹ . mn⁻¹ para os nadadores. Por sua vez, van Handel et al. (1988b) publicaram resultados que variaram entre 61.5 e 66.6 mlO₂ . kg⁻¹ . mn⁻¹ também para a técnica de crawl, enquanto que Smith et al. (1988) registaram valores de 61 mlO₂ . kg⁻¹ . mn⁻¹ para a técnica de costas. A comparação destes com os nossos valores parece ser legitimada pelos resultados de Holmér et al. (1974), autores que encontraram valores não significativamente diferentes do $\dot{V}O_2$ máx. em bruços e em crawl e por Troup (1991a) que observaram o mesmo relativamente às quatro técnicas. Apesar da ausência de significado estatístico nos resultados destes últimos autores, os valores observados para a técnica de bruços foram ligeiramente superiores aos registados para as restantes técnicas. Todavia, Cazorla et al. (1984) observaram valores mais elevados para estas do que para a técnica de bruços. Assim, a aproximação dos valores que obtivemos aos resultados mais elevados descritos para outras técnicas de nado parece-nos só poder ser explicada pelo elevado nível de treino dos nadadores que estudámos, bem como o facto da técnica de bruços ser, para a maioria, a sua especialidade desportiva. Esta última possibilidade é substanciada pela constatação de Cazorla et al. (1985) evidenciando que os valores do $\dot{V}O_2$ máx. determinados para um mesmo indivíduo são superiores na técnica de que é especialista.

Esta coerência geral dos valores que obtivemos parece-nos ser também extensível aos restantes parâmetros fisiológicos que avaliamos.

Na Figura 57C pode observar-se que as concentrações de lactato sanguíneo cresceram exponencialmente com a velocidade de nado, tal como está já largamente descrito (Olbrecht et al., 1992; Peyrebrune e Hardy, 1992). A este respeito salienta-se ainda que os valores que registámos para os percursos máximos foram ligeiramente inferiores ou idênticos aos descritos por outros autores. Os resultados máximos que obtivemos variaram entre 6.0 e 12.2 mmol . l⁻¹ (\bar{X} = 9.6, \pm 1.93 mmol . l⁻¹ para o BF; \bar{X} = 10.2, \pm 2.04 mmol . l⁻¹ para o BN e \bar{X} = 10.0, \pm 1.14 mmol . l⁻¹ para o BNA). Para as nadadoras, a média da lactatemia nos percursos máximos foi de \bar{X} = 9.3 (\pm 1.53) mmol . l⁻¹, enquanto que para os nadadores foi de \bar{X} = 11.2 (\pm 1.37) mmol . l⁻¹. Diferenças intersexuais nos valores da lactatemia após esforços máximos foram já anteriormente descritos e justificados (Jacobs et al., 1983; Bonifazi et al., 1991). Holmér (1972) observou valores máximos médios da lactatemia em bruços, costas e crawl de 12.8 mmol . l⁻¹ para os nadadores e de 10.8 mmol . l⁻¹ para as nadadoras. Resultados idênticos foram posteriormente determinados após provas de 200m bruços por Treffene et al. (1979): entre 11 e 14

mmol . l⁻¹ e por Cazorla et al. (1985): 12 e 14 mmol . l⁻¹, respectivamente para os indivíduos dos sexos feminino e masculino. Chatard et al. (1988) observaram valores ligeiramente superiores (13 e 16 mmol . l⁻¹, respectivamente para as nadadoras e para os nadadores). Entretanto, Keskinen (1990) registou valores máximos mais elevados após a mesma prova, variando entre 16.4 e 20.6 mmol . l⁻¹. Os valores inferiores da lactatemia máxima que observámos podem ser explicados pelo facto das velocidades máximas a que os nadadores foram testados terem sido também inferiores às suas melhores prestações na distância, o que, apesar dos constrangimentos impostos ao desempenho dos nadadores durante o teste (partida em imersão e viragens condicionadas), sugere que os nadadores não terão realizado esforços verdadeiramente máximos. Acresce a isto que os resultados publicados por outros autores reportam-se, na sua maioria, a resultados obtidos em competição, factor que introduz alterações motivacionais normalmente responsáveis por uma elevação da intensidade do esforço. Curiosamente, porém, os resultados máximos que obtivemos para o quociente respiratório foram similares aos anteriormente descritos por Holmér et al. (1974a) para a técnica de bruços nadada à velocidade máxima de competição. Este autor obteve um valor médio de $\bar{X} = 1.04 (\pm .07)$, enquanto que o valor médio de todos os registos que obtivemos nos percursos máximos foi de $\bar{X} = 1.05 (\pm .04)$. Registe-se, porém, que Bonifazi et al. (1991) registaram, também em competição, valores da lactatemia máxima em provas de 200m bruços muito semelhantes aos nossos resultados: $\bar{X} = 9.06 (\pm 1.57)$ mmol . l⁻¹ e $\bar{X} = 10.75 (\pm 2.27)$ mmol . l⁻¹, respectivamente para as nadadoras e para os nadadores.

Esta aparente discrepância entre os resultados relativos à lactatemia e ao quociente respiratório quando comparados com a literatura podem ser explicados pelos resultados individuais que apresentamos nos Quadros A23 e A27 (ANEXO 4). Pode observar-se que os valores inferiores da lactatemia nos percursos máximos corresponderam também a valores inferiores do quociente respiratório, enquanto que os valores superiores das concentrações de lactato implicaram também valores mais elevados do quociente respiratório. A similaridade das distribuições destes dois parâmetros em função da velocidade de nado é bem patente na Figura 57C e D.

Relativamente aos valores do quociente respiratório refira-se ainda que os valores sub-máximos que obtivemos concordam satisfatoriamente com os valores correspondentes publicados por Holmér et al. (1974a): $\bar{X} = .84 (\pm .05)$. Os valores médios obtidos nos percursos submáximos para as três variantes da técnica de bruços variaram entre $\bar{X} = .80 (\pm .053)$ e $\bar{X} = .85 (\pm .042)$.

Os valores da frequência cardíaca que registámos a diferentes velocidades de nado foram satisfatoriamente concordantes com os publicados noutros trabalhos, bem assim como a função de variação deste parâmetro com a intensidade do exercício (Peyrebrune e Hardy, 1992). A média dos valores máximos da frequência cardíaca calculada para as três variantes da técnica de bruços variou entre $\bar{X} = 194.2 (\pm 6.56)$ bat.

mn^{-1} e $\bar{X} = 200.1 (\pm 7.37) \text{ bat. mn}^{-1}$. Em conformidade, Treffene et al. (1979) registaram valores máximos para a prova de 200m bruços variando entre 198 e 203 bat. mn^{-1} . Valores ligeiramente inferiores foram observados por Cazorla et al. (1984) para as nadadoras da equipa nacional de França utilizando a técnica de bruços: $\bar{X} = 194.5 (\pm 5.26) \text{ bat. mn}^{-1}$. Num trabalho anterior (Vilas-Boas, 1987) observámos, porém, valores ligeiramente inferiores da frequência cardíaca máxima na distância de 200m bruços, variando entre 175 bat. mn^{-1} e 198 bat. mn^{-1} ($\bar{X} = 189.3 \text{ bat. mn}^{-1}, \pm 8.498$). Valores semelhantes a estes foram também publicados por Cazorla et al. (1984) para os jovens nadadores da equipa de França executando a técnica de bruços: $\bar{X} = 185.25 (\pm 3.69) \text{ bat. mn}^{-1}$ e por Holmér (1972): 182 bat. mn^{-1} para um brucista de elite. Entretanto, este último autor observou ainda um valor máximo médio de $\bar{X} = 178 \text{ bat. mn}^{-1}$ (variando entre 171 e 187 bat. mn^{-1}) para seis nadadoras de bruços. Por seu lado, Magel et al. (1969) obtiveram valores ainda inferiores: $\bar{X} = 165 (\pm 1.6) \text{ bat. mn}^{-1}$. As diferenças entre os resultados destes últimos estudos e os que obtivemos parecem-nos poder ser imputadas ao facto de, naqueles, terem sido estudados indivíduos com idade superior. Todavia, os resultados de Magel et al. (1969) afastam-se consideravelmente da noção de frequência cardíaca máxima (Astrand e Rodahl, 1970), podendo ter ficado a dever-se a eventuais problemas associados ao facto de terem sido obtidos durante as primeiras experiências de monitorização da frequência cardíaca por telemetria em natação.

Também relativamente aos valores sub-máximos da frequência cardíaca, os nossos resultados parecem-nos compatíveis com outros anteriormente publicados (Vilas-Boas, 1987). Para velocidades médias de $\bar{X} = .77 (\pm .01) \text{ m. s}^{-1}$, Vilas-Boas (1987) obteve valores médios de $\bar{X} = 133.9 (\pm 11.7) \text{ bat. mn}^{-1}$, enquanto que para velocidades médias de $\bar{X} = .83 (\pm .02) \text{ m. s}^{-1}$ encontrou valores de $\bar{X} = 143.3 (\pm 5.9) \text{ bat. mn}^{-1}$. No presente estudo observámos, conforme a variante em causa, valores médios de $\bar{X} = 137.8 (\pm 14.7) \text{ bat. mn}^{-1}$ e de $\bar{X} = 138.1 (\pm 15.7) \text{ bat. mn}^{-1}$ para velocidades médias de $.77 \text{ m. s}^{-1}$, enquanto que para velocidades médias de $.84 \text{ m. s}^{-1}$ registámos um valor médio de $\bar{X} = 156.8 (\pm 15.05) \text{ bat. mn}^{-1}$. As diferenças observadas poderão, entretanto, ser atribuídas à idade média inferior da presente amostra: $\bar{X} = 15.8 (\pm 2.17) \text{ anos}$ vs. $\bar{X} = 18.8 (\pm 1.44) \text{ anos}$.

Ainda relativamente à frequência cardíaca registe-se, por último, que também a variação linear da frequência cardíaca com o $\dot{V}O_2$ em estado de "equilíbrio fisiológico" era esperada, tendo já sido descrita na literatura (Astrand e Rodahl, 1970). Saliente-se, porém, que os valores da frequência cardíaca correspondentes a um dado $\dot{V}O_2$ submáximo são satisfatoriamente concordantes com os publicados por Astrand e Rodahl (1970).

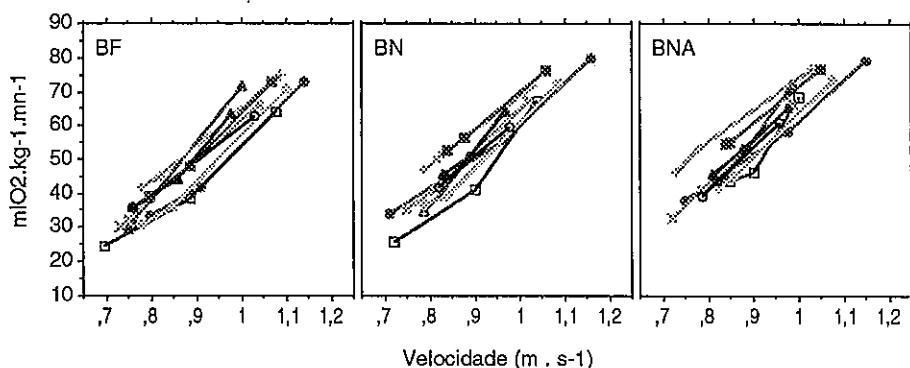
Considerando a coerência geral dos parâmetros fisiológicos estudados que emerge da discussão anterior, detenhamo-nos agora acerca de uma questão nuclear para o presente trabalho: a variação do dispêndio energético total (aeróbio + anaeróbio glicolítico) com a velocidade de nado. Analisando da Figura 57B nota-se um

progressivo crescimento do contributo energético avaliado através das concentrações sanguíneas de lactato, ao mesmo tempo que a função de variação do $\dot{V}O_2$ com a velocidade tende a deflectir. Apesar do dispêndio energético avaliado através das concentrações de lactato não reflectir fielmente a participação energética glicolítica (di Prampero et al., 1978; Saltin, 1989), é, porém, natural que a sua importância relativa cresça para esforços de intensidade superior, já que as concentrações de lactato sanguíneo crescem proporcionalmente à actividade bioenergética anaeróbia glicolítica (Olbrecht et al., 1992). Se esta constatação era já esperada, parece-nos por outro lado curioso o facto da contribuição energética avaliada pelo lactato permitir compensar a deflexão da função $\dot{V}O_2/v$, permitindo a manutenção de uma variação linear do dispêndio energético com a velocidade de nado (Figura 57A). Esta variação linear, entretanto, contradiz as expectativas de Troup e Daniels (1986) relativamente à ocorrência de uma variação exponencial do dispêndio energético total com a velocidade. Segundo Nigg (1983), uma vez que a força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador varia com o quadrado da velocidade, o trabalho realizado pelo nadador varia na razão cúbica da mesma. Nesta perspectiva, seria de esperar que o dispêndio energético associado à realização desse trabalho seguisse uma função exponencial com a velocidade, apesar de se saber que podem persistir variações da eficiência mecânica com a velocidade que alterem aquela relação (Reilly, 1990). Reforçando esta perspectiva, Hollander et al. (1990) observaram que o modelo exponencial parece ser o melhor modelo preditivo do dispêndio energético associado à acção de nadar. Todavia, verificaram também que este modelo permite apenas alterações de pormenor no valor preditivo do modelo linear. Lavoie e Montpetit (1986) referiram, entretanto, que a questão relativa à definição do modelo mais adequado é controversa. Todavia, como consequência da defesa do modelo exponencial, as relações entre o dispêndio energético e a velocidade de nado foram já estudadas com os valores desta elevados à terceira potência (Klentrou e Montpetit, 1992). A apreciação dos resultados destes autores, porém, sugere que o modelo linear poderia revelar um ajuste superior. Esta observação, bem como a constatação de uma relação linear no nosso estudo, parece-nos poder ser justificada pelo facto de termos estudado o dispêndio energético a velocidades elevadas, tendo-nos restringido ao ramo de mais acentuado declive da função exponencial.

Uma outra vertente dos nossos resultados que se mostrou coerente com resultados anteriormente disponibilizados, diz respeito à variação da economia motora com o nível de performance dos nadadores. Troup (1990) observou que o custo energético do nado a uma dada velocidade submáxima se correlaciona positivamente com a performance ($r = .88$) e de forma mais acentuada do que, por exemplo, os valores do $\dot{V}O_2$ máximo. Estes resultados concordam com a nossa constatação de que os nadadores de melhor nível desportivo da nossa amostra foram mais económicos do que os de menor nível (Figura 63). Karpovich e Millman (1944), Holmér (1972), di Prampero et al. (1974), Costill et al. (1985), Lavoie et al. (1985) e Smith et al. (1988) verificaram também que os nadadores de melhor nível desportivo são mais

econômicos do que os restantes. Nesta perspectiva, e apesar do nível desportivo dos nadadores que constituíram a nossa amostra ter sido relativamente homogêneo, as diferenças observadas a este nível poderão ter justificado a variabilidade interindividual das curvas de economia que observámos na Figura 60 e que representámos de forma mais esclarecedora na Figura 73. Uma acentuada variabilidade interindividual da economia motora em natação para indivíduos de nível desportivo semelhante foi também observada por McArdle et al. (1971), di Prampero et al. (1974), Treffene et al. (1978), Montpetit et al. (1983), Vilas-Boas (1987), Smith et al. (1988) e van Handel et al. (1988a). Dos resultados de Holmér (1974b) pode também deprender-se o mesmo, apesar da variabilidade parecer menor em bruços que nas outras técnicas de nado.

Figura 73. Variabilidade interindividual das curvas de economia obtidas para diferentes variantes da técnica de bruços.



Para além do nível desportivo dos sujeitos, as diferenças na economia motora registadas de indivíduo para indivíduo podem decorrer, como vimos no ponto 9.1.4.1., quer de diferenças ao nível da qualidade do gesto técnico, quer também das diferenças naturalmente registadas de indivíduo para indivíduo no que concerne à eficiência dos restantes passos de transformação de energia.

Para concluirmos a análise da coerência geral dos resultados que obtivemos com os anteriormente publicados na literatura, analisaremos, em continuação, as diferenças de economia registadas entre os dois sexos.

Considerando a totalidade dos pares de valores obtidos com a amostra, não registámos diferenças estatisticamente significativas entre a economia dos indivíduos dos sexos masculino e feminino executando a técnica de bruços. Estes resultados parecem contrariar os anteriormente publicados por Astrand (1978), autor que referiu que os nadadores são menos económicos do que as nadadoras ao executarem a técnica de bruços. Todavia, Boie e Montpetit (1985) e Vilas-Boas (1987) evidenciaram depois que, tal como os resultados presentes sugerem, não existem diferenças

intersexuais no que respeita à economia motora associada a esta técnica de nado. Analisando as diferenças intersexuais por variante nota-se que a inexistência de diferenças se mantém para as variantes naturais, enquanto que os nadadores se mostraram significativamente mais económicos do que as nadadoras na execução do BF (Sparrow, 1983). Esta constatação, porém, contradiz resultados que obtivemos anteriormente (Vilas-Boas, 1987), os quais não permitiram encontrar diferenças intersexuais significativas nem para o BF nem para o BN. Todavia, no estudo em causa, cada sub-grupo sexual era equilibrado em termos de número de especialistas de cada variante, podendo os resultados agora obtidos ser atribuídos ao facto de todos os nadadores do sexo masculino que estudámos serem especialistas do BF. Em contrapartida, as nadadoras eram todas especialistas das variantes naturais, não se tendo mostrado, porém, significativamente mais económicas na execução destas variantes do que os seus pares do sexo masculino. Estes resultados podem, todavia, ser afectados pelo facto dos valores do dispêndio energético não terem sido relativizados às presumíveis diferenças intersexuais da potência bioenergética máxima, mesmo que expressa em função da massa corporal. Esta diferença é nítida no que concerne ao $\dot{V}O_2$ máx., conforme evidenciam os resultados que obtivemos e os de outros autores que apresentámos acima, e pode ser explicada pelo menor percentual de massa muscular e pela menor concentração de hemoglobina na mulher (Astrand e Rodahl, 1970). Pensamos portanto não ser de excluir a possibilidade de que a diferença real seja ainda mais acentuada no BF e que na técnica de braços em geral, e especialmente nas variantes naturais, as nadadoras possam mostrar-se pelo menos ligeiramente menos económicas do que os nadadores. Na mesma perspectiva, van Handel et al. (1988a) não observaram diferenças entre os dois sexos nas rectas de regressão que calcularam entre o $\dot{V}O_2$ (expresso em $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mn}^{-1}$) e a velocidade de nado em crawl. Todavia, considerando os valores diferenciados do $\dot{V}O_2$ máx. observaram que as nadadoras deverão implicar uma percentagem superior da sua potência aeróbia máxima do que os nadadores para nadar a uma velocidade dada. Costill et al. (1985) salientaram também este efeito. Karpovich e Milman (1944), Troup e Daniels (1986) e Montpetit et al. (1988a) também não encontraram diferenças intersexuais de economia em crawl, tendo os últimos verificado ser este resultado especialmente nítido quando as dimensões corporais e a experiência desportiva são tidos em consideração.

Saliente-se, porém, que valores superiores da economia a velocidades submáximas para os indivíduos do sexo feminino relativamente aos indivíduos do sexo masculino foram já anteriormente referidos para a técnica de crawl (Rennie et al., 1973; di Prampero et al., 1974; Rennie et al., 1975; Miyashita, 1977; Pendergast et al., 1977; Pendergast et al., 1978; Montpetit et al., 1983; Saibene et al., 1983; Costill et al., 1985). Estes resultados foram atribuídos às diferenças observadas entre homens e mulheres no que respeita a: (i) dimensões corporais, com reflexo na intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposto ao deslocamento do nadador (Lavoie e Montpetit, 1986); (ii) densidade corporal e % de tecido adiposo, com reflexo no nível

de flutuabilidade hidrostática e, conseqüentemente, no percentual do volume corporal imerso e na intensidade do arrasto hidrodinâmico (Holmér, 1974c; Pendergast et al., 1977; Astrand, 1978) e (iii) no momento de rotação hidrostática decorrente da diferente distribuição tecidual entre os dois sexos, com repercussões ao nível da obliquidade corporal ou no dispêndio energético associado à manutenção da horizontalidade (Rennie et al., 1973; Rennie et al., 1975; Pendergast et al., 1977; Pendergast et al., 1978; Gagnon e Montpetit, 1981; Saibene et al., 1983).

Ainda relativamente às questões específicas suscitadas pelos dois sexos no que respeita à economia motora associada à técnica de bruços, os nossos resultados colocaram em evidência que nenhuma das variantes é executada de forma significativamente mais econômica pelos indivíduos do sexo feminino, enquanto que, entre os nadadores, o BF foi significativamente mais econômico do que as variantes naturais, não se tendo estas distinguido entre si (Figura 62). Estes resultados são parcialmente concordantes com a perspectiva de Fitzgerald (1982) e Bergen (1985), autores que referiram que as variantes naturais se adequam melhor às características morfo-funcionais das nadadoras. Se se considerar que todos os indivíduos do sexo masculino que estudámos eram especialistas de BF e que todas as nadadoras eram especialistas de uma das variantes naturais, compreende-se o resultado obtido para o sexo masculino. Todavia, o mesmo argumento já não se parece adequar aos resultados obtidos para o sexo feminino. Apesar do constrangimento imposto à comparação das três variantes por sub-grupo sexual pela distribuição assimétrica de especialistas, estes resultados são parcialmente concordantes com os resultados que obtivemos antes (Vilas-Boas, 1987) relativamente à economia do BF e do BN. No referido estudo não foi registada qualquer diferença significativa de economia entre as duas variantes quer para os nadadores, quer para as nadadoras. Nesse estudo, porém, os sub-grupos sexuais eram equilibrados no que respeita ao número de especialistas de cada variante, o que poderá explicar a diferença relativamente aos resultados do presente estudo para o sub-grupo masculino.

Os resultados apresentados na Figura 60 mostram que, para a totalidade da amostra que estudámos, o BNA foi significativamente menos econômico do que o BF e do que o BN, não se tendo registado diferenças significativas entre estas variantes. Estes resultados estão de acordo com os que obtivemos relativamente ao número de *Strukhal* (Sh), os quais revelaram que o BNA é a variante que, em média, evidencia, durante um ciclo, variações mais acentuadas da velocidade horizontal relativamente à velocidade média. O valor médio destas variações obtido para o BN foi também ligeiramente superior ao obtido para o BF, apesar das diferenças não se terem revelado com significado estatístico. Do mesmo modo, o BF mostrou-se ligeiramente mais econômico do que o BN, mas mais uma vez as diferenças não foram significativas.

Para a globalidade da amostra, o Sh corrigido pela velocidade média do ciclo e o

custo energético específico de transporte calculado para a mesma velocidade correlacionaram-se negativa e significativamente, o que quer dizer que quanto mais acentuadas foram as variações de velocidade relativamente à velocidade média, mais elevado foi também o custo energético. Este resultado era já esperado, nomeadamente devido à sua profunda fundamentação teórica no domínio da mecânica clássica e da termodinâmica, e já anteriormente havia sido tomado como argumento em favor da conveniência de se reduzirem tanto quanto possível as flutuações intra-cíclicas da velocidade de nado (Reischle, 1993). Todavia, que tenhamos conhecimento, esta relação nunca antes havia sido empiricamente demonstrada em natação, provavelmente por exigir um esforço de integração de variáveis fisiológicas e biomecânicas. Saliente-se que a correcção de Sh pela velocidade de nado foi julgada necessária uma vez que verificámos que estes dois parâmetros se correlacionam positivamente; isto é, quanto mais elevada foi a velocidade média de nado, menos pronunciadas foram as variações da velocidade relativamente à velocidade média, o que está de acordo, por exemplo, com a redução observada da extensão temporal da fase v_2-v_3 (Bober e Czabanski, 1975) e com a atenuação relativa do mínimo correspondente a v_3 (Miyashita, 1974; Costill et al., 1987) com o aumento da velocidade.

A correlação que observámos entre as duas variáveis foi, entretanto, relativamente reduzida, sobretudo se atendermos a que as leis da mecânica clássica e os princípios fundamentais da termodinâmica determinam mesmo uma relação de causalidade entre os dois fenómenos. Este resultado, porém, poderá ser explicado pelo facto da correlação em causa ter sido determinada a partir de dados obtidos em diferentes indivíduos. Variações mais pronunciadas da velocidade relativamente à velocidade média implicam que o nadador tem de, após cada desaceleração, aplicar uma força propulsiva de intensidade suficiente para vencer as forças de inércia, para além do arrasto hidrodinâmico, e acelerar de novo a sua massa (Kornecki e Bober, 1978). A intensidade destas forças propulsivas adicionais sucessivamente produzidas é função da aceleração produzida (2ª lei do movimento de Newton) e da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposto ao deslocamento do nadador. Entretanto, a intensidade deste depende não apenas da técnica e da velocidade de nado, mas também das características morfológicas de cada indivíduo (Clarys, 1979). Ao produzir as forças propulsivas referidas e ao acelerar a sua massa, o nadador realiza trabalho, o qual é proporcional à aceleração e ao arrasto hidrodinâmico a que o nadador está sujeito (Nigg, 1983). A variação do custo energético para uma dada velocidade média com o arrasto hidrodinâmico foi colocada em evidência por Holmér (1974b) em bruços e crawl e por Montpetit et al. (1988a) apenas para a última destas técnicas de nado. Por sua vez, a realização de trabalho mecânico pressupõe uma utilização proporcional de energia livre, a qual é fornecida pelos sistemas biológicos fornecedores de energia química (aeróbios e anaeróbios). A proporcionalidade referida é, entretanto, função da eficiência dos diferentes passos de transformação energética, sendo a entropia associada a cada um dependente de variáveis susceptíveis de maior ou menor variabilidade

interindividual (cf. ponto 9.1.4.1.). Em síntese parece-nos ser lícito esperar que o dispêndio energético associado a um determinado nível de variação da velocidade ao longo de um ciclo seja susceptível de variar de indivíduo para indivíduo em função das variáveis individuais determinantes do arrasto hidrodinâmico (Montpetit et al., 1988b) e da variabilidade interindividual da eficiência dos diferentes passos de transformação de energia química (Troup e Daniels, 1986), desta em energia mecânica e, finalmente, desta última em trabalho propulsivo.

Foi atendendo a esta esperada variabilidade interindividual da associação entre o dispêndio energético e as variações da velocidade que decidimos explorar os valores individuais desta correlação, tendo podido constatar valores de r apreciavelmente elevados (Quadro 23).

Apesar de para a totalidade da amostra termos observado que o BNA implicou, em média, variações significativamente mais pronunciadas da velocidade relativamente à velocidade média do que o BN e o BF e que, simultaneamente, foi significativamente menos económico do que as outras duas variantes, o estudo dos dados individuais colocaram em evidência que estes resultados não se verificaram em todos os casos (Figura 59 e Quadro A19, Anexo 3). O BF e o BN mostraram-se significativamente mais económicos do que as restantes variantes em 3 casos e o BNA num. O BF foi ainda a técnica mais económica em 2 casos, mas não se distinguindo significativamente de uma das restantes; num caso partilhou essa posição com o BN e noutro com o BNA. O BF, entretanto, nunca se mostrou como a variante significativamente menos económica, enquanto que o BN foi a variante menos económica em 2 casos isoladamente e em outros dois conjuntamente com o BNA, enquanto que esta última variante foi, para além destes casos, também menos económica em 5 outros. Os resultados relativos a Sh obtidos para cada indivíduo nas três variantes foram completamente compatíveis com estas constatações. Estes resultados são conformes à ideia de que a definição da variante da técnica braços mecanicamente mais adequada será mais função das características individuais de cada nadador (Alves, 1984; Vilas-Boas, 1987), parecendo que, no estudo de amostras, só é possível definir tendências gerais e sugerir razões para as mesmas, de qualquer maneira dificilmente passíveis de generalização. Nesta mesma perspectiva parece também convergir o facto de termos observado a existência de um elevado número de interações significativas entre os factores nadador e variante técnica com que realizámos a ANOVA no tratamento dos resultados relativos aos deslocamentos segmentares.

Para além das questões anteriores, a análise dos resultados individuais sugere uma outra constatação interessante: nem sempre a variante em que o nadador foi considerado especialista foi aquela onde se mostrou mais económico e onde evidenciou variações menos pronunciadas da velocidade relativamente à velocidade média. Resultados idênticos haviam já sido obtidos antes (Vilas-Boas, 1987) considerando as diferenças de economia estudadas apenas entre o BF e o BN. Para

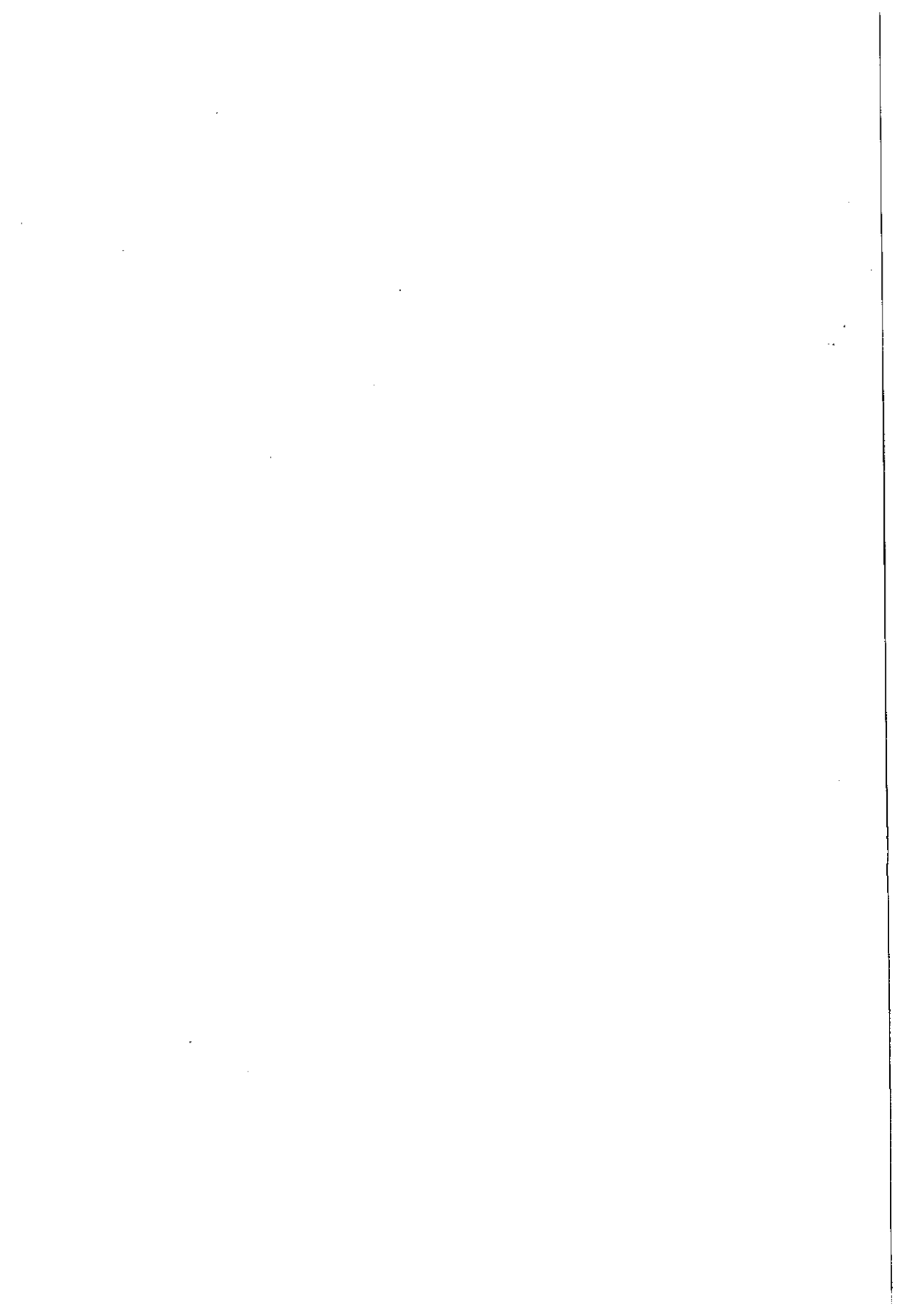
os indivíduos A e D, por exemplo, a técnica na qual são considerados especialistas - BN - foi exactamente aquela que se revelou significativamente menos adequada. O mesmo aconteceu para os indivíduos E e F relativamente ao BNA. Constatções deste tipo, porém, não puderam ser obtidas para os especialistas no BF. Estas observações sugerem que, em alguns casos, a eleição de uma variante pelos diferentes nadadores poderá ter seguido outros critérios que não a maior adequação mecânica às suas características pessoais, podendo ter desempenhado um papel não desprezível, neste contexto, a tendência para a adopção das variantes surgidas mais recentemente e que proporcionaram resultados de relevo a alguns dos seus executantes mais destacados. Sugerem ainda que a avaliação objectiva da técnica poderá desempenhar um papel decisivo na optimização do rendimento desportivo do nadador.

O estudo das correlações entre os parâmetros relativos aos deslocamentos segmentares e a economia motora colocou apenas em evidência que, quando se consideram os valores obtidos para a totalidade da amostra, a distância horizontal percorrida por ciclo correlaciona-se negativa e significativamente com o custo energético específico de transporte. Este resultado era já esperado, não apenas pelas relações teóricas que podem ser estabelecidas (cf. ponto 5.2.3.), como também por já anteriormente esta relação ter sido posta em evidência por Costill et al. (1985) para a técnica de crawl, Lavoie et al. (1985) também para a técnica de crawl e para a técnica de bruços e, finalmente, por Smith et al. (1988) para a técnica de costas. Todavia, pode notar-se que este resultado não é coerente com as diferenças registadas entre as três variantes no que respeita a qualquer destes parâmetros. O BF e o BN foram as técnicas mais económicas, enquanto que o BNA foi de todas a que implicou valores superiores do custo energético associado a uma dada velocidade de nado. Em contrapartida, o BN e o BNA foram as variantes onde a DC foi superior. Esta incoerência parece-nos revelar a existência de uma ou mais relações espúrias, não contempladas neste estudo, que influenciam a relação estudada. Pensamos mesmo que se deverá tratar de uma relação estabelecida com uma variável mais característica das variantes naturais, já que a correlação observada foi mais elevada para estas do que para o BF. Efectivamente, se considerarmos apenas estas variantes, a que evidenciou valores superiores da DC foi também, das duas, a mais económica.

Apesar de não terem revelado significado estatístico, a obtenção de correlações negativas entre o custo energético e os índices de estabilização antero-posterior do trajecto motor do pé e de correlações positivas entre os mesmos parâmetros relativos à mão, reforça as considerações anteriores (cf. ponto 9.2.1.) acerca da relevância biomecânica diferenciada dos deslocamentos antero-posteriores dos membros superiores e inferiores e justifica a reduzida expressão dos valores de r obtidos para o índice absoluto de estabilização dos movimentos segmentares. Finalmente, quer o índice de tortuosidade do deslocamento à frente do pé, expresso em percentagem do índice de tortuosidade do movimento da anca, quer a amplitude

do movimento de recuperação aérea dos membros superiores no BNA, não se revelaram significativamente correlacionados com o custo energético. Todavia, o facto do valor de r ter sido negativo e mais elevado para o BNA no primeiro caso e positivo no segundo, sugere a possibilidade destes factores poderem influenciar, ainda que minimamente, a economia motora. Nesta perspectiva, quanto mais acentuada a amplitude da recuperação aérea, mais elevado será o custo energético associado ao nado a uma velocidade dada, o que reforça a ideia que expressámos antes de que se trata de uma acção aparentemente desfavorável. Em contrapartida, a tênue correlação inversa observada entre o índice de tortuosidade do movimento do pé, expresso em percentagem da tortuosidade do movimento da anca, e o custo energético, sugere a possibilidade da propagação céfalo-caudal mais acentuada do movimento ondulatorio do corpo poder constituir um agente facilitador da adequação mecânica do gesto nas variantes naturais, e especialmente no BNA, ao contrário do que acontece no BF. Já anteriormente discutimos as evidências que sugerem a possibilidade das “pernadas adicionais” não de repercutirem em qualquer vantagem hidrodinâmica propulsiva, apesar do movimento ondulatorio poder contribuir para reduzir a intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposto ao deslocamento do nadador. A correlação positiva que obtivemos entre o índice de tortuosidade da anca e o custo energético, apesar de não significativa, parece-nos corroborar estas perspectivas. Todavia, o facto de ela ter sido negativa para o BNA, exactamente a variante para a qual a tortuosidade do deslocamento à frente dos membros inferiores, expressa em percentagem da tortuosidade do movimento da anca, se correlacionou mais acentuada e negativamente com o custo energético, leva-nos a admitir a possibilidade do movimento ondulatorio e das “pernadas adicionais” poderem desempenhar um papel positivo, ainda que insignificante, na adequação mecânica glocal do gesto.

Saliente-se ainda que a correlação de DC com Sh não foi estatisticamente significativa ($r = -.229$), tendo, porém, sido negativa. Uma correlação negativa seria já de esperar, uma vez tomadas em consideração as correlações que obtivemos entre Sh e ESh e entre o custo energético específico de transporte e a DC. Uma eventual explicação para este resultado parece-nos poder radicar-se na possibilidade da DC e do Sh serem duas variáveis que, conjunta mas independentemente, condicionam a economia motora; isto é, a técnica seria tanto mais económica quanto mais elevada fosse a distância horizontal percorrida por ciclo que a caracterizasse a uma dada velocidade média, considerando um mesmo índice de variação da velocidade relativamente àquela. Nesta perspectiva, quer Sh, quer DC, parecem-nos dever ser tomadas como variáveis intermédias que condicionam a relação entre os movimentos segmentares e a economia motora, no que provavelmente serão acompanhadas pela sincronização particular das diferentes acções segmentares e pela intensidade das forças propulsiva efectiva e de arrasto hidrodinâmico que cada nadador produz e a que se sujeita em cada fase particular da técnica.



10. Conclusões

Dos resultados do presente estudo relativos à caracterização e comparação das três variantes da técnica de braços tendo por base a cinemática, referenciada a um ponto fixo, da mão, do pé e da anca em diferentes planos, pudemos retirar as seguintes conclusões:

(i) O nadador de braços, independentemente da variante que execute, privilegia os deslocamentos segmentares propulsivos realizados segundo direcções oblíquas mas predominantemente transversais relativamente à direcção de nado, o que é coerente com a valorização do mecanismo de produção de força propulsiva preconizado pela teoria do *aerofoil*.

(ii) Para qualquer das variantes da técnica de braços estudadas, os padrões dos deslocamentos da mão e do pé em diferentes planos variam de indivíduo para indivíduo. Todavia, as três variantes distinguem-se claramente entre si, apesar de na variância de alguns parâmetros, as formas particulares de execução dos diferentes sujeitos em cada variante, evidenciarem uma influência significativa.

(iii) No braços formal, os movimentos propulsivos da mão são mais acentuadamente verticais do que nas variantes naturais, enquanto que os movimentos propulsivos do pé são mais acentuadamente horizontais, com componentes laterais e antero-posteriores mais pronunciadas. No entanto, o deslocamento antero-posterior da mão é também mais pronunciado no braços formal do que no braços natural ou no braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

(iv) A utilização de uma componente vertical ascendente durante o *outsweep* do trajecto motor da mão, não é uma característica exclusiva das variantes naturais, apesar de ser mais ampla e persistente nestas do que no braços formal.

(v) No braços formal, os movimentos ondulatórios da mão, do pé e da anca são menos perceptíveis, menos regulares e menos pronunciados do que nas variantes naturais e a acentuação céfalo-caudal do movimento ondulatório global do corpo é mais reduzida. Esta particularidade, porém, não parece constituir uma desvantagem biomecânica.

(vi) No braços formal, a amplitude total dos movimentos segmentares avaliados, bem como a distância horizontal percorrida por ciclo, são inferiores relativamente às variantes naturais.

(vii) No braços natural com recuperação aérea dos membros superiores, os movimentos propulsivos da mão são menos verticais e mais acentuadamente horizontais (laterais e antero-posteriores) do que no braços natural. Caracterizam-se ainda por uma mais reduzida amplitude da componente vertical ascendente do *outsweep*.

(viii) O trajecto motor do pé não se distingue entre as variantes naturais.

(ix) No bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores, os deslocamentos à frente da mão e do pé são mais tortuosos do que no bruços natural; verifica-se ainda uma maior aproximação dos segmentos à superfície da água e uma também mais elevada incidência de "pernadas adicionais" semelhantes à acção dos membros inferiores na técnica de mariposa. Estas, todavia, não constituem uma inequívoca vantagem hidrodinâmica.

(x) O movimento ondulatório do corpo no bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores evidencia uma acentuação céfalo-caudal mais pronunciada do que no bruços natural e o movimento da anca no plano sagital só se distingue, entre estas variantes, pela maior amplitude vertical característica da primeira.

(xi) No bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores, as amplitudes totais dos movimentos da mão e do pé no plano sagital, e deste último também no plano frontal, são superiores às que se observaram serem características do bruços natural. A distância horizontal percorrida por ciclo, porém, não se distingue entre as duas variantes.

Dos resultados do presente estudo relativos à caracterização e comparação das três variantes da técnica de bruços tendo por base as curvas de variação da velocidade horizontal ao longo de um ciclo e outros parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos calculados ou estimados a partir delas, pudemos retirar as seguintes conclusões:

(i) Para um mesmo indivíduo, as curvas de variação da velocidade horizontal ao longo de um ciclo obtidas nas três variantes evidenciam padrões aproximados.

(ii) Em todas as variantes e para todos os nadadores, o perfil da variação da velocidade ao longo de um ciclo seguiu uma estrutura bimodal.

(iii) Em qualquer das variantes, o valor médio do "pico" máximo da velocidade horizontal durante o ciclo foi obtido em associação à acção propulsiva dos membros inferiores.

(iv) O bruços formal não se distingue do bruços natural quer no que respeita às variações globais da velocidade horizontal relativamente à velocidade média, quer no que respeita aos valores da velocidade horizontal relativa nos pontos notáveis da curva velocidade/tempo.

(v) O bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores caracteriza-se por implicar variações da velocidade horizontal relativamente à velocidade média mais pronunciadas do que o bruços formal e o bruços natural. Relativamente ao bruços formal, estas mais acentuadas flutuações da velocidade horizontal decorrem

de valores inferiores de v_1 e v_4 e de valores superiores de v_2 . Relativamente ao braços natural, as variações mais acentuadas da velocidade resultam especialmente de um menor valor de v_4 .

(vi) A fase propulsiva da acção dos membros inferiores (v_1 - v_2) é decisiva para a distinção entre o braços formal e o braços natural. O tempo decorrido entre v_1 e v_2 é superior no braços formal, a aceleração média durante esta fase é inferior e a distância horizontal percorrida entre os pontos notáveis em causa é superior. O braços formal distingue-se do braços natural também por proporcionar velocidades horizontais médias superiores durante a fase v_3 - v_4 , associada à acção propulsiva dos membros superiores.

(vii) A fase de transição entre as acções propulsivas dos membros inferiores e superiores (v_2 - v_3) é decisiva para a distinção do braços formal relativamente ao braços natural com recuperação aérea dos membros superiores. Ela é menos prolongada no braços formal e determina que, nesta variante, seja percorrida uma menor distância horizontal no seu decurso. Durante esta fase, a velocidade horizontal média relativa e o impulso horizontal resultante negativo são inferiores no braços formal relativamente ao braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

(viii) A fase v_3 - v_4 , associada à acção propulsiva dos membros superiores, é mais demorada no braços formal do que no braços natural com recuperação aérea dos membros superiores, implicando valores também superiores da distância horizontal média percorrida no seu decurso.

(ix) O braços formal e o braços natural com recuperação aérea distinguem-se ainda por valores inferiores da aceleração horizontal e do impulso horizontal resultante por fase a que o nadador se sujeita durante a acção propulsiva dos membros inferiores no braços formal.

(x) A acção dos membros inferiores no braços formal ou é menos propulsiva do que nas variantes naturais ou proporciona ao nadador a sujeição a uma força de arrasto hidrodinâmico de intensidade inferior.

(xi) A duração da fase v_3 - v_4 , associada à acção propulsiva dos membros superiores, e a distância horizontal percorrida no seu decurso, são inferiores no braços natural com recuperação aérea dos membros superiores do que no braços natural. Estas variantes distinguem-se também porque a primeira proporciona uma velocidade horizontal média superior durante a fase v_2 - v_3 e inferior durante as acções de recuperação (v_4 - v_1).

(xii) As variantes naturais não se distinguem entre si pelas acelerações horizontais médias e pelos impulsos horizontais resultantes que implicam nas diferentes fases do ciclo.

Dos resultados do presente estudo relativos à caracterização e comparação das três variantes da técnica de bruços tendo por base os parâmetros fisiológicos avaliados, as curvas de economia e o estudo das suas relações com as variações da velocidade horizontal ao longo de um ciclo, pudemos retirar as seguintes conclusões:

(i) Considerando os valores médios da amostra, o bruços natural com recuperação aérea dos membros superiores é uma variante da técnica de bruços menos económica do que as variantes formal e natural, facto que se fica a dever às variações mais pronunciadas da velocidade horizontal que implica durante um ciclo. Nestes parâmetros, o bruços formal e o bruços natural não se distinguem.

(ii) Para diferentes indivíduos, as três variantes da técnica de bruços estudadas proporcionam valores de economia relativa também diferenciados, nem sempre sendo a variante mais económica coincidente com a variante em que se considera ser o nadador especialista.

(iii) Na técnica de bruços, o dispêndio energético total (anaeróbio glicolítico + aeróbio) varia linearmente com a velocidade de nado.

(iv) A economia motora na técnica de bruços variou de indivíduo para indivíduo, tendo, porém, sido superior para os nadadores de melhor nível desportivo.

(v) Os resultados relativos à economia motora sugerem a não existência de diferenças intersexuais de economia na técnica de bruços, independentemente da variante considerada.

(vi) As variações com a velocidade de nado das concentrações máximas de lactato, doseadas após o esforço, e dos valores do quociente respiratório, seguiram ditribuições semelhantes e idênticas às anteriormente descritas na literatura.

(vii) A frequência cardíaca cresceu linearmente com o consumo de oxigénio em estado de "equilíbrio fisiológico". Com a velocidade de nado, este parâmetro cresceu linearmente até à ocorrência de uma zona de deflexão.

Dos resultados do presente estudo relativos à pesquisa de interdependências entre os parâmetros avaliados, pudemos retirar as seguintes conclusões:

(i) A distância horizontal percorrida por ciclo a uma dada velocidade média é um critério válido para a avaliação da nível global de adequação mecânica da técnica de bruços, correlacionando-se negativamente com o custo energético específico de transporte a essa mesma velocidade. Correlaciona-se ainda negativamente com o deslocamento antero-posterior do pé durante o trajecto motor, quer em valor absoluto, quer em valor relativo.

(ii) Na técnica de braços, uma maior amplitude do deslocamento antero-posterior da mão durante o trajecto motor não pode ser utilizada como critério para a avaliação de incorrecções técnicas.

(iii) Independentemente da variante considerada, os impulsos horizontais resultantes por fase correlacionam-se significativamente com parâmetros relativos aos deslocamentos segmentares, nomeadamente:

- o impulso horizontal resultante entre v1 e v2, correlaciona-se positivamente com a amplitude do deslocamento transversal do pé durante o trajecto motor. Por outro lado, correlaciona-se negativamente com o deslocamento antero-posterior do pé durante o trajecto motor no plano frontal, quando relativizado à amplitude do deslocamento transversal, e com a profundidade máxima do movimento de deslocamento à frente da mão. Para o braços natural, correlaciona-se ainda negativamente com a tortuosidade do deslocamento à frente da mão;

- o impulso horizontal resultante entre v2-v3, correlaciona-se negativamente com as amplitudes dos deslocamentos transversais do pé e da mão. Esta última correlação é especialmente significativa nas variantes naturais;

- o impulso horizontal resultante associado à acção propulsiva dos membros superiores, correlaciona-se negativamente com a amplitude do deslocamento vertical da mão durante o *outsweep* e positivamente com a amplitude transversal, a profundidade máxima e a amplitude vertical do trajecto motor da mão. As duas primeiras correlações são especialmente significativas para o braços formal;

- o impulso horizontal resultante associado às acções de recuperação, correlaciona-se positivamente com a tortuosidade do movimento de recuperação da mão e com a profundidade máxima do mesmo. A primeira destas correlações, entretanto, é especialmente significativa para o braços natural.

(iv) Na técnica de braços, o impulso horizontal resultante propulsivo máximo correlaciona-se positivamente com a força propulsiva máxima medida em nado estacionário.

(v) Independentemente da variante considerada, a aceleração horizontal média por fase correlaciona-se significativamente com parâmetros relativos aos deslocamentos segmentares, nomeadamente:

- a aceleração horizontal associada à acção propulsiva dos membros inferiores correlaciona-se positivamente com a tortuosidade do movimento da anca e negativamente com o deslocamento antero-posterior dos segmentos propulsivos, relativizado aos respectivos deslocamentos verticais e transversais, e com o deslocamento antero-posterior do pé durante o trajecto motor no plano frontal,

relativizado ao respectivo deslocamento transversal. A primeira destas correlações é especialmente significativa para o braço formal. Para o braço natural, a aceleração horizontal na fase em causa correlaciona-se ainda negativamente com as profundidades mínima e máxima do trajecto motor do pé;

- a aceleração horizontal associada ao deslize ou à transição entre as acções propulsivas dos membros inferiores e superiores, correlaciona-se negativamente com o índice de tortuosidade e com a amplitude vertical do movimento da anca no plano sagital;

- a aceleração horizontal associada à acção propulsiva dos membros superiores correlaciona-se positivamente com a profundidade máxima e com a amplitude vertical do trajecto motor da mão;

- a aceleração horizontal associada às acções de recuperação correlaciona-se, para o braço natural, com a profundidade máxima do movimento da anca no plano sagital.

(vi) As variações da velocidade horizontal relativamente à velocidade média ao longo de um ciclo crescem, na técnica de braços, com: a amplitude do deslocamento vertical da mão durante o *outsweep*; o deslocamento lateral da mão no plano transversal relativizado ao deslocamento vertical; a tortuosidade do movimento da anca e do deslocamento à frente do pé e com a amplitude vertical do movimento da anca no plano sagital. Por outro lado, decrescem com: a profundidade máxima e a amplitude vertical do trajecto motor da mão; a profundidade mínima do deslocamento à frente do pé e a profundidade mínima do movimento da anca no plano sagital.

(vii) Não foi possível reconhecer qualquer vantagem para a adopção de uma componente vertical ascendente durante o *outsweep*.

(viii) No braço natural com recuperação aérea dos membros superiores, a necessidade de emergir as mãos durante a recuperação, parece implicar uma redução da capacidade propulsiva da fase final da braçada. Isto poderá ser agravado pelo facto da recuperação aérea dos membros superiores não parecer proporcionar uma vantagem hidrodinâmica significativa.

11. Perspectivas para o futuro

Tendo por base os resultados do presente estudo, julgamos possível sistematizar algumas linhas de desenvolvimento ulterior, que categorizamos em duas grandes vertentes: (i) por um lado, perspectivas relativas ao desenvolvimento do processo de preparação desportiva dos nadadores especialistas na técnica de bruços e, (ii) por outro, perspectivas em relação aos desenvolvimentos futuros no domínio da investigação.

No que respeita às possíveis repercussões no processo de treino, julgamos poder destacar as seguintes:

(i) a definição da variante da técnica de bruços em que cada nadador se deve especializar parece depender das suas características específicas, devendo ser suportada por critérios objectivos de avaliação do nível de adequação mecânica de cada uma para cada sujeito particular. Neste contexto, qualquer tentativa de "normalização" técnica pela duplicação de formas de execução próprias de nadadores com sucesso, ou pela criação de "escolas" no seio das diferentes equipas, parecem-nos constituir uma iniciativa carecida de suporte científico;

(ii) a sincronização das diferentes acções segmentares particulares integrantes da técnica, deverá constituir uma preocupação central no domínio dos cuidados relativos à optimização mecânica de qualquer das variantes da técnica de bruços. Neste contexto, a avaliação regular das curvas de variação da velocidade horizontal ao longo de um ciclo poderá constituir um procedimento decisivo no domínio da implementação de um programa de avaliação e controlo do treino;

(iii) num dado nadador, a evolução dos pressupostos condicionais do rendimento desportivo e a evolução da técnica deverão ser procuradas de forma dialéctica, condicionando o desenvolvimento dos primeiros às imposições determinadas pela segunda e reestruturando esta em função das novas disponibilidades entretanto desenvolvidas;

(iv) a implementação de programas de avaliação regular do treino e da capacidade individual para o rendimento desportivo, pode tornar-se uma realidade em Portugal, estando hoje disponíveis critérios objectivos acentuadamente informativos, quer no domínio dos factores fisiológicos condicionantes do rendimento, quer ainda no domínio dos pressupostos biomecânicos e na interface de ambos. Neste sentido, pensamos que o presente trabalho poderá ter contribuído de forma significativa, uma vez que proporcionou, pela primeira vez, a determinação directa do consumo de oxigénio específico em nadadores e, por outro, constituiu um dos primeiros contributos no domínio da implementação de meios e métodos para a avaliação biomecânica de nadadores em Portugal.

No que respeita aos desenvolvimentos futuros no domínio da investigação, o presente estudo parece-nos suscitar as seguintes perspectivas:

(i) a conveniência do estudo dos factores condicionais (morfológicos e funcionais) determinantes da maior ou menor adaptação particular de cada indivíduo a cada uma das variantes da técnica de braços. Estes estudos foram já iniciados por Colman e Persyn (1991) e Colman et al. (1992), mas carecem de desenvolvimentos futuros, nomeadamente no que se refere ao estudo da possibilidade do braço natural com recuperação aérea dos membros superiores impôr necessidades particulares no domínio do desenvolvimento da força dos grupos musculares motores dos membros superiores;

(ii) a importância de um estudo cinemático e hidrodinâmico aprofundado da acção propulsiva dos membros superiores no braço natural com recuperação aérea dos mesmos, especialmente em nadadores com níveis diferenciados de desenvolvimento da força dos grupos musculares responsáveis pela fase final da acção propulsiva da braçada.

(iii) a necessidade de desenvolver meios e métodos de avaliação rigorosa da cinemática do centro de gravidade do nadador e, simultaneamente, a conveniência de se desenvolverem meios e métodos de avaliação objectiva da técnica mais interactivos com o processo de treino.

12. Referências

- Adams, T. A., II; Martin, R. B.; Yeater, R. A. e Gilson, K. A. (1983). Tethered force and velocity relationships. *Swim. Tech.*, Nov-Jan: 21-26.
- Adams, T. M. (1980). A cinematographic analysis of a single underwater front crawl armstroke (ABS). *Completed Research in Health, Physical Education and Recreation*, 22: 80.
- Adrian, M. J.; Singh, M. e Karpovich, P. V. (1966). Energy cost of leg kick, arm stroke, and whole crawl stroke. *J. Appl. Physiol.*, 21(6): 1763-1766.
- Alexander, R. M. e Goldspink, G. (1977). *Mechanics and energetics of animal locomotion*. Chapman and Hall, London.
- Alley, L. E. (1952). An analysis of water resistance and propulsion in swimming. *Res. Quart.*, 23: 253-270.
- Alves, C. e Vilas-Boas, J. P. (1992). Kinematical analysis of swimming freestyle hand-path with and without hand-paddles. In: R. Rodano, G. Ferrigno e G. Santambrogio (eds.), *X Symposium of The International Society of Biomechanics in Sports*, pp. 74-77. Edi-Erms, Milan.
- Alves, F. B. (1984). Análise sumária da técnica de brucos. *Ludens*, 9(1): 43-51.
- Andersen, K. L. (1960). Energy cost of swimming. *Acta Chirur. Scand.*, (Supl. 253): 169-174.
- Arellano, R. (1985). Criteri per lavalutazione della tecnica nel nuoto con pinne. In: F.I.P.S.A.S., *Orta Atti del Convegno*, pp. 55-64. CONI Scuola dello Sport, Roma.
- Arellano, R. (1989). Informe asistencia a curso de entrenadores ampeonatos europeos de natacion, Bonn - verano 1989. *Com. Téc. Esc. Nac. Entrenadores, Fed. Esp. Nat.* 5: 19-36.
- Arellano, R. e Pardillo, S. (1992). An evaluation of changes in the crawl-stroke technique during training periods in a swimming season. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 143-149. E & FN Spon, London.
- Astrand, I. (1960). Aerobic work capacity in men and women. *Acta Physiol. Scand.*, 49: Supl. 169.
- Astrand, P.-O. (1952). *Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age*. Ejnar Munksgaard, Copenhagen.
- Astrand, P.-O. (1978). Aerobic power in swimming. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 127-131. University Park Press, Baltimore.
- Astrand, P.-O. e Rodahl, K. (1970). *Textbook of work physiology*. Mac Graw-Hill, New York.
- Astrand, P.-O. e Saltin, B. (1961). Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *J. Appl. Physiol.*, 16: 977-981.
- Bahr, R.; Opstad, P. K.; Medbø, J. I. e Sejersted, O. M. (1991). Strenuous prolonged exercise elevates resting metabolic rate and causes reduced mechanical efficiency. *Acta physiol. Scand.*, 141: 555-563.
- Barthels, K. M. (1979). The mechanism for body propulsion in swimming. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 45-54. University Park Press, Baltimore.
- Barthels, K. M. (1982). A decade of biomechanics. *Swim. Tech.*, Ag-Out.: 15-19.
- Barthels, K. M. e Adrian, M. J. (1975). Three-dimensional spatial hand patterns of skilled butterfly swimmers. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 154-160. University Park Press, Baltimore.
- Barzdukas, A.; Franciosi, P.; Trappe, S.; Letner, C. e Troup, J. P. (1992). Adaptations to interval training at common intensities and different work: rest ratios. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 189-194. E & FN Spon, London.
- Basset, D. R.; Flohr, J.; Duey, W. J.; Howley, E. T. e Pein, R. L. (1991). Metabolic responses to drafting during front crawl swimming. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23(6): 744-747.
- Belokivsky, V. e Ivanchenko, E. (1975). A hydrokinetic apparatus for the study and improvement of leg movements in the breaststroke. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 64-69. University Park Press, Baltimore.
- Beltz, J. D.; Costill, D. L.; Thomas, R.; Fink, W. J. e Kirwan, J. P. (1988). Energy demands of interval training for competitive swimmers. *J. Swim. Research*, 4(3): 5-9.
- Bergen, P. (1985). Close to the breast (entrevista por M. Muckenfuss). *Swim. Tech.*, Ag-Out.: 8-14.
- Berlioux, M. (1967). *La natacion*. Editorial Hispano Europea, Barcelona.
- Bishop, P. A.; Smith, J. F.; Kime, J. C.; Mayo, J. M. e Tin, Y. H. (1992). Comparison of a manual and a automated enzymatic technique for determining blood lactate concentrations. *Int. J. Sports Med.*, 13(1): 36-39.
- Bober, T. e Czabanski, B. (1975). Changes in breaststroke techniques under different speed conditions. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 188-193. University Park Press, Baltimore.
- Boicev, K. e Tzvetkov, A. (1975). Instrumentation and methods for complex investigations of swimming. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 80-89. University Park Press, Baltimore.

- Boie, G. e Montpetit, R.R. (1985). Energetic profile of the breaststroke: influence of morphological characteristics. *Can. J. Appl. Sp. Sci.*, 10(4): 5P.
- Boitchev, K. (1981). Biomechanical analysis of selected phases of the crawl and breast strokes. In: A. Morecki, K. Fidelius, K. Kedzior e A. Wit (eds.), *Biomechanics VII*, pp. 455-459. University Park Press, Baltimore.
- Bonen, A.; Wilson, B. A.; Yarkony, M. e Belcastro, A. N. (1980). Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. *J. Appl. Physiol.*, 48(2): 232-235.
- Bonifazzi, M.; Martelli, G.; Marugo, L.; Sardella, F.; Saini, G. e Carli, G. (1991). Blood lactate accumulation in top level swimmers after competitions. In: J. M. Cameron (ed.), *Aquatic Sports Medicine 1991*, pp. 50-56. Farrand Press, London.
- Bouzou, J.; Cazorla, G. e Barault, D. (1987). Pentathlon moderne. Effects de deux modalités d'entraînement en course et en natation. *Science et Motricité*, 3: 3-13.
- Boxem, A. (1960). Meting van stuwkracht bij zwemmers. (Arranjo de L. Mosterd de uma dissertação de Boxem (1958)). *Koninkl. Ned. Akad. Wetenschap. Proc.*, C63: 664-675.
- Brockmann, P. (1978). *Natación, ayudas metodológicas para la enseñanza*. Kapelus, Buenos Aires.
- Brown, K. A. (1981). A cinematographic analysis of selected kinematics of the back crawl stroke (ABS). *Completed Research in Health, Physical Education and Recreation*, 23: 227.
- Brown, M. R. e Counsilman, J. E. (1970). The roll of lift in propelling the swimmer. *C. I. C. Symposium on Biomechanics*, Indiana University.
- Cake, F. (1942). The relative effectiveness of two types of frog kick used in swimming the breaststroke. *Res. Quart.*, 13: 201-204.
- Camus, G. e Thys, H. (1991). An evaluation of the maximal anaerobic capacity in man. *Int. J. Sports Med.*, 12(4): 349-355.
- Camus, G.; Fosstom, A.; Juchmès, J. e Burette, J. L. (1984). Equivalent énergétique de la production du lactate plasmatique dans la course d'intensité supramaximale. *Arch. Int. Physiol. Biochim.*, 92: 361-368.
- Capelli, C.; Cogalotto, A.; Girardis, M.; Zamparo, P.; Francescato, M.P. e Soule, R. G. (1992). Underwater torque and energy cost of front crawl swimming. *VIII Meeting of The European Society of Biomechanics*, June, 21-24. Rome, Itali.
- Cappaert, J. M.; Bone, M.; Troup, J. P. (1992a). Intensity and performance related differences in propelling and mechanical efficiencies. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 49-52. E & FN Spon, London.
- Cappaert, J. M.; Franciosi, P. G.; Laughans, G. W.; Troup, J. P. (1992b). Indirect calculation of mechanical and propelling efficiency during freestyle swimming. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 53-56. E & FN Spon, London.
- Carlile, F. (1967). *Natación*. Paidós, Buenos Aires.
- Carlin, J. A. (1978). Body composition, sinking force and oxygen uptake of young swimmers treading water (ABS). *Completed Research in Health, Physical Education and Recreation*, 20: 316.
- Catteau, R. e Garoff, G. (1977). *L'enseignement de la natation*. Vigot, Paris.
- Cavanagh, P. R. (1976). Recent advances in instrumentation and methodology of biomechanical studies. In: P. V. Komi (ed.), *Biomechanics VB*, pp. 399-411. University Park Press, Baltimore.
- Cavanagh, P. R. e Kram, R. (1985a). The efficiency of human movement - a statement of the problem. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17(3): 304-308.
- Cavanagh, P. R. e Kram, R. (1985b). Mechanical and muscular factors affecting the efficiency of human movement. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17(3): 326-331.
- Cavill, M. J. (1973). A mathematical and cinematographical analysis of propulsive effects in the dolphin butterfly (ABS). *Completed Research in Health, Physical Education and Recreation*, 15: 158.
- Cazorla, G. (1993). *Tests spécifiques d'évaluation du nageur*. Association pour la Recherche et l'Évaluation en Activité Physique et en Sport, Cestas.
- Cazorla, G. e Montpetit, R. R. (1988). Metabolic and cardiac responses of swimmers, modern pentathletes, and water polo players during freestyle swimming to a maximum. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 251-257. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Cazorla, G. e Montpetit, R. (1983). Niveau d'entraînement et spécificité de la consommation maximale d'oxygène chez le nageur. *Motricité Humaine*, 1: 50-55.
- Cazorla, G.; Montpetit, R. (1988). Metabolic and cardiac responses of swimmers, modern pentathletes and water polo players during freestyle swimming to a maximum. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 251-257. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Cazorla, G.; Montpetit, R. e Chatard, J.-C. (1985). Aspects biologiques de la natation de compétition. *Culture et technique*, 13: 127-158.

- Cazorla, G.; Montpetit, R.; Prokop, P. e Cervetti, J.-P. (1984). De l'évaluation des nageurs de haut niveau... à la détection des jeunes talents. In: *Evaluation de la Valeur Physique, Travaux et Recherches en E.P.S.*, 7: 185-208. I.N.S.E.P. - Publications, Paris.
- Cervetti, J.-P. (1985). Le contrôle de l'entraînement en natation par la mesure de la lactatémie. *Le message de l'Association Réflexion Natation, Compte Rendu des Journées Natation*, pp. 15-21. CANET.
- Chatard, J. C.; Collomp, C.; Maglischo, E. e Maglischo, C. (1990). Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. *Int. J. Sports Med.*, 11(2): 116-161.
- Chatard, J. C.; Collomp, C.; Maglischo, E. e Maglischo, C. (1991). Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. In: J. M. Cameron (ed.), *Aquatic Sports Medicine 1991*, pp. 202-214. Farrand Press, London.
- Chatard, J. C.; Lavoie, J. M. e Lacour, J. R. (1992). Swimming skill cannot be interpreted directly from the energy cost of swimming. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, p. 173-179. E & FN Spon, London.
- Chatard, J. C.; Lavoie, J. M.; Lacour, J. R. (1990b). Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 61: 88-92.
- Chatard, J.-C. (1985). Influence des facteurs morphologiques et de l'entraînement sur le rendement énergétique. In: *Le Message de l'Association Réflexion Natation, Compte Rendu des Journées Natation*, pp. 53-63. CANET.
- Chatard, J.-C.; Padilla, G. e Lacour, J. R. (1986). Influence of body dimensions and training on front crawl swimming performance. *5th International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, Bielefeld.
- Chatard, J.-C.; Paulin, M. e Lacour, J.-R. (1988). Postcompetition blood lactate measurements and swimming performance: illustrated by data from a 400-m Olympic Record Holder. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 311-316. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Chollet, D. (1990). *Approche scientifique de la natation sportive*. Vigot, Paris.
- Chrisovoulos, G. Y. (1989). Monitoring the training process in top level swimmers with blood lactate measurements (ABS). *Proceedings of The First IOC World Congress in Sports Sciences*, pp. 28, Colorado Springs.
- Clarys, J. P. (1978a). An experimental investigation of the application of fundamental hydrodynamics to the human body. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 386-394. University Park Press, Baltimore.
- Clarys, J. P. (1978b). Relationship of human body form to passive and active hydrodynamic drag. In: E. Asmussen e K. Jørgensen (eds.), *Biomechanics VIB*, pp. 120-125. University Park Press, Baltimore.
- Clarys, J. P. (1979). Human morphology and hydrodynamics. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 3-41. University Park Press, Baltimore.
- Clarys, J. P.; Jiskoot, J. e Lewillie, L. (1973). L'emploi de traces lumineuses dans l'analyse biomécanique de différents styles de natation. *Kinanthropologie*, 5: 123-144.
- Clarys, J. P.; Jiskoot, J.; Rijken, H. e Brouwer, P. J. (1974). Total resistance in water and its relation to body form. In: R. C. Nelson e C. A. Morehouse (eds.), *Biomechanics IV*, pp. 187-196. University Park Press, Baltimore.
- Clarys, J. P.; Toussaint, H. M.; Bollens, E.; Vaes, W.; Huijing, P.A.; De Groot, G.; Hollander, A. P.; De Witt, B. e Cabri, J. (1988). Muscular specificity and intensity in swimming against a mechanical resistance-surface EMG in MAD and free swimming. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 191-199. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Colman, V. e Persyn, U. (1991). *Diagnosis of the movement and physical characteristics leading to advice in breaststroke*. Continental course in swimming for coaches. Gelsenkirshen, FINA-COI-DSV.
- Colman, V.; Daly, D.; Desmet, S. e Persyn, U. (1992). Relation between physical characteristics and undulation in the breaststroke. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 365-370. E & FN Spon, London.
- Colman, V.; Persyn, V. e Daly, D. (1989). *PC-seminars on sport technique and training, bridging the theory-practice gap*. SDS, Universidade Católica de Leuven, Leuven.
- Colwin, C. (1980). *La Rana. La tecnica del nuoto*, 7-8: inserto speciale tecnico pp. I-IV.
- Colwin, C. (1984). Fluid dynamics: vortex circulation in swimming propulsion. In: *ASCA World Clinic Year Book 1984*, pp. 38-46. American Swimming Coaches Association. Fort Lauderdale, Florida.
- Colwin, C. (1985a). Essential fluid dynamics in swimming. *ASCA Newsletter*, Jul.-Ag.: 22-27.
- Colwin, C. (1985b). Practical applications of flow analysis as a coaching tool. *ASCA Newsletter*, Set.-Out.: 5-8.

- Colwin, C. M. (1992). *Swimming into the 21st century*. Leisure Press, Champaign, Illinois.
- Corlett, E. N. e Mahadeva, K. (1970). A relationship between a freely chosen work pace and energy consumption curves. *Ergonomics*, 13: 517-524.
- Costill, D. L. (1966a). L'analyse de la brasse. *Document I.N.S.* N° 508.
- Costill, D. L. (1966b). Use of a swimming ergometer in physiological research. *Res. Quart.*, 37: 564-567.
- Costill, D. L. (1985). The 1985 McCloy research lecture practical problems in exercise physiology research. *Res. Quart.*, 56(4): 378-384.
- Costill, D. L.; Cahill, P. J. e Eddy, D. (1967). Metabolic responses to submaximal exercise in three water temperatures. *J. Appl. Physiol.*, 22(4): 628-632.
- Costill, D. L.; Kovaleski, J.; Porter, D.; Kirwan, J.; Fielding, R. e King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle distance events. *Int. J. Sports Med.*, 6: 266-270.
- Costill, D. L.; Lee, G. e D'Acquisto, R. J. (1987). Video-computer assisted analysis of swimming technique. *J. Swim. Research*, 3(2): 5-9.
- Costill, D. L.; Maglischo, E. W. e Richardson, A. B. (1992). *Swimming*. Blackwell Scientific Publications, London.
- Cotes, E. N. e Meade, F. (1960). The energy expenditure and mechanical energy demand in walking. *Ergonomics*, 3: 97-119.
- Counsilman, J. E. (1955). Forces in swimming two types of crawl stroke. *Res. Quart.*, 26(2): 127-139.
- Counsilman, J. E. (1968). *The science of swimming*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York.
- Counsilman, J. E. (1971). The application of bernoulli's principle to human propulsion in water. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Proceedings of the First International Symposium on "Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving"*, pp. 59-71. Universite Libre de Bruxelles, Bruxelles.
- Counsilman, J. E. (1977). *Competition swimming manual for coaches and swimmers*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York.
- Counsilman, J. E. (1980). *Natación competitiva*. Hispano Europea, Barcelona.
- Coureton, T. K. (1971). Biomechanics of Swimming with interrelationships to fitness and performance. *Proceedings of the First International Symposium on Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving*, pp. 31-52.
- Craig, A. B., Jr. (1984). The basics of swimming. *Swim. Tech.*, Fev.-Abr.: 22-27.
- Craig, A. B., Jr. e Pendergast, D. R. (1979). Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Med. Sci. Sports*, 11(3): 278-283.
- Craig, A. B., Jr., Boomer, W. L. e Gibbons, J. F. (1979). Use of stroke rate, distance per stroke and velocity relationships during training for competitive swimming. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 265-274. University Park Press, Baltimore.
- Craig, A. B., Jr.; Boomer, W. L. e Skehan, P. L. (1988). Patterns of velocity in competitive breaststroke swimming. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 73-77. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Craig, A. B., Jr.; Skehan, P. L.; Pawelczyk, J. A. e Boomer, W. L. (1985). Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17(6): 625-633.
- Curry, I. (1979a). The breaststroke evolution. *Swim. Inter.*, Abr.: 22-23.
- Curry, I. (1979b). "New" techniques in breaststroke. *Swim. Inter.*, Maio: 38-39.
- Czabanski, B. (1975). Asymmetry of the lower limbs in breaststroke swimming. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Swimming II*, pp. 207-213. University Park Press, Baltimore.
- Czabanski, B. e Antoniuk, K. (1981). Photogrammetry applied to the spatial characteristics of an arm movement in swimming. In: A. Morecki, K. Fidelus, K. Kedsior e A. Wit (eds.), *Biomechanics VIII B*, pp. 436-441. University Park Press, Baltimore.
- Czabanski, B. e Koszycz, T. (1979). Relationship between stroke asymmetry and speed of breaststroke swimming. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 148-152. University Park Press, Baltimore.
- D'Acquisto, L. J.; Barzdukas, A. P.; Dursthoff, P.; Letner, C. e Troup, J. P. (1992a). Physiological adaptations to 60 vs 20 minutes of swim training at 76% $\dot{V}O_{2max}$. In: In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 195-200. E & FN Spon, London.
- D'Acquisto, L. J.; Bone, M.; Takahashi, G.; Langhans, A. P.; Barzdukas, A. P. e Troup, J. P. (1992b). Changes in aerobic power and swimming economy as a result of reduced training volume. In: In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 201-206. E & FN Spon, London.
- D'Acquisto, L. J.; Costill, D. L.; Grehlsen, G. M.; Young, W.-T. e Lee, G. (1988). Breaststroke economy, skill, and performance: study of breaststroke mechanics using a computer based "velocity-video" system. *J. Swim. Research*, 4(2): 9-13.
- D'Acquisto, L. J.; Troup, J. e Holmberg, S. (1991). Stroke related differences in economy as a result of long course and flume swimming. In: J. M. Cameron (ed.), *Aquatic Sports Medicine 1991*, pp. 98-101. Farrand Press, London.

- Dal Monte, A. (1971). Presenting an apparatus for motion picture, television and scan shots of the movement of swimming. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Proceedings of The First International Symposium on "Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving"*, pp. 127-128. Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.
- Dalton, D. (1907). *How to swim*. Knickerbook Press, New York.
- Daly, D.; Persyn, U.; Van Tilborgh, L. e Riemaker, D. (1988). Estimation of sprint performances in the breaststroke from body characteristics. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 101-107. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Daly, D.; Thevelein, X. e Persyn, U. (1981). Effectiveness and efficiency of crawl stroke swimming: a case study. *Hermes (Lewen)*, 15: 427-434.
- Daly, D.; Thewissen, M. e Persyn, U. (1980). The influence of swimming aids on the progress of speed in the four swimming strokes with first year P. E. students. *Proceedings of The XXII ICHPER World Congress*, pp. 217-225. Kiel.
- Daniels, J. T. (1985). A physiologist's view of running economy. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17(3): 332-338.
- De Groot, G. e Van Ingen Schenau, G. J. (1988). Fundamental mechanics applied to swimming: technique and propelling efficiency. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 17-29. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- De Groot, G. e Van Ingen Schnau, G. J. (1988). Fundamental mechanics applied to swimming: technique and propeling efficiency. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 17-29. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Di Prampero, P. E. (1986). The energy cost of human locomotion on land and water. *Int. J. Sports Med.*, 7: 55-72.
- Di Prampero, P. E.; Pendergast, D. R.; Wilson, D. W.; Rennie, D. W. (1974). Energetics of swimming in man. *J. Appl. Physiol.*, 37: 1-5.
- Di Prampero, P. E.; Pendergast, D. R.; Wilson, D. W.; Rennie, D. W. (1978). Blood lactic acid concentrations in high velocity swimming. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 249-261. University Park Press, Baltimore.
- Dixon, R. W. e Faulkner, J. A. (1971). Cardiac outputs during maximum effort running and swimming. *J. Appl. Physiol.*, 30(5): 653-656.
- Dubois, C. e Robin, J.-P. (1985). *Natation de l'école... aux associations*. Édition Revue EPS, Paris.
- Dupuis, R.; Adrian, M.; Yoneda, Y. e Jack, M. (1979). Forces acting on the hand during swimming and their relationships to muscular, spatial and temporal factors. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 110-117. University Park Press, Baltimore.
- East, D. J. (1970). Swimming: an analysis of stroke frequency, stroke length and performance. *New Zealand Journal of Heart, Physical Education and Recreation*, 3: 16-27.
- Easterling, D. (1975). Breaststroke hints. *Swim. World*, 16(3): 48.
- Eriksson, B. O.; Holmér, I. e Lundin, A. (1978). Physiological effects of training in elite swimmers. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 177-187. University Park Press, Baltimore.
- F.I.N.A. (1991-1992). Constitution and rules governing swimming, diving, water polo and synchronized swimming 1991-1992, F.I.N.A..
- Faulkner, J. A. (1966). Physiology of swimming. *Res. Quart.*, 37(1): 41-54.
- Firby, H. (1975). *On swimming*. Pelham Books, Londres.
- Firby, H. (1985). Fundamentals of breaststroke for novice swimmers. *Swim. Times*, Supl. Téc. 7: 1-7.
- Fitzgerald, J. (1982). Breaststroke. In: *ASCA World Clinic Year Book*, pp. 163-176.
- Frederick, E. C. (1985). Synthesis, experimentation, and the biomechanics of economical movement. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17(1): 44-47.
- Frederick, E. C. (1987). Biomechanical aspects of endurance. In: D. Macleod, R. Maughan, M. Nimmo, T. Reilly e C. Williams (eds.), *Exercise: benefits, limits and adaptations*, pp. 205-219. E & FN Spon, London.
- Freitag, W. (1982). *Natação, treino, técnica, tática*. Casa do Livro Editora, Lisboa.
- Gaesser, G. A. e Brooks, G. A. (1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16(1): 29-43.
- Gagnon, M. e Montpetit, R. R. (1981). Technological development for the measurement of the center of volume in the human body. *J. Biomech.*, 14: 235-241.
- Gallenstein, J. e Houston, R. L. (1973). Analysis of swimming motions. *Human Factors*, 15(1): 91-98.
- Gerrard, D.; Hollings, S. C. e Robson, G. J. (1991). Blood lactate responses after competition. In: J. M. Cameron (ed.), *Aquatic Sports Medicine 1991*, pp. 58-64. Farrand Press, London.
- Goff, L. G.; Brubach, H. F. e Specht, H. (1957). Measurements of respiratory responses and work efficiency of underwater swimmers utilizing improved instrumentation. *J. Appl. Physiol.*, 10(2): 197-202.

- Goldfuss, A. G. e Nelson, R. C. (1971). A temporal and force analysis of the crawl arm stroke during tethered swimming. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Proceedings of the First International Symposium on Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving*, pp. 129-142. Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.
- Goubel, F. (1989). Muscle elasticity and mechanical efficiency. *Proceedings of The first IOC World Congress in Sport Sciences*, pp. 239-243. Colorado Springs.
- Gross, G. (1978). Il Nuoto a Rana. *La tecnica del nuoto*, 4(3): 24-26.
- Grosser, M. e Neumaier, A. (1986). *Técnicas de entrenamiento*. Ediciones Martínez Roca, S. A., Barcelona.
- Guilbert, P. R. (1968). *La natation d'aujourd'hui*. Bornemann, Paris.
- Hahn, A. e Krug, T. (1992). Applications of knowledge gained from coordination of partial movements in breaststroke and butterfly swimming for the development of technical training. In: Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 167-171. E & FN Spon, London.
- Haljand, R. (1986). Modelos técnicos de estilos, salidas y vueltas en el desarrollo técnico de los nadadores. *1º Congreso Mundial de Entrenadores*, Madrid.
- Hallet, B. (1978). Breaststroke, a research based application. *JOPER*, Jan.: 69-70.
- Hay, I. G.; McIntyre, D. R. e Wilson, N. V. (1975). An evaluation of selected carrying methods used in lifesaving. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Swimming II*, pp. 247-253. University Park Press, Baltimore.
- Hay, J. G. (1985). *Biomechanics of sport technics*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hay, J. G. (1988). The status of research on the biomechanics of swimming. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 3-14. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Hay, J. G. e Thayer, A. M. (1989). Flow visualization of competitive swimming techniques: the tufts method. *J. Biomechanics*, 22(1): 11-19.
- Hermansen, L. e Saltin, B. (1969). Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J. Appl. Physiol.*, 26: 31-37.
- Hoecke, G. e Gruendler, G. (1975). Use of light trace photography in teaching swimming. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Swimming II*, pp. 194-206. University Park Press, Baltimore.
- Hoffman, S. F. (1976). Competency-based training in skill analysis: designing assessment systems. In: R. Stadilus (ed.), *Research of Practice in Physical Education*, pp. 3-11. AAPER.
- Hollander, A. P.; de Groot, G.; van Ingen Schenau, G. J.; Kahman, R. e Toussaint, H. M. (1988). Contribution of the legs to propulsion in front crawl swimming. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 39-43. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Hollander, A. P.; de Groot, G. e Van Ingen Schenau, G. J. (1985a). Active drag in female swimmers. *Abstracts of the 10th International Congress of Biomechanics*.
- Hollander, A. P.; Schreurs, A. W.; Meulemans, A.; De Best, H.; De Groot, G. e Van Ingen Schenau, G. J. (1985b). Measurement of effective hand propulsive force during front crawl swimming. *Abstracts of the 10th International Congress of Biomechanics*.
- Hollander, A. P.; Troup, J. P. e Toussaint, H. M. (1990). Linear vs exponential extrapolation in swimming research. *Abstracts of the VIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, Liverpool.
- Holmér, I. (1971). Oxygen uptake during swimming at different speeds in the aquatic swim mill. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Proceedings of the First International Symposium on Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving*, pp. 199-205. Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.
- Holmér, I. (1972). Oxygen uptake during swimming in man. *J. Appl. Physiol.*, 33: 502-509.
- Holmér, I. (1974a). Propulsive efficiency of breaststroke and freestyle swimming. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 33: 95-103.
- Holmér, I. (1974b). Energy cost of arm stroke, leg kick and the whole stroke in competitive swimming styles. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 33: 105-118.
- Holmér, I. (1974c). Physiology of swimming man. *Acta Physiol. Scand.*, (supl. 407).
- Holmér, I. (1975). Efficiency of breaststroke and freestyle swimming. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 130-136. University Park Press, Baltimore.
- Holmér, I. (1979). Analysis of acceleration as a measure of swimming proficiency. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 118-124. University Park Press, Baltimore.
- Holmér, I. (1983). Energetics and mechanical work in swimming. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 154-164. Human Kinetics Publishers, Campaign, Illinois.
- Holmér, I. e Astrand, P.-O. (1972). Swimming training and maximal oxygen uptake. *J. Appl. Physiol.*, 23: 510-513.
- Holmér, I. e Gullstrand, L. (1980). Physiological responses to swimming with a controlled frequency of breathing. *Scand. J. Sports Sci.*, 2(1): 1-6.

- Holmér, I.; Lundin, A. e Eriksson, B. O. (1974a) Maximum oxygen uptake during swimming and running by elite swimmers. *J. Appl. Physiol.*, 36(6): 711-714.
- Holmér, I.; Stein, E. M.; Saltin, B.; Ekblom, B. e Astrand, P.-O. (1974b). Hemodynamic and respiratory responses compared in swimming and running. *J. Appl. Physiol.*, 37(1): 49-54.
- Hopper, R.; Hadley, C.; Piva, M. e Bambauer, B. (1983). Measurement of power delivered to an external weight. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing, e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 113-119. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Houston, M. E.; Christensen, N. J.; Galbo, H.; Holst, J. J.; Nielsen, B.; Nygaard, E. e Saltin, B. (1978). Metabolic responses to swimming at three different water temperatures. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 327-333. University Park Press, Baltimore.
- Huijing, P. A.; Hollander, A. P. e De Groot, G. (1983). Efficiency and specificity of training in swimming: an editorial. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 1-6. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Huijing, P. A.; Hollander, A. P. e De Groot, G. (1983). Efficiency and specificity of training in swimming: an editorial. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing, e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 1-6. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Iguaran, J. (1972). *Historia de la natacion antigua e moderna de los juegos olímpicos*. Tolosa.
- Jacobs, I.; Tesch, P. A.; Bar-or, O.; Karlsson, J. e Dotan, R. (1983). Lactate in human skeletal muscle after 10 and 30 s of supramaximal exercise. *J. Appl. Physiol.*, 55(2): 365-367.
- Jang, K. T.; Flynn, M. G.; Costill, D. L.; Kirwan, J. P.; Houmard, J. A.; Mitchell, J. B. e D'Acquisto, L. J. (1987). Energy balance in competitive swimmers and runners. *J. Swim. research*, 3(1): 19-23.
- Japanese Society of Physical Education (J.S.P.E.) (1977). Factors governing competitive swimming records. *Swim. Tech.*, Verão: 40-42.
- Jiskoot, J. e Clarys, J. P. (1975). Body resistance on and under the water surface. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 105-109. University Park Press, Baltimore.
- Karpovich, P. e Le Maistre, H. (1940). Prediction of time in swimming breaststroke based on oxygen consumption. *Res. Quart.*, 11: 40-44.
- Karpovich, P. V. (1930). The effect of oxygen inhalation on swimming performance. *Res. Quart.*, 1: 24-30.
- Karpovich, P. V. (1933). Water resistance in swimming. *Res. Quart.*, 4: 21-28.
- Karpovich, P. V. e Karpovich, G. P. (1970). magnetic tape natograph. *Res. Quart.*, 41: 119-122.
- Karpovich, P. V. e Millman, N. (1944). Energy expenditure in swimming. *Am. J. Physiol.*, 142: 140-144.
- Kasch, F. W. (1978). Maximal oxygen uptake in older male swimmers during free swimming and stationary cycling. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 143-146. University Park Press, Baltimore.
- Kemper, H. C. G.; Verschuur, R.; Clarys, J. P. e Jiskoot, J. (1983). Total efficiency and swimming drag in swimming the front crawl. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 199-206. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Kemper, H. C. G.; Verschuur, R.; Clarys, J. P.; Jiskoot, J. e Rijken, H. (1976). Efficiency of swimming the front crawl. In: P. V. Komi (ed.), *Biomechanics VB*, pp. 243-249. University Park Press, Baltimore.
- Kent, M. R. e Atha, J. (1971). Selected critical transient body positions in breast stroke and their influence upon water resistance. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Proceedings of the First International Symposium on Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving*, pp. 119-126. Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.
- Kent, M. R. e Atha, J. (1975a). A device for the on-line measurement of instantaneous swimming velocity. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Swimming II*, pp. 58-63. University Park Press, Baltimore.
- Kent, M. R. e Atha, J. (1975b). Intracycle kinematics and body configuration changes in the breaststroke. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 125-129. University Park Press, Baltimore.
- Keskinen, K. L. e Komi, P. V. (1988). Interaction between aerobic/anaerobic loading and biomechanical performance in freestyle swimming. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 285-293. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Keskinen, L. (1990). *The interrelationships of stroking characteristics, force production and anthropometric variables in freestyle swimming with special reference to swimming velocity at different aerobic/ anaerobic intensity levels*. Tese de Doutorado, University of Jyväskylä.

- Keul, J.; Doll, E. e Keppler, D. (1972). Energy stores of the muscle cell and anaerobic energy supply. In: E. Jokl (ed.), *Energy metabolism of human muscle*, pp. 19-51. Karger, Basel.
- Kipke, L. (1978). Dynamics of oxygen uptake during step-by-step loading in swimming flume. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 137-142. University Park Press, Baltimore.
- Klauck, J. e Daniel, K. (1976). The determination of man's drag coefficients and effective propelling forces in swimming by means of chronocyclography. In: P. Komit (ed.), *Biomechanics VB*, pp. 250-257. University Park Press, Baltimore.
- Klauck, J.; Daniel, K. e Wirtz, W. (1990). Velocity fluctuations in the breaststroke swimming cycle and their influence on average swimming speed. *Vith International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 1-5. Liverpool.
- Klentrou, P. P. e Mpntpetit, R. R. (1992). Energetics of backstroke swimming in males and females. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24(3): 371-375.
- Klissouras, V. (1968). Energy metabolism in swimming the dolphin stroke. *Int. Z. Angew. Physiol. Einschl. Arbeitsphysiol.*, 25: 142-150.
- Klissouras, V. e Sinning, W. S. (1978). Metabolic prediction of swimming performance. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 262-273. University Park Press, Baltimore.
- Kohrt, W. M.; Morgan, D. W.; Bates, B. e Skinner, J. S. (1987). Physiological responses of triathletes to maximal swimming, cycling, and running. *Med. Sc. Sports Exerc.*, 19(1): 51-55.
- Kolmogorov, S. V. e Duplishcheva, O. A. (1992). Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *J. Biomechanics*, 25(3): 311-318.
- Kornecki, S. e Bober, T. (1978). Extreme velocities of a swimming cycle as a technique criterion. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 402-407. University Park Press, Baltimore.
- Kruchoski, E. P. (1954). *A Performance analysis of drag and propulsion in three selected forms of the back crawl*. Tese de Doutorado. State University of Iowa, Iowa.
- Lacour, J. R.; Padilla-Magunacelaya, S.; Barthélémy, J. C. e Dormois, D. (1990). The energetics of middle-distance running. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 60: 38-43.
- Lacoursière, R. (1973). *La natation de compétition*. Les Éditions de L'Homme, Montréal.
- Lavoie, J. M.; Léger, L. A.; Leone, M. e Provencher, P.-J. (1985). A maximal multistage swim test to determine the functional and maximal aerobic power of competitive swimmers. *J. Swim. Research*, 1(2): 17-22.
- Lavoie, J.-M. e Montpetit, R. R. (1986). Applied physiology of swimming. *Sports Medicine*, 3: 165-189.
- Lavoie, J.-M. e Nadeau, M. (1980). La natation. In: M. Nadeau e F. Péronnet (eds.), *Physiologie Appliquée de L'Activité Physique*, pp. 95-106. Vigot, Paris.
- Lavoie, J.-M.; Léger, L.; Montpetit, R. R. e Chabot, S. (1983). Backward extrapolation of $\dot{V}O_2$ from the $\dot{V}O_2$ recovery curve after a voluntary maximal 400-m swim. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing e G. De Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 222-227. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Léger, L. A.; seliger, V. e Brassard, L. (1980). Backward extrapolation of $\dot{V}O_{2max}$ from the $\dot{V}O_2$ recovery curve. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 12: 24-27.
- Lehninger, A. L. (1971). *Bioenergetics*. W. A. Benjamin. Menlo Park, California.
- LePere, C. B. (1973). Cardiovascular and metabolic response of skilled and recreational college age swimmers to running and swimming (ABS). *Completed Research in Health, Physical education and Recreation*, 15: 63.
- LePere, C. B.; Porter, G. H. (1975). Cardiovascular and metabolic response of skilled and recreational swimmers during running and swimming. In: Taylor (ed.), *Applications of science and medicine to sport*, pp. 234-247. Thomas, Springfield.
- Lewillie, L. (1970). Analyse des différents styles de nage par traces lumineuses. *Educ. Phys. et Sport*, 103 (Supl. Doc. et Res. 17).
- Lewillie, L. (1971). Graphic and electromyographic analysis of various styles of swimming. *Medicine and Sport, Biomechanics II*. Karger, Basel.
- Lewin, G. (1978). *Natação*. Estampa, Lisboa.
- Loetz, C.; Reischle, K. e Schmitt, G. (1988). The evaluation of highly skilled swimmers via quantitative and qualitative analysis. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 361-367. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
- Lotufo, J. (s.d.). *Ensinando a nadar*. Brasil Editora, São Paulo.
- Magel, J. R. (1970). Propelling force measured during tethred swimming in the four competitive swimming styles. *Res. Quart.*, 41: 68-74.
- Magel, J. R. e Faulkner, J. A. (1967). Maximum oxygen uptake of college swimmers. *J. Appl. Physiol.*, 22: 929-933.

- Magel, J. R. e McArdle, D. W. (1970). Propelling force and metabolic and circulatory considerations in swimming. *Scholastic Coach*, 40: 58-67.
- Magel, J. R.; Foglia, G. F.; McArdle, W. D.; Gutin, B.; Pechar, G. S. e Katch, F. I. (1974). Specificity of swimming training on maximum oxygen uptake. *J. Appl. Physiol.* 38(1): 151-155.
- Magel, J. R.; McArdle, W. D. e Glaser, R. M. (1969). Telemetered heart rate response to selected competitive swimming events. *J. Appl. Physiol.*, 26: 764-770.
- Maglischo, C. W.; Maglischo, E. W. e Santos, T. R. (1987). The relationship between the forward velocity of the center of gravity and the forward velocity of the hip in the four competitive strokes. *J. Swim. Research*, 3(2):11-17.
- Maglischo, C. W.; Maglischo, E. W.; Higgings, J.; Hinrichs, R.; Luedtke, D.; Schleihau, R.E. e Thayer, A. (1988). A biomechanical analysis of the 1984 U.S. olympic freestyle distance swimmers. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 351-360. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Maglischo, C. W.; Maglischo, E. W.; Sharp, R. L.; Zier, D. Y. e Katz, A. (1984). Tethered and nontethered crawl swimming. In: J. Terauds, K. Barthels, E. Kreighzum, J. Crakes (eds.), *Sports Biomechanics*, pp. 163-176. Academic Publishers, California.
- Maglischo, E. W. (1982). *Swimming faster - A comprehensive guide to the science of swimming*. Mayfield Publishing Company, Palo Alto.
- Maglischo, E. W. (1985a). Reducing drag. In: D. G. Arnold (ed.), *United states swimming coaches' college resource guide*, pp. 1-16. U.S. Swimming-Coaches College, Colorado Springs.
- Maglischo, E. W. (1985b). Propulsive force. In: D. G. Arnold (ed.), *United states swimming coaches college resource guide*, pp. 1-22. U.S. Swimming-Coaches College, Colorado Springs.
- Maglischo, E. W. (1986). Hidrodinamic propulsion. *Int. Swim., Water Polo, Diving and Synchronized Swim.*, 1: 52-54.
- Maglischo, E. W. e Brennan, C. F. (1985). *Swim for the health of it*. Mayfield Publishing Company, Palo Alto.
- Manley, P. K. e Athia, J. (1992). Intra-stroke velocity fluctuations in paced breaststroke swimming. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 151-159. E & FN Spon, London.
- Margaria, R.; Cerretelli, P.; Aghemo, P. e Sassi, G. (1963). Energy cost of running. *J. Appl. Physiol.*, 18: 367-370.
- Marquardt, D. N. (1963). An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 2: 431-441.
- Mason, B. R.; Patton, S. G. e Newton, A. P. (1989). Propulsion in breaststroke swimming. In: W. E. Morrison (ed.), *Proceedings of the VIIth International Symposium of the Society of Biomechanics in Sports*, pp. 257-267. Melbourne.
- Mason, B. R.; Sweetenham, W. F. e Anglim, J. (1986). Intra-stroke velocity variations of elite australian swimmers (ABS). *5th International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*. Bielefeld.
- Mason, B. R.; Trong, Z. C. e Richardos, R. J. (1992). Propulsion in the butterfly stroke. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 81-86. E & FN Spon, London.
- Mathews, D. K. e Fox, E. L. (1979). *Bases fisiológicas da educação física e dos desportos*. Interamericana, Rio de Janeiro.
- McArdle, W. D.; Glaser, R. M. e Magel, J. R. (1971). Metabolic and cardiorespiratory response during free swimming and treadmill walking. *J. Appl. Physiol.*, 30(5): 733-738.
- McArdle, W. D.; Zwiren, L. e Magel, J. R. (1969). Validity of the postexercise heart rate as a means of estimating heart rate during work of varying intensities. *Res. Quart.*, 40(3): 523-528.
- McElroy, K. e Blanksby, B. (1976). Intra-cycle velocity fluctuations of highly skilled breast-stroke swimmers. *The Aust. J. Health, Phys. Educ. Recre.*, Março: 25-34.
- McIntyre, D. R. e Hay, J. G. (1975). Dual media cinematographi. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 51-57. University Park Press, Baltimore.
- McMurray, R. G.; DeSelm, R. L. e Johnston, L. F. (1990). The use of arm stroke index to indicate improvement in swimming training during a competitive season. *J. Swim. Research*, 6(2): 10-15.
- McPherson, L. (1978). A cinematographical biomechanical analysis of David Wilkie's breast-stroke. *Swim. Tech.*, Winter: 111-116.
- Menaud, M. e Zins, L. (1979). *Natation sportive*. Amphora, Paris.
- Miller, D. I. (1975). Biomechanics of swimming. In: J. H. Willmore e J. F. Keogh (eds.), *Exercise and Sport Sciences Reviews*, pp. 219-248. Academic Press, New York.
- Minxing, C. (1984). An added kick for breaststrokers. *Swim. Tech.*, Ag.-Out.: 15-19.

- Miyashita, M. (1971). An analysis of fluctuations of swimming speed. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Proceedings of The First International Symposium on Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving*, pp. 53-58. University Libre de Bruxelles, Bruxelles.
- Miyashita, M. (1974). Method of calculating mechanical power in swimming the breaststroke. *Res. Quart.*, 45: 128-137.
- Miyashita, M. (1975). Arm action in the crawl stroke. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Swimming II*, pp. 167-173. University Park Press, Baltimore.
- Miyashita, M. (1977). Method of calculating overall efficiency in swimming crawl stroke. *Swim. Tech.*, Fall: 87-90.
- Miyashita, M. e Tsunoda, R. (1978). Water resistance in relation to body size. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 395-401. University Park Press, Baltimore.
- Monteil, K. M. e Rouar, A. H. (1992). Influence of the size of the paddles in front crawl stroke. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 99-104. E & FN Spon, London.
- Montpetit, R. (1981). Efficiency, economy and energy expenditure in swimming. *ASCA World Clinic Yearbook*, pp. 83-92.
- Montpetit, R. e Cazorla, G. (1986). Energy cost of swimming is related to body size (ABS). *5th International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 60. Bieldfeld.
- Montpetit, R. e Cazorla, G. (1987). Energy cost of swimming is related to body size. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Montpetit, R. R.; Lavoie, J.-M. e Cazorla, G. (1983). Aerobic energy cost of swimming the front crawl at high velocity in international class and adolescent swimmers. In: A. P. Hollander, P. A. Huijting e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 228-234. Human Kinetics Publishers, Campaign, Illinois.
- Montpetit, R.; Cazorla, G. e Lavoie, J.-M. (1988a). Energy expenditure during front crawl swimming: a comparison between males and females. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 229-235. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Montpetit, R.; Duvallet, A.; Cazorla, G. e Smith, H. (1987). The relative stability of maximal aerobic power in elite swimmers and its relation to training performance. *J. Swim. Research*, 3(1): 15-18.
- Montpetit, R.R.; Léger, L. A.; Lavoie, J.-M. e Cazorla, G. (1981). VO₂ peak during free swimming using the backward extrapolation of the O₂ recovery curve. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 47: 385-391.
- Montpetit, R.; Smith, H.; Boie, G. (1988b). Topic report: swimming economy: how to standardize the data to compare swimming proficiency. *J. Swim. Research*, 4(1): 5-8.
- Mosterd, W. L. e Jongbloed, J. (1962). Analysis of the stroke of highly trained swimmers. *Int. Z. Angew. Physiol. Einschl. Arbeitsphysiologie*, 20: 288-293.
- Nadel, E. R.; Holmér, I.; Bergh, U. e Astrand, P.-O. (1973). Energy exchanges of swimming man. *Fed. Proc.*, 32(3): 422 (Abst. 1126).
- Nagy, J. (1989). Breaststroke: Technique and training. *ASCA Magazine*, Oct/Nov: 1-12.
- Navarro, F.; Arellano, R.; Carnero, C. e Gosálvez, M. (1990). *Natacion*. Comité Olímpico Español. Madrid.
- Nelson, R. C.; Brown, P. L.; Kennedy, P. W. e Chengalur, S. N. (1988). *An analysis of olympic swimmers in the 1988 summer games*. Biomechanics Laboratory, Pennsylvania State University.
- Nigg, B. M. (1983). Selected methodology in biomechanics with respect to swimming. In: A. P. Hollander, P. A. Huijting e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 72-80. Human Kinetics Publishers, Campaign, Illinois.
- Niklas, A.; Ungerechts, B. E.; Hollander, A. P.; Fuhrmann, P.; Hottowitz, R.; Toussaint, H. e Berger, M. (1993). *Xth Fina World Sport Medicine Congress*. Kyoto.
- Nimz, R.; Rader, U.; Wilke, K. e Skipka, W. (1988). The relationship of anthropometric measures to different types of breaststroke kicks. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Nomura, L. (1979). Maximal oxygen uptake on age group swimmers. *Swim. Tech.*, 15(4): 105-109.
- Nomura, T. (1983). The influence of training and age on VO₂max. during swimming in japanese elite age group and olympic swimmers. In: A. P. Hollander, P. A. Huijting e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 251-257. Human Kinetics Publishers, Campaign, Illinois.
- Ohmichi, H. e Hizume, K. (1990). Measurement of momentary swimming velocity using a video system. *Abstracts of The Vith International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. Liverpool.

Ohmichi, H.; Takamoto, M. e Miyashita, M. (1983). Measurement of the waves caused by swimmers. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing, e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 103-107. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.

Olbrecht, J.; Mader, A.; Heck, H. e Hollman, W. (1992). Importance of a calculation scheme to support the interpretation of lactate tests. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 243-249. E & FN Spon, London.

Olbrecht, J.; Mader, A.; Madsen, O.; Liesen, H. e Hollman, W. (1988). The relationship of lactic acid to long-distance swimming and the 2x400m "2-speed test" and the implications for adjusting training intensities. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 261-267. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.

Olbrecht, J.; Mader, A.; Madsen, O.; Liesi, H. e Hollmann, W. (1985). La signification des mesures de lactate pour la performance physique et pour la conduit des entrainements. *Le message de l'Association Réflexion Natation, Compte Rendu des Journées Natation*, pp. 23-34. CANET.

Oppenheim, F. (1964). *La natation*. Domaine du Sport, La Table Ronde.

Oppenheim, F. (1977). *Histoire de la natation mondiale et française*. Chiron-Sports, Paris.

Over, M. E. (1963). *A comparison of the force and resistance of the frog kick and whip kick used in swimming the orthodox breast stroke*. Tese de Mestrado, Long Beach State College.

Pai, Y. C. (1986). A hydrodynamic study of the oscillation motion in swimming (relatório preliminar de investigação). In: J. G. Hay (ed.), *Starting, Stroking & Turning (a compilation of research on the biomechanics of swimming, The University of Iowa, 1983-86)*, pp. 145-150. University of Iowa, Iowa.

Pai, Y.-C.; Hay, J. G. e Wilson, B. D. (1986). Stroking techniques of elite swimmers. In: J. G. Hay (ed.), *Starting, Stroking & Turning (a compilation of research on the biomechanics of swimming the University of Iowa, 1983-86)*, pp. 115-129. Biomechanics laboratory, department of exercise science, University of Iowa, Iowa.

Palmer, M. L. (1985). *Science de l'enseignement de la natation*. Vigot, Paris.

Pedroletti, M. (1991). *Natation du débutant à l'international: exercices pratiques*. Éditions Amphora S. A., Paris.

Pendergast, D. R.; Di Prampero, P. E.; Craig, A. B., Jr.; Wilson, D. R. e Rennie, D. W. (1977). Quantitative analysis of the front crawl in men and women. *J. Appl. Physiol.*, 43: 475-479.

Pendergast, D. R.; di Prampero, P. E.; Craig, A. B., Jr. e Rennie, D. (1978). The influence of some selected biomechanical factors on the energy cost of swimming. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 367-378. University Park Press, Baltimore.

Persyn, U. (1984). *Computer aided evaluation*. Olympic Solidarity Seminar. K. U. Leuven, Leuven.

Persyn, U. J. J.; Hoeven, R. G. C. e Daly, D. J. (1979). Evaluation center for competitive swimmers. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 182-195. University Park Press, Baltimore.

Persyn, U.; Colman, V. e Van Tilborgh, L. (1992). Movement analysis of the flat and the undulating breaststroke pattern. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 75-80. E & FN Spon, London.

Persyn, U.; Daly, D.; Van Tilborgh, L.; Dessein, M.; Verhetsel, D. e Vervaecke, H. (1984). *Evaluation of elite swimmers* (video). Institut voor Lichamelijke Opleiding, Research unit "Aquatics", Audiovisueel Dienst, K. U. Leuven, Leuven.

Persyn, U.; De Maeyer, J. e Vervaecke, H. (1975). Investigation of hydrodynamic determinants of competitive swimming strokes. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 214-222. University Park Press, Baltimore.

Persyn, U.; Van Tilborgh, L.; Daly, D.; Colman, V.; Vijfvinkel, D. J. e Verheisel, D. (1988). Computerized evaluation and advice in swimming. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 341-349. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.

Persyn, U.; Van Tilborgh, L.; Daly, D.; Colman, V.; Vijfvinkel, D. J. e Verhetsel, D. (1986). Computerised evaluation and advice in swimming. *1º Congreso Mundial de Entrenadores*. Madrid.

Persyn, U.; Vervaecke, H. e Verhetsel, D. (1983). Factors influencing stroke mechanics and speed in swimming the butterfly. In: H. Matsui e K. Kobayashi (eds.), *Biomechanics VIII B*, pp. 833-841. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.

Peyrebrune, M. C. e Hardy, C. A. (1992). Heart rate and lactate responses to swimming. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 235-241. E & FN Spon, London.

Platonov, V. N. (1987). *L'Entraînement sportif. Théorie et Méthodologie*. Éditions Revue EPS, Paris.

- Prandtl, L. e Tietjens, O. G. (1934). *Applied hydro and aeromechanics*. Dover Publications, London.
- Reilly, T. (1990). Swimming. In: T. Reilly, N. Secher, P. Snell e C. Williams (eds.), *Physiology of sports*, pp. 217-257. E & FN Spon, London.
- Reischle, K. (1978). Lightstreak photography: a simple method for recording movement patterns. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 408-414. University Park Press, Baltimore.
- Reischle, K. (1979). A kinematic investigation of movement patterns in swimming with photo-optical methods. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 127-136. University Park Press, Baltimore.
- Reischle, K. (1993). *Biomechanica de la natacion*. Editorial Gymnos, Madrid.
- Reischle, K. e Spikermann, M. (1992). Sport biomechanics: purpose-oriented biomechanical analysis of swimming technique. In: H. Haag, O. Grupe e A. Kirsch (eds.), *Sport Science in Germany, an Interdisciplinary Anthology*, pp. 163-190. Springer-Verlag, Berlin.
- Reischle, K. Gaisser, G. e Vollers, B. (1981). A Kinematic analysis of intra-cycle speed fluctuations and movement patterns in swimming using chronocyclographyc led drivers. In: A. Morecki, K. Fidelius, K. Kedzior e A. Wit (eds.), *Biomechanics VII B*, pp. 460-464. University Park Press, Baltimore.
- Rennie, D. W.; Di Prampero, P. E.; Wilson, D. R. e Pendergast, D. R. (1973). Energetics of swimming the crawl stroke. *Fed. Proc.*, 32(abstr.): 1125.
- Rennie, D. W.; Pendergast, D. R. e di Prampero, P. E. (1975). Energetics of swimming in man. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 97-104. University Park Press, Baltimore.
- Ribeiro, J. P.; Cadavid, E.; Baena, J.; Monsalvete, E.; Barna, A. e De Rose, E. H. (1991). Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. *Br. J. Sp. Med.*, 24(3): 197-200.
- Rinehardt, K. F.; Rinehard, N. D.; Begley, J. M.; Price, J. e Feyerherm, A. M. (1992). Physiological change in novice swimmers during short term swim training. *J. Swim. Research*, 8: 18-23.
- Robergs, R. A.; Chwalbinska-Moneta, J.; Mitchell, J. B.; Pascoe, D. D.; Houmard, J. e Costill, D. L. (1990a). Blood lactate threshold differences between arterialized and venous blood. *Int. J. Sports Med.*, 11(6): 446-451.
- Robergs, R. A.; Costill, D. L.; Fink, W. J.; Williams, C.; Pascoe, D. D.; Chwalbinska-Moneta, J.; Davis, J. A. (1990b). Effects of warm-up on blood gases, lactate and acid-base status during sprint swimming. *Int. J. Sports Med.*, 11(4): 273-278.
- Ronnholm, N. (1962). Physiological studies on the optimum rhythm of lifting work. *Ergonomics*, 5: 51-52.
- Ross, W. D. e Marfell-Jones, M. J. (1982). Kinanthropometry. In: D. MacDougall, H. Wenger e H. Green (eds.), *Physiological Testing of the Elite Athlete*, pp. 75-115. Canadian Association of Sports Sciences, Ottawa.
- Rossi, F. (1966). *Nadar es fácil*. Sintes, Barcelona.
- Rouard, A. H.; Quezel, G. e Billat, R. P. (1992). Effects of speed on EMG and kinematic parameters in freestyle. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 93-98. E & FN Spon, London.
- Sá, L. G. e McMonegal, J. (s.d.). *Tratado de natação*. Domingos Barreira, Porto.
- Safarian, I. G. (1968). Hydrodynamic characteristics of the crawl. *Theor. Pract. Phys. Educ. (U.R.S.S.)*, 11: 18-21.
- Saibene, P.; Cerretelli, P. e Di Prampero, P. E. (1983). Exercise bioenergetics: the analysis of some sport activities. In: H. Matsui e K. Kobayashi (eds.), *Biomechanics VIII B*, pp. 703-721.
- Saltin, B. (1989). Anaerobiosis in exercise: limitations and implications for performance. *Proceedings of The First IOC World Congress in Sport Sciences*, pp. 3-8. Colorado Springs.
- Salvendy, G. (1972). Physiological and psychological aspects of paced performance. *Acta Physiol., Acad. Scient. Hungaricae*, 42: 267-275.
- Sanders, R. H.; Cappaert, J. M.; Devlin, R. K. e Troup, J. P. (1992). Evidence of energy reuse through body wave motion in butterfly swimming. In: R. Rodano, G. Ferrigno e G. Santambrogio (eds.), *X Symposium of The International Society of Biomechanics in Sports*, pp. 67-70. Edi-Ernes, Milan.
- Sandino, A. (1968). *Natacion deportiva*. C.O.E., Madrid.
- Sardella, F.; Faina, M.; Gallozzi, C.; DiCave, P.; Guidi, G. e Dal Monte, A. (1991). Specific physiological adaptations of top level swimmers. In: J. M. Cameron (ed.), *Aquatic Sports Medicine 1991*, pp. 101-106. Farrand Press, London.
- Schleiauf, R. E.; Higgings, J. R.; Hinrichs, R.; Luedtke, D.; Maglischo, C.; Maglischo, E. W. e Thayer, A. (1988). Propulsive techniques: front crawl stroke, butterfly, backstroke, and breaststroke. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 53-59. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.

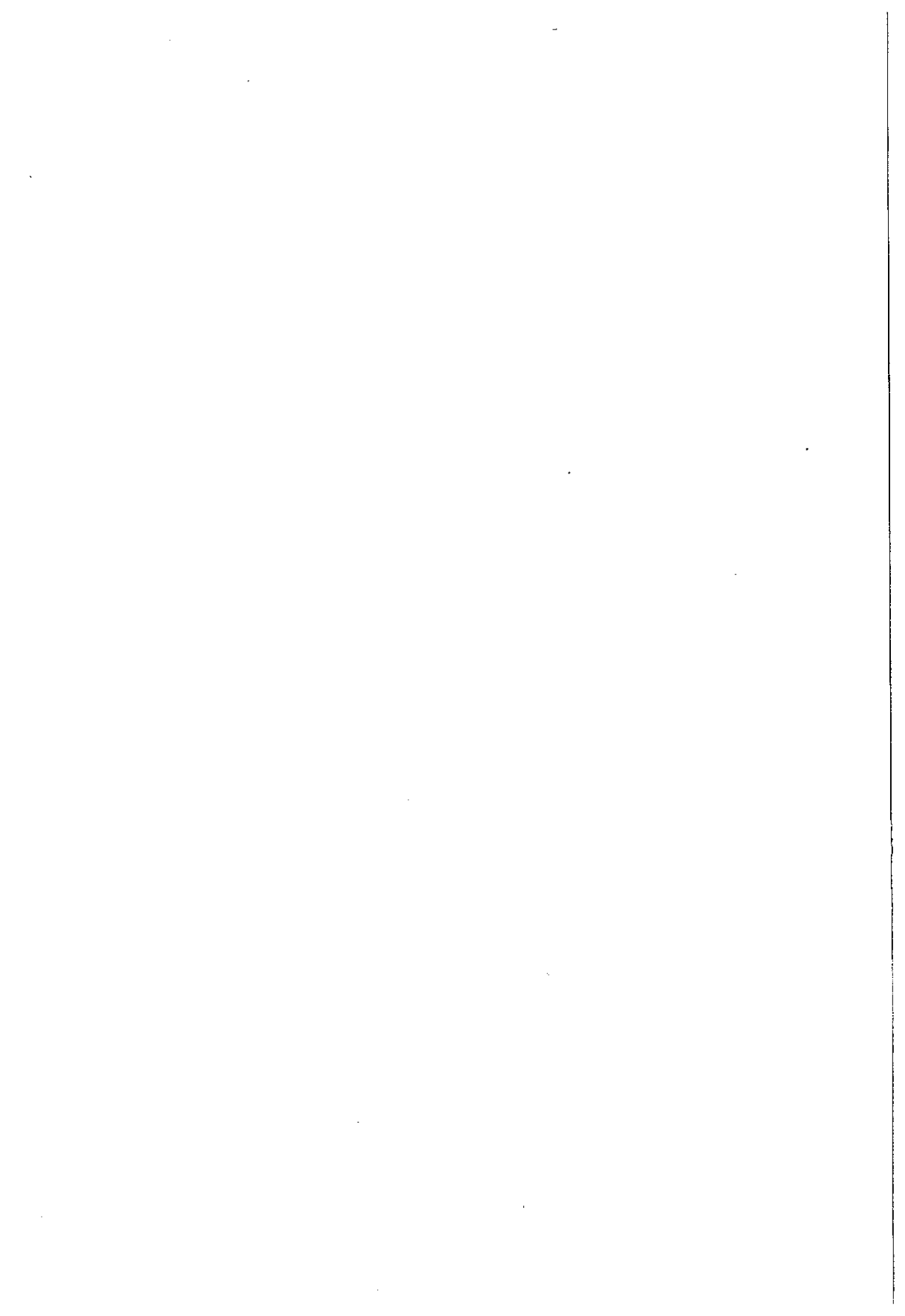
- Schleihauf, R. E. (1974). Biomechanical analysis of freestyle. *Swim. Thec.*, 11: 89-96.
- Schleihauf, R. E. (1976). A hydrodynamic analysis of breaststroke Pulling Proficiency. *Swim. Tech.*, Winter: 100-105.
- Schleihauf, R. E. (1977). Swimming propulsion: a hydrodynamic analysis. In: R. Ousley (ed.), *ASCA World Clinic Year Book*, pp. 49-86. Fort Lauderdale, Florida.
- Schleihauf, R. E. (1986). Swimming skill: a review of basic theory. *J. Swim. Res.*, 2(2): 11-20.
- Schleihauf, R. E., Jr. (1979). A hydrodynamical analysis of swimming propulsion. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 70-109. University Park Press, Baltimore.
- Schleihauf, R. E.; Gray, L. e DeRose, J. (1983). Three dimensional analysis of hand propulsion in sprint front crawl stroke. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 173-183. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
- Schmidt-Nielsen (1972). Locomotion: energy cost of swimming, flying, and running. *Science*, 177: 222-228.
- Seitz, J. C. (1973). A cinematographic analysis of hip and knee rotation during execution of the whip kick (ABS). *Completed Research in Health, Physical Education an Recreation*, 15.
- Sharp, R. L. e Costill, D. L. (1990). Shaving a little time. *Swim. Tech.*, 26(3): 10-13.
- Sharp, R. L.; Vitelli, C. A.; Costill, D. L. e Thomas, R. (1984). Comparison between blood lactate and heart rate profiles during a season of competitive swim training. *J. Swim. Research*, 1(1): 17-20.
- Smith, H. K.; Montpetit, R. R. e Perrault, H. (1988). The aerobic demand of backstroke swimming, and its relation to body size, stroke technique, and performance. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 58: 182-188.
- Sparrow, W. A. (1983). The efficiency of skilled performance. *J. Motor Behavior*, 15(3): 237-261.
- Stallman, R.; Major, J.; Hemer, S. e Haavaag, G. (1986). Energy expenditure in the breaststroke and theoretical survival time. *5th International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 1-7. Bielefeld.
- Stijnen, V. V.; Spaepen, A. J. e Willems, E. J. (1981). Models and methods for the determination of the center of gravity of the human body from film. In: A Morecki, K. Fidelus, K. Kedzior e A. Wit (eds.), *Biomechanics VIIA*, pp. 558-564. University Park Press, Baltimore.
- Stoner, L. J. e Luedtke, D. L. (1979). Variations in the front crawl and back crawl arm strokes of varsity swimmers using hand paddles. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 281-288. University Park Press, Baltimore.
- Suarez, C. C. (1992). Analisis comparativo de las diferentes tecnicas del estilo braza. *XII Congreso de La Asociacion Española de Tecnicos de Natacion*, Murcia.
- Swaine, I. e 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.
- Takahashi, G.; Nomura, T.; Yoshida, A. e Miyashita, M. (1983). Physiological energy consumption during swimming, related to added drag. In: H. Matsui e K. Kobayashi (eds.), *Biomechanics VIII*, pp. 842-847. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
- Takahashi, S.; Bone, M.; Cappaert, J. M.; Barzdukas, A.; D'Acquisto, L.; Hollander, A. P. e Troup, J. P. (1992a). Validation of a dry and swimming-specific measurement of anaerobic power. In: Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 301-306. E & FN Spon, London.
- Takahashi, S.; Bone, M.; spry, S.; Trappe, S.; Troup, J. P. (1992b). Differences in the anaerobic power of age group swimmers. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 289-294. E & FN Spon, London.
- Thayer, A. T.; Schleihauf, R. E.; Higgings, J. R.; Hinrichs, R. N.; Luedtke, D. L.; Maglischo, C. W. e Maglischo E. W. (1986). A hydrodynamic analysis of breaststroke swimmers (relatório preliminar de investigação). In: J. G. Hay (ed.), *Starting, Stroking & Turning (a compilation of research on the biomechanics of swimming, The University of Iowa, 1983-86)*, pp. 131-143. University of Iowa, Iowa.
- Thevelein, X.; Daly, D.; Persyn, P. (1984). Measurement of total energy use in the evaluation of competitive swimmers. In: N. Bachl, L. Prakop, R. Suckert (eds.), *Current Topics in Sports Medicine*, pp. 668-676. Urban & Schwarzenberg, Wien.
- Thornton, N. (1977). Breaststroke. In: *ASCA World Clinic Year Book*, pp.169-176.
- Thrall, W. R. (1960). *A performance analysis of the propulsion force of the flutter kick*. Tese de Doutoramento. University of Iowa, Iowa.
- Tiffany, T. e Johnson, D. (1982). Entraîneur des brasseurs. *L'art d'entraîner le nageur de compétition, niveau 3 technique*, pp. 115-139. Association Canadienne de Natation Amateur, Ottawa.

- Togashi, T. e Nomura, T. (1992). A biochemical analysis of the novice swimmer using the butterfly stroke. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 87-90. E & FN Spon, London.
- Tourny, C. (1992). *Analyse des parametres biomecaniques du nageur de brasse de haut niveau*. Tese de Doutorado. Universidade de Montpellier.
- Tourny, C.; Chollet, D.; Micallef, J. P. e Macabies, J. (1992). Comparative analysis of studies of speed variations within a breaststroke cycle. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 161-166. E & FN Spon, London.
- Toussaint, H. M. (1988). *Mechanics and energetics of swimming*. Tese de Doutorado. Universidade Livre de Amsterdão, Amsterdam.
- Toussaint, H. M. (1990). Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 22(3): 409-415.
- Toussaint, H. M. (1992). Performance determining factors in front crawl swimming. In: Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 13-32. E & FN Spon, London.
- Toussaint, H. M.; Hollander, A. P.; De Groot, G.; Van Ingen Schenau, G. J.; Vervoorn, K.; De Best, H.; Meulemans, A. e Schreurs, W. (1988). Propellin efficiency in front crawl swimming. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Toussaint, H. M.; Knops, W.; De Groot, G. e Hollander, A. P. (1990). The mechanical efficiency of front crawl swimming. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 22(3): 402-408.
- Toussaint, H. M.; Meulemans, A.; de Groot, G.; Hollander, A. P.; Schreurs, A. W. e Vervoorn, K. (1987). Respiratory valve for oxygen uptake measurements during swimming. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 56: 363-366.
- Toussaint, H. M.; Van der Helm, F. C. T.; Elzerman, J. R.; Hollander, A. P.; De Groot, G. e Van Ingen Schenau, G. J. (1983). A power balance applied to swimming. In: A. P. Hollander, P. A. Huijting e G. De Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 165-172. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Treffene, R. (1975). Investigation of the ECG in sports and sports medicine using radiotelemetry. *Tese de Mestrado*. Universidade de Londres, Londres.
- Treffene, R. J. (1983). Heart rate measurement technique in swimming performance prediction. In: A. P. Hollander, P. A. Huijting e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 339-344. Human Kinetics Publishers, Campaign, Illinois.
- Treffene, R. J.; Frampton, C.; Tunstall, P. D. e Idle, M. (1977). Energetics of swimming using heart rate telemetry. *13th Annual Conference of the Australian Sports Medicine Federation*.
- Treffene, R.; Alloway, J. e Jull, J. (1979). Use of a heart rate meter in swimming and athletic performance measurement. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 275-280. University Park Press, Baltimore.
- Treffene, R.; Alloway, J. e Shaw, J. (1978). Use of heart rates in the determination of swimming efficiency. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 132-136. University Park Press, Baltimore.
- Troup, J. P. (1990). *International center for aquatic research anual, studies by the International Center for Aquatic research 1989-90*. United States Swimming Press, Colorado Springs.
- Troup, J. P. (1991a). *International center for aquatic research anual, studies by the International Center for Aquatic research 1990-91*. United States Swimming Press, Colorado Springs.
- Troup, J. P. (1991b). *Vith World Swimming Championships video analysis project*. F.I.N.A.
- Troup, J. P. e Daniels, J. T. (1986). Swimming economy: an introductory review. *J. Swim. Research*, 2(1): 5-9.
- Troup, J. P.; Barzdukas, A.; Trappe, S. (1992a). Adjustment to maximal work intensity during internal swimming using various work: rest ratios. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 263-270. E & FN Spon, London.
- Troup, J. P.; Hollander, A. P.; Bone, M.; Trappe, S.; Barzdukas, H. P. (1992b). Performance related differences in the anaerobic contribution of competitive freestyle swimmers. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 271-278. E & FN Spon, London.
- Troup, J. P.; Trappe, S.; Crickard, G.; D'Acquisto, L. e Barzdukas, A. (1992c). Aerobic: anaerobic contributions during various distances at common work: rest ratios. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 279-284. E & FN Spon, London.
- Ungerechts, B. (1981). A device for the estimation of forces in a flexible shark model at high reynolds-numbers. In: A. Morecki, K. Fidelus, K. Kedzior e A. Wit (eds.), *Biomechanics VIIA*, pp. 230-235. Polish Scientific, Warsaw e University Park Press, Baltimore.

- Ungerechts, B. (1983). The validity of the Reynolds number for swimming bodies which change form periodically. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 81-88. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Ungerechts, B. (1985a). A description of the reactions of the flow to acceleration by an oscillating flexible shark model. In: D. A. Winder, R. W. Norman, R. P. Wells, K. C. Hayes e A. E. Potle (eds.), *Biomechanics IXB*, pp. 492-496. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Ungerechts, B. (1985b). Considerations of the butterfly kick based on hydrodynamical experiments. In: S. M. Perren e E. Schneider (eds.), *Biomechanics: Current Interdisciplinary Research*, pp. 705-710. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
- Ungerechts, B. (1987). On the relevance of rotating water floor for the propulsion in swimming. In: B. Jonsson (ed.), *Biomechanics XB*, pp. 713-716. Human Kinetic Publishers, Champaign, Illinois.
- Ungerechts, B. (1988). The relation of peak body acceleration to phases of movements in swimming. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 61-66. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Ungerechts, B. E. (1990a). Biomechanics as precondition for the understanding of swimming. In: E. Kreighbaum e A. McNeill (eds.), *Biomechanics in Sports VI*, pp. 493-498. Montana State University, Bozeman.
- Ungerechts, B. E. (1990b). The undulating technique of breaststroke its biomechanics, its technique and learning strategies. *First World Swimming Coaches Seminar*, Olympia.
- Ungerechts, B. E. (1992). The interrelation of hydrodynamic forces and swimming speed in breaststroke. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 69-73. E & FN Spon, London.
- Ungerechts, B. E. e Niklas, A. (1993). Factors of active drag estimated by flume swimming. *Xth Fina World Sport Medicine Congress*, Kyoto.
- Valiant, G. A.; Holt, L. E. e Alexander, A. B. (1982). The contributions of lift and drag force components of the hand/forearm to a swimmer's propulsion. In: J. Terauds (ed.), *Biomechanics in Sports, Proceedings of The International Symposium of Biomechanics in Sports*, pp. 391-400. Academic Publishers, Del Mar, California.
- Van der Walt, W. H. e Wyndham, C. H. (1973). An equation for prediction of energy expenditure in running and walking. *J. Appl. Physiol.*, 34: 559-563.
- Van Handel, P. J.; Katz, A.; Morrow, J. R.; Troup, J. P.; Daniels, J. T. e Bradley, P. W. (1988a). Aerobic economy and competitive performance of U.S. elite swimmers. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 219-227. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Van Handel, P. J.; Katz, A.; Troup, J. P.; Daniels, J. T. e Bradley, P. W. (1988b). Oxygen consumption and blood lactic acid response to training and taper. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 269-275. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Van Huss, W. D. e Cureton, T. K. (1955). Relationship of selected tests with energy metabolism and swimming performance. *Res. Quart.*, 26(2): 205-221.
- Van Ingen Schnau, G. Y. e Cavanagh, P. R. (1990). Power equations in endurance sports. *J. Biomechanics*, 23: 865-881.
- Van Tilborgh, L.; Willems, E. J. e Persyn, U. (1988). Estimation of breaststroke propulsion and resistance - resultant impulses from film analysis. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 67-71. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- Vaudry, S. (1976). A comparison of breast stroke and back crawl in men and women. *M. Ed. Dissertation*. State University of New York at Buffalo, New York.
- Vervaecke, H. U. B. e Persyn, U. J. J. (1979). Effectiveness of the breaststroke leg movement in the relation to selected time-space anthropometric, flexibility, and force data. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 320-328. University Park Press, Baltimore.
- Vilas-Boas, J. P. (1987). Estudo comparativo do nível global de adequação mecânica das variantes formal e natural da técnica de braços. *Dissertação Apresentada às Provas de Aptidão Pedagógica e de Capacidade Científica*. I.S.E.F. - U.P., Porto.
- Vilas-Boas, J. P. (1988). Estudo comparativo da flexão máxima da articulação da anca nas variantes formal e natural da técnica de braços. *Kinests*, 4(2):251-266.
- Vilas-Boas, J. P. (1990). Indirect evaluation of economy in formal and natural breaststroke forms. *Abstracts of The FIMS World Congress of Sports Medicine*, pp. 173. Amsterdam.
- Vilas-Boas, J. P. (1992a). A photo-optical method for the acquisition of biomechanical data in swimmers. In: R. Rodano, G. Ferrigno e G. Santambrogio (eds.), *X Symposium of The International Society of Biomechanics in Sports*, pp. 142-146. Edi-Erms, Milan.
- Vilas-Boas, J. P. (1992b). O índice de braçada como critério para a avaliação da técnica de braços. *Not. F. P. Natação*, 5(17): 4-9.

- Vilas-Boas, J. P. e Fernandes, P. M. L. (1991). Estudo foto-óptico da técnica em natação. In: J. Bento e A. Marques (eds.), *As ciências do desporto e a prática desportiva (vol. II), desporto de rendimento, desporto de recreação e tempos livres*, pp. 337-360. FCDEF-UP, Porto.
- Vilas-Boas, J. P. e Ferreira da Silva, J. (1992). *Análise cinemática da técnica de braços ondulatório com recuperação aérea dos membros superiores*. III Congresso de Educação Física dos Países de Língua Oficial Portuguesa. FESP, Recife.
- Vivensang, J. (1978). *Pédagogie moderne de la natation* (3ª edição). Paris.
- Von Döbeln, W. e Holmér, I. (1974). Body composition, sinking force, and oxygen uptake. *J. Appl. Physiol.*, 37(1): 55-59.
- Wakayoshi, K.; Nomura, T.; Takahashi, G.; Mutoh, Y. e Miyashita, M. (1992). Analysis of swimming races in the 1989 Pan Pacific Swimming Championships and 1988 Japanese Olympic Trials. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 135-141. E & FN Spon. London.
- Weineck, J. (1983). *Manuel d'entraînement*. Vigot. Paris.
- Welch, J. (1981). Swimming with accessories: a filmed case study. *Swim. Tech.*, 17(4): 18-19.
- Wiegand, K.; Wuensch, D. e Jaehnig, W. (1975). The division of swimming strokes into phases, based upon kinematic parameters. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Swimming II*, pp. 161-166. University Park Press, Baltimore.
- Wilke, K. (1982). *Natação para principiantes*. Casa do Livro Editora, Lisboa.
- Wilkie, D. e Juba, K. (1982). *Iniciação à natação*. Editorial Presença, Lisboa.
- Wilkie, D. e Juba, K. (1986). *The handbook of swimming*. Pelham Books, London.
- Williams, K. R. (1985). The relationship between mechanical and physiological energy estimates. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17(3): 317-325.
- Winter, D. A. (1979). *Biomechanics of human movement*. John Wiley & Sons, New York.
- Wood, T. C. (1979). A fluid dynamics analysis of the propulsive potential of the hand and forearm in swimming. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 62-69. University Park Press, Baltimore.
- Yeather, R.; Martin, B.; Gilson, K. e White, M. K. (1980). Theoretical and experimental studies of swimming biomechanics. *J. Biomechanics*, 13: 191-200.
- Zaciorsky, V. M. e Safarian, I. G. (1972). Untersuchung von factoren zur bestimmung der maximalen geschwindigkeit im freistilschwimmen. *Theor. Prax. Körperkult.* 8: 695-709.
- Zarrugh, M. T.; Todd, F. N. e Ralston, H. J. (1974). Optimization of energy expenditure during level walking. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 33: 293-306.
- Zschorlich, V. (1990). The information content of velocity fluctuation pattern in swimming. *Vith International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 1-6. Liverpool.

13. Anexos



13.1. Anexo 1- Valores médios individuais dos diferentes parâmetros determinados com base no registo dos traçados luminosos dos movimentos da mão, do pé e da anca em diferentes planos.

Quadro A1. Valores médios individuais e totais (e, entre parêntesis, os respectivos desvios padrão), das medidas dos parâmetros quantitativos estudados nos traçados luminosos do movimento dos membros superiores. Prof. Min. = profundidade mínima; Prof. Máx. = profundidade máxima; Ampl. Vert. = amplitude vertical; Ampl. Ant.-Post. = amplitude antero-posterior; Ind. Estabiliz. = índice de estabilização; Ampl. Vert. Out. = amplitude vertical do *outswEEP*; Ampl. Recup. Aérea = amplitude da recuperação aérea; Ind. Tortuos. = índice de tortuosidade; Ampl. Total = amplitude total; Ampl. Transv. = amplitude transversal; Ind. Horizont. = índice de horizontalidade; Ind. Estab. Total = índice de estabilização total; TM = trajecto motor; Desl. Fr. = deslocamento à frente; (S) = plano sagital; (F) = plano frontal; (T) = plano transversal; BF = braços formal; BN = braços natural; BNA = braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

| Nadador | Prof. Min. TM (S) | | | Prof. Máx. TM (S) | | | Ampl. Vert. TM (S) | | | Ampl. Ant.-Post. TM (S) | | |
|---------|-------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | .063 | .117 | .060 | .537 | .583 | .513 | .473 | .467 | .453 | .233 | .183 | .207 |
| | (.006) | (.045) | (.010) | (.031) | (.038) | (.006) | (.035) | (.015) | (.012) | (.021) | (.006) | (.050) |
| B | .220 | .243 | .197 | .683 | .703 | .677 | .463 | .460 | .480 | .270 | .173 | .253 |
| | (.020) | (.015) | (.021) | (.023) | (.006) | (.040) | (.042) | (.020) | (.020) | (.056) | (.025) | (.045) |
| C | .137 | .053 | .053 | .600 | .457 | .423 | .463 | .403 | .370 | .290 | .203 | .213 |
| | (.021) | (.025) | (.015) | (.026) | (.006) | (.023) | (.023) | (.021) | (.010) | (.010) | (.021) | (.025) |
| D | .047 | .057 | .037 | .540 | .527 | .473 | .493 | .470 | .437 | .107 | .103 | .107 |
| | (.006) | (.012) | (.015) | (.046) | (.021) | (.006) | (.420) | (.010) | (.021) | (.031) | (.015) | (.035) |
| E | .077 | .040 | .077 | .547 | .500 | .537 | .470 | .460 | .460 | .267 | .227 | .257 |
| | (.031) | (.010) | (.031) | (.038) | (.017) | (.035) | (.017) | (.020) | (.010) | (.006) | (.032) | (.012) |
| F | .070 | .087 | .093 | .513 | .507 | .510 | .443 | .420 | .417 | .243 | .140 | .150 |
| | (.010) | (.050) | (.015) | (.015) | (.015) | (.017) | (.025) | (.062) | (.025) | (.035) | (.040) | (.026) |
| G | .050 | .047 | .120 | .453 | .430 | .497 | .403 | .383 | .377 | .147 | .043 | .090 |
| | (.000) | (.015) | (.075) | (.025) | (.017) | (.070) | (.025) | (.032) | (.060) | (.047) | (.038) | (.026) |
| H | .073 | .090 | .040 | .537 | .533 | .473 | .463 | .443 | .433 | .210 | .147 | .183 |
| | (.012) | (.010) | (.010) | (.012) | (.006) | (.006) | (.023) | (.015) | (.006) | (.036) | (.025) | (.050) |
| I | .147 | .107 | .073 | .633 | .553 | .507 | .487 | .447 | .433 | .273 | .193 | .253 |
| | (.031) | (.015) | (.042) | (.035) | (.040) | (.029) | (.006) | (.025) | (.057) | (.006) | (.055) | (.025) |
| J | .123 | .073 | .083 | .587 | .483 | .480 | .463 | .410 | .397 | .303 | .233 | .250 |
| | (.025) | (.015) | (.031) | (.025) | (.006) | (.000) | (.025) | (.020) | (.031) | (.035) | (.051) | (.040) |
| L | .113 | .117 | .097 | .597 | .593 | .530 | .483 | .477 | .433 | .313 | .243 | .290 |
| | (.025) | (.006) | (.035) | (.021) | (.006) | (.036) | (.006) | (.012) | (.012) | (.012) | (.025) | (.056) |
| M | .067 | .090 | .193 | .640 | .650 | .690 | .573 | .560 | .497 | .217 | .180 | .203 |
| | (.031) | (.010) | (.015) | (.030) | (.010) | (.000) | (.025) | (.010) | (.015) | (.060) | (.036) | (.060) |
| N | .057 | .043 | .077 | .573 | .527 | .550 | .517 | .483 | .473 | .240 | .127 | .230 |
| | (.038) | (.012) | (.021) | (.035) | (.023) | (.000) | (.012) | (.031) | (.021) | (.044) | (.025) | (.050) |
| Total | .096 | .089 | .092 | .572 | .542 | .528 | .477 | .453 | .435 | .239 | .169 | .207 |
| | (.052) | (.055) | (.056) | (.064) | (.076) | (.078) | (.044) | (.049) | (.042) | (.065) | (.061) | (.066) |

(continua)

Quadro A1 (continuação)

| Nadador | Ind. Estabiliz. TM (\$) | | | Ampl. Vert. Out. TM (\$) | | | Prof. Min. Desl. Fr. (\$) | | Ampl. Recup. Aérea (\$) |
|---------|-------------------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|---------------------------|--------|-------------------------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | |
| A | .493 | .393 | .458 | .033 | .073 | .070 | .050 | .060 | .633 |
| | (.017) | (.016) | (.123) | (.029) | (.023) | (.010) | (.020) | (.026) | (.075) |
| B | .590 | .379 | .531 | 0 | .020 | .030 | .103 | .037 | .507 |
| | (.152) | (.071) | (.116) | (.000) | (.035) | (.030) | (.046) | (.038) | (.015) |
| C | .628 | .506 | .576 | .110 | .140 | .097 | .073 | .030 | .523 |
| | (.050) | (.067) | (.059) | (.061) | (.035) | (.040) | (.038) | (.017) | (.083) |
| D | .220 | .220 | .247 | .053 | .117 | .077 | .127 | .050 | .260 |
| | (.079) | (.036) | (.091) | (.006) | (.015) | (.015) | (.035) | (.010) | (.026) |
| E | .568 | .495 | .558 | .013 | .033 | .013 | .043 | .020 | .417 |
| | (.090) | (.089) | (.028) | (.023) | (.058) | (.023) | (.015) | (.010) | (.150) |
| F | .553 | .329 | .363 | .070 | .103 | .103 | .150 | .120 | .493 |
| | (.110) | (.049) | (.086) | (.026) | (.051) | (.025) | (.056) | (.010) | (.035) |
| G | .369 | .111 | .239 | .137 | .180 | .110 | .117 | .167 | .570 |
| | (.141) | (.096) | (.073) | (.046) | (.010) | (.096) | (.031) | (.040) | (.010) |
| H | .456 | .332 | .424 | .063 | .153 | .167 | .100 | .073 | .643 |
| | (.097) | (.068) | (.121) | (.057) | (.006) | (.021) | (.010) | (.012) | (.025) |
| I | .562 | .437 | .597 | -.080 | .017 | -.037 | .107 | .067 | .477 |
| | (.010) | (.145) | (.143) | (.075) | (.095) | (.006) | (.045) | (.032) | (.074) |
| J | .655 | .574 | .638 | 0 | .070 | .037 | .040 | .087 | .590 |
| | (.073) | (.154) | (.148) | (.000) | (.040) | (.035) | (.010) | (.021) | (.053) |
| L | .648 | .511 | .669 | -.053 | -.007 | -.047 | .113 | .147 | .730 |
| | (.021) | (.056) | (.125) | (.081) | (.012) | (.025) | (.025) | (.006) | (.044) |
| M | .376 | .321 | .410 | .023 | .103 | .067 | .030 | .017 | .897 |
| | (.093) | (.063) | (.024) | (.040) | (.025) | (.059) | (.010) | (.012) | (.083) |
| N | .465 | .261 | .484 | .107 | .123 | .117 | .110 | .030 | .703 |
| | (.090) | (.036) | (.093) | (.040) | (.032) | (.025) | (.000) | (.017) | (.025) |
| Total | .506 | .375 | .477 | .037 | .087 | .062 | .089 | .069 | .568 |
| | (.143) | (.145) | (.158) | (.072) | (.066) | (.068) | (.045) | (.051) | (.173) |

(continua)

Quadro A1. Continuação.

| Nadador | Prof. Máx. Desl. Fr. (S) | | | Índ. Tortuos. Desl. Fr. (S) | | | Ampl. Total (S) | | |
|---------|--------------------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | .243 (.025) | .157 (.021) | .127 (.031) | 1.116 (.034) | 1.120 (.018) | 1.157 (.033) | 2.983 (.035) | 2.707 (.025) | 2.550 (.010) |
| B | .250 (.017) | .287 (.031) | .213 (.025) | 1.206 (.066) | 1.267 (.009) | 1.287 (.011) | 2.773 (.096) | 2.957 (.015) | 2.993 (.032) |
| C | .230 (.072) | .230 (.052) | .210 (.026) | 1.120 (.048) | 1.169 (.015) | 1.180 (.013) | 2.440 (.175) | 2.513 (.096) | 2.650 (.095) |
| D | .173 (.015) | .133 (.006) | .130 (.010) | 1.140 (.017) | 1.131 (.015) | 1.178 (.009) | 2.647 (.085) | 2.533 (.051) | 2.413 (.061) |
| E | .180 (.062) | .230 (.010) | .177 (.015) | 1.159 (.006) | 1.166 (.016) | 1.157 (.021) | 2.660 (.072) | 3.037 (.102) | 3.020 (.035) |
| F | .360 (.036) | .443 (.015) | .417 (.029) | 1.128 (.006) | 1.208 (.005) | 1.277 (.048) | 2.553 (.042) | 2.763 (.015) | 3.053 (.164) |
| G | .203 (.031) | .243 (.015) | .207 (.012) | 1.111 (.003) | 1.144 (.030) | 1.281 (.006) | 1.877 (.032) | 2.007 (.083) | 2.187 (.051) |
| H | .193 (.015) | .230 (.010) | .200 (.010) | 1.120 (.008) | 1.154 (.009) | 1.194 (.026) | 2.273 (.040) | 2.547 (.057) | 2.543 (.055) |
| I | .177 (.025) | .173 (.046) | .090 (.010) | 1.067 (.012) | 1.089 (.016) | 1.173 (.023) | 2.663 (.155) | 2.547 (.061) | 2.730 (.026) |
| J | ---- | .240 (.046) | .147 (.050) | 1.128 (.012) | 1.111 (.006) | 1.171 (.004) | 2.543 (.045) | 2.450 (.046) | 2.780 (.046) |
| L | ---- | .283 (.025) | .143 (.035) | 1.123 (.007) | 1.084 (.105) | 1.173 (.004) | 2.650 (.020) | 2.820 (.036) | 2.713 (.045) |
| M | .137 (.021) | .160 (.010) | .160 (.010) | 1.200 (.004) | 1.151 (.009) | 1.307 (.012) | 3.010 (.036) | 3.210 (.020) | 3.260 (.062) |
| N | .253 (.021) | .310 (.017) | .217 (.006) | 1.117 (.018) | 1.175 (.030) | 1.175 (.019) | 2.913 (.145) | 3.123 (.021) | 3.007 (.023) |
| Total | .216 (.065) | .240 (.083) | .187 (.080) | 1.133 (.042) | 1.151 (.055) | 1.208 (.057) | 2.614 (.306) | 2.709 (.322) | 2.762 (.296) |

(continua)

Quadro A1. Continuação.

| Nadador | Ampl. Transv. TM (F) | | | Ind. Horizont. TM (T) | | | Ind. Estab. Total (S+F) | | |
|---------|----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | .610 | .580 | .603 | 1.317 | 1.277 | 1.370 | .215 | .175 | .196 |
| | (.010) | (.020) | (.015) | (.067) | (.015) | (.026) | (.012) | (.008) | (.053) |
| B | .497 | .540 | .537 | 1.117 | 1.210 | 1.150 | .284 | .174 | .250 |
| | (.042) | (.017) | (.021) | (.124) | (.070) | (.036) | (.076) | (.028) | (.052) |
| C | .617 | .620 | .707 | 1.367 | 1.577 | 1.960 | .269 | .199 | .198 |
| | (.021) | (.030) | (.032) | (.040) | (.091) | (.121) | (.019) | (.027) | (.018) |
| D | .680 | .713 | .693 | 1.407 | 1.553 | 1.623 | .092 | .087 | .095 |
| | (.026) | (.032) | (.038) | (.100) | (.050) | (.075) | (.029) | (.014) | (.036) |
| E | .703 | .720 | .717 | 1.537 | 1.600 | 1.587 | .227 | .193 | .218 |
| | (.045) | (.030) | (.015) | (.146) | (.070) | (.015) | (.010) | (.033) | (.008) |
| F | .527 | .563 | .583 | 1.253 | 1.360 | 1.460 | .252 | .145 | .150 |
| | (.021) | (.032) | (.012) | (.078) | (.114) | (.115) | (.046) | (.028) | (.029) |
| G | .557 | .550 | .577 | 1.430 | 1.480 | 1.563 | .154 | .046 | .095 |
| | (.006) | (.010) | (.025) | (.082) | (.095) | (.035) | (.053) | (.040) | (.029) |
| H | .603 | .587 | .597 | 1.343 | 1.363 | 1.403 | .198 | .143 | .179 |
| | (.021) | (.012) | (.031) | (.049) | (.025) | (.065) | (.041) | (.028) | (.055) |
| I | .787 | .770 | .797 | 1.670 | 1.763 | 1.890 | .215 | .160 | .207 |
| | (.035) | (.030) | (.006) | (.075) | (.015) | (.270) | (.010) | (.051) | (.030) |
| J | .603 | .683 | .660 | 1.340 | 1.690 | 1.717 | .284 | .214 | .236 |
| | (.029) | (.047) | (.036) | (.053) | (.149) | (.212) | (.027) | (.047) | (.037) |
| L | .613 | .593 | .643 | 1.303 | 1.290 | 1.513 | .286 | .227 | .268 |
| | (.023) | (.006) | (.038) | (.055) | (.026) | (.117) | (.016) | (.023) | (.043) |
| M | .623 | .680 | .717 | 1.133 | 1.240 | 1.480 | .180 | .145 | .168 |
| | (.045) | (.026) | (.031) | (.047) | (.061) | (.060) | (.041) | (.031) | (.010) |
| N | .583 | .553 | .610 | 1.180 | 1.183 | 1.323 | .218 | .122 | .212 |
| | (.006) | (.006) | (.020) | (.030) | (.059) | (.101) | (.039) | (.020) | (.048) |
| Total | .616 | .627 | .649 | 1.338 | 1.430 | 1.542 | .221 | .156 | .190 |
| | (.077) | (.078) | (.075) | (.165) | (.197) | (.239) | (.064) | (.056) | (.060) |

Quadro A2. Valores médios individuais e totais (e, entre parêntesis, os respectivos desvios padrão), das medidas dos parâmetros quantitativos estudados nos traçados luminosos do movimento dos membros inferiores. Prof. Min. = profundidade mínima; Prof. Máx. = profundidade máxima; Ampl. Verti. = amplitude vertical; Ampl. Ant.-Post. = amplitude antero-posterior; Índ. Estabiliz. = índice de estabilização; Índ. Tortuos. = índice de tortuosidade; Ampl. Total = amplitude total; Ampl. Transv. = amplitude transversal; Índ. Horizont. = índice de horizontalidade; Índ. Estab. Total = índice de estabilização total; TM = trajecto motor; Desl. Fr. = deslocamento à frente; (S) = plano sagital; (F) = plano frontal; (T) = plano transversal; BF = braços formal; BN = braços natural; BNA = braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

| Nadador | Prof. Min. TM (S) | | | Prof. Máx. TM (S) | | | Ampl. Verti. TM (S) | | | Ampl. Ant.-Post. TM (S) | | |
|---------|-------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | .153 | .143 | .133 | .687 | .727 | .687 | .533 | .583 | .553 | .243 | .180 | .213 |
| | (.060) | (.015) | (.025) | (.012) | (.015) | (.031) | (.006) | (.006) | (.006) | (.050) | (.020) | (.025) |
| B | .180 | .160 | .133 | .760 | .793 | .747 | .580 | .633 | .613 | .287 | .213 | .233 |
| | (.020) | (.010) | (.015) | (.010) | (.015) | (.021) | (.030) | (.006) | (.006) | (.015) | (.015) | (.025) |
| C | .230 | .280 | .263 | .787 | .880 | .863 | .557 | .600 | .600 | .197 | .180 | .137 |
| | (.010) | (.010) | (.032) | (.055) | (.017) | (.051) | (.064) | (.026) | (.020) | (.040) | (.035) | (.015) |
| D | .143 | .163 | .143 | .627 | .690 | .633 | .483 | .527 | .490 | .227 | .213 | .213 |
| | (.023) | (.042) | (.012) | (.038) | (.044) | (.015) | (.015) | (.006) | (.017) | (.035) | (.015) | (.045) |
| E | .170 | .210 | .173 | .647 | .710 | .683 | .477 | .500 | .510 | .217 | .203 | .190 |
| | (.010) | (.010) | (.006) | (.006) | (.020) | (.025) | (.015) | (.010) | (.020) | (.015) | (.006) | (.010) |
| F | .167 | .140 | .117 | .713 | .697 | .760 | .547 | .557 | .643 | .250 | .213 | .210 |
| | (.040) | (.085) | (.040) | (.035) | (.040) | (.053) | (.031) | (.064) | (.040) | (.070) | (.029) | (.040) |
| G | .110 | .103 | .097 | .447 | .457 | .450 | .337 | .353 | .353 | .337 | .317 | .330 |
| | (.010) | (.015) | (.021) | (.038) | (.038) | (.026) | (.047) | (.051) | (.006) | (.015) | (.012) | (.017) |
| H | .147 | .187 | .180 | .550 | .657 | .647 | .403 | .470 | .467 | .220 | .160 | .170 |
| | (.050) | (.012) | (.030) | (.044) | (.029) | (.015) | (.015) | (.036) | (.023) | (.010) | (.026) | (.050) |
| I | .080 | .067 | .323 | .600 | .637 | .910 | .520 | .570 | .587 | .313 | .273 | .273 |
| | (.010) | (.006) | (.413) | (.026) | (.021) | (.426) | (.026) | (.020) | (.032) | (.021) | (.015) | (.025) |
| J | .170 | .123 | .143 | .573 | .573 | .550 | .403 | .450 | .407 | .313 | .297 | .297 |
| | (.020) | (.060) | (.025) | (.025) | (.025) | (.026) | (.060) | (.020) | (.006) | (.045) | (.035) | (.050) |
| L | .160 | .160 | .180 | .560 | .673 | .603 | .400 | .513 | .423 | .383 | .350 | .323 |
| | (.010) | (.010) | (.036) | (.020) | (.006) | (.067) | (.010) | (.015) | (.035) | (.006) | (.020) | (.015) |
| M | .240 | .233 | .220 | .677 | .690 | .650 | .437 | .457 | .430 | .167 | .177 | .170 |
| | (.036) | (.015) | (.010) | (.068) | (.026) | (.030) | (.032) | (.025) | (.040) | (.032) | (.006) | (.020) |
| N | .300 | .290 | .300 | .790 | .810 | .797 | .490 | .520 | .497 | .253 | .233 | .247 |
| | (.036) | (.036) | (.010) | (.010) | (.010) | (.015) | (.010) | (.026) | (.025) | (.025) | (.012) | (.006) |
| Total | .173 | .174 | .185 | .647 | .692 | .691 | .474 | .518 | .506 | .262 | .232 | .231 |
| | (.059) | (.068) | (.119) | (.103) | (.106) | (.159) | (.076) | (.077) | (.089) | (.066) | (.061) | (.064) |

(continua)

Quadro A2. Continuação.

| Nadador | Ind. Estabiliz. TM (S) | | | Prof. Mín. Desl. Fr. (S) | | | Prof. Máx. Desl. Fr. (S) | | | Ind. Tortuos. Desl. Fr. (S) | | |
|---------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|-----------------|----------------|--------------------------|----------------|----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | .457 (.098) | .309 (.035) | .386 (.049) | .263 (.015) | .193 (.015) | .143 (.025) | .323 (.015) | .310 (.010) | .257 (.006) | 1.143 (.053) | 1.159 (.017) | 1.223 (.070) |
| B | .496 (.052) | .337 (.026) | .380 (.038) | .180 (.050) | .180 (.010) | .037 (.006) | .240 (.050) | .270 (.010) | .190 (.026) | 1.117 (.011) | 1.152 (.021) | 1.191 (.051) |
| C | .355 (.074) | .301 (.063) | .228 (.024) | .100 (.017) | .040 (.010) | .013 (.012) | .237 (.006) | .293 (.025) | .273 (.031) | 1.244 (.005) | 1.352 (.021) | 1.394 (.014) |
| D | .468 (.065) | .405 (.033) | .436 (.091) | .127 (.072) | .093 (.050) | .050 (.017) | .217 (.035) | .227 (.006) | .203 (.015) | 1.147 (.004) | 1.179 (.023) | 1.220 (.012) |
| E | .454 (.018) | .407 (.407) | .373 (.373) | .287 (.055) | .293 (.035) | .273 (.006) | .350 (.040) | .380 (.070) | .310 (.010) | 1.068 (.010) | 1.097 (.029) | 1.087 (.005) |
| F | .458 (.132) | .390 (.091) | .325 (.046) | .083 (.065) | .003 (.006) | .013 (.023) | .210 (.079) | .327 (.060) | .353 (.035) | 1.154 (.006) | 1.259 (.005) | 1.261 (.036) |
| G | 1.010 (.118) | .909 (.133) | .934 (.058) | .180 (.010) | .043 (.0510) | .030 (.010) | .250 (.030) | .220 (.010) | .213 (.035) | 1.081 (.014) | 1.173 (.018) | 1.137 (.010) |
| H | .545 (.006) | .344 (.077) | .365 (.106) | .130 (.010) | .110 (.026) | .113 (.055) | .173 (.015) | ---- (.025) | .187 (.025) | 1.173 (.055) | 1.182 (.063) | 1.166 (.036) |
| I | .603 (.038) | .481 (.044) | .468 (.070) | .230 (.017) | .100 (.020) | .093 (.015) | .273 (.006) | .267 (.045) | .247 (.015) | 1.110 (.059) | 1.077 (.013) | 1.101 (.028) |
| J | .776 (.102) | .658 (.049) | .729 (.122) | .263 (.035) | .163 (.015) | .227 (.006) | .363 (.015) | .573 (.015) | .377 (.006) | 1.199 (.017) | 1.270 (.029) | 1.248 (.025) |
| L | .959 (.028) | .682 (.038) | .765 (.028) | .173 (.025) | .147 (.006) | .073 (.015) | .373 (.015) | .287 (.035) | .473 (.006) | 1.045 (.012) | 1.134 (.003) | 1.229 (.021) |
| M | .385 (.093) | .388 (.027) | .401 (.084) | .240 (.036) | .297 (.015) | .150 (.060) | ---- (.006) | .383 (.006) | ---- (.006) | 1.062 (.027) | 1.108 (.007) | 1.190 (.001) |
| N | .518 (.062) | .449 (.004) | .498 (.030) | .353 (.047) | .337 (.040) | .233 (.015) | .413 (.029) | .440 (.020) | .397 (.006) | 1.077 (.020) | 1.085 (.005) | 1.119 (.005) |
| Total | 1.236 (.247) | 1.153 (.260) | 1.173 (.281) | .201 (.085) | .154 (.105) | .112 (.089) | .290 (.080) | .322 (.101) | .295 (.092) | 1.125 (.062) | 1.171 (.081) | 1.197 (.083) |

(continua)

Quadro A2. Continuação.

| Nadador | Ampl. Total (S) | | | Ampl. Transv. TM (F) | | | Ampl. Ant.-Post. TM(F) | | |
|---------|-----------------|-----------------|------------------|----------------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | 2.870 (.095) | 2.673 (.015) | 2.727 (.065) | .580 (.017) | .593 (.021) | .590 (.010) | .227 (.057) | .163 (.015) | .200 (.017) |
| B | 2.827 (.031) | 2.837 (.061) | 2.843 (.071) | .393 (.025) | .443 (.038) | .443 (.021) | .280 (.020) | .200 (.010) | .207 (.015) |
| C | 2.683 (.067) | 2.907 (.015) | 2.823 (.025) | .590 (.062) | .547 (.012) | .553 (.038) | .190 (.044) | .160 (.044) | .140 (.026) |
| D | 2.443 (.025) | 2.683 (.060) | 2.473 (.133) | .540 (.010) | .587 (.012) | .590 (.026) | .217 (.021) | .193 (.012) | .200 (.036) |
| E | 2.760 (.151) | 2.807 (.070) | 2.603 (.047) | .597 (.023) | .607 (.015) | .607 (.038) | .203 (.012) | .190 (.017) | .180 (.017) |
| F | 3.113 (.055) | 2.940 (.204) | 3.530 (.130) | .553 (.012) | .567 (.012) | .500 (.010) | .227 (.064) | .233 (.032) | .200 (.035) |
| G | 2.057 (.015) | 2.343 (.015) | 2.417 (.078) | .540 (.030) | .580 (.030) | .537 (.046) | .323 (.006) | .300 (.000) | .317 (.012) |
| H | 2.173 (.015) | 2.052 (.037) | 2.207 (.055) | .503 (.023) | .453 (.006) | .483 (.031) | .203 (.015) | .157 (.012) | .163 (.031) |
| I | 2.487 (.083) | 2.773 (.129) | 2.600 (.030) | .603 (.006) | .560 (.010) | .600 (.010) | .297 (.012) | .257 (.021) | .270 (.036) |
| J | 2.553 (.055) | 2.627 (.076) | 2.493 (.031) | .607 (.025) | .603 (.015) | .680 (.010) | .293 (.045) | .287 (.040) | .270 (.046) |
| L | 2.603 (.015) | 2.677 (.108) | 3.143 (.0679) | .563 (.012) | .560 (.020) | .563 (.035) | .373 (.015) | .333 (.023) | .313 (.021) |
| M | 2.327 (.038) | 2.673 (.012) | 2.720 (.026) | .563 (.040) | .663 (.015) | .613 (.006) | .153 (.021) | .150 (.000) | .147 (.025) |
| N | 2.670 (.050) | 2.803 (.050) | 2.790 (.010) | .477 (.015) | .463 (.015) | .473 (.015) | .237 (.025) | .213 (.012) | .213 (.015) |
| Total | 2.582 (.288) | 2.677 (.244) | 2.721 (.333) | .547 (.063) | .556 (.066) | .556 (.069) | .248 (.066) | .218 (.061) | .217 (.061) |

(continua)

Quadro A2. Continuação.

| Nadador | Ind. Estabiliz. TM (F) | | | Ind. Estabiliz. Total (S+F) | | | Ampl. Total (F) | | | Ind. Horizont. TM (T) | | |
|---------|------------------------|--------|--------|-----------------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | .390 | .276 | .339 | .218 | .153 | .187 | 2.457 | 2.630 | 2.617 | 1.127 | 1.063 | 1.097 |
| | (.090) | (.027) | (.030) | (.043) | (.018) | (.022) | (.065) | (.040) | (.040) | (.042) | (.047) | (.025) |
| B | .716 | .455 | .468 | .296 | .199 | .221 | 2.393 | 2.470 | 2.460 | .753 | .743 | .750 |
| | (.096) | (.063) | (.052) | (.030) | (.022) | (.026) | (.051) | (.026) | (.061) | (.031) | (.057) | (.044) |
| C | .321 | .293 | .253 | .171 | .157 | .119 | 2.473 | 2.150 | 2.520 | 1.107 | .960 | .947 |
| | (.063) | (.083) | (.041) | (.032) | (.032) | (.014) | (.076) | (.581) | (.044) | (.050) | (.056) | (.032) |
| D | .401 | .330 | .338 | .221 | .192 | .197 | 2.547 | 2.760 | 2.693 | 1.163 | 1.160 | 1.220 |
| | (.031) | (.018) | (.047) | (.030) | (.015) | (.038) | (.115) | (.020) | (.021) | (.032) | (.010) | (.017) |
| E | .341 | .341 | .298 | .202 | .184 | .170 | 2.490 | 2.460 | 2.563 | 1.300 | 1.253 | 1.227 |
| | (.029) | (.037) | (.043) | (.013) | (.008) | (.008) | (.125) | (.036) | (.074) | (.075) | (.035) | (.127) |
| F | .409 | .412 | .400 | .227 | .191 | .183 | 2.277 | 2.330 | 2.490 | 1.063 | 1.077 | .823 |
| | (.111) | (.061) | (.070) | (.063) | (.035) | (.029) | (.116) | (.108) | (.072) | (.021) | (.118) | (.031) |
| G | .600 | .518 | .593 | .384 | .340 | .372 | 2.180 | 2.287 | 2.313 | 1.683 | 1.700 | 1.550 |
| | (.043) | (.027) | (.062) | (.010) | (.024) | (.035) | (.062) | (.068) | (.021) | (.299) | (.201) | (.104) |
| H | .404 | .347 | .340 | .243 | .174 | .180 | 2.423 | 2.313 | 2.443 | 1.297 | 1.013 | 1.080 |
| | (.014) | (.028) | (.079) | (.004) | (.034) | (.056) | (.035) | (.025) | (.042) | (.042) | (.090) | (.111) |
| I | .492 | .458 | .450 | .279 | .242 | .231 | 2.537 | 2.723 | 2.623 | 1.203 | 1.020 | 1.100 |
| | (.014) | (.029) | (.059) | (.016) | (.016) | (.028) | (.067) | (.031) | (.070) | (.057) | (.060) | (.104) |
| J | .485 | .476 | .398 | .311 | .282 | .273 | 2.483 | 2.573 | 2.697 | 1.540 | 1.380 | 1.677 |
| | (.091) | (.079) | (.073) | (.049) | (.032) | (.049) | (.029) | (.031) | (.023) | (.078) | (.090) | (.038) |
| L | .663 | .597 | .559 | .398 | .326 | .328 | 2.400 | 2.593 | 2.723 | 1.447 | 1.200 | 1.343 |
| | (.028) | (.061) | (.070) | (.009) | (.024) | (.013) | (.078) | (.055) | (.032) | (.021) | (.010) | (.179) |
| M | .273 | .226 | .239 | .167 | .158 | .163 | 2.703 | 2.753 | 2.807 | 1.337 | 1.500 | 1.453 |
| | (.038) | (.005) | (.039) | (.035) | (.005) | (.025) | (.072) | (.091) | (.015) | (.084) | (.111) | (.160) |
| N | .496 | .460 | .451 | .262 | .237 | .254 | 2.450 | 2.563 | 2.547 | 1.043 | .923 | .983 |
| | (.037) | (.017) | (.042) | (.025) | (.005) | (.007) | (.044) | (.042) | (.025) | (.031) | (.031) | (.078) |
| Total | .461 | .397 | .394 | .260 | .218 | .221 | 2.447 | 2.534 | 2.577 | 1.236 | 1.153 | 1.173 |
| | (.139) | (.113) | (.115) | (.075) | (.065) | (.073) | (.139) | (.235) | (.137) | (.247) | (.260) | (.281) |

Quadro A3. Valores médios individuais e totais (e, entre parêntesis, os respectivos desvios padrão), das medidas dos parâmetros quantitativos estudados nos traçados luminosos do movimento da anca. BF = braços formal; BN = braços natural; BNA = braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

| Nadador | Profundidade Mínima | | | Profundidade Máxima | | | Amplitude Vertical | | |
|---------|---------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | .107 (.006) | .090 (.010) | .097 (.006) | .220 (.017) | .170 (.020) | .233 (.006) | .113 (.015) | .080 (.010) | .137 (.006) |
| B | .253 (.015) | .210 (.010) | .193 (.006) | .347 (.021) | .303 (.015) | .293 (.006) | .093 (.006) | .093 (.006) | .100 (.010) |
| C | .097 (.006) | .080 (.017) | .050 (.010) | .273 (.012) | .327 (.021) | .283 (.015) | .177 (.006) | .247 (.006) | .233 (.006) |
| D | .133 (.015) | .117 (.006) | .117 (.006) | .260 (.020) | .273 (.012) | .273 (.021) | .127 (.006) | .157 (.006) | .157 (.015) |
| E | .150 (.010) | .170 (.017) | .173 (.006) | .220 (.000) | .263 (.012) | .297 (.025) | .070 (.010) | .093 (.015) | .123 (.025) |
| F | .070 (.010) | .073 (.006) | .073 (.012) | .197 (.006) | .273 (.021) | .277 (.006) | .127 (.006) | .200 (.020) | .203 (.015) |
| G | .047 (.012) | .077 (.015) | .057 (.006) | .160 (.0109) | .183 (.015) | .153 (.006) | .113 (.006) | .107 (.006) | .097 (.006) |
| H | .133 (.032) | .130 (.036) | .167 (.012) | .233 (.035) | .303 (.021) | .310 (.030) | .100 (.020) | .173 (.021) | .143 (.021) |
| I | .170 (.040) | .113 (.006) | .093 (.031) | .257 (.040) | .227 (.012) | .197 (.025) | .087 (.006) | .113 (.006) | .103 (.006) |
| J | .150 (.020) | .093 (.023) | .143 (.012) | .253 (.015) | .250 (.026) | .280 (.010) | .103 (.015) | .157 (.006) | .137 (.006) |
| L | .110 (.010) | .103 (.006) | .087 (.012) | .190 (.010) | .213 (.012) | .317 (.006) | .080 (.020) | .110 (.010) | .230 (.010) |
| M | .107 (.006) | .067 (.006) | .064 (.047) | .163 (.006) | .143 (.006) | .137 (.057) | .057 (.006) | .077 (.006) | .073 (.015) |
| N | .170 (.010) | .180 (.010) | .177 (.015) | .293 (.015) | .290 (.020) | .270 (.010) | .123 (.006) | .110 (.017) | .093 (.006) |
| Total | .131 (.053) | .116 (.046) | .115 (.051) | .236 (.054) | .248 (.057) | .255 (.060) | .105 (.031) | .132 (.051) | .141 (.052) |

(continua)

Quadro A3. Continuação.

| Nadador | Amplitude Total | | | Índice de Tortuosidade | | |
|---------|-----------------|--------|--------|------------------------|--------|--------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | 1.800 | 1.743 | 1.790 | 1.084 | 1.059 | 1.096 |
| | (.044) | (.029) | (.056) | (.047) | (.019) | (.018) |
| B | 1.713 | 1.883 | 1.720 | 1.051 | 1.056 | 1.073 |
| | (.032) | (.015) | (.030) | (.009) | (.022) | (.003) |
| C | 1.657 | 1.800 | 1.817 | 1.117 | 1.149 | 1.141 |
| | (.025) | (.053) | (.078) | (.023) | (.026) | (.020) |
| D | 1.660 | 1.827 | 1.793 | 1.076 | 1.103 | 1.109 |
| | (.020) | (.055) | (.075) | (.020) | (.015) | (.011) |
| E | 1.933 | 2.017 | 1.823 | 1.042 | 1.071 | 1.089 |
| | (.045) | (.074) | (.074) | (.024) | (.030) | (.014) |
| F | 1.903 | 1.997 | 2.297 | 1.074 | 1.105 | 1.109 |
| | (.059) | (.116) | (.090) | (.018) | (.038) | (.001) |
| G | 1.333 | 1.450 | 1.473 | 1.087 | 1.130 | 1.081 |
| | (.025) | (.062) | (.040) | (.034) | (.016) | (.026) |
| H | 1.470 | 1.510 | 1.520 | 1.073 | 1.162 | 1.112 |
| | (.062) | (.070) | (.010) | (.015) | (.024) | (.005) |
| I | 1.507 | 1.793 | 1.640 | 1.057 | 1.078 | 1.093 |
| | (.032) | (.059) | (.035) | (.081) | (.011) | (.002) |
| J | 1.610 | 1.757 | 1.770 | 1.081 | 1.121 | 1.118 |
| | (.030) | (.040) | (.010) | (.014) | (.010) | (.017) |
| L | 1.603 | 1.740 | 2.010 | 1.044 | 1.076 | 1.136 |
| | (.051) | (.017) | (.030) | (.024) | (.003) | (.002) |
| M | 1.713 | 1.950 | 1.897 | 1.043 | 1.043 | 1.052 |
| | (.021) | (.036) | (.031) | (.012) | (.015) | (.016) |
| N | 2.000 | 2.077 | 2.020 | 1.078 | 1.067 | 1.054 |
| | (.026) | (.025) | (.040) | (.021) | (.014) | (.010) |
| Total | 1.685 | 1.811 | 1.813 | 1.070 | 1.094 | 1.097 |
| | (.169) | (.185) | (.216) | (.034) | (.040) | (.029) |

Quadro A4. Valores médios individuais e totais (e, entre parêntesis, os respectivos desvios padrão), do índice absoluto de estabilização antero-posterior dos segmentos propulsivos (IeAbs), da razão entre o índice de tortuosidade do deslocamento à frente do pé (In.Tort. MI) no plano sagital e o índice de tortuosidade do movimento da anca (In.Tort.Anca) no mesmo plano e da média das distribuições dos valores da distância horizontal percorrida por ciclo calculada com base nos registos do traçado luminoso dos movimentos da anca no plano sagital e da mão e do pé nos planos sagital e frontal. BF = braços formal; BN = braços natural; BNA = braços natural com recuperação aérea dos membros superiores.

| Nadador | IeAbs | | | In.Tort. MI / In.Tort.Anca | | | Distância de ciclo média | | |
|---------|--------|--------|--------|----------------------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | .217 | .163 | .191 | 1.054 | 1.095 | 1.115 | 1.660 | 1.671 | 1.620 |
| | (.018) | (.010) | (.014) | (.031) | (.019) | (.048) | (.102) | (.039) | (.071) |
| B | .288 | .186 | .235 | 1.062 | 1.091 | 1.110 | 1.639 | 1.806 | 1.602 |
| | (.023) | (.005) | (.039) | (.019) | (.039) | (.047) | (.012) | (.024) | (.024) |
| C | .219 | .177 | .157 | 1.114 | 1.177 | 1.222 | 1.490 | 1.586 | 1.599 |
| | (.024) | (.024) | (.002) | (.018) | (.041) | (.033) | (.029) | (.037) | (.056) |
| D | .152 | .138 | .145 | 1.066 | 1.069 | 1.099 | 1.547 | 1.693 | 1.607 |
| | (.028) | (.006) | (.033) | (.017) | (.033) | (.015) | (.032) | (.061) | (.035) |
| E | .215 | .188 | .195 | 1.025 | 1.025 | .998 | 1.855 | 1.915 | 1.711 |
| | (.007) | (.019) | (.002) | (.032) | (.040) | (.017) | (.108) | (.018) | (.048) |
| F | .238 | .168 | .168 | 1.075 | 1.140 | 1.137 | 1.779 | 1.832 | 2.061 |
| | (.040) | (.023) | (.024) | (.023) | (.035) | (.032) | (.082) | (.158) | (.045) |
| G | .263 | .193 | .228 | .995 | 1.038 | 1.052 | 1.235 | 1.317 | 1.383 |
| | (.033) | (.015) | (.026) | (.035) | (.012) | (.018) | (.031) | (.050) | (.019) |
| H | .218 | .157 | .179 | 1.093 | 1.017 | 1.049 | 1.369 | 1.331 | 1.365 |
| | (.024) | (.008) | (.047) | (.041) | (.049) | (.036) | (.048) | (.047) | (.008) |
| I | .245 | .199 | .218 | 1.051 | 1.000 | 1.007 | 1.444 | 1.706 | 1.525 |
| | (.003) | (.033) | (.004) | (.029) | (.016) | (.027) | (.107) | (.036) | (.028) |
| J | .297 | .247 | .255 | 1.110 | 1.133 | 1.116 | 1.495 | 1.570 | 1.571 |
| | (.025) | (.040) | (.043) | (.027) | (.033) | (.005) | (.016) | (.041) | (.025) |
| L | .338 | .277 | .297 | 1.001 | 1.053 | 1.082 | 1.549 | 1.642 | 1.761 |
| | (.008) | (.017) | (.027) | (.026) | (.000) | (.019) | (.037) | (.004) | (.022) |
| M | .174 | .151 | .166 | 1.019 | 1.063 | 1.132 | 1.657 | 1.885 | 1.821 |
| | (.007) | (.017) | (.016) | (.036) | (.014) | (.017) | (.020) | (.041) | (.045) |
| N | .239 | .178 | .232 | 1.000 | 1.017 | 1.062 | 1.881 | 1.976 | 1.945 |
| | (.022) | (.009) | (.027) | (.015) | (.010) | (.008) | (.042) | (.012) | (.010) |
| Total | .239 | .186 | .205 | 1.051 | 1.071 | 1.091 | 1.585 | 1.687 | 1.659 |
| | (.052) | (.041) | (.048) | (.046) | (.058) | (.062) | (.189) | (.204) | (.198) |

13.2. Anexo 2- Equações de regressão polinomial calculadas entre a velocidade e o tempo para as diferentes variantes da técnica de braços executadas por cada indivíduo.

Quadro A5. Equações de regressão polinomial, e respectivos valores do coeficiente de determinação (r^2), obtidas para os diferentes indivíduos em cada uma das variantes da técnica de braços estudadas.

| Identificação | Equação | r^2 |
|---------------|---|-------|
| A BF | $v = 0.39214342 - 0.278596075t + 2.70753099t^2 - 2.31215231t^3 + 0.63309574t^4 + 0.01755262t^5 - 0.03916197t^6 + 0.00641239t^7 - 0.00033812762t^8$ | 0.921 |
| A BN | $v = 0.46885989 + 1.862965288t - 2.06365257t^2 + 1.53830542t^3 - 0.84362250t^4 + 2.08645569t^5 - 0.05337755t^6 + 0.00488574t^7 - 0.00016710285t^8$ | 0.990 |
| A BNA | $v = 0.40773447 - 0.381859366t + 4.08304149t^2 - 4.77382013t^3 + 2.47659110t^4 - 0.69023544t^5 + 0.10791732t^6 - 0.00899242t^7 + 0.0003117234t^8$ | 0.890 |
| B BF | $v = 0.68237109 + 0.4953863451t - 1.27854902t^2 + 2.28779289t^3 - 1.63108697t^4 + 0.55762103t^5 - 0.09806150t^6 + 0.00850270t^7 - 0.00028479775t^8$ | 0.914 |
| B BN | $v = 0.62759467 + 0.4928560889t - 1.04859242t^2 - 0.14143159t^3 - 0.02034791t^4 + 0.01748628t^5 - 0.00045143t^6 - 0.00057722t^7 + 0.00005671773t^8$ | 0.979 |
| B BNA | $v = 0.57630432 + 0.6651890948t - 0.28953229t^2 + 0.13882612t^3 + 0.02331188t^4 - 0.07149404t^5 + 0.02918085t^6 - 0.00462570t^7 + 0.0002593467t^8$ | 0.962 |
| C BF | $v = 0.44457269 + 1.858899744t - 2.39639329t^2 + 2.06591588t^3 - 1.06171287t^4 + 0.29621500t^5 - 0.04423024t^6 + 0.00326883t^7 - 0.000091723518t^8$ | 0.998 |
| C BN | $v = 0.29902626 - 0.365094520t + 0.75351672t^2 + 0.37040644t^3 - 0.56693161t^4 + 0.21474648t^5 - 0.03724284t^6 + 0.00308969t^7 - 0.000099283088t^8$ | 0.994 |
| C BNA | $v = 0.22368946 - 0.129503725t + 2.35150804t^2 - 2.05358128t^3 + 0.79805861t^4 - 0.17470194t^5 - 0.02315507t^6 - 0.00177831t^7 + 0.00006080090t^8$ | 0.998 |
| D BF | $v = 0.47273596 - 0.196829206t + 4.56931372t^2 - 5.51430820t^3 + 2.76649558t^4 - 0.71149404t^5 + 0.09798145t^6 - 0.00678118t^7 + 0.0001818613t^8$ | 0.991 |
| D BN | $v = 0.42842544 - 0.676707247t + 1.94712861t^2 - 0.50036481t^3 - 0.42590312t^4 + 0.26512296t^5 - 0.05838103t^6 + 0.00580614t^7 - 0.00021951309t^8$ | 0.981 |
| D BNA | $v = 0.42145478 - 0.159406778t + 2.63019823t^2 - 2.40530901t^3 + 0.92238070t^4 - 0.18058575t^5 + 0.01846626t^6 - 0.00089568t^7 + 0.00001433132t^8$ | 0.986 |
| E BF | $v = 0.54157365 + 0.4692347521t + 0.29676861t^2 - 0.22350960t^3 + 0.01822064t^4 + 0.01102705t^5 - 0.00273015t^6 + 0.00023182t^7 - 0.0000068283764t^8$ | 0.966 |
| E BN | $v = 0.39790076 + 0.0289367669t + 1.17008221t^2 - 0.83737199t^3 + 0.22749073t^4 - 0.02689770t^5 + 0.00101473t^6 + 0.00003755t^7 - 0.0000024764945t^8$ | 0.990 |
| E BNA | $v = 0.38592626 - 0.255402983t + 2.08911710t^2 - 1.64355880t^3 + 0.55627291t^4 - 0.09869910t^5 + 0.00958279t^6 - 0.00048210t^7 + 0.000009822756t^8$ | 0.983 |

(continua)

Quadro A5. Continuação.

| Identificação | Equação | r ² |
|---------------|--|----------------|
| F | $v = 0.35592152 + 0.0298567446t + 1.54400499t^2$ | 0.993 |
| BF | $- 1.13100572t^3 + 0.30313127t^4 - 0.03011351t^5$ $- 0.00048386t^6 + 0.00025050t^7 - 0.000010233991t^8$ | |
| F | $v = 0.32393460 - 0.742548178t + 4.70581761t^2$ | 0.998 |
| BN | $- 4.64794503t^3 + 2.01808103t^4 - 0.45729559t^5$ $+ 0.05577314t^6 - 0.00342281t^7 + 0.00008090891t^8$ | |
| F | $v = 0.41901567 + 0.2915564195t + 0.68968632t^2$ | 0.990 |
| BNA | $- 0.18119807t^3 - 0.18419041t^4 + 0.10086280t^5$ $- 0.01960741t^6 + 0.00168794t^7 - 0.00005376752t^8$ | |
| G | $v = 0.47991171 + 0.4306939704t - 0.02037351t^2$ | 0.984 |
| BF | $+ 0.38392547t^3 - 0.41980483t^4 + 0.16221489t^5$ $- 0.02851162t^6 + 0.00222897t^7 - 0.000057064804t^8$ | |
| G | $v = 0.33628549 - 1.751303325t + 6.70477122t^2$ | 0.996 |
| BN | $- 6.49281588t^3 + 2.95781041t^4 - 0.72784642t^5$ $+ 0.09869902t^6 - 0.00684450t^7 + 0.0001840601t^8$ | |
| G | $v = 0.39045891 + 0.2182132734t + 0.65546912t^2$ | 0.986 |
| BNA | $- 0.44689970t^3 + 0.15885949t^4 - 0.06258163t^5$ $+ 0.01905854t^6 - 0.00288836t^7 + 0.0001617875t^8$ | |
| H | $v = 0.44654616 - 0.564590530t + 2.62428009t^2$ | 0.974 |
| BF | $- 1.88194733t^3 + 0.49412103t^4 - 0.02485014t^5$ $- 0.01046244t^6 + 0.00174255t^7 - 0.000078217292t^8$ | |
| H | $v = 0.49645162 + 0.20436851t + 2.98576688t^2$ | 0.950 |
| BN | $- 3.41793445t^3 + 1.49293329t^4 - 0.31067046t^5$ $+ 0.03036544t^6 - 0.00103524t^7 - 0.00001034741t^8$ | |
| H | $v = 0.40048640 - 2.04257473t + 6.79553001t^2$ | 0.999 |
| BNA | $- 5.64352787t^3 + 2.01209464t^4 - 0.30773775t^5$ $+ 0.00584363t^6 + 0.00331284t^7 - 0.00025485167t^8$ | |
| I | $v = 0.46254559 + 0.6698621371t - 0.61878133t^2$ | 0.997 |
| BF | $+ 1.09946736t^3 - 0.80422639t^4 + 0.27000972t^5$ $- 0.04571664t^6 + 0.00379978t^7 - 0.00012306117t^8$ | |
| I | $v = 0.34361556 - 0.285534678t + 3.35296846t^2$ | 0.998 |
| BN | $- 3.18147066t^3 + 1.33007973t^4 - 0.30055265t^5$ $+ 0.03861650t^6 - 0.00269532t^7 + 0.00008037344t^8$ | |
| I | $v = 0.32553714 + 0.1349333465t + 2.56130676t^2$ | 0.987 |
| BNA | $- 2.64821056t^3 + 1.20117023t^4 - 0.30510375t^5$ $+ 0.04556722t^6 - 0.00375268t^7 + 0.0001310223t^8$ | |
| J | $v = 0.57445397 + 0.9303347326t - 0.32693987t^2$ | 0.997 |
| BF | $+ 0.35380344t^3 - 0.39725250t^4 + 0.18210810t^5$ $- 0.03850731t^6 + 0.00375302t^7 - 0.00013427870t^8$ | |
| J | $v = 0.38711102 - 0.058447229t + 3.00186183t^2$ | 0.994 |
| BN | $- 3.06409733t^3 + 1.32677822t^4 - 0.30361544t^5$ $+ 0.03870609t^6 - 0.00262795t^7 + 0.00007495263t^8$ | |
| J | $v = 0.41066639 + 0.1816534193t + 2.10474188t^2$ | 0.998 |
| BNA | $- 2.00407778t^3 + 0.75639649t^4 - 0.15042553t^5$ $+ 0.01904826t^6 - 0.00173571t^7 + 0.00008490876t^8$ | |
| L | $v = 0.49618179 + 0.2227297448t + 0.85465629t^2$ | 0.980 |
| BF | $- 0.58448127t^3 + 0.09931984t^4 + 0.01147318t^5$ $- 0.00533002t^6 + 0.00057006t^7 - 0.000020163220t^8$ | |

(continua)

Quadro A5. Continuação.

| Identificação | Equação | r ² |
|---------------|---|----------------|
| L BN | $v = 0.44413982 - 0.258023402t + 2.63747293t^2 - 2.40693261t^3 + 0.91186145t^4 - 0.17024962t^5 + 0.01553123t^6 - 0.00055922t^7 + 0.000006042999t^8$ | 0.996 |
| L BNA | $v = 0.32286427 - 0.087154545t + 2.21135311t^2 - 1.88037190t^3 + 0.66959200t^4 - 0.12392897t^5 + 0.01250626t^6 - 0.00065488t^7 + 0.00001401578t^8$ | 0.989 |
| M BF | $v = 0.58247510 - 0.533841398t + 3.19186522t^2 - 2.90534010t^3 + 1.14931787t^4 - 0.21688144t^5 + 0.01615044t^6 + 0.00024368t^7 - 0.000064819273t^8$ | 0.999 |
| M BN | $v = 0.60806026 + 0.192884898t + 0.44135658t^2 + 1.13885041t^3 - 1.60316306t^4 + 0.74986318t^5 - 0.16553208t^6 + 0.01761175t^7 - 0.00072837116t^8$ | 0.999 |
| M BNA | $v = 0.51785893 - 0.2838262t + 1.88231946t^2 + 0.04495877t^3 - 1.30551216t^4 + 0.74761047t^5 - 0.17926296t^6 + 0.02005136t^7 - 0.00086128772t^8$ | 0.982 |
| N BF | $v = 0.46678140 + 0.2690403978t + 0.43905774t^2 + 0.52598000t^3 - 0.93216229t^4 + 0.45677398t^5 - 0.10241840t^6 + 0.01092926t^7 - 0.00045016458t^8$ | 0.987 |
| N BN | $v = 0.54611120 + 1.203040607t + 0.20517705t^2 - 1.17437756t^3 + 0.79685085t^4 - 0.26032931t^5 + 0.04746901t^6 - 0.00469192t^7 + 0.0001960418t^8$ | 0.991 |
| N BNA | $v = 0.40117679 - 0.117429203t + 1.78178098t^2 - 1.01185980t^3 - 0.03517033t^4 + 0.16466366t^5 - 0.04908392t^6 + 0.00584215t^7 - 0.00025308474t^8$ | 0.995 |

13.3. Anexo 3- Valores individuais, valores médios e respectivos desvios-padrão, dos parâmetros estudados com base nas curvas de variação da velocidade horizontal ao longo de um ciclo.

Quadro A6. Valores da velocidade média por ciclo obtidos nas três variantes da técnica de braços pelos diferentes nadadores. Os valores são expressos em m.s⁻¹. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | BF | BN | BNA |
|-----------|-------|-------|-------|
| A | 0.960 | 0.947 | 1.004 |
| B | 1.046 | 1.013 | 1.012 |
| C | 0.962 | 0.914 | 0.981 |
| D | 1.016 | 0.968 | 1.000 |
| E | 1.018 | 0.975 | 0.962 |
| F | 0.998 | 0.992 | 1.024 |
| G | 0.980 | 0.991 | 0.990 |
| H | 1.129 | 1.069 | 1.082 |
| I | 1.090 | 1.149 | 1.154 |
| J | 1.191 | 1.111 | 1.158 |
| L | 1.052 | 1.050 | 0.964 |
| M | 1.283 | 1.298 | 1.273 |
| N | 1.101 | 1.121 | 1.117 |
| \bar{x} | 1.064 | 1.046 | 1.056 |
| \pm | 0.095 | 0.104 | 0.095 |

Quadro A7. Valores da velocidade horizontal nos pontos notáveis v1, v2, v3 e v4. Os valores são expressos em m.s⁻¹. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | v1 | | | v2 | | | v3 | | | v4 | | |
|-----------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | .385 | .224 | .398 | 1.268 | 1.212 | 1.302 | 1.000 | .960 | 1.048 | 1.257 | 1.189 | 1.101 |
| B | .654 | .601 | .542 | 1.349 | 1.248 | 1.286 | .980 | .972 | .965 | 1.178 | 1.115 | 1.080 |
| C | .182 | .258 | .223 | 1.329 | 1.370 | 1.397 | .925 | .931 | .998 | 1.121 | 1.072 | 1.143 |
| D | .471 | .366 | .419 | 1.522 | 1.490 | 1.486 | .959 | .879 | 1.031 | 1.208 | 1.152 | 1.084 |
| E | .464 | .398 | .378 | 1.377 | 1.285 | 1.384 | .958 | .947 | .936 | 1.201 | 1.192 | 1.135 |
| F | .356 | .292 | .403 | 1.432 | 1.435 | 1.539 | 1.011 | 1.000 | .970 | 1.096 | 1.264 | 1.056 |
| G | .458 | .203 | .386 | 1.252 | 1.341 | 1.310 | 1.044 | 1.024 | 1.071 | 1.118 | 1.154 | 1.114 |
| H | .413 | .487 | .221 | 1.417 | 1.550 | 1.550 | 1.211 | .946 | 1.090 | 1.405 | 1.253 | 1.267 |
| I | .396 | .337 | .323 | 1.427 | 1.587 | 1.603 | 1.125 | 1.207 | 1.179 | 1.388 | 1.340 | 1.292 |
| J | .491 | .387 | .408 | 1.432 | 1.523 | 1.537 | 1.304 | 1.136 | 1.137 | 1.466 | 1.331 | 1.413 |
| L | .472 | .438 | .322 | 1.371 | 1.361 | 1.439 | 1.010 | 1.006 | .938 | 1.340 | 1.355 | 1.110 |
| M | .558 | .595 | .507 | 1.543 | 1.740 | 1.846 | 1.509 | 1.331 | 1.258 | 1.622 | 1.616 | 1.577 |
| N | .442 | .428 | .399 | 1.424 | 1.388 | 1.464 | 1.205 | 1.203 | 1.262 | 1.427 | 1.313 | 1.386 |
| \bar{x} | .442 | .386 | .379 | 1.396 | 1.425 | 1.473 | 1.095 | 1.042 | 1.068 | 1.294 | 1.256 | 1.219 |
| \pm | .110 | .127 | .092 | .085 | .149 | .152 | .170 | .135 | .113 | .161 | .140 | .158 |

Quadro A8. Valores da velocidade horizontal nos pontos notáveis v1, v2, v3 e v4, expressos em percentagem da velocidade média do ciclo. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | v1 | | | v2 | | | v3 | | | v4 | | |
|-----------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | 40.1 | 23.7 | 39.7 | 132.1 | 128.0 | 129.7 | 104.2 | 101.4 | 104.3 | 130.9 | 125.6 | 117.6 |
| B | 62.5 | 59.3 | 53.6 | 129.0 | 123.2 | 127.1 | 93.7 | 95.9 | 95.3 | 112.6 | 110.0 | 106.7 |
| C | 18.9 | 28.2 | 22.6 | 138.1 | 149.9 | 142.4 | 96.1 | 101.9 | 101.8 | 116.5 | 117.3 | 116.6 |
| D | 46.3 | 37.8 | 41.9 | 149.7 | 153.8 | 148.6 | 94.4 | 90.8 | 103.0 | 118.9 | 119.0 | 108.4 |
| E | 45.6 | 40.8 | 39.2 | 135.3 | 131.8 | 143.9 | 94.1 | 97.1 | 97.2 | 118.0 | 122.3 | 117.9 |
| F | 35.7 | 29.4 | 39.3 | 143.5 | 144.7 | 150.4 | 101.3 | 100.8 | 94.8 | 109.8 | 127.4 | 103.1 |
| G | 46.7 | 20.5 | 39.0 | 127.7 | 135.3 | 132.3 | 106.5 | 103.3 | 108.1 | 114.0 | 116.4 | 113.0 |
| H | 36.6 | 45.5 | 20.5 | 125.5 | 145.0 | 143.2 | 107.2 | 88.5 | 100.7 | 124.4 | 117.2 | 117.1 |
| I | 36.3 | 29.4 | 28.0 | 130.9 | 138.1 | 138.9 | 103.2 | 105.1 | 102.2 | 127.3 | 116.7 | 112.0 |
| J | 41.2 | 34.8 | 35.2 | 120.2 | 137.1 | 132.7 | 109.5 | 102.2 | 98.2 | 123.0 | 119.8 | 122.0 |
| L | 44.9 | 41.7 | 33.4 | 130.3 | 129.6 | 149.3 | 96.0 | 95.8 | 97.3 | 127.4 | 127.1 | 115.2 |
| M | 43.5 | 45.8 | 39.8 | 120.3 | 134.0 | 144.9 | 117.6 | 102.5 | 98.8 | 126.4 | 124.5 | 123.8 |
| N | 40.1 | 38.2 | 35.7 | 129.3 | 123.8 | 131.1 | 109.4 | 107.3 | 113.0 | 129.6 | 117.1 | 124.1 |
| \bar{x} | 41.4 | 36.5 | 36.0 | 131.7 | 136.5 | 139.6 | 102.6 | 99.4 | 101.1 | 121.5 | 120.0 | 115.2 |
| \pm | 9.7 | 10.5 | 8.6 | 8.4 | 9.6 | 8.1 | 7.4 | 5.5 | 5.2 | 6.9 | 5.1 | 6.4 |

Quadro A9. Valores do tempo, contado desde o início do ciclo ($v1=0$), a que ocorreram os pontos notáveis $v2$, $v3$, $v4$ e $v1'$. Os valores são expressos em segundos. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | v2 | | | v3 | | | v4 | | | v1' | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | .281 | .297 | .259 | .532 | .617 | .530 | .791 | .889 | .791 | 1.204 | 1.206 | 1.204 |
| B | .410 | .357 | .420 | .721 | .706 | .769 | .956 | .950 | .968 | 1.208 | 1.214 | 1.202 |
| C | .426 | .412 | .368 | .815 | .781 | .770 | 1.074 | 1.025 | 1.048 | 1.402 | 1.410 | 1.418 |
| D | .237 | .338 | .321 | .538 | .692 | .718 | .795 | .970 | .922 | 1.248 | 1.424 | 1.440 |
| E | .475 | .402 | .363 | .957 | .809 | .800 | 1.356 | 1.181 | 1.188 | 1.836 | 1.620 | 1.837 |
| F | .385 | .275 | .420 | .792 | .578 | .850 | 1.022 | .873 | 1.062 | 1.418 | 1.410 | 1.418 |
| G | .409 | .269 | .438 | .716 | .552 | .768 | .912 | .811 | .928 | 1.220 | 1.204 | 1.220 |
| H | .336 | .275 | .275 | .600 | .598 | .563 | .863 | .875 | .798 | 1.208 | 1.216 | 1.206 |
| I | .457 | .327 | .355 | .778 | .689 | .792 | 1.072 | .963 | 1.058 | 1.438 | 1.402 | 1.418 |
| J | .376 | .308 | .327 | .623 | .647 | .646 | .878 | .956 | .917 | 1.218 | 1.422 | 1.216 |
| L | .421 | .303 | .352 | .808 | .621 | .778 | 1.193 | .964 | 1.110 | 1.660 | 1.416 | 1.636 |
| M | .342 | .367 | .314 | .491 | .641 | .602 | .739 | .881 | .838 | 1.220 | 1.216 | 1.216 |
| N | .386 | .297 | .350 | .636 | .603 | .608 | .885 | .883 | .827 | 1.244 | 1.256 | 1.212 |
| \bar{x} | .380 | .325 | .351 | .693 | .656 | .707 | .964 | .940 | .958 | 1.348 | 1.340 | 1.357 |
| \pm | .067 | .047 | .054 | .137 | .076 | .104 | .175 | .092 | .127 | .200 | .130 | .199 |

Quadro A10. Valores do tempo, contado desde o início do ciclo e expresso em percentagem da duração total do ciclo ($v1=0$ e $v1'=100\%$), a que ocorreram os pontos notáveis $v2$, $v3$ e $v4$. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | v2 | | | v3 | | | v4 | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | 23.3 | 24.6 | 21.5 | 44.2 | 51.2 | 44.0 | 65.7 | 73.7 | 65.7 |
| B | 34.0 | 29.4 | 35.0 | 59.7 | 58.2 | 64.0 | 79.2 | 78.2 | 80.5 |
| C | 30.4 | 29.2 | 25.9 | 58.1 | 55.4 | 54.3 | 76.6 | 72.7 | 73.9 |
| D | 19.0 | 23.7 | 22.3 | 43.0 | 48.6 | 49.9 | 63.7 | 68.1 | 64.1 |
| E | 25.9 | 24.8 | 19.8 | 52.1 | 49.9 | 43.6 | 73.9 | 72.9 | 64.7 |
| F | 27.2 | 19.5 | 29.6 | 55.9 | 41.0 | 59.9 | 72.1 | 61.9 | 74.9 |
| G | 35.5 | 22.4 | 35.9 | 58.7 | 45.9 | 62.9 | 74.8 | 67.4 | 76.1 |
| H | 27.8 | 22.6 | 22.8 | 49.7 | 49.2 | 46.7 | 71.4 | 72.0 | 66.2 |
| I | 31.8 | 23.3 | 25.0 | 54.1 | 48.8 | 55.8 | 74.6 | 68.7 | 74.6 |
| J | 30.9 | 21.6 | 26.9 | 51.2 | 45.5 | 53.2 | 72.1 | 67.2 | 75.4 |
| L | 25.4 | 21.4 | 21.5 | 48.7 | 43.9 | 47.5 | 71.9 | 68.1 | 67.9 |
| M | 28.0 | 30.2 | 25.8 | 40.2 | 52.7 | 49.5 | 60.6 | 72.4 | 69.0 |
| N | 31.0 | 23.6 | 28.9 | 51.1 | 48.0 | 50.2 | 71.1 | 70.3 | 68.2 |
| \bar{x} | 28.3 | 24.3 | 26.2 | 51.3 | 46.0 | 50.2 | 71.3 | 70.3 | 70.9 |
| \pm | 4.3 | 3.3 | 5.0 | 6.1 | 4.6 | 6.7 | 5.2 | 4.0 | 5.3 |

Quadro A11. Valores da duração total de cada ciclo e de cada fase do ciclo. As fases foram definidas pelos intervalos de tempo que medeiam entre pontos notáveis (v1, v2, v3, v4 e v1') sucessivos. Os valores são expressos em segundos. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | Ciclo | | | v1 - v2 | | | v2 - v3 | | | v3 - v4 | | | v4 - v1' | | |
|-----------|-------|-------|-------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|----------|------|------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | 1.204 | 1.206 | 1.204 | .281 | .297 | .259 | .251 | .320 | .271 | .259 | .272 | .261 | .413 | .317 | .413 |
| B | 1.208 | 1.214 | 1.202 | .410 | .357 | .420 | .311 | .349 | .349 | .235 | .244 | .198 | .252 | .264 | .234 |
| C | 1.402 | 1.410 | 1.418 | .426 | .412 | .368 | .388 | .369 | .402 | .269 | .244 | .279 | .328 | .385 | .370 |
| D | 1.248 | 1.424 | 1.440 | .237 | .338 | .321 | .299 | .354 | .397 | .259 | .278 | .204 | .453 | .454 | .518 |
| E | 1.836 | 1.620 | 1.836 | .475 | .403 | .363 | .482 | .406 | .437 | .398 | .373 | .388 | .481 | .438 | .648 |
| F | 1.418 | 1.410 | 1.418 | .384 | .275 | .420 | .407 | .304 | .429 | .230 | .295 | .212 | .398 | .537 | .356 |
| G | 1.220 | 1.204 | 1.220 | .409 | .269 | .438 | .308 | .283 | .330 | .196 | .259 | .160 | .308 | .393 | .292 |
| H | 1.208 | 1.216 | 1.206 | .336 | .275 | .275 | .264 | .323 | .288 | .263 | .277 | .235 | .345 | .341 | .408 |
| I | 1.438 | 1.402 | 1.418 | .457 | .327 | .355 | .322 | .357 | .437 | .294 | .279 | .266 | .366 | .439 | .360 |
| J | 1.218 | 1.422 | 1.216 | .376 | .308 | .327 | .247 | .339 | .320 | .255 | .309 | .270 | .340 | .466 | .299 |
| L | 1.660 | 1.416 | 1.636 | .421 | .303 | .352 | .387 | .318 | .426 | .385 | .344 | .333 | .467 | .451 | .526 |
| M | 1.220 | 1.216 | 1.216 | .342 | .367 | .314 | .149 | .274 | .288 | .248 | .240 | .236 | .481 | .335 | .376 |
| N | 1.244 | 1.256 | 1.212 | .368 | .297 | .350 | .249 | .307 | .258 | .249 | .280 | .219 | .360 | .373 | .385 |
| \bar{x} | 1.348 | 1.340 | 1.357 | .379 | .325 | .351 | .313 | .331 | .356 | .271 | .284 | .251 | .384 | .399 | .399 |
| \pm | .200 | .130 | .199 | .067 | .047 | .054 | .087 | .036 | .068 | .058 | .039 | .060 | .072 | .074 | .110 |

Quadro A12. Duração de cada fase do ciclo expressa em percentagem da duração total do ciclo. As fases foram definidas pelos intervalos de tempo que medeiam entre pontos notáveis (v1, v2, v3, v4 e v1') sucessivos. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | v1 - v2 | | | v2 - v3 | | | v3 - v4 | | | v4 - v1' | | |
|-----------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|----------|------|------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | 23.3 | 24.6 | 21.5 | 20.8 | 26.5 | 22.5 | 21.5 | 22.6 | 21.7 | 34.3 | 26.3 | 34.3 |
| B | 34.0 | 29.4 | 35.0 | 25.7 | 28.7 | 29.0 | 19.5 | 20.1 | 16.5 | 20.8 | 21.8 | 19.5 |
| C | 30.4 | 29.2 | 25.9 | 27.7 | 26.2 | 28.3 | 18.5 | 17.3 | 19.7 | 23.4 | 27.3 | 26.1 |
| D | 19.0 | 23.7 | 22.3 | 24.0 | 24.9 | 27.5 | 20.7 | 19.5 | 14.2 | 36.3 | 31.9 | 35.9 |
| E | 25.9 | 24.9 | 19.8 | 26.3 | 25.1 | 23.8 | 21.7 | 23.0 | 21.1 | 26.2 | 27.0 | 35.3 |
| F | 27.1 | 19.5 | 29.6 | 28.7 | 21.6 | 30.3 | 16.2 | 20.9 | 15.0 | 27.9 | 38.1 | 25.1 |
| G | 33.5 | 22.4 | 35.9 | 25.2 | 23.5 | 27.0 | 18.0 | 21.5 | 13.1 | 19.5 | 28.6 | 28.0 |
| H | 27.8 | 22.6 | 22.8 | 21.8 | 26.5 | 23.9 | 21.8 | 22.8 | 19.5 | 28.6 | 28.0 | 33.8 |
| I | 31.8 | 23.3 | 25.0 | 22.4 | 25.5 | 30.8 | 20.4 | 19.9 | 18.8 | 25.4 | 31.3 | 25.4 |
| J | 30.9 | 21.6 | 26.9 | 20.3 | 23.8 | 26.3 | 20.9 | 21.7 | 22.2 | 27.9 | 32.8 | 24.6 |
| L | 25.4 | 21.4 | 21.5 | 23.3 | 22.5 | 26.0 | 23.2 | 24.3 | 20.3 | 28.1 | 31.9 | 32.1 |
| M | 28.0 | 30.2 | 25.8 | 12.2 | 22.5 | 23.7 | 20.4 | 19.7 | 19.4 | 39.4 | 27.6 | 30.9 |
| N | 29.6 | 23.6 | 28.9 | 20.0 | 24.4 | 21.3 | 20.0 | 22.3 | 18.1 | 28.9 | 29.7 | 31.8 |
| \bar{x} | 28.2 | 24.4 | 26.2 | 23.0 | 24.7 | 26.2 | 20.1 | 21.2 | 18.4 | 28.7 | 29.7 | 29.1 |
| \pm | 4.2 | 3.3 | 5.0 | 4.3 | 2.0 | 3.0 | 2.1 | 1.9 | 2.9 | 5.2 | 4.0 | 5.3 |

Quadro A13. Velocidade horizontal média em cada fase do ciclo expressa em valor absoluto ($m \cdot s^{-1}$). As fases foram definidas pelos intervalos de tempo que medeiam entre pontos notáveis (v_1, v_2, v_3, v_4 e v_1') sucessivos. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | v1 - v2 | | | v2 - v3 | | | v3 - v4 | | | v4 - v1' | | |
|-----------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|----------|------|------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | .89 | .87 | .93 | 1.13 | 1.08 | 1.16 | 1.13 | 1.07 | 1.12 | .81 | .78 | .88 |
| B | 1.05 | .99 | 1.00 | 1.16 | 1.11 | 1.13 | 1.08 | 1.04 | 1.02 | .95 | .90 | .86 |
| C | .96 | .85 | .91 | 1.13 | 1.14 | 1.18 | 1.02 | 1.00 | 1.07 | .72 | .71 | .77 |
| D | 1.07 | .98 | 1.03 | 1.22 | 1.17 | 1.23 | 1.08 | 1.02 | 1.06 | .82 | .78 | .78 |
| E | .98 | .90 | .96 | 1.16 | 1.11 | 1.14 | 1.08 | 1.07 | 1.04 | .87 | .84 | .80 |
| F | .97 | .95 | 1.02 | 1.21 | 1.20 | 1.24 | 1.05 | 1.13 | 1.01 | .78 | .82 | .78 |
| G | .91 | .87 | .91 | 1.14 | 1.17 | 1.19 | 1.08 | 1.09 | 1.09 | .85 | .88 | .83 |
| H | .99 | 1.06 | .98 | 1.31 | 1.23 | 1.30 | 1.30 | 1.10 | 1.18 | 1.00 | .90 | .94 |
| I | .97 | 1.07 | 1.08 | 1.27 | 1.38 | 1.37 | 1.25 | 1.27 | 1.23 | .95 | .94 | .91 |
| J | 1.07 | 1.05 | 1.06 | 1.37 | 1.31 | 1.33 | 1.38 | 1.23 | 1.27 | 1.05 | .93 | .99 |
| L | .95 | .97 | .96 | 1.18 | 1.17 | 1.17 | 1.17 | 1.17 | 1.02 | .93 | .93 | .76 |
| M | 1.15 | 1.17 | 1.22 | 1.53 | 1.53 | 1.54 | 1.56 | 1.47 | 1.41 | 1.15 | 1.13 | 1.02 |
| N | .95 | 1.02 | 1.00 | 1.31 | 1.29 | 1.36 | 1.31 | 1.26 | 1.32 | .97 | .97 | .95 |
| \bar{x} | .99 | .96 | 1.00 | 1.24 | 1.22 | 1.26 | 1.19 | 1.15 | 1.14 | .91 | .89 | .87 |
| \pm | .073 | .094 | .084 | .117 | .127 | .119 | .159 | .131 | .131 | .119 | .106 | .089 |

Quadro A14. Velocidade horizontal média em cada fase do ciclo, expressa em percentagem da velocidade horizontal média do ciclo. As fases foram definidas pelos intervalos de tempo que medeiam entre pontos notáveis (v_1, v_2, v_3, v_4 e v_1') sucessivos. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | v1 - v2 | | | v2 - v3 | | | v3 - v4 | | | v4 - v1' | | |
|-----------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|----------|------|------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | 92.2 | 91.6 | 92.3 | 117.5 | 114.6 | 115.9 | 117.2 | 112.8 | 111.0 | 83.9 | 82.2 | 87.4 |
| B | 100.0 | 97.6 | 98.9 | 110.9 | 109.3 | 111.3 | 102.9 | 102.6 | 100.7 | 90.7 | 88.6 | 84.6 |
| C | 100.0 | 93.2 | 92.5 | 117.2 | 124.6 | 120.6 | 105.9 | 109.5 | 108.9 | 75.0 | 77.6 | 78.4 |
| D | 105.3 | 100.9 | 103.3 | 119.9 | 120.7 | 123.3 | 106.7 | 104.8 | 105.7 | 80.3 | 80.2 | 77.9 |
| E | 95.8 | 92.4 | 99.4 | 113.8 | 113.5 | 118.9 | 105.8 | 109.3 | 107.7 | 85.5 | 86.6 | 83.1 |
| F | 96.8 | 95.8 | 99.9 | 120.9 | 121.1 | 120.8 | 105.5 | 114.2 | 98.9 | 78.5 | 82.5 | 75.8 |
| G | 93.0 | 87.5 | 92.3 | 116.7 | 117.8 | 119.8 | 110.1 | 110.1 | 110.5 | 86.2 | 89.2 | 83.4 |
| H | 87.6 | 99.5 | 90.8 | 115.9 | 114.9 | 120.3 | 115.5 | 102.8 | 109.0 | 88.1 | 84.1 | 86.7 |
| I | 89.1 | 92.9 | 93.5 | 116.7 | 120.0 | 118.7 | 114.8 | 110.8 | 106.8 | 87.1 | 82.1 | 78.7 |
| J | 90.0 | 94.2 | 91.2 | 114.7 | 118.2 | 114.7 | 115.9 | 111.0 | 109.6 | 88.5 | 83.4 | 85.3 |
| L | 90.7 | 92.1 | 100.1 | 112.4 | 111.8 | 121.1 | 111.2 | 111.4 | 106.3 | 88.8 | 88.3 | 78.9 |
| M | 90.2 | 89.9 | 96.1 | 118.9 | 117.7 | 120.9 | 121.8 | 113.2 | 111.1 | 89.9 | 87.1 | 80.4 |
| N | 86.5 | 90.9 | 89.5 | 119.1 | 114.8 | 121.6 | 119.2 | 112.0 | 118.4 | 88.0 | 86.1 | 84.6 |
| \bar{x} | 93.6 | 93.7 | 95.4 | 116.5 | 116.8 | 119.1 | 111.7 | 109.6 | 108.0 | 85.4 | 84.5 | 81.9 |
| \pm | 5.60 | 3.83 | 4.46 | 2.94 | 4.21 | 3.28 | 6.07 | 3.82 | 4.86 | 4.75 | 3.53 | 3.76 |

Quadro A15. Distância horizontal percorrida por ciclo (DC) e distância horizontal percorrida em cada fase do ciclo (Dh). As fases foram definidas pelos intervalos de tempo que medeiam entre pontos notáveis (v1, v2, v3, v4 e v1') sucessivos. Os valores são expressos em metros. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | DC | | | Dh v1 - v2 | | | Dh v2 - v3 | | | Dh v3 - v4 | | | Dh v4 - v1' | | |
|-----------|-------|-------|-------|------------|------|------|------------|------|------|------------|------|------|-------------|------|------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | 1.156 | 1.142 | 1.209 | .248 | .258 | .240 | .283 | .347 | .316 | .291 | .291 | .291 | .333 | .248 | .362 |
| B | 1.263 | 1.230 | 1.216 | .429 | .353 | .421 | .361 | .386 | .393 | .253 | .253 | .202 | .239 | .237 | .201 |
| C | 1.349 | 1.288 | 1.390 | .410 | .351 | .334 | .438 | .420 | .475 | .264 | .244 | .298 | .237 | .273 | .287 |
| D | 1.268 | 1.379 | 1.441 | .254 | .330 | .332 | .364 | .414 | .489 | .281 | .282 | .216 | .370 | .352 | .403 |
| E | 1.869 | 1.580 | 1.767 | .463 | .363 | .347 | .559 | .450 | .499 | .429 | .397 | .402 | .419 | .370 | .519 |
| F | 1.415 | 1.399 | 1.452 | .371 | .261 | .430 | .491 | .365 | .531 | .243 | .334 | .215 | .310 | .439 | .276 |
| G | 1.196 | 1.194 | 1.208 | .373 | .234 | .401 | .352 | .330 | .391 | .211 | .282 | .175 | .260 | .347 | .241 |
| H | 1.364 | 1.300 | 1.305 | .332 | .292 | .270 | .346 | .396 | .375 | .343 | .305 | .277 | .343 | .307 | .383 |
| I | 1.568 | 1.611 | 1.638 | .443 | .349 | .383 | .409 | .492 | .598 | .368 | .356 | .328 | .347 | .414 | .327 |
| J | 1.451 | 1.580 | 1.408 | .403 | .322 | .345 | .338 | .445 | .425 | .351 | .381 | .343 | .359 | .432 | .396 |
| L | 1.747 | 1.486 | 1.576 | .402 | .293 | .339 | .458 | .373 | .497 | .451 | .402 | .341 | .436 | .418 | .400 |
| M | 1.565 | 1.579 | 1.549 | .395 | .428 | .384 | .228 | .419 | .444 | .388 | .353 | .334 | .555 | .379 | .385 |
| N | 1.369 | 1.408 | 1.354 | .368 | .302 | .350 | .327 | .394 | .351 | .327 | .352 | .289 | .348 | .360 | .364 |
| \bar{x} | 1.429 | 1.398 | 1.424 | .376 | .318 | .352 | .381 | .402 | .445 | .323 | .326 | .286 | .350 | .352 | .342 |
| \pm | 0.210 | 0.161 | 0.173 | .065 | .053 | .054 | .089 | .045 | .079 | .074 | .053 | .067 | .086 | .068 | .083 |

Quadro A16. Distância horizontal percorrida em cada fase do ciclo (Dh) expressa em percentagem da distância horizontal percorrida por ciclo. As fases foram definidas pelos intervalos de tempo que medeiam entre pontos notáveis (v1, v2, v3, v4 e v1') sucessivos. Os valores são expressos em metros e em %. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | Dh v1 - v2 | | | Dh v2 - v3 | | | Dh v3 - v4 | | | Dh v4 - v1' | | |
|-----------|------------|------|------|------------|------|------|------------|------|------|-------------|------|------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | 21.5 | 22.6 | 19.8 | 24.5 | 30.4 | 25.1 | 25.2 | 25.5 | 24.1 | 28.8 | 21.5 | 30.0 |
| B | 34.0 | 28.7 | 34.6 | 28.5 | 31.4 | 32.3 | 20.0 | 20.6 | 16.6 | 18.9 | 19.3 | 16.5 |
| C | 30.4 | 27.3 | 24.0 | 32.5 | 32.6 | 34.2 | 19.6 | 19.0 | 21.4 | 17.6 | 21.2 | 20.4 |
| D | 20.0 | 24.0 | 23.0 | 28.7 | 30.0 | 34.0 | 22.1 | 20.5 | 15.0 | 29.1 | 25.6 | 28.0 |
| E | 24.8 | 23.0 | 19.7 | 29.9 | 28.5 | 28.2 | 23.0 | 25.1 | 22.8 | 22.4 | 23.4 | 29.4 |
| F | 25.2 | 18.7 | 29.6 | 34.7 | 26.1 | 36.5 | 17.2 | 23.9 | 14.8 | 21.9 | 31.4 | 19.0 |
| G | 31.1 | 19.6 | 33.2 | 29.4 | 27.7 | 32.4 | 17.7 | 23.7 | 14.5 | 21.8 | 29.1 | 20.0 |
| H | 24.4 | 22.5 | 20.7 | 25.3 | 30.5 | 28.7 | 25.1 | 23.4 | 21.3 | 25.2 | 23.6 | 29.3 |
| I | 28.3 | 21.6 | 23.4 | 26.1 | 30.6 | 36.5 | 23.4 | 22.1 | 20.0 | 22.2 | 25.7 | 20.0 |
| J | 27.8 | 20.4 | 24.5 | 23.3 | 28.2 | 30.1 | 24.2 | 24.1 | 24.4 | 24.7 | 27.3 | 21.0 |
| L | 23.0 | 19.7 | 21.5 | 26.2 | 25.1 | 31.5 | 25.8 | 27.1 | 21.6 | 25.0 | 28.1 | 25.4 |
| M | 25.2 | 27.1 | 24.8 | 14.5 | 26.5 | 28.7 | 24.8 | 22.3 | 21.6 | 35.4 | 24.0 | 24.8 |
| N | 26.9 | 21.4 | 25.8 | 23.9 | 28.0 | 25.9 | 23.9 | 25.0 | 21.4 | 25.4 | 25.6 | 26.9 |
| \bar{x} | 26.4 | 22.8 | 25.0 | 26.7 | 28.9 | 31.2 | 22.5 | 23.2 | 20.0 | 24.5 | 25.1 | 23.9 |
| \pm | 3.9 | 3.2 | 4.8 | 5.0 | 2.2 | 3.6 | 2.9 | 2.3 | 3.5 | 4.7 | 3.4 | 4.6 |

Quadro A17. Aceleração média horizontal em cada fase do ciclo, expressa em m.s². As fases foram definidas pelos intervalos de tempo que medeiam entre pontos notáveis (v1, v2, v3, v4 e v1') sucessivos. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | v1 - v2 | | | v2 - v3 | | | v3 - v4 | | | v4 - v1' | | |
|-----------|---------|-------|-------|---------|--------|--------|---------|-------|-------|----------|--------|--------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | 3.147 | 3.323 | 3.493 | -1.071 | -.787 | -.938 | .993 | .840 | .511 | -2.110 | -3.047 | -1.890 |
| B | 1.695 | 1.811 | 1.771 | -1.187 | -.792 | -.921 | .840 | .587 | .581 | -2.082 | -1.945 | -2.295 |
| C | 2.691 | 2.698 | 3.194 | -1.039 | -1.190 | -.992 | .756 | .576 | .520 | -2.862 | -2.117 | -2.492 |
| D | 4.435 | 3.323 | 3.321 | -1.882 | -1.724 | -1.148 | .983 | .979 | .260 | -1.628 | -1.731 | -1.285 |
| E | 1.922 | 2.205 | 2.773 | -.868 | -.834 | -1.026 | .609 | .657 | .512 | -1.532 | -1.811 | -1.167 |
| F | 2.799 | 4.161 | 2.704 | -1.032 | -1.435 | -1.326 | .367 | .897 | .402 | -1.869 | -1.812 | -1.835 |
| G | 1.944 | 4.224 | 1.944 | -.677 | -1.119 | -.726 | .377 | .500 | .300 | -2.141 | -2.421 | -2.514 |
| H | 2.986 | 3.865 | 4.831 | -.782 | -1.871 | -1.596 | .740 | 1.108 | .754 | -2.875 | -2.248 | -2.564 |
| I | 2.257 | 3.823 | 3.603 | -.938 | -1.062 | -.969 | .896 | .475 | .425 | -2.711 | -2.285 | -2.690 |
| J | 2.502 | 3.690 | 3.455 | -.518 | -1.142 | -1.252 | .635 | .631 | 1.020 | -2.864 | -2.024 | -3.361 |
| L | 2.134 | 3.046 | 3.177 | -.934 | -1.116 | -1.177 | .858 | .956 | .519 | -1.859 | -1.989 | -1.500 |
| M | 2.883 | 3.123 | 4.263 | -.230 | -1.494 | -2.036 | .456 | 1.189 | 1.349 | -2.214 | -3.045 | -2.833 |
| N | 3.236 | 2.543 | 3.043 | -.876 | -.602 | -.783 | .893 | .391 | .566 | -2.741 | -2.372 | -2.563 |
| \bar{x} | 2.664 | 3.218 | 3.198 | -.926 | -1.167 | -1.145 | .722 | .753 | .594 | -2.268 | -2.219 | -2.230 |
| \pm | .727 | .747 | .826 | .384 | .378 | .355 | .216 | .257 | .298 | .488 | .427 | .649 |

Quadro A18. Impulso horizontal resultante em cada fase do ciclo, expresso em Ns. As fases foram definidas pelos intervalos de tempo que medeiam entre pontos notáveis (v1, v2, v3, v4 e v1') sucessivos. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | v1 - v2 | | | v2 - v3 | | | v3 - v4 | | | v4 - v1' | | |
|-----------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|----------|---------|---------|
| | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA | BF | BN | BNA |
| A | 51.290 | 57.242 | 52.445 | -15.592 | -17.417 | -14.770 | 14.917 | 13.252 | 7.738 | -50.543 | -56.022 | -45.411 |
| B | 36.175 | 33.651 | 38.698 | -19.186 | -16.707 | -16.726 | 10.263 | 7.441 | 5.993 | -27.251 | -26.727 | -27.964 |
| C | 60.206 | 58.386 | 61.682 | -21.182 | -19.213 | -20.925 | 10.294 | 7.395 | 7.607 | -49.316 | -42.741 | -48.365 |
| D | 66.753 | 71.347 | 67.761 | -35.732 | -25.803 | -28.909 | 15.822 | 17.304 | 3.376 | -46.842 | -49.882 | -42.225 |
| E | 52.951 | 51.540 | 58.381 | -24.266 | -24.153 | -26.008 | 14.058 | 14.214 | 11.522 | -42.740 | -46.007 | -43.893 |
| F | 55.890 | 59.502 | 59.110 | -21.841 | -20.963 | -29.592 | 4.386 | 13.760 | 4.443 | -38.486 | -50.598 | -33.962 |
| G | 33.350 | 47.797 | 35.773 | -8.752 | -8.629 | -10.057 | 3.096 | 5.439 | 2.024 | -27.693 | -39.946 | -30.796 |
| H | 55.206 | 58.477 | 73.042 | -11.351 | -28.323 | -25.290 | 10.703 | 16.891 | 9.754 | -54.558 | -42.161 | -57.506 |
| I | 81.410 | 98.697 | 101.066 | -23.839 | -27.328 | -33.430 | 20.783 | 10.489 | 8.925 | -78.354 | -79.221 | -76.560 |
| J | 65.877 | 79.517 | 79.061 | -8.962 | -29.719 | -28.010 | 11.310 | 13.648 | 19.315 | -68.225 | -66.064 | -70.365 |
| L | 53.456 | 54.915 | 66.454 | -21.507 | -22.266 | -29.827 | 19.655 | 19.567 | 10.280 | -51.655 | -53.374 | -46.908 |
| M | 65.511 | 76.151 | 89.016 | -2.286 | -37.119 | -39.066 | 7.534 | 16.968 | 21.169 | -70.759 | -67.886 | -70.836 |
| N | 73.833 | 46.827 | 66.034 | -13.524 | -14.911 | -12.538 | 13.786 | 6.788 | 7.680 | -61.179 | -54.855 | -61.176 |
| \bar{x} | 57.839 | 61.081 | 65.271 | -17.540 | -22.504 | -24.242 | 12.047 | 12.704 | 9.217 | -51.954 | -51.960 | -50.459 |
| \pm | 13.496 | 16.782 | 18.127 | 8.698 | 7.412 | 8.658 | 5.256 | 4.815 | 5.611 | 15.553 | 13.621 | 15.747 |

Quadro A19. Valores do número de *Strukhal* transformado obtidos para as três variantes da técnica de braços executadas pelos diferentes nadadores. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | BF | BN | BNA |
|-----------|------|------|------|
| A | .212 | .198 | .233 |
| B | .235 | .264 | .196 |
| C | .140 | .138 | .159 |
| D | .173 | .142 | .134 |
| E | .202 | .216 | .182 |
| F | .148 | .168 | .124 |
| G | .200 | .185 | .148 |
| H | .237 | .183 | .153 |
| I | .198 | .184 | .166 |
| J | .262 | .201 | .201 |
| L | .221 | .227 | .162 |
| M | .290 | .203 | .166 |
| N | .218 | .262 | .201 |
| \bar{x} | .210 | .198 | .171 |
| \pm | .042 | .039 | .030 |

13.4. Anexo 4- Valores individuais, médias e respectivos desvios-padrão, dos diferentes parâmetros fisiológicos estudados para a determinação da economia motora.

Quadro A20. Valores individuais da velocidade de nado em cada um dos três estádios de intensidade a que foram nadadas as três variantes da técnica de bruços. Os valores são expressos em $m \cdot s^{-1}$. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | Velocidade ($m \cdot s^{-1}$) | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | BF1 | BF2 | BF3 | BN1 | BN2 | BN3 | BNA1 | BNA2 | BNA3 |
| A | .79 | .83 | .97 | .84 | .89 | .99 | .75 | .76 | 1.00 |
| B | .79 | .82 | .96 | .82 | .84 | .98 | .70 | .80 | 1.03 |
| C | .79 | .82 | 1.03 | .73 | .78 | 1.03 | .78 | .82 | 1.09 |
| D | .73 | .75 | 1.05 | .75 | .81 | .99 | .72 | .79 | 1.02 |
| E | .82 | .86 | 1.05 | .78 | .79 | 1.10 | .79 | .84 | 1.06 |
| F | .83 | .89 | .98 | .76 | .86 | .98 | .84 | .88 | 1.03 |
| H | .80 | .89 | 1.07 | .83 | .84 | 1.05 | .84 | .85 | 1.06 |
| I | .70 | .89 | 1.08 | .71 | .90 | 1.04 | .85 | .90 | 1.00 |
| M | .71 | .97 | 1.19 | .75 | .98 | 1.15 | .80 | .91 | 1.14 |
| \bar{x} | .77 | .86 | 1.04 | .77 | .85 | 1.03 | .79 | .84 | 1.05 |
| \pm | .048 | .062 | .071 | .046 | .062 | .059 | .054 | .051 | .045 |

Quadro A21. Valores individuais do consumo total líquido (net = consumo de exercício - consumo de repouso) de oxigénio dividido pelo tempo de prova (VO_2 total net . t^{-1}), em cada um dos três estádios de intensidade a que foram nadadas as três variantes da técnica de bruços. Os valores são expressos em $mlO_2 \cdot Kg \cdot mn^{-1}$. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | VO_2 total net . t^{-1} | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | BF1 | BF2 | BF3 | BN1 | BN2 | BN3 | BNA1 | BNA2 | BNA3 |
| A | 28.46 | 34.02 | 52.79 | 45.74 | 51.59 | 58.48 | 21.51 | 24.71 | 54.00 |
| B | 31.55 | 33.73 | 51.52 | 29.85 | 32.01 | 48.91 | 23.57 | 36.84 | 61.10 |
| C | 42.69 | 44.54 | 66.24 | 37.48 | 42.84 | 68.95 | 39.05 | 41.32 | 69.32 |
| D | 25.24 | 26.97 | 54.71 | 26.75 | 33.53 | 51.33 | 27.01 | 37.13 | 58.16 |
| E | 36.11 | 38.43 | 60.02 | 29.81 | 31.22 | 57.47 | 35.98 | 38.71 | 66.22 |
| F | 42.94 | 46.69 | 53.61 | 32.65 | 41.15 | 50.83 | 52.14 | 52.80 | 60.82 |
| H | 38.63 | 44.80 | 69.69 | 43.30 | 45.92 | 64.34 | 50.24 | 52.49 | 70.79 |
| I | 21.23 | 32.61 | 48.88 | 26.37 | 38.34 | 53.82 | 36.85 | 42.88 | 54.00 |
| M | 22.24 | 47.21 | 65.85 | 29.73 | 51.61 | 67.85 | 37.52 | 49.23 | 71.27 |
| \bar{x} | 32.12 | 38.78 | 58.15 | 33.52 | 40.91 | 60.00 | 35.99 | 41.79 | 62.85 |
| \pm | 8.399 | 7.322 | 7.521 | 7.071 | 7.839 | 7.530 | 10.729 | 8.944 | 6.828 |

Quadro A22. Valores médios individuais e totais e respectivos desvios padrão (\pm) do consumo líquido (net = consumo de exercício - consumo de repouso) de oxigênio em estado de equilíbrio fisiológico - *steady-state* - ($\dot{V}O_2$ netSS), em cada um dos três estádios de intensidade a que foram nadadas as três variantes da técnica de braços. Os valores são expressos em $mlO_2 \cdot Kg \cdot mn^{-1}$.

| Nadador | VO ₂ netSS | | | | | | | | |
|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | BF1 | BF2 | BF3 | BN1 | BN2 | BN3 | BNA1 | BNA2 | BNA3 |
| A | 29.9 (± 2.74) | 36.41 (± 1.21) | 58.96 (± 3.12) | 46.06 (± 1.92) | 55.02 (± 1.29) | 65.77 (± 3.45) | 25.20 (± 2.74) | 25.6 (± 3.46) | 58.62 (± 4.12) |
| B | 32.68 (± 0.16) | 34.99 (± 4.16) | 53.08 (± 4.23) | 31.50 (± 3.15) | 32.94 (± 2.02) | 52.80 (± 2.98) | 24.05 (± 1.12) | 37.30 (± 2.61) | 61.14 (± 4.35) |
| C | 44.57 (± 1.41) | 45.67 (± 1.70) | 70.60 (± 2.86) | 38.19 (± 1.44) | 44.30 (± 1.62) | 73.86 (± 4.53) | 39.77 (± 0.82) | 42.57 (± 1.19) | 72.08 (± 2.65) |
| D | 26.02 (± 1.59) | 26.97 (± 0.67) | 58.89 (± 2.45) | 28.25 (± 2.27) | 34.60 (± 4.32) | 57.24 (± 3.36) | 28.10 (± 1.21) | 37.98 (± 0.44) | 63.43 (± 1.98) |
| E | 37.03 (± 1.14) | 38.99 (± 3.29) | 64.96 (± 4.12) | 30.13 (± 2.71) | 32.40 (± 2.68) | 62.75 (± 3.96) | 36.66 (± 1.63) | 39.60 (± 3.09) | 69.09 (± 4.12) |
| F | 43.55 (± 3.09) | 47.87 (± 1.32) | 57.33 (± 4.12) | 33.05 (± 2.35) | 42.61 (± 2.98) | 54.34 (± 3.64) | 54.00 (± 0.65) | 54.28 (± 2.74) | 62.29 (± 3.22) |
| H | 39.02 (± 1.97) | 46.33 (± 3.10) | 71.65 (± 3.88) | 44.12 (± 0.22) | 47.10 (± 1.46) | 69.78 (± 2.86) | 51.91 (± 0.94) | 53.92 (± 1.82) | 72.78 (± 4.23) |
| I | 22.71 (± 3.03) | 34.46 (± 2.46) | 56.85 (± 3.87) | 26.41 (± 2.31) | 40.58 (± 3.36) | 59.51 (± 4.52) | 40.12 (± 3.49) | 44.84 (± 3.97) | 59.91 (± 4.45) |
| M | 23.18 (± 2.00) | 48.50 (± 1.96) | 75.19 (± 3.12) | 30.68 (± 4.10) | 53.67 (± 1.80) | 73.42 (± 3.56) | 37.88 (± 3.90) | 50.53 (± 2.53) | 74.22 (± 4.22) |
| \bar{X} | 33.18 | 40.02 | 63.06 | 34.27 | 42.58 | 63.27 | 37.52 | 42.96 | 65.95 |
| \pm | 8.35 | 7.47 | 7.80 | 6.97 | 8.41 | 7.94 | 10.68 | 9.21 | 6.08 |

Quadro A23. Valores individuais da lactatemia máxima absoluta após o esforço, em cada um dos três estádios de intensidade a que foram nadadas as três variantes da técnica de braços. Os valores são expressos em $mmol \cdot l^{-1}$. Os valores médios (\bar{X}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | Lactatemia máxima absoluta | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|
| | BF1 | BF2 | BF3 | BN1 | BN2 | BN3 | BNA1 | BNA2 | BNA3 |
| A | 3.7 | 3.9 | 8.6 | 3.9 | 4.2 | 11.5 | 3.0 | 3.1 | 8.8 |
| B | 2.8 | 3.2 | 6.0 | 3.1 | 3.4 | 6.5 | 2.5 | 3.1 | 10.7 |
| C | 4.2 | 4.6 | 8.6 | 4.0 | 4.7 | 9.5 | 4.0 | 4.3 | 8.5 |
| D | 2.1 | 2.4 | 9.9 | 3.1 | 3.9 | 9.1 | 2.6 | 2.9 | 8.7 |
| E | 2.8 | 3.9 | 12.2 | 2.6 | 3.7 | 10.5 | 2.4 | 3.1 | 10.0 |
| F | 3.8 | 5.2 | 9.8 | 2.7 | 3.9 | 8.8 | 3.7 | 5.6 | 10.2 |
| H | 3.1 | 3.8 | 8.4 | 2.5 | 3.0 | 12.8 | 2.9 | 3.0 | 11.6 |
| I | 3.8 | 5.0 | 10.9 | 4.1 | 5.4 | 10.3 | 5.3 | 5.9 | 11.2 |
| M | 2.9 | 3.7 | 11.8 | 3.1 | 4.4 | 12.9 | 2.0 | 2.8 | 10.7 |
| \bar{X} | 3.2 | 4.0 | 9.6 | 3.2 | 4.1 | 10.2 | 3.2 | 3.8 | 10.0 |
| \pm | .67 | .88 | 1.93 | .62 | .71 | 2.04 | 1.02 | 1.21 | 1.14 |

Quadro A24. Valores individuais da lactatemia máxima líquida (net = lactatemia máxima de exercício - lactatemia de repouso), em cada um dos três estádios de intensidade a que foram nadadas as três variantes da técnica de bruços. Os valores são expressos em $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | Lactatemia net | | | | | | | | |
|-----------|----------------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|
| | BF1 | BF2 | BF3 | BN1 | BN2 | BN3 | BNA1 | BNA2 | BNA3 |
| A | 2.5 | 2.7 | 7.2 | 2.8 | 3.0 | 10.2 | 2.0 | 1.9 | 7.6 |
| B | 1.9 | 2.1 | 4.7 | 2.2 | 2.4 | 5.4 | 1.6 | 2.1 | 9.5 |
| C | 3.1 | 3.4 | 7.2 | 3.1 | 3.6 | 8.2 | 3.0 | 3.4 | 7.4 |
| D | 1.0 | 1.1 | 8.5 | 2.1 | 3.0 | 7.9 | 1.4 | 1.7 | 7.6 |
| E | 1.8 | 2.8 | 11.2 | 1.5 | 2.5 | 9.3 | 1.4 | 2.0 | 8.7 |
| F | 2.9 | 4.2 | 8.6 | 1.6 | 2.6 | 7.6 | 2.5 | 4.3 | 9.1 |
| H | 2.0 | 2.5 | 7.0 | 1.4 | 1.5 | 11.7 | 1.9 | 1.8 | 10.3 |
| I | 2.8 | 3.9 | 9.7 | 2.8 | 4.2 | 9.0 | 4.4 | 4.8 | 10.2 |
| M | 1.8 | 2.8 | 10.7 | 2.0 | 3.2 | 11.7 | .9 | 1.9 | 9.5 |
| \bar{x} | 2.2 | 2.8 | 8.3 | 2.2 | 2.9 | 9.0 | 2.1 | 2.7 | 8.9 |
| \pm | .67 | .94 | 2.04 | .62 | .77 | 2.03 | 1.06 | 1.19 | 1.12 |

Quadro A25. Valores individuais do consumo energético total (glicolítico + oxidativo) líquido (net = consumo de exercício - consumo de repouso) dividido pelo tempo de prova ($\text{Enet} \cdot \text{t}^{-1}$), em cada um dos três estádios de intensidade a que foram nadadas as três variantes da técnica de bruços. Os valores são expressos em $\text{mlO}_2 \cdot \text{Kg} \cdot \text{mn}^{-1}$. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | $\text{Enet} \cdot \text{t}^{-1}$ | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | BF1 | BF2 | BF3 | BN1 | BN2 | BN3 | BNA1 | BNA2 | BNA3 |
| A | 30.07 | 35.86 | 59.31 | 47.66 | 53.74 | 66.65 | 25.94 | 24.93 | 60.17 |
| B | 32.77 | 35.12 | 55.18 | 31.32 | 33.65 | 53.22 | 24.48 | 38.20 | 69.00 |
| C | 44.66 | 46.60 | 72.23 | 39.32 | 45.10 | 75.79 | 40.94 | 44.88 | 75.82 |
| D | 25.83 | 27.62 | 61.94 | 28.02 | 35.50 | 57.64 | 27.82 | 38.22 | 64.46 |
| E | 37.31 | 40.39 | 69.52 | 30.75 | 32.83 | 65.73 | 36.88 | 40.07 | 73.71 |
| F | 44.90 | 49.73 | 60.44 | 33.63 | 42.96 | 56.84 | 53.85 | 55.85 | 68.39 |
| H | 39.92 | 46.60 | 75.76 | 44.24 | 46.94 | 74.32 | 51.54 | 53.73 | 79.67 |
| I | 23.13 | 35.40 | 57.36 | 27.99 | 41.42 | 61.39 | 39.89 | 46.40 | 62.25 |
| M | 23.27 | 49.42 | 76.14 | 30.94 | 54.16 | 78.72 | 38.11 | 50.63 | 80.02 |
| \bar{x} | 33.54 | 40.75 | 65.32 | 34.87 | 42.92 | 65.59 | 37.72 | 43.66 | 70.39 |
| \pm | 8.614 | 7.754 | 8.132 | 7.176 | 7.979 | 9.112 | 10.483 | 9.557 | 7.341 |

Quadro A26. Valores médios individuais e totais da frequência cardíaca e respectivos desvios padrão (\pm), em cada um dos três estádios de intensidade a que foram nadadas as três variantes da técnica de braços. Os valores são expressos em bat. mn⁻¹.

| Nadador | Frequência cardíaca | | | | | | | | |
|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | BF1 | BF2 | BF3 | BN1 | BN2 | BN3 | BNA1 | BNA2 | BNA3 |
| A | 130.0 (± 2.29) | 148.3 (± 2.81) | 186.4 (± 4.31) | 155.8 (± 1.91) | 169.3 (± 2.43) | 195.4 (± 3.92) | 127.6 ($\pm .99$) | 131.4 (± 2.12) | 190.1 (± 4.31) |
| B | 138.3 (± 1.02) | 151.1 (± 1.92) | 191.0 (± 2.33) | 124.4 (± 4.31) | 142.6 (± 3.21) | 190.3 (± 5.26) | 125.8 (± 2.05) | 148.3 (± 3.21) | 205.0 (± 4.06) |
| C | 153.1 (± 2.15) | 159.0 (± 2.44) | 198.3 (± 3.92) | 155.2 (± 2.12) | 163.0 (± 4.52) | 201.2 (± 4.12) | 143.4 (± 3.25) | 152.4 (± 2.45) | 203.2 (± 3.91) |
| D | 115.2 (± 2.11) | 121.4 (± 2.23) | 194.4 (± 4.02) | 123.0 (± 2.12) | 141.3 (± 3.21) | 192.1 (± 4.52) | 124.2 (± 3.42) | 141.9 (± 2.54) | 196.3 (± 3.24) |
| E | 144.0 (± 1.92) | 151.3 (± 1.84) | 194.2 (± 3.45) | 130.6 (± 4.24) | 133.1 (± 3.67) | 192.5 (± 4.98) | 143.0 (± 3.42) | 153.4 (± 2.98) | 198.3 (± 4.68) |
| F | 155.2 (± 2.54) | 173.9 (± 3.62) | 199.1 (± 5.06) | 129.4 (± 3.26) | 157.2 (± 3.44) | 191.4 (± 4.22) | 165.2 (± 2.11) | 176.1 (± 3.42) | 208.1 (± 5.22) |
| H | 153.1 ($\pm .98$) | 170.5 (± 4.32) | 203.0 (± 3.22) | 163.4 (± 2.24) | 168.1 (± 1.08) | 202.5 (± 4.61) | 168.2 (± 3.42) | 170.1 (± 2.06) | 207.4 (± 3.94) |
| I | 120.6 (± 1.23) | 153.4 (± 2.51) | 182.7 (± 4.05) | 125.4 (± 2.43) | 158.1 (± 3.21) | 185.3 (± 4.25) | 150.4 (± 3.21) | 167.1 (± 4.45) | 187.9 (± 4.99) |
| M | 130.4 ($\pm .84$) | 168.1 (± 1.24) | 199.0 (± 3.82) | 135.9 (± 2.56) | 174.1 (± 3.08) | 203.1 (± 5.21) | 141.3 (± 1.99) | 170.4 (± 3.41) | 204.2 (± 4.76) |
| \bar{x} | 137.77 | 155.22 | 194.23 | 138.12 | 156.31 | 194.87 | 143.23 | 156.79 | 200.06 |
| \pm | 14.713 | 15.772 | 6.564 | 15.651 | 14.252 | 6.165 | 16.092 | 15.045 | 7.367 |

Quadro A27. Valores individuais do quociente respiratório, em cada um dos três estádios de intensidade a que foram nadadas as três variantes da técnica de braços. Os valores médios (\bar{x}) e respectivos desvios padrão (\pm) para a globalidade da amostra são também apresentados.

| Nadador | Quociente respiratório | | | | | | | | |
|-----------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | BF1 | BF2 | BF3 | BN1 | BN2 | BN3 | BNA1 | BNA2 | BNA3 |
| A | .75 | .79 | .99 | .80 | .85 | 1.09 | .76 | .79 | 1.01 |
| B | .81 | .86 | .94 | .79 | .89 | 1.00 | .84 | .87 | 1.12 |
| C | .80 | .81 | 1.06 | .82 | .84 | 1.09 | .82 | .84 | 1.02 |
| D | .77 | .79 | 1.04 | .80 | .81 | 1.12 | .78 | .79 | 1.03 |
| E | .81 | .85 | 1.09 | .76 | .78 | 1.10 | .78 | .79 | 1.06 |
| F | .96 | .96 | 1.02 | .88 | .91 | 1.00 | .90 | .91 | 1.06 |
| H | .85 | .87 | 1.03 | .84 | .89 | 1.11 | .86 | .94 | 1.09 |
| I | .83 | .83 | 1.06 | .79 | .82 | 1.03 | .84 | .85 | 1.06 |
| M | .69 | .80 | 1.07 | .69 | .86 | 1.09 | .67 | .77 | 1.01 |
| \bar{x} | .81 | .84 | 1.03 | .80 | .85 | 1.07 | .81 | .84 | 1.05 |
| \pm | .074 | .054 | .046 | .053 | .042 | .047 | .067 | .059 | .038 |

Quadro A28. Equações de regressão linear calculadas entre o dispêndio energético total (glicolítico + aeróbio) e a velocidade de nado, e respectivos valores do coeficiente de determinação (r^2), obtidas para cada indivíduo executando cada uma das três variantes da técnica de bruços.

| Nadador | Bruços formal | Bruços natural | Bruços natural c/ rec. aér. MS |
|---------|---|---|---|
| A | $y = -99.637 + 163.765x$ ($r^2 = .999$) | $y = -59.091 + 126.957x$ ($r^2 = 1$) | $y = -81.563 + 141.725x$ ($r^2 = 1$) |
| B | $y = -74.967 + 135.397x$ ($r^2 = .995$) | $y = -81.997 + 137.947x$ ($r^2 = 1$) | $y = -69.734 + 134.736x$ ($r^2 = 1$) |
| C | $y = -48.919 + 117.518x$ ($r^2 = .997$) | $y = -49.849 + 121.952x$ ($r^2 = 1$) | $y = -47.687 + 113.272x$ ($r^2 = 1$) |
| D | $y = -57.273 + 113.522x$ ($r^2 = 1$) | $y = -64.436 + 123.321x$ ($r^2 = 1$) | $y = -57.81 + 120.13x$ ($r^2 = .997$) |
| E | $y = -82.166 + 144.219x$ ($r^2 = .994$) | $y = -52.858 + 107.822x$ ($r^2 = .999$) | $y = -76.562 + 141.393x$ ($r^2 = .991$) |
| F | $y = -42.644 + 104.816x$ ($r^2 = .99$) | $y = -47.247 + 105.835x$ ($r^2 = .996$) | $y = -12.563 + 78.465x$ ($r^2 = .995$) |
| H | $y = -71.874 + 136.921x$ ($r^2 = .975$) | $y = -66.19 + 133.849x$ ($r^2 = .998$) | $y = -53.757 + 125.895x$ ($r^2 = .999$) |
| I | $y = -41.54 + 90.079x$ ($r^2 = .974$) | $y = -44.248 + 99.45x$ ($r^2 = .961$) | $y = -88.366 + 150.414x$ ($r^2 = .998$) |
| M | $y = -55.488 + 109.859x$ ($r^2 = .997$) | $y = -59.052 + 118.395x$ ($r^2 = .99$) | $y = -61.504 + 123.955x$ ($r^2 = .999$) |