

Tiago Barbosa

# **C**aracterização biofísica da técnica de Mariposa



69

Tiago Barbosa

# Caracterização biofísica da técnica de Mariposa

SÉRIE

*Estudos*

EDIÇÃO DO INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

---

Título: Caracterização biofísica da técnica de Mariposa

Autor: Tiago Barbosa

Edição: Instituto Politécnico de Bragança · 2004

Apartado 1038 · 5301-854 Bragança · Portugal

Tel. 273 331 570 · 273 303 200 · Fax 273 325 405 · <http://www.ipb.pt>

Execução: Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança

(grafismo, Atilano Suarez; paginação, Luís Ribeiro; montagem e  
impressão, António Cruz; acabamento, Isaura Magalhães)

Tiragem: 200 exemplares

Depósito legal n° 211587/04

ISBN 972-745-076-8

Aceite para publicação em 2000

---

# Índice

---

<b>I · Introdução</b>	<b>7</b>
<b>II · As técnicas de nado</b>	<b>11</b>
<b>III · A técnica de Mariposa</b>	<b>13</b>
<b>1. Caracterização</b>	<b>13</b>
<b>2. Origem e evolução</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Origem</b>	<b>13</b>
<b>2.2. Evolução</b>	<b>14</b>
<b>3. Determinantes regulamentares</b>	<b>16</b>
<b>4. Modelo técnico</b>	<b>18</b>
<b>4.1. Acção dos membros superiores</b>	<b>19</b>
<b>4.1.1. Trajecto motor subaquático</b>	<b>19</b>
<b>4.1.1.1. Entrada e acção lateral exterior</b>	<b>19</b>
<b>4.1.1.2. Acção lateral interior</b>	<b>20</b>
<b>4.1.1.3. Acção ascendente</b>	<b>20</b>
<b>4.1.2. Saída e recuperação</b>	<b>21</b>
<b>4.2. Acção dos membros inferiores</b>	<b>22</b>
<b>4.2.1. Batimento Descendente</b>	<b>22</b>

4.2.2. Batimento ascendente _____	23
4.3. Sincronização das acções dos membros superiores e dos membros inferiores _____	23
4.4. A posição e o movimento do corpo _____	24
4.5. Sincronização das acções dos membros superiores com o ciclo respiratório _____	25
4.5.1. Inspiração frontal _____	26
4.5.2. Ciclos não inspiratórios _____	26
4.5.3. Inspiração lateral _____	26
IV · Abordagens Biofísicas para o estudo da Mariposa ____	27
1. Abordagens Bioenergética _____	27
1.1. Trabalho e Potência relacionada com o Arrasto _____	28
1.2. Propulsão _____	29
1.3. Eficiência mecânica _____	31
1.4. Produção energética _____	31
1.5. Economia de nado _____	32
1.5.1. Sexo _____	32
1.5.2. Idade _____	33
1.5.3. Técnica de nado _____	33
1.5.4. Nível competitivo _____	35
1.5.5. Velocidade de nado _____	36
1.5.6. Características antropométricas _____	36
2. Abordagens Biomecânicas _____	37
2.1. Estudos Dinamométricos _____	38
2.2. Estudos Electromiográficos _____	42
2.3. Estudos Cinemáticos _____	44
2.3.1. Parâmetros gerais do ciclo gestual _____	45
2.3.2. Parâmetros espaciais e temporais _____	53
2.3.2.1. Segmentos corporais e centro de massa _	53
2.3.2.2. Parâmetros angulares _____	58
2.3.3. Velocidades e acelerações _____	63
2.3.3.1. A mão _____	63
2.3.3.2. Centro de massa e anca _____	65
Bibliografia _____	73

# I · Introdução

---

O caminho histórico das ciências aplicadas à Natação, parece ser longo e com origens na Medicina aplicada a esta actividade (Clarys, 1996). Em meados de 3000 A.C., é referida a utilização de uma protecção em bambu no pénis dos egípcios que se banhavam no Nilo, dado que segundo eles, na água do rio existiria algum organismo que penetrava no corpo por esse órgão. Aproximadamente em 1250 A.C., é ilustrada uma reanimação cardiorespiratória durante uma batalha. Estes são alguns dos exemplos que demonstram o interesse já longínquo pela aplicação dos conhecimentos científicos de cada época histórica à Natação.

Contudo, a Natação como é hoje entendida, não tem mais de um século (Lewillie, 1983). Isto é, a Natação menos orientada para factores utilitários ou de sobrevivência e mais direccionada para questões lúdicas e desportivas terá um século de existência.

Em 1905, Dubois-Reymond mediu a Força de Arrasto Hidrodinâmico através de um dinamómetro, num nadador que foi rebocado por um barco num lago (Lewillie, 1983; Miyashita, 1999). Contudo, as elevadas variações de velocidade de reboque observadas não permitiram obter resultados válidos (Miyashita, 1999). Sete anos mais tarde, Houssay, mediu a força produzida em nado estacionário (Lewillie, 1983).

Em 1919, Liljestrand e Stenstrom mediram a Força de Arrasto Hidrodinâmico através da deformação sentida numa mola,

enquanto o nadador era rebocado por um guindaste, próximo da margem de um lago (Miyashita, 1999).

Hill, no ano de 1924, relacionou a performance máxima na Natação Pura Desportiva (NPD) com o consumo máximo de oxigénio e descreveu o papel do lactato no músculo no período pós-exercício (Clarys, 1996).

No entanto, foi a partir da década de 30 que foram lançados os princípios fundamentais da investigação em Natação, por Cureton e por Karpovich (Lewillie, 1983). Cureton, estudou o somatotipo de nadadores, concluído que estes eram predominantemente mesomorfos. Este autor também desenvolveu estudos de carácter fisiológico, para além dos antropométricos (Carlile, 1992). Por sua vez, Karpovich, em 1933 e em 1937, derivou a constante K da expressão da Força de Arrasto Hidrodinâmico. Assim, a Força de Arrasto Hidrodinâmico decorre do produto da constante pelo quadrado da velocidade do deslocamento do nadador, sendo o valor dessa constante de 3.17 para as técnicas de Crol e de Costas e de 3.66 para a técnica de Bruços Ortodoxo (Cureton, 1975). Logo, a produção de Força de Arrasto Hidrodinâmico é expressa por uma função do tipo quadrática, em virtude dessa força aumentar geometricamente, em proporção do quadrado da velocidade. Obviamente, esse aumento tenderá a ser mais acentuado a velocidades de deslocamento relativamente mais elevadas (Carlile, 1992).

Já nos anos 60, foram iniciados os estudos electromiográficos em NPD, sendo os seus percursos o japonês Ikai e o belga Lewillie (Clarys, 1983; 1988; 1996).

Contudo, o tremendo desenvolvimento científico e tecnológico ocorrido em meados dos anos 70, promoveu o incremento acentuado da investigação na NPD (Miyashita, 1999). Para mais, desde esse mesmo período, realizam-se com regularidade simpósios e congressos que tem servido como pólos de divulgação e de desenvolvimento da investigação nesta área (Clarys, 1996). São exemplos disso os Simpósios Internacionais de Biomecânica (e de Medicina) da Natação, dos quais o primeiro foi realizado no ano de 1970 em Bruxelas e o mais recente, em 1998 na cidade de Jyvaskyla, estando o próximo previsto para 2002 em St. Etienne e; os Congressos de Medicina da FINA, que tiveram a sua primeira edição no ano de 1969 em Londres e a última em Gotemburgo em 1997.

Nos fins dos anos 60 e início dos anos 70, Counsilman revolucionou o actual entendimento do mecanismo propulsivo em Natação, em condições de escoamento estável, apresentando a Teoria do Arrasto Propulsivo (Counsilman, 1968) e mais tarde, a Teoria Ascensional Propulsiva (Counsilman, 1971). A compreensão deste mecanismo ficaria, pelo menos até à presente data, completa quando nos anos 80 Colwin (1984, 1985a, 1985b) e Ungerechts (1985, 1988) sugeriram uma teoria explicativa do mecanismo de propulsão do nadador em condições de escoamentos instáveis, isto é, a Teoria dos Vórtices.

Em síntese, pelo que foi previamente descrito, a segunda metade do século XX caracteriza-se indubitavelmente pelo aumento exponencial da produção de literatura tendo como objecto de estudo a NPD, apesar das suas origens serem um tanto distantes (Carlile, 1992).

Com efeito, a produção de estudos, particularmente Biofísicos, na NPD será mais difícil de realizar com sucesso, do que noutras modalidades, devido às características particulares do meio onde esta actividade decorre (Hay, 1988; Soares, 1997). Em primeiro lugar, a necessidade de na maioria das situações se ter de adaptar a tecnologia desenvolvida para o meio terrestre ao meio líquido, antes da sua utilização, é um dos entraves à investigação nesta área (Soares, 1997). Em segundo, e com particular incidência nos estudos cinemáticos, a distorção produzida pela turbulência da ondulação, a necessidade de gravar simultaneamente dois meios e os problemas de observação no interface ar-água tornam a investigação mais difícil aqui do que noutros meios (Hay, 1988). Acresce que segundo McIntyre e Hay (1975), as dificuldades de sincronização de duas câmaras, em meio diferentes, tornam difícil a operacionalização deste processo. Para mais, verificam-se algumas limitações à observação e avaliação directa do gesto técnico devido à posição do observador (que se encontra num plano superior ao do nadador, com o corpo deste colocado de perneio, dificultando a observação de acções que decorrem debaixo do tronco), a refacção e a opacidade (Friães e Vilas-Boas, 1992).

No entanto, apesar das dificuldades enunciadas, a produção de investigação no domínio da Biofísica parece ser um dos alvos preferenciais dos investigadores desta actividade. Clarys (1996) reviu 685 artigos relacionados com a NPD e procurou categorizá-los por 12 áreas do conhecimento. A categoria que apresentava maior número de estudos era a Biomecânica com 20%. Seguia-se a Fisiologia com 18%. Em terceiro lugar encontrava-se a Medicina/Clínica com 16%. Depois surgia a Hidrodinâmica com 9% e em quinto lugar, a Electromiografia com 8%.

Neste contexto, aparentemente, a Mariposa é das técnicas de nado menos estudada até à actualidade. Assim sendo, parece que existem diversos domínios onde a referida técnica não estará completamente caracterizada e compreendida.

Por conseguinte, é objectivo do presente estudo efectuar uma análise Biofísica da técnica de Mariposa, a partir dos principais estudos que teve como objecto de análise a referida técnica de nado.

Para tal, num primeiro momento vai-se enquadrar a técnica de Mariposa no âmbito da técnica na NPD e mais particularmente das técnicas de nado.

De seguida passa-se à análise da Mariposa, caracterizando-a e discorrendo sobre as suas origens e evolução. Depois, apresentam-se as determinantes regulamentares impostas pela *Federation International de Natation Amateur* (FINA). Após isto, efectua-se a descrição do actual modelo técnico.

Por fim, vai realizar-se uma breve abordagem sobre os estudos Biofísicos em Mariposa, que passará em revista os principais estudos no domínio da Bioenergética e da Biomecânica. No domínio da Biomecânica, faz-se uma resenha dos principais estudos dinamométricos, electromiográficos e cinemáticos tendo como objecto de estudo a técnica de Mariposa.

## II · As técnicas de nado

---

Uma prova de NPD pode ser decomposta em três momentos, são eles o momento da partida, o momento da viragem e o momento de nado propriamente dito (Hay e Guimarães, 1983; Hay, 1988; Absalyamov et al., 1989). Todavia, alguns autores, como por exemplo Maglischo (1993), ainda descrevem um quarto momento, que será o da chegada ao finalizar a prova. O momento de partida consiste no intervalo de tempo que medeia entre o sinal de partida e o início do deslize do nadador, antes de iniciar o nado propriamente dito. O momento de viragem comporta o período desde a aproximação à parede até ao retorno do ciclo gestual de nado, após a execução da viragem. O momento de nado incorpora o período de tempo entre o deslize que precede a partida ou a viragem e a aproximação da parede testa, para efectuar a viragem ou para finalizar a prova.

Concomitantemente, pode-se considerar que serão três as vertentes técnicas a abordar na NPD, ou seja, as técnicas de partida, as técnicas de viragem e as técnicas de nado.

De entre as técnicas de nado existentes, actualmente são reconhecidas como sendo as técnicas de nado formal em NPD a técnica de Crol, a técnica de Costas, a técnica de Bruços e a técnica de Mariposa.

As técnicas de nado são classificadas de acordo com a posição do corpo, a acção dos membros superiores (MS) e dos

membros inferiores (MI) e o tipo de produção de força propulsiva pelos MS e pelos MI. Tomando em consideração a posição do corpo, as técnicas decompõem-se em ventrais ou dorsais, dependendo do decúbito em que se encontra o nadador no momento de nado. As técnicas também poderão ser classificadas como simultâneas ou alternadas, tomando em consideração se a acção dos dois MS e dos dois MI é realizada simultânea ou alternadamente. Finalmente, de acordo com o tipo de produção de força propulsiva pelos MS e pelos MI, as técnicas de nado podem ser caracterizadas como contínuas ou descontínuas. Isto é, existem técnicas que se caracterizam por manterem ao longo de todo o ciclo gestual a produção de força propulsiva e outras, em que determinado momento do ciclo se verifica uma fase passiva, sem aplicação da referida força.

Desta forma, a técnica de Costas é uma técnica dorsal; em contraponto às restantes técnicas que são ventrais. As técnicas de Bruços e de Mariposa são simultâneas; enquanto que as técnicas de Crol e de Costas são alternadas. Já as técnicas de Bruços e de Mariposa são descontínuas. No entanto, as técnicas de Crol e de Costas são contínuas.

No caso da técnica de Mariposa, assim como na de Bruços, as Regras Técnicas da FINA (1998-2000) obrigam a que a acção dos dois MS e dos dois MI sejam simultâneas, o que leva a uma maior variação por ciclo na velocidade horizontal de deslocamento do centro de massa do nadador (Craig e Pendergast, 1979). Consequentemente, as técnicas descontínuas são menos económicas que as técnicas contínuas já que, para uma mesma velocidade horizontal média, o dispêndio energético será superior (Holmér, 1974; 1983; Vilas-Boas, 1993). Com efeito, segundo Kornecki e Bober (1978), as variações intracíclicas da velocidade horizontal de deslocamento são particularmente elevadas na técnica de Mariposa. Isto justifica-se em virtude de nas técnicas simultâneas, em cada ciclo gestual, será necessário reacelerar a massa após esta ter sido frenada durante a fase resistiva precedente. Em síntese, a técnica de Mariposa em conjunto com a técnica de Bruços, são as menos económicas das técnicas de nado da NPD (Craig e Pendergast, 1979). E na realidade, segundo Holmér (1974; 1983) e Pendergast et al. (1978), a técnica de Mariposa é aquela que evidencia uma menor economia motora, de entre todas as técnicas de nado formal.

# III · A técnica de Mariposa

---

## 1. Caracterização

Decorrente das classificações atrás apresentadas para as técnicas de nado, pode dizer-se que a Mariposa se caracteriza por ser uma técnica de nado em que o corpo se encontra numa posição ventral, em que existe uma acção simultânea dos dois MS e dos dois MI e cuja a aplicação de força propulsiva é feita descontinuamente, devido à coincidência do momento mais propulsivo das acções dos dois MS e dos dois MI. Para mais, tomando em consideração o eixo longitudinal do corpo do nadador, observa-se uma “simetria” nas acções dos dois MS e dos dois MI, ao longo do trajecto motor.

## 2. Origem e evolução

### 2.1. Origem

A técnica de Mariposa deriva da linha evolutiva da técnica de Bruços, apesar das suas maiores semelhanças com a técnica de Crol. Quer isto dizer que foram determinadas alterações induzidas na técnica de Bruços que estão na origem da técnica de Mariposa (Vilas-Boas, 1987b).

No ano de 1926, as Regras Técnicas da FINA apenas obrigavam à simultaneidade das acções dos MS e dos MI, num mesmo

plano, nas provas de Bruços. Ou seja, o regulamento técnico não contemplava a punição da recuperação aérea ou a passagem dos MS para lá da anca.

O alemão Erich Rademacher, aproveitou essa lacuna regulamentar para ganhar a prova de 200 metros Bruços dos Campeonatos da Europa de Budapeste, realizando depois da partida, antes e depois das viragens algumas braçadas com recuperação aérea dos MS (Menauds e Zins, 1974). Esta técnica mais não era que uma forma revolucionária, mas regulamentar de nadar a técnica de Bruços (Cruells, 1956; Oppenheim, 1977). Assim, surge a técnica que viria a ser conhecida como “Bruços-Mariposa”, a precursora da técnica de Mariposa (Vilas-Boas, 1987b).

A nova técnica adopta esta denominação porque a acção simultânea de recuperação aérea dos MS assemelha-se à acção das asas de uma Mariposa, de uma borboleta enquanto esta voa.

## 2.2. Evolução

No ano seguinte, em 1927, Rademacher participa num conjunto de provas nos Estados Unidos da América, tendo sido frequentemente contestado por utilizar a recuperação aérea dos MS. No entanto, dado que não violava o regulamento técnico, nunca foi desqualificado (Oppenheim, 1977).

Em 1929, um ano após os Jogos Olímpicos de Amsterdão, Rademacher abandona o Bruços-Mariposa e a técnica queda-se no esquecimento por alguns anos.

O Bruços-Mariposa é retomado por volta de 1932, quando um nadador nova-iorquino, Henry Myers, ao participar na prova das 150 jardas em três estilos (Costas, Bruços e nado livre), no Campeonato de Rio do Estado de Nova Iorque, no percurso de Bruços executa o estilo de Bruços-Mariposa. A controvérsia, assim como o interesse pela técnica, reacende-se (Oppenheim, 1977). Por exemplo, Cruells (1956, p. 124) considera o Bruços-Mariposa “*completamente antinatural e ilógico, que jamais poderá competir com o Crawl, essa maravilha da técnica natatória moderna.*” (nossa tradução)

Todavia, por altura dos primeiros Jogos Olímpicos de Los Angeles, em 1932, são poucos os nadadores a utilizarem a técnica ao longo da totalidade dos 200 metros da prova de Bruços (Vilas-Boas, 1987b).

No ano de 1935, surge o movimento ondulatório do corpo, semelhante ao que utiliza o golfinho, um dos mamíferos de maior eficiência aquática. Daí esta técnica ser conhecida como “Mariposa-Delfim de Sieg”, em homenagem ao seu precursor, Jack Sieg.

Em 1946, a FINA destingue o Bruços-Mariposa do Bruços Ortodoxo. Ao longo de toda a prova de Bruços, o nadador utilizaria apenas ou o Bruços-Mariposa, ou o Bruços Ortodoxo, não permitindo o uso de diferentes técnicas numa mesma prova, como era usual até então (Oppenheim, 1977).

Nos Jogos Olímpicos de Londres, dois anos mais tarde, os seis primeiros classificados utilizaram o Bruços-Mariposa (Menaud e Zins, 1974). Quatro anos depois, nos Jogos Olímpicos de Helsínquia, todos os finalistas nadaram Bruços-Mariposa.

Em 1953, a FINA não permite a recuperação aérea dos MS nas provas de Bruços e reconhece uma quarta técnica de nado: a Mariposa. A partir desse momento são separadas as provas de Mariposa das de Bruços e os respectivos recordes (Cruells, 1956; Oppenheim, 1977).

Dois anos depois, surge a “Mariposa-Delfim de Tumpek”. Esta técnica caracterizava-se pelo duplo batimento simultâneo dos MI por cada ciclo gestual, garantido por uma ondulação bastante acentuada e que fazia dela uma sucessão de imersões profundas e prolongadas com breves aparições à superfície para respirar (Oppenheim, 1977; Tavares da Silva, 1981). Dado que o húngaro Gyorgy Tumpek terá sido o intérprete mais famoso desta forma de nado, daí a inclusão do seu nome na nomenclatura da referida técnica.

Em 1956, nos Jogos Olímpicos de Melbourne, evidencia-se uma supremacia da Mariposa-Delfim. Todavia, os nadadores americanos William Yorzyk e Shelley Mann conservavam uma posição bem mais plana sobre a água, em detrimento do movimento ondulatório bastante acentuado da técnica de Sieg (Menauds e Zins, 1974; Oppenheim, 1977; Tavares da Silva, 1981). A tendência de manter o corpo mais plano na água e com menos ondulação acentuou-se nos seguintes Jogos Olímpicos, quando todos os finalistas da prova de 200 metros Mariposa, ganha por Michael Troy, utilizam esta técnica (Menauds e Zins, 1974).

Ainda em 1956, é introduzida a actual pernada de Mariposa, de acordo com as exigências regulamentares que obrigavam à simultaneidade de acções motoras dos MI no mesmo plano vertical. Nesse mesmo ano, a sincronização dos MS e dos MI passa a ser de dois batimentos por ciclo gestual e dá-se a estreia das provas de 200 metros Mariposa masculinos e dos 100 metros Mariposa femininos no programa olímpico. Só em 1968 é que seriam introduzidas as provas de 100 metros Mariposa masculinos e de 200 metros Mariposa femininos no calendário olímpico.

A utilização das inspiração lateral na técnica de Mariposa, popularizada nos anos oitenta pelo americano Melvin Stewart e nos anos noventa pelo russo Denis Pankratov (Rushall, 1996); serão as mais recentes referências históricas desta técnica de nado, dado o nível competitivo demonstrado pelos nadadores em questão em competições como os Campeonatos do Mundo e os Jogos Olímpicos, de onde saíram vencedores e dos recordes do mundo que bateram.

A Figura 1 apresenta o cronograma sinóptico da evolução histórica da técnica de Mariposa.

Em síntese, ao longo dos tempos é visível a tendência para quer a técnica de Bruços – de onde é originária a técnica de Mariposa – quer a própria técnica de Mariposa serem alvo de diversas alterações

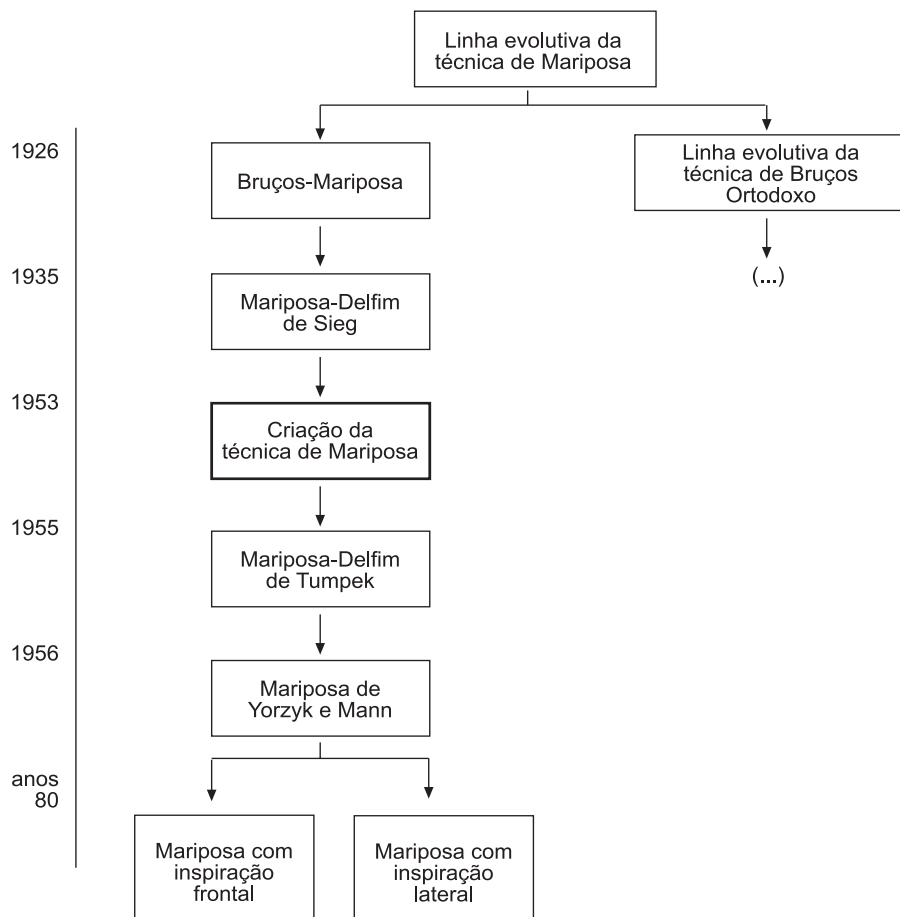


Figura 1. Cronograma sinóptico da evolução histórica da técnica de Mariposa (adaptado de Barbosa, 2000b).

no seu modelo técnico, com o intuito de otimizar a eficiência motora e, logo, o rendimento do nadador. Assim, parece que a procura de inovações a nível técnico que permitam uma optimização da eficiência motora tem sido, ao longo de toda a história da NPD, uma das preocupações dos intervenientes mais directos na modalidade.

### 3. Determinantes regulamentares

Qualquer modalidade desportiva caracteriza-se por possuir um regulamento que mais não é que um código de conduta, um código de comportamento, dos seus intervenientes. Também a NPD possui

um regulamento, emanado pela FINA, no qual entre outros se encontram as regras que balizam o comportamento do nadador quando em prova.

As Regras Técnicas da FINA (1998-2000) começam a referência às provas de Mariposa a partir da oitava regra (SW 8). Actualmente, esta regra contém cinco artigos que regulam e, portanto, condicionam a execução da técnica em questão.

O primeiro artigo (SW 8.1), regulamenta a posição do corpo no decurso da prova. Nesse artigo refere-se que, “*o corpo deve estar sempre de bruços (...) [e] os ombros devem estar em linha com a superfície da água*” desde a partida e após cada viragem até nova viragem. O artigo SW 8.2 regulamenta a acção dos M<sup>S</sup> dizendo que “*os braços devem ser trazidos para a frente juntos sobre a água e levados atrás simultaneamente.*” O artigo seguinte determina a acção dos M<sup>I</sup> e refere que, “*todos os movimentos dos pés devem ser executados simultaneamente. São permitidos movimentos das pernas e dos pés no plano vertical, tanto para cima como para baixo, em simultâneo.*” Já os artigos SW 8.4 e SW 8.5 regulam as viragens e as chegadas no final da prova, sendo de realçar que “*será permitido ao nadador estar totalmente submerso até uma distância de 15 metros da parede, após a partida e cada viragem.*”

Com efeito, a melhoria da eficiência motora numa dada técnica desportiva passará, entre outros processos, pela inclusão nessa mesma técnica de novas soluções a nível gestual. Todavia, a sua introdução só será viável caso, em primeiro lugar, se confirme o seu efeito ao nível da melhoria da eficiência motora e, em segundo, que não viole as regras que regulamentam essa execução. Por outras palavras, não bastará encontrar novas soluções que permitam uma melhoria significativa da eficiência motora mas, que cumulativamente, se ajustem à regulamentação existente ou aos seus casos omissos.

Caso paradigmático terá sido a origem da técnica de Mariposa. A adopção maciça do Bruços-Mariposa, que viria mais tarde a derivar na técnica de Mariposa, só foi possível por dois motivos. Em primeiro lugar, porque a recuperação aérea dos M<sup>S</sup> era um contributo significativo para o incremento do rendimento desportivo do nadador. Em segundo, porque aparentemente e apesar da controvérsia gerada em torno da sua utilização, não violava o regulamento técnico da altura.

Na Figura 2 apresenta-se uma resenha das principais condicionantes técnicas impostas pelo regulamento da FINA em Mariposa.

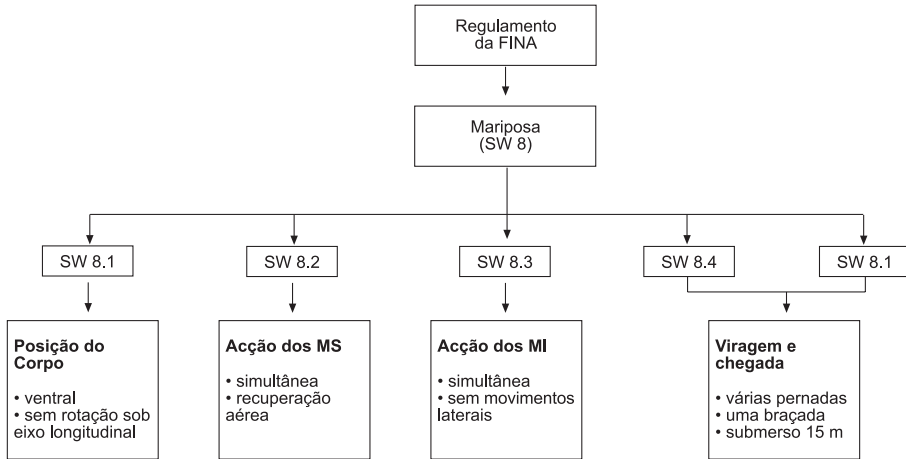


Figura 2. Resenha das principais condicionantes técnicas impostas pelo regulamento da Federation International de Natation Amateur (FINA), à técnica de Mariposa. MS – membros superiores; MI – membros inferiores (adaptado de Barbosa, 2000b).

#### 4. Modelo técnico

Uma das áreas subsidiárias da Biomecânica é a Cibernética. Por sua vez, o método cibernético utiliza o princípio da analogia para substituir a situação real por um referencial teórico, isto é, um modelo (Abrantes, 1997).

No caso particular das técnicas desportivas, a modelação da técnica justifica-se enquanto sistema de simplificação, enquanto representação concreta das leis científicas, enquanto meio de objectivar as constantes das respostas motoras adequadas às tarefas propostas (Chollet, 1997). Assim sendo, a modelação da técnica consiste num conjunto de procedimentos que permitem alcançar do modo mais racional e económico possível o objectivo desse movimento (Alves, 1998). É uma actividade motora determinada pelos princípios biomecânicos do movimento humano, que optimiza as possibilidades de utilização da estrutura corporal para atingir o melhor resultado desportivo possível (Winter, 1990).

Um modelo eficaz deve conter uma componente quantitativa e outra qualitativa (Abrantes, 1997). De acordo com o mesmo autor, a primeira componente serve como meio de localização espacio-temporal dos acontecimentos e a segunda, procura interpretar esses mesmos acontecimentos.

Contudo, mesmo a melhor descrição de um modelo será incompleta e imperfeita (Chollet, 1997). Ela não permite compreender a realidade em questão na sua totalidade e não traduzirá de forma absolutamente fiel a realidade (Chollet, 1997).

O modelo que se segue baseia-se na descrição efectuada por Maglischo (1993) e por Costill et al. (1992), já que se tratam de obras relativamente recentes e onde se faz uma abordagem de fundo da NPD, incluindo os seus modelos técnicos.

A descrição do modelo técnico em Mariposa inicia-se pela descrição das acções dos MS e dos MI. Segue-se a descrição da sincronização das acções dos MS e dos MI. Depois, analisam-se as questões relativas à posição e ao movimento do corpo, à sincronização das acções dos MS com o ciclo respiratório e por fim, outras características que sejam pertinentes.

#### **4.1. Acção dos membros superiores**

Diversos autores distinguem diferentes fases para a acção dos MS na técnica de Mariposa. Barthels e Adrian (1975) subdividem o ciclo gestual em cinco fases (o “agarre”, a acção lateral exterior, a acção lateral interior, o “empurre” e a recuperação dos MS). Costill et al. (1992) descrevem seis fases (a entrada, o “agarre”, a acção lateral exterior, a acção lateral interior, a acção ascendente e a saída e a recuperação). Já Maglischo (1993) inclui o “agarre” e a entrada, descrita por Costill et al. (1992), na acção lateral exterior. Finalmente, Figueiras (1995) apresenta o ciclo gestual dividido em cinco momentos (a acção lateral exterior, a acção descendente, a acção lateral interior, a acção ascendente e a saída e recuperação dos MS).

Em síntese, apesar da diversidade de descrições propostas para a acção dos MS, esta poderá ser decomposta em dois momentos: o trajecto motor subaquático e a saída e a recuperação dos MS. Por sua vez, o trajecto motor subaquático poderá ser dividido em três fases: a entrada e a acção lateral exterior (ALE), a acção lateral interior (ALI) e a acção ascendente (AA).

##### **4.1.1. Trajecto motor subaquático**

###### **4.1.1.1. Entrada e acção lateral exterior**

As mãos entram na água à frente da cabeça e no prolongamento da linha dos ombros ou ligeiramente ao lado. Nesta fase, as superfícies palmares devem estar orientadas para fora e para baixo.

A entrada das mãos na água é um momento do ciclo que se deve realizar de modo a que a turbulência e o arrasto de onda por ela provocada sejam mínimas, ao mesmo tempo que as mãos são colocadas na água de modo a permitir uma execução óptima das acções seguintes.

Após a entrada, as mãos deslizam à frente e dirigem-se para fora e para baixo, num trajecto curvilíneo, até passarem a largura dos ombros. Este é o momento de início de produção de força propulsiva pelos MS, também conhecido por “agarre”. Neste momento, as mãos passam a deslocar-se para fora, para trás e para baixo. As mãos irão apresentar um ângulo de orientação que varia entre os 135 e os 180°

e um ângulo de ataque entre os 20 e os 45°. Simultaneamente, verifica-se uma flexão gradual dos MS pelos cotovelos.

A ALE é a fase menos propulsiva do trajecto motor subaquático (Schleihauf, 1979; Schleihauf et al., 1988). Assim sendo, como já foi referido, este deverá ser um movimento suave, por forma a colocar as mãos em posição de aplicar força propulsiva em fases subsequentes (Costill et al., 1992; Maglischo, 1993). Daí que a velocidade da mão diminua gradualmente desde a entrada até à ocorrência do “agarre” (Maglischo, 1993).

#### **4.1.1.2. Acção lateral interior**

A ALI é a primeira das duas fases mais propulsivas do trajecto motor subaquático, na técnica de Mariposa (Schleihauf, 1979; Schleihauf et al., 1988; Costill et al., 1992; Maglischo, 1993).

Esta fase tem início quando as mãos se aproximam do ponto mais profundo da sua trajectória, que coincidirá com o final da ALE.

Nesta fase, as superfícies palmares orientam-se para trás, para cima e para dentro, descrevendo uma trajectória circular, até ficarem próximas uma da outra debaixo do tronco do nadador. Para tal, as mãos que na ALE estavam orientadas para fora e para baixo, rodam progressivamente para dentro e para cima através de uma gradual flexão dos MS até o braço e o antebraço apresentarem um ângulo relativo de aproximadamente 90°, mas mantendo o cotovelo a um nível relativamente superior ao da mão. Nesta fase as mãos apresentarão um ângulo de orientação de 0° e um ângulo de ataque entre os 20 e os 80°, apesar dos 40° ser o valor mais frequente (Schleihauf, 1979).

Contudo, nem todos os nadadores de elite culminam a ALI com as mãos juntas debaixo do tronco. Alguns parece que iniciam precocemente a fase seguinte (Costill et al., 1992; Maglischo, 1993). Outros, em vez de executarem apenas uma ALI, realizam duas acções consecutivas (Bachman, 1983). E ainda, alguns cruzam os MS debaixo do corpo ao efectuarem a ALI (Crist, 1979). Este facto estará relacionado com a variedade de trajectos motores subaquáticos que tem vindo a ser descritos na tentativa de aumentar a eficiência desta técnica de nado e/ou com estilos pessoais de nado, que mais não são que meras interpretações pessoais do modelo técnico. Todavia, a descrição inicial tende a ser adoptada pela maioria dos nadadores.

Durante esta fase observa-se uma aceleração significativa da velocidade das mãos (Schleihauf et al., 1988; Maglischo, 1993). Também a velocidade de deslocamento do nadador tende a aumentar quando comparada com a velocidade obtida na AA (Maglischo, 1993).

#### **4.1.1.3. Acção ascendente**

A AA é a segunda das duas fases mais propulsivas da acção dos MS na técnica de nado em estudo (Schleihauf, 1979; Schleihauf et al., 1988; Costill et al., 1992; Maglischo, 1993).

A AA inicia-se quando as mãos se encontram próximas uma da outra e debaixo do tronco do nadador. A partir desse momento, verifica-se uma rotação interna dos MS e as mãos passam a deslocar-se para fora, para trás e para cima, em direcção à superfície da água. O ângulo de orientação variará entre os 180 e os 225° e o ângulo de ataque entre os 30 e os 60°. Ao mesmo tempo, ocorre uma extensão gradual dos MS, mas sem atingir a extensão total. As superfícies palmares rodam rapidamente para trás, para fora e para cima até atingirem o nível das coxas.

A AA, na técnica de Mariposa, é um movimento mais orientado para fora do que em Crol, sobretudo num primeiro tempo. Isto porque em Mariposa não ocorre uma rotação do corpo sobre o eixo longitudinal, o que faz com que o percurso lateral da mão entre a vertical do eixo e a posição em que emergem as mãos junto às coxas seja superior ao mesmo percurso em Crol. Por este facto, Maglischo (1993) refere que a AA é susceptível de ser subdividida em dois tempos. Um primeiro, predominantemente orientado para fora que se estende até que as mãos se encontrem à largura da anca. O segundo tempo, predominantemente orientado para cima, que se estende até à emersão das mãos e o início da recuperação aérea.

Apesar de ocorrer uma ligeira desaceleração na transição entre a ALI e a AA em alguns nadadores, durante esta última fase, ocorre uma aceleração das mãos até se diminuir a pressão exercida sobre a água pelas superfícies palmares no fim desta fase e início da saída (Costill et al., 1992; Maglischo, 1993).

#### **4.1.2. Saída e recuperação**

Para se realizar a saída, as mãos diminuem a pressão sobre a água, através de uma rotação externa dos MS, por forma a orientar as superfícies palmares para as coxas.

Os cotovelos, que durante a AA se estenderam progressivamente, após a saída passam a estender-se rapidamente e dirigem-se sobre a água para cima, para a frente e para fora. Este movimento manter-se-á até que os MS se encontrem à frente dos ombros, onde se dará início a novo ciclo gestual.

Costill et al. (1992), afirmam que, na primeira fase da recuperação, os MS deverão estar em extensão completa e na segunda fase, devem realizar uma ligeira flexão para que a entrada na água seja feita com o mínimo de esforço. Por sua vez, Maglischo (1993), diz existirem nadadores que recuperam os MS em extensão completa, outros que realizam a recuperação de acordo com a descrição de Costill et al. (1992) e ainda aqueles que mantêm os MS em flexão ao longo de todo o trajecto. Segundo o mesmo autor, estas duas últimas técnicas serão as mais recomendadas pelo motivo sugerido por Costill et al. (1992). Isto porque a existência de uma flexão dos MS, tal como ocorre na técnica de Crol, diminui o momento de inércia dos MS, o que torna a recuperação mais rápida e diminui o esforço necessário para a sua execução.

Numa primeira fase da recuperação as superfícies palmares devem estar voltadas para dentro e na segunda fase, rodam para fora com o intuito de se colocarem em posição para iniciarem novo ciclo gestual.

Durante a recuperação existe um “relaxamento” dos MS para permitir uma ligeira recuperação dos mesmos antes de se iniciar nova aplicação de força propulsiva (Colwin, 1992; Costill et al., 1992; Maglischo, 1993). Por outras palavras, sendo esta uma fase que tem como objectivo colocar os MS em posição para aplicar novamente força propulsiva, este é o momento mais adequado para se realizar um menor esforço, o qual permitirá uma ligeira “recuperação”, antes de se iniciar novo trajecto motor subaquático.

Para facilitar a recuperação aérea, os ombros devem emergir. Com efeito, a maioria dos nadadores aprendem a manter os ombros na água durante a recuperação. No entanto, filmagens de nadadores de classe mundial demonstraram que eles emergem os ombros e dirigem-nos para diante durante a recuperação (Costill et al., 1992).

Dado que os dois MS se encontram a realizar a recuperação simultaneamente, esta é a fase em que o nadador apresenta uma menor velocidade de deslocamento (Schleihauf, 1979; Maglischo, 1993).

## **4.2. Acção dos membros inferiores**

A acção dos MI na técnica de Mariposa é denominada por “pernada de golfinho”, dadas as similitudes entre essa acção e o movimento caudal do golfinho. A semelhança é tal, que chegaram a ser realizados estudos comparativos do movimento da parte posterior do golfinho e o movimento do mariposista (Ungerechts, 1983).

A acção dos MI em Mariposa é um conjunto de movimentos em onda, das quais se pode distinguir duas fases: o batimento descendente e o batimento ascendente.

### **4.2.1. Batimento Descendente**

O batimento descendente ocorre após os pés terem atingido a superfície da água, com os MI ligeiramente flectidos. O movimento inicia-se com a flexão da anca, ao que se segue uma extensão vigorosa para baixo dos MI pelos joelhos, mantendo os tornozelos em flexão plantar e com os pés em rotação interna.

No início da fase, deve ocorrer uma ligeira flexão dos MI pelos joelhos, por forma a permitir uma maior rotação interna dos pés. Aparentemente a manutenção dos pés em flexão plantar também é um factor decisivo para executar um batimento eficiente. Segundo Costill et al. (1992) e Maglischo (1993), os mariposistas devem ser capazes de efectuar extensões das articulações tibio-társicas entre os 70° e os 85° a partir da vertical, com o intuito de aumentar a superfície propulsiva, dado que este batimento tem uma função predominantemente propulsiva (Barthels e Adrian, 1971; Jensen e McIlwain, 1979; Costill et al., 1992; Maglischo, 1993).

#### **4.2.2. Batimento ascendente**

Esta fase da acção dos MI inicia-se após a extensão total dos MI no fim do batimento descendente.

No batimento ascendente, verifica-se uma extensão ao nível da anca com a elevação dos MI até estes atingirem o alinhamento do corpo. Os pés encontram-se, durante toda a fase, numa posição natural, pelos que os joelhos estarão mais próximos entre si do que no batimento descendente e em extensão graças à pressão exercida pela água durante o movimento ascendente.

Este batimento tem uma função predominantemente equilibradora da posição corporal, já que ao elevar os MI é promovido o alinhamento entre todos os segmentos corporais (Maglischo, 1993). Por outro lado, também permite colocar os MI em posição de realizar novo batimento descendente.

#### **4.3. Sincronização das acções dos membros superiores e dos membros inferiores**

A sincronização das acções dos MS com as acções dos MI caracteriza-se pela realização de dois batimentos dos MI por cada ciclo gestual.

O primeiro batimento descendente coincide com a entrada dos MS na água e prolonga-se durante a ALE até ao “agarre”, o que permite compensar a desaceleração provocada pela entrada dos MS. O primeiro batimento ascendente ocorre durante a ALI dos MS. Este movimento melhora o alinhamento corporal durante esta fase propulsiva da acção dos MS e recoloca os MI em posição de realizar novo batimento descendente.

O segundo batimento descendente ocorre aquando da AA e culmina com o início da recuperação dos MS, o que promove a elevação dos ombros, facilitando a recuperação aérea. O segundo batimento ascendente será executado durante a recuperação aérea dos MS, tendo as mesmas funções do primeiro batimento ascendente.

De acordo com Counsilman (1968), Costill et al. (1992), Maglischo (1993) e Figueiras (1995), o primeiro batimento descendente será mais amplo e propulsivo que o segundo porque, a cabeça encontra-se imersa durante essa acção, pelo que o arrasto hidrodinâmico oposto à direcção de deslocamento do nadador será menor, permitindo que a anca percorra uma maior distância. Se o primeiro batimento descendente parece ser mais amplo que o segundo, obviamente, o primeiro batimento ascendente também será mais amplo que o segundo (Costill et al., 1992; Maglischo, 1993).

Colwin (1992) procura justificar as diferenças observadas devido ao primeiro batimento ser uma reacção dos MI ao movimento de elevação da anca, enquanto os MS entram na água, enquanto o segundo batimento, será uma acção voluntária do nadador. Contudo, será de sublinhar que as diferenças entre os batimentos decorre de diferenças na posição do corpo durante a sua realização e não tanto do

esforço empreendido pelo nadador (Costill et al., 1992; Maglischo, 1993).

#### **4.4. A posição e o movimento do corpo**

Ao longo do ciclo gestual, observam-se três posições corporais, as quais tem um papel importante na diminuição da intensidade da força de arrasto Hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador (Costill et al., 1992; Maglischo, 1993):

1. o corpo deve estar o mais horizontal possível nas fases mais propulsivas da braçada (na ALI e na AA), o que é alcançado pela elevação dos MI durante a ALI e a realização de um batimento descendente menos profundo durante a AA;
2. o movimento da anca durante o primeiro batimento descendente deve dirigir-se para cima e para a frente, por forma a alinhar horizontalmente o corpo e;
3. a força do segundo batimento descendente não deverá ser tão grande que eleve a anca acima da superfície da água, porque interferirá com a recuperação dos MS, nem tão pequena que não permite manter a anca à superfície da água.

Se a primeira posição descrita decorre de uma análise estática e mais tradicional do problema; as outras duas inserem-se numa perspectiva de análise claramente dinâmica da posição corporal desta técnica de nado.

A técnica de Mariposa caracteriza-se pelo movimento ondulatório global do corpo. Ou seja, o nadador desloca as diferentes partes do seu corpo durante todo o ciclo em movimentos com componentes verticais, originando um movimento global tipo “onda” (Mason et al., 1992; Sanders et al., 1995; Sanders, 1996; Figueiras, 1995; Barbosa et al., 1999; Barbosa, 2000b).

Segundo Costill et al. (1992), um movimento ondulatório adequado caracteriza-se por:

1. a cabeça imergir quando as mãos entram na água;
2. as coxas elevarem-se o suficiente para emergir durante o primeiro batimento descendente e;
3. os MI não estarem demasiadamente afundados quando se completa o segundo batimento descendente.

De acordo com Sanders et al. (1995), a elevação da parte superior do corpo aquando da inspiração e da recuperação dos MS, aparentemente, promove um incremento da energia despendidas. Segundo os autores, essa energia parece que é transmitida sob a forma de ondas da parte anterior até à parte posterior do corpo, isto é, em direcção céfalo-caudal, tornando-se num contributo adicional à propulsão gerada pela acção dos MI. Com efeito, os autores verificaram que existe uma correlação positiva e significativa entre a velocidade de propagação céfalo-caudal do movimento ondulatório e a velocidade

horizontal de deslocamento do centro de massa de  $r=0.88$  para os nadadores e de  $r=0.96$  para as nadadoras estudadas.

Todavia, segundo Figueiras (1995), o movimento ondulatório deve ser tão acentuado quanto o necessário para uma correcta acção dos MS, dos MI e da respiração e; tão ligeira quanto possível para diminuir os desalinhamentos horizontais e consequente aplicação de Força de Arrasto Hidrodinâmico oposta à direcção do deslocamento. No entanto, o movimento não deverá ser demasiado elevado não tanto porque aumentará a área de secção transversal máxima do corpo na direcção do deslocamento  $d$  e, portanto, a intensidade do arrasto hidrodinâmico; mas, mais para evitar um acentuado deslocamento vertical do centro de massa.

Na realidade, tal como no Bruços ondulatório, o nadador parece deslocar-se como que ao longo de um tubo de secção longitudinal aproximadamente sinusoidal, consistindo o seu movimento global num conjunto de deslocamentos segmentares oblíquos, predominantemente orientados para a frente e sucessiva e alternadamente orientados também para baixo e para cima.

#### **4.5. Sincronização das acções dos membros superiores com o ciclo respiratório**

O ciclo respiratório pode ser decomposto em duas partes: a inspiração e a expiração. A inspiração deverá ser rápida, forte e activa efectuada predominantemente pela boca. Por sua vez, a expiração deverá ser progressiva e realizada com as vias respiratórias imersas. Por outras palavras, a expiração deve iniciar-se logo após a submersão do rosto pela boca e pelo nariz. A saída do ar deve ser contínua e constante até ao momento que antecede a saída da boca da água. Nesta altura, deve tornar-se vigorosa, expulsando o ar remanescente nas vias respiratórias superiores e ao mesmo tempo, expelindo a água que se comprime contra a boca, possibilitando o início imediato de nova inspiração.

Normalmente aconselham-se os nadadores a utilizarem uma inspiração por cada dois ou três ciclos dos MS (1:2 e 1:3, respectivamente). Quer isto dizer que em determinados ciclos gestuais, os nadadores não executam a fase inspiratória, ou seja, realizam ciclos do tipo não inspiratório. Todavia, alguns nadadores utilizam com sucesso uma inspiração por ciclo, especialmente, nas provas mais longas (Maglischo, 1993). Apesar de uma frequência tão elevada de inspirações tender a afundar ainda mais os MI quando se inspira, alguns nadadores obtêm resultados de qualidade utilizando este padrão de sincronização do ciclo respiratório com a acção dos MS.

O processo utilizado pela maioria dos nadadores para inspirar consiste na utilização da técnica de inspiração frontal. Contudo, alguns nadadores tem usado com sucesso outra técnica, a de inspiração lateral. Com efeito, diversos autores também tem feito referência à técnica de inspiração lateral, como por exemplo, Counsilman (1968),

Costill et al. (1992), Maglischo (1993), Figueiras (1995), Rushall (1996), Chollet (1997), Barbosa et al. (1999) e Barbosa (2000b).

#### **4.5.1. Inspiração frontal**

Aquando da entrada dos MS na água, a face deverá estar orientada para baixo. O movimento de elevação da cabeça inicia-se durante a ALE, através de uma extensão cervical da mesma. A face aproxima-se da superfície da água durante a ALI. A face emerge durante a AA e a inspiração ocorre durante esse momento e a primeira fase da recuperação dos MS.

A face deverá imergir durante a segunda fase a recuperação dos MS, através de um flexão cervical.

#### **4.5.2. Ciclos não inspiratórios**

Durante cada ciclo gestual em que não se inspire, a cabeça poderá romper a superfície da água tal como se inspirasse. No entanto, neste caso, a face encontrar-se-á imersa e a cabeça em flexão cervical.

Esta elevação da cabeça irá facilitar a recuperação dos MS (Maglischo, 1993), que será especialmente benéfica em nadadores com menos flexibilidade na articulação escápulo-umeral. Já no caso de nadadores com uma maior flexibilidade dessa articulação, aparentemente, eles não terão a necessidade de realizar essa elevação, pelo menos de forma tão acentuada.

#### **4.5.3. Inspiração lateral**

Apesar de diversos autores fazerem referência à utilização da inspiração lateral na técnica de Mariposa, poucos estudos biofísicos foram realizados até ao momento sobre o assunto ou comparando as diferentes técnicas de inspiração. Os únicos trabalhos de índole quantitativos conhecidos sobre esta temática foram os desenvolvidos por Barbosa et al. (1999) e por Barbosa (2000b).

A técnica parece ser bastante próxima da usada na técnica de Crol. A inspiração faz-se através da rotação lateral da cabeça durante a AA e prolongando-se durante a primeira fase da recuperação aérea dos MS (Barbosa, 2000b). A face retorna à sua posição neutra na última fase da recuperação dos MS, verificando-se o início da expiração imediatamente após a imersão da face (Barbosa, 2000b).

# IV · Abordagens Biofísicas para o estudo da Mariposa

---

## 1. Abordagens Bioenergéticas

Na maioria das actividades desportivas orientadas para o rendimento, o objectivo final da sua prática é a prestação final em competição. No caso da NPD, o carácter claramente temporal e espacial do seu rendimento, permite uma quantificação energética da mesma (Alves, 1996).

Um dos conceitos comunmente utilizados neste domínio é o de eficiência. Ele expressa uma relação objectiva e quantitativa entre o trabalho mecânico realizado, num determinado contexto, e o gasto energético que lhe está associado. (Cavanagh e Kram, 1985).

No domínio da actividade física, a eficiência mecânica de uma determinada tarefa, expressa a razão entre o somatório de todos os trabalhos internos e externos produzidos e o custo metabólico acima do nível de repouso (Abrantes, 1986). Na análise do movimento desportivo que envolva deslocamento do corpo, para efeitos de simplificação, por vezes, considera-se apenas o trabalho externo realizado (Alves, 1996). Por outras palavras, na análise do gesto técnico, simplifica-se o seu estudo considerando unicamente o somatório dos trabalhos externos que são mensuráveis através do deslocamento do centro de massa do corpo.

Contudo, em NPD, o estudo da eficiência torna-se ainda mais complexo do que no meio terrestre, devido à dificuldade de

quantificar objectivamente as trocas energéticas entre o nadador e o meio envolvente.

De acordo com Craig (1984), a velocidade de nado é determinada pela expressão:

$$v = \frac{E \cdot e}{D} \quad (1)$$

Em que  $v$  é a velocidade de deslocamento do nadador,  $E$  a taxa de produção de energia,  $e$  a eficiência e  $D$  a Força de Arrasto Hidrodinâmico.

Quer isto dizer que a velocidade de nado será tanto maior, quanto maior for a taxa de produção de energia, bem como a eficiência e quanto menor a intensidade da Força de Arrasto Hidrodinâmico.

### 1.1. Trabalho e Potência relacionada com o Arrasto

Para haver deslocamento, é necessário realizar trabalho. No meio aquático, para haver deslocamento, há que vencer a Força de Arrasto Hidrodinâmico. Logo, neste meio, o trabalho necessário para vencer a Força de Arrasto Hidrodinâmico é igual ao produto da intensidade desta força pelo deslocamento (Nigg, 1983):

$$W = D \cdot d \quad (2)$$

Onde  $W$  é o trabalho mecânico,  $D$  a Força de Arrasto Hidrodinâmico e  $d$  o deslocamento efectuado.

Dado que a Força de Arrasto Hidrodinâmico depende do quadrado da velocidade (Karpovich, 1933 citado por Karpovich e Millman, 1944):

$$D = K \cdot v^2 \quad (3)$$

Logo, segundo Nigg (1983),

$$W = K \cdot v^2 \cdot d \quad (4)$$

Onde  $W$  é o trabalho mecânico,  $D$  a Força de Arrasto Hidrodinâmico,  $v$  a velocidade de deslocamento,  $d$  o deslocamento realizado e  $K$  uma constante incorporando a densidade da água, o Coeficiente de Arrasto e a área de secção transversa máxima do corpo na direcção do deslocamento.

Assim, nadar uma determinada distância a uma velocidade relativamente baixa, requer menos trabalho mecânico para vencer a Força de Arrasto, do que uma velocidade relativamente maior. Todavia, será mais adequado analisar a taxa de trabalho mecânico realizado por unidade de tempo, ou seja, a potência:

$$Pd = D \cdot v = K \cdot v^2 \cdot v = K \cdot v^3 \quad (5)$$

Onde  $Pd$  é a potência para vencer a Força de Arrasto Hidrodinâmico,  $D$  a Força de Arrasto Hidrodinâmico,  $v$  a velocidade de deslocamento e  $K$  uma constante incorporando a densidade da água, o Coeficiente de Arrasto e a área de secção transversa máxima do corpo na direcção do deslocamento.

Desta forma, a potência para vencer a Força de Arrasto Hidrodinâmico parece depender de K e do cubo da velocidade de deslocamento. Ou seja, um ligeiro aumento na velocidade de deslocamento terá como consequência um aumento bastante significativo da potência para vencer a Força de Arrasto.

## 1.2. Propulsão

Para haver deslocamento, é necessário que a propulsão produzida seja superior à Força de Arrasto Hidrodinâmico a que está sujeito o nadador. Mas no meio aquático, ao contrário do terrestre, é necessário também deslocar a água sensivelmente para trás para ser possível o deslocamento. Assim, à massa de água empurrada é alterada a velocidade, criando um impulso e, portanto, uma acção (Toussaint e Hollander, 1994):

$$P = \int_0^t P dt = \frac{1}{t} \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot v_i \quad (6)$$

Em que P é a propulsão,  $m_i$  a massa de água empurrada,  $v_i$  a velocidade adicionada à água e t o tempo.

A propulsão, entretanto, é uma força especialmente determinada por factores hidrodinâmicos como a velocidade segmentar, a orientação espacial dos deslocamento segmentares propulsivos, a posição dos dedos e os ângulos de orientação e de ataque dos segmentos propulsivos (Vilas-Boas, 1987c; 1993).

Como foi dito, para haver propulsão, é adicionada velocidade à massa de água, o que promove a produção de energia cinética pelo nadador, a qual será transferida para a água. A quantidade de energia cinética produzida e transferida é determinada pela expressão (de Groot e van Ingen Schenau, 1988; Toussaint, 1988; Toussaint et al., 1988):

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot (\Delta v_i)^2 \quad (7)$$

Onde  $E_k$  é a energia cinética,  $m_i$  a massa de água e  $v_i$  a velocidade adicionada à massa de água.

Logo, a potência mecânica total produzida pelo nadador corresponde à potência para vencer a Força de Arrasto nas suas diversas componentes e a potência gerada para produzir energia cinética (de Groot e van Ingen Schenau, 1988; Toussaint, 1988):

$$P_o = P_d + P_k \quad (8)$$

Onde  $P_o$  é a potência mecânica total,  $P_d$  a potência para vencer a Força de Arrasto Hidrodinâmico e  $P_k$  a potência gerada para produzir energia cinética transferida para a água.

Se nem toda a potência é utilizada para vencer a Força de Arrasto Hidrodinâmico, é possível determinar a percentagem de

potência mecânica total que é utilizada para vencer essa força, ou seja, a eficiência propulsiva (Alexander, 1977; Huijing et al., 1983; de Groot e van Ingen Schenau, 1988; Toussaint, 1988):

$$ep = \frac{Pd}{Po} = \frac{Pd}{Pd + Pk} \quad (9)$$

Onde  $ep$  é a eficiência propulsiva,  $Pd$  a potência para vencer a Força de Arrasto,  $Po$  a potência mecânica total e  $Pk$  a potência que produz energia cinética transferida para a água.

A eficiência propulsiva depende da capacidade técnica do nadador e da energia cinética transferida para a camada de água envolvente do nadador, que parece corresponder aproximadamente entre os 37 e os 50% da potência mecânica total a Costas, a Bruços e a Mariposa e ligeiramente superior a esse valor a Crol (de Groot e van Ingen Schenau, 1988).

Toussaint et al. (1988), avaliaram a eficiência propulsiva, na técnica de Crol, através do *MAD system*, desenvolvido por Hollander et al. (1986). Este sistema permite que o nadador se desloque na água tendo como pontos de propulsão apoios fixos. Logo, a velocidades constantes, a força propulsiva média é equivalente à Força de Arrasto. Assim, praticamente nenhuma percentagem da potência mecânica total será perdida por transferência da mesma para a água, pelo que o consumo de oxigénio medido ao nadar no *MAD system* reflecte a potência necessária para vencer a Força de Arrasto (Toussaint et al., 1988). Já no caso da medição do consumo de oxigénio em nado livre, ele expressa a potência para vencer a Força de Arrasto e a potência necessária para transferir energia cinética para a água. Consequentemente, é possível determinar essa segunda potência através da expressão (Toussaint et al., 1988):

$$Pk = (P \text{ VO}_{2\text{livre}} - P \text{ VO}_{2\text{MAD}}) \cdot em \quad (10)$$

Onde  $Pk$  é a potência necessária para transferir energia cinética para a água,  $P \text{ VO}_{2\text{livre}}$  é o equivalente de consumo de oxigénio em nado livre,  $P \text{ VO}_{2\text{MAD}}$  é o equivalente de consumo de oxigénio no *MAD system* e  $em$  a eficiência mecânica.

Toussaint et al. (1988) analisaram um nadador olímpico através do método descrito. Verificaram que a eficiência propulsiva era de 58% a uma velocidade de  $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , na técnica de Crol. Assim, este resultado parece ir ao encontro dos valores teóricos determinados por de Groot e van Ingen Schenau (1988). Todavia, a eficiência mecânica foi de 9%, inferior aos 15% observados por Toussaint et al. (1983) ao colocar nadadoras a realizar o ciclo de braçada num ergómetro que simula a acção dos MS (*arm craking*).

Em síntese, a análise mecânica da NPD revela que tem de ser realizado trabalho não só para gerar força propulsiva como no meio terrestre, mas também para vencer a Força de Arrasto (Toussaint e Hollander, 1994).

### 1.3. Eficiência mecânica

A potência mecânica total tem origem na transformação da potência metabólica. No processo de transformação, parte da potência química é utilizada para a produção de energia térmica, dado que este é um processo endotérmico. Consequentemente, a eficiência mecânica é a razão entre a potência mecânica total e a potência metabólica (Toussaint, 1988; Toussaint et al., 1990; Toussaint, 1992):

$$em = \frac{P_o}{E} \quad (11)$$

Onde em é a eficiência mecânica, Po a potência mecânica total e E a potência metabólica.

Utilizando o *MAD system*, Toussaint (1988; 1990; 1992) e Toussaint et al. (1990), mostraram que na técnica de Crol, a potência mecânica total e a potência metabólica se correlacionavam positivamente com elevado significado estatístico, entre os  $r=0.89$  e os  $r=0.94$  e os valores de eficiência mecânica oscilavam entre os 8.5 e os 9.7%.

Vários autores observaram que a eficiência mecânica propulsiva total variava 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). Desta forma, a eficiência mecânica propulsiva total poderá ser interpretada como um indicador do nível técnico do nadador. Para mais, Toussaint (1990) verificou experimentalmente esta hipótese, tendo constatado que a eficiência propulsiva era significativamente superior em nadadores do que em triatletas.

### 1.4. Produção energética

Como foi referido, os músculos tem de gerar energia, ou potência, para deslocar o corpo na água. Assim, a produção total de potência será o somatório da produção decorrente da degradação do ATP-CP, da glicólise anaeróbia e do sistema oxidativo (Toussaint e Hollander, 1994) em que:

$$Pa_{er} = Pa_{er,max} (1 - e^{-lt}) \quad (12)$$

e

$$Pa_{an} = Pa_{an,max} \cdot e^{-lt} \quad (13)$$

Onde Pa<sub>er</sub> é a potência aeróbia, Pa<sub>an</sub> a potência anaeróbia, Pa<sub>er,max</sub> é a potência aeróbia máxima, Pa<sub>an,max</sub> a potência anaeróbia máxima, t o tempo, l uma constante que expressa o aumento ou a diminuição da potência e e eficiência.

Desta forma, a quantidade total de potência aeróbia ou anaeróbia num dado intervalo de tempo poder ser calculada integrando a respectiva potência (Toussaint e Hollander, 1994):

$$E_{aer} = \int_0^t P_{aer, \max} (1 - e^{-\frac{t}{e}}) dt = P_{aer, \max} \cdot t + \frac{P_{aer, \max}}{\frac{1}{e}} \cdot (e^{-\frac{t}{e}} - 1) \quad (14)$$

$$E_{an} = \int_0^t P_{an, \max} \cdot e^{-\frac{t}{e}} dt = \frac{P_{an, \max}}{\frac{1}{e}} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{e}}) \quad (15)$$

Onde  $E_{aer}$  é a quantidade total de energia aeróbia produzida,  $E_{an}$  a quantidade de energia anaeróbia produzida,  $P_{aer, \max}$  é a potência aeróbia máxima,  $P_{an, \max}$  a potência anaeróbia máxima,  $t$  o tempo,  $l$  uma constante que expressa o aumento ou a diminuição da potência e  $e$  eficiência.

Em resumo, de acordo com Toussaint (1992), a prestação em NPD, que é o mesmo que dizer a velocidade de nado, depende da potência metabólica (isto é, da quantidade de energia que o sistema é capaz de produzir num dado intervalo de tempo), da eficiência mecânica (ou seja, da quantidade de energia que o sistema é capaz de utilizar orientando-a para a potência mecânica total e não para produzir energia térmica), da potência mecânica total e da eficiência propulsiva (da percentagem de energia da potência mecânica total que é utilizada para vencer a Força de Arrasto e não para ser transferida para a água) e da Força de Arrasto Hidrodinâmico.

## 1.5. Economia de nado

A intensidades submáximas, a quantificação da taxa de entrada de energia no sistema, através da potência equivalente de consumo de oxigénio, é bastante precisa (Alves, 1996).

Com efeito, a quantidade de oxigénio consumido por unidade de distância define o custo energético. A economia aeróbia de nado é um critério que expressa a qualidade técnica de uma execução (Holmér, 1983; Cavanagh e Kram, 1985). Da mesma forma, a economia de nado pode ser definida como o custo energético associado a uma determinada velocidade de deslocamento.

A economia de nado parece depender de diversas variáveis, como o sexo, a idade, o nível competitivo, a técnica de nado a ser utilizada, a velocidade de nado e as características antropométricas do nadador.

### 1.5.1. Sexo

As diferenças na economia de nado, em função do sexo, parecem estar associadas principalmente à técnica de Crol (Rennie et al., 1973; di Prampero et al., 1974; Rennie et al., 1975; Miyashita, 1977; Pendergast et al., 1977; 1978; Montpetit e Lavoie et al., 1983; Saibene et al., 1983; Costill et al., 1985; van Handel, 1988; Vilas-Boas, 1993). Aparentemente, os nadadores são menos económicos que as nadadoras.

Julga-se que as referidas diferenças se devem às maiores

dimensões corporais e, portanto, à maior intensidade da Força de Arrasto Hidrodinâmico a que ficam sujeitos os nadadores (Lavoie et al., 1986). Isto porque, quando se relativiza a economia de nado aos valores de área corporal, não surgem diferenças significativas entre nadadores e nadadoras (Karpovich e Millman, 1944; Rennie et al., 1975; Montpetit et al., 1988; van Handel et al., 1988). Isto é reforçado pela constatação que em idades pré-pubertárias, isto é, entre os 8 e os 12 anos, não existem diferenças significativas entre os sexos no que respeita à Força de Arrasto Hidrodinâmico (Nomura, 1983). Logo, os factores discriminativos da economia de nado entre sexos, decorrem do processo de crescimento e de maturação biológica.

Um outro factor relaciona-se, aparentemente, com a densidade corporal, a flutuabilidade e a percentagem de volume corporal imerso (Holmér, 1974; Pendergast et al., 1977; Astrand, 1978; Costill et al., 1985; Onodera et al., 1999). Parece que a menor densidade corporal e desde logo, a melhor flutuabilidade das nadadoras resultará numa maior economia de nado (Karpovich, 1935 citado por Karpovich e Millman, 1944; Counsilman, 1968). Além disso, verifica-se um menor momento hidrodinâmico e um melhor alinhamento corporal no sexo feminino (Rennie et al., 1973; 1975; Pendergast et al., 1977; 1978; Saibene et al., 1983).

### 1.5.2. Idade

Relativamente à variação do custo energético de acordo com a idade dos nadadores, parece que os sujeitos mais jovens são mais económicos do que os mais velhos, em ambos os sexos (Nomura, 1983). Aparentemente, essa diferença é mais acentuada nas nadadoras do que nos nadadores (Nomura, 1983).

Ainda segundo Nomura (1983), o consumo máximo de oxigénio absoluto aumenta com a idade, mas quando relativizado às dimensões corporais, não se observam diferenças significativas. Este fenómeno parece que não é exclusivo da NPD, já que ele também é observado na generalidade das actividades desportivas (Wilmore e Costill, 1994).

A explicação para o custo energético mais elevado nos indivíduos mais velhos, residirá no aumento das dimensões corporais e da massa corporal, influenciando a Força de Arrasto Hidrodinâmico que, por sua vez, terá como consequência um incremento da potência para vencer essa força. No entanto, Montpetit et al. (1983) postulam que isto parece não implicar alterações na eficiência propulsiva.

### 1.5.3. Técnica de nado

Karpovich e Millman (1944) compararam o custo energético em Crol, em Costas, em Bruços utilizando a técnica de *side stroke* e em Mariposa. Esta foi a ordem crescente do custo energético. No caso específico da técnica de Mariposa, verificaram que ela era menos económica que as restantes técnicas abaixo dos 2.5 pés.s<sup>-1</sup> mas, mais económica que a *side stroke* a velocidades superiores a 2.5 pés.s<sup>-1</sup> e

que, a técnica de Bruços a 3 pés.s<sup>-1</sup>. Com efeito, estes resultados revelam, desde logo, que a técnica de nado é mais um factor condicionante da economia de nado.

Comparando-se as quatro técnicas de nado formal actualmente reconhecidas, as alternadas apresentam um menor custo que as simultâneas (Holmér, 1974; 1975; 1983; Pendergast et al., 1978). Efectivamente, a menos económica de todas é a técnica de Mariposa, seguida respectivamente da técnica de Bruços, da técnica de Costas e da técnica de Crol (Holmér, 1974; 1983).

A justificação para Bruços e Mariposa apresentarem valores superiores de custo energético, serão as condições economicamente desfavoráveis da sua execução. No caso da técnica de Bruços, os segmentos propulsivos estão quase sempre imersos, o que aumenta a Força de Arrasto Hidrodinâmico. Em Mariposa, a recuperação dos MS obriga a elevar parte do tronco fora de água. Essa elevação, possivelmente, aumenta o consumo de energia e impossibilita a manutenção de uma velocidade de deslocamento relativamente elevada. Para mais, a simultaneidade das acções dos MS e dos MI nas técnicas de Bruços e de Mariposa, resulta em grandes acelerações na fase propulsiva para compensar as desacelerações da fase de recuperação, descritas por Miyashita (1971), Holmér (1979) e Vilas-Boas (1996). No entanto, Alves (1996), não encontrou correlação significativa entre a variação intracíclica da velocidade horizontal de deslocamento e o custo energético na técnica de Crol e na técnica de Costas a 1.1 e a 1.2 m.s<sup>-1</sup>. Não obstante, Vilas-Boas (1996) ter verificado coeficientes de correlação e de determinação com significado estatístico entre a variação intracíclica da velocidade horizontal de deslocamento da anca e o custo energético, na técnica de Bruços, em termos intraindividuais.

Chatard et al. (1992), compararam em determinada técnica, nadadores que utilizavam preponderantemente os MS ou os MI como meio propulsivo. Verificaram que os nadadores que utilizavam preponderantemente os MS eram mais económicos que os que utilizavam os MI.

Da mesma forma, Chatard et al. (1992), compararam nadadores em função da distância em que eram especialistas. Dividiram a amostra em dois subgrupos: um de velocistas e outro de fundistas. Os fundistas foram mais económicos que os velocistas. Essa ideia também foi sustentada por Magel e McArdle (1970). Já Montpetit et al. (1988), referem que a economia é um importante pressuposto do rendimento desportivo nas provas de 400 e de 200 metros e em menor grau, nas provas de 100 metros.

Vilas-Boas (1993) comparou a economia de nado em três variantes da técnica de Bruços a velocidades próximas das de competição: o Bruços formal, o Bruços natural e o Bruços natural com recuperação aérea dos MS. O Bruços formal foi mais económico em 4 nadadores, o Bruços natural em 3 nadadores e o Bruços natural com recuperação aérea dos MS em 2 nadadores. Ou seja, o custo energético

na técnica de Bruços apresenta uma elevada variação interindividual e não tanto em função do tipo de variante a ser utilizada. Comparando os pares de valores entre o *input* energético e a velocidade, o Bruços formal e o Bruços natural apresentaram curvas de economia sem diferenças significativas. Já no caso do Bruços natural com recuperação aérea dos MS, revelou-se como a menos económica, especialmente a velocidades mais elevadas. Também não se verificaram diferenças significativas nas variantes em função do sexo dos nadadores. Da mesma forma, comparando no sexo feminino as três variantes, não se observaram diferenças significativas. Já nos nadadores, o Bruços formal foi mais económico que o Bruços natural e o Bruços natural com recuperação aérea dos MS.

No caso da técnica de Mariposa, não se conhece nenhum estudo que compare a economia de nado ao realizarem-se ciclos de inspiração frontal, ciclos de inspiração lateral e ciclos não inspiratórios.

#### 1.5.4. Nível competitivo

A economia de nado parece que também é influenciada pelo nível competitivo dos nadadores. Toussaint et al. (1983) constataram que comparando sete nadadoras de nível olímpico com outras sete nadadoras de menor nível competitivo, não havia diferenças na potência aeróbia máxima, na potência mecânica total e na frequência gestual entre grupos, ao executarem a técnica num ergómetro que simula a acção dos MS (*arm craking*). A distância de ciclo foi significativamente superior no grupo de elite do que no grupo de menor rendimento. Contudo, quer numa prova de ciclismo, quer na prova de *arm craking*, não se verificaram diferenças significativas na potência mecânica total quando relativizada às dimensões corporais, assim como no consumo máximo de oxigénio quando relativizado à massa corporal. A potência mecânica total pode ser determinada a partir do produto de trabalho por ciclo pela frequência de ciclo. Dado que a potência mecânica total e a frequência de ciclo não apresentaram diferenças significativas, será de assumir que a diferença na quantidade de trabalho realizado por ciclo também não será significativa. Contudo, como foi referido, a distância de ciclo foi significativamente superior nas nadadoras de elite do que no outro grupo. Por outro lado, para uma dada potência mecânica total, as nadadoras de elite utilizaram uma maior percentagem de trabalho por ciclo para a sua propulsão e uma menor transferência de energia cinética para a água (Toussaint et al., 1983). Ou seja, as nadadoras de um nível competitivo superior apresentarão uma melhor eficiência propulsiva do que nadadoras de um nível competitivo inferior (Karpovich e Millman, 1944; Rennie et al., 1975; Pendergast et al., 1977; 1978; Holmér, 1979; Toussaint et al., 1983; Vilas-Boas, 1993).

Por sua vez, Costill et al. (1985) verificaram existir uma correlação de  $r=0.80$  entre o consumo de oxigénio e a velocidade de nado em nadadores de competição em ambos os sexos, enquanto que em nadadores de recreação a correlação não era significativa a velocidades de nado mais baixas.

Vilas-Boas (1993) comparando a técnica de Bruços, com base no nível competitivo dos nadadores constatou que os nadadores de melhor nível eram mais económicos do que os de menor nível desportivo.

Finalmente, Chatard et al. (1992) não encontraram diferenças significativas entre nadadores de competição e de recreação. A explicação apresentada foi que o aumento do rendimento poderia dever-se às maiores dimensões corporais dos nadadores de competição e à maior duração temporal do processo de treino.

#### **1.5.5. Velocidade de nado**

Segundo Karpovich e Millman (1944), a relação entre o custo energético e a velocidade de nado é do tipo quadrática na técnica de Crol e ligeiramente acima do quadrado da velocidade na técnica de Costas.

Todavia, muitos estudos sugerem um relação linear entre a velocidade e o custo energético a intensidades submáximas (Troup e Daniels, 1986). Da mesma forma, foi adoptada uma relação similar em NPD. Também Montpetit et al. (1988) procuraram relacionar o consumo de oxigénio com a velocidade de nado. Segundo os investigadores, aparentemente, a relação é do tipo linear, ocorrendo um aumento do consumo com o aumento da velocidade de nado.

No entanto, o que parece realmente ocorrer é uma associação de natureza exponencial (Adrian et al., 1966; Holmér, 1972; Miyashita, 1977; Pendergast et al., 1977; 1988; Huijing et al., 1988), tal como tinha sugerido Karpovich e Millman (1944). Aparentemente, o gasto energético total aumenta exponencialmente, em ordem da velocidade de nado, pelo menos até aos 85% do consumo máximo de oxigénio (Troup e Daniels, 1986).

#### **1.5.6. Características antropométricas**

Por fim, as características antropométricas parece que também influenciam a economia de nado.

Como já foi dito, as diferenças encontradas entre sexos parecem dever-se às maiores dimensões corporais e aos maiores valores de massa corporal dos nadadores, o que os torna menos económicos do que as nadadoras (Lavoie et al., 1986). Por outro lado, dada a menor densidade corporal das nadadoras, este será mais um facto a fazer com que elas sejam mais económicas porque o momento hidrodinâmico tenderá a ser inferior (Karpovich, 1935 citado por Karpovich e Millman, 1944; Counsilman, 1968; Holmér, 1974; Pendergast et al., 1977; Astrand, 1978; Costill et al., 1985; Onodera et al., 1999).

Assim, a maior estatura, a maior massa corporal e a maior densidade corporal possivelmente, terão influência no maior custo energético. Para mais, Chatard et al. (1992) ao compararem dois subgrupos de nadadores, um com maior envergadura do que o outro, verificaram que o primeiro subgrupo apresentava um menor custo

energético, facto corroborado por Costill et al. (1985). Estes autores propuseram um indicador de eficiência técnica: o índice de braçada. Este índice determina-se a partir do produto da velocidade pela distância de ciclo. Assim, quanto maior a velocidade de nado e/ou a distância de ciclo, mais eficiente será o nadador. Para mais, sabe-se que nadadores com maior envergadura apresentam uma maior distância de ciclo (Grimston e Hay, 1986; Wille e Pelayo, 1993; Pelayo et al., 1997; Pelayo et al., 1999). Todavia, Barbosa (2000a) ao avaliar alunas de Educação Física – nadadores *non-experts* - entre os 7 e os 14 anos, constatou que apesar de haver um aumento significativo da envergadura com a idade, a distância de ciclo nas técnicas alternadas não apresentava diferenças significativas. Estes resultados sugerem que apesar da envergadura ser um factor importante para o aumento da distância de ciclo, haverá outros mais determinantes, como por exemplo, o nível técnico dos sujeitos. Ou seja, dado o baixo nível técnico dos elementos que constituíram a amostra, apesar do aumento da envergadura entre os 7 e os 14 anos, a distância de ciclo não apresentou diferenças significativas com a idade.

Concluindo, a variabilidade do custo energético não pode ser interpretado exclusivamente com base no nível técnico dos nadadores. Outros factores influenciam o custo energético, como seja, o sexo, a idade, a técnica de nado ou a variante a ser utilizada, a velocidade de nado e as características antropométricas. Chatard et al. (1992) sugerem a realização de estudos procurando determinar a importância de outras variáveis, como por exemplo, a superfície da mão, a depilação ou o uso de determinados equipamentos desportivos no custo energético.

No caso da técnica de Mariposa muito haverá ainda por estudar dado que, usualmente estas investigações centram-se nas técnicas de Crol e de Bruços (Alves et al., 1996). Assim, a falta de uma caracterização bioenergética mais aprofundada, particularmente da economia de nado da técnica de Mariposa, será uma pecha na investigação neste domínio que deverá ser colmatada.

## 2. Abordagens Biomecânicas

De acordo com Baumann (1995), pode-se distinguir as seguintes metodologias de aplicação em Biomecânica: os empírico-indutivos e os teórico-dedutivos. No método indutivo, a partir dos dados recolhidos de forma empírica, passa-se a deduzir afirmações genéricas. Ou seja, de forma sintética, passa-se da observação de factos particulares para a sua generalização. No processo dedutivo, efectuasse o processo inverso, ou seja, far-se-á uma inferência sobre o fenómeno em estudo com base nos conhecimentos já existentes. Isto é, partindo de conhecimentos generalizados ir-se-á procurar explicar casos particulares.

Segundo Baumann (1995) e Amadio (1996), os métodos de medição utilizados pela Biomecânica para abordar as diversas formas

de movimento são a Cinemetria, a Dinamometria, a Electromiografia e a Antropometria. A Figura 3 apresenta os métodos de medição adoptados para a realização de estudos biomecânicos. Utilizando estes métodos, o movimento poderá ser descrito e modelado matematicamente, permitindo uma melhor compreensão dos mecanismos internos reguladores e executores do movimento do corpo humano (Amadio, 1996).

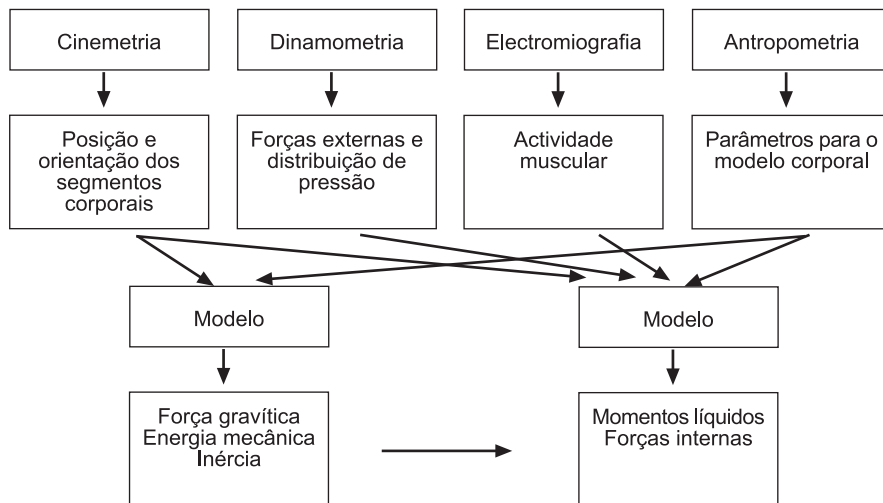


Figura 3. Os métodos de medição em Biomecânica (adaptado de Baumann, 1995).

Assim sendo, a abordagem biomecânica na NPD também passará pela realização de estudos dinamométricos, electromiográficos e cinemáticos, procurando descrever e interpretar os mecanismos reguladores e executores do gesto técnico nesta modalidade desportiva.

## 2.1. Estudos Dinamométricos

A dinamometria refere-se a todo o processo que tem em vista a medição de forças, bem como, a medição da distribuição de pressões (Adrian e Cooper, 1995; Amadio, 1989; 1996). Assim, através desta abordagem, será possível interpretar a resposta dinâmica do movimento humano.

Logo, a dinamometria será um método directo de determinação das forças externas actuantes, pré-requisito para aceder e/ou calcular as forças internas que também intervêm (Amadio, 1989; 1996). Por exemplo, a acelerometria será considerado um processo indirecto de determinação da força produzida (Adrian e Cooper, 1995). Conhecendo a massa do corpo e o valor da sua aceleração, será

possível aferir a força exercida com base na Segunda Lei de Newton. Além disso, de acordo com Amadio (1996), a dinamometria também preocupa-se em entender como a força é distribuída entre o corpo e o meio envolvente.

No caso da NPD, desde o início do século XX, diversos autores tentaram medir a força produzida pelo nadador, com diferentes processos. O nado estacionário foi inicialmente usado por Houssay em 1912, por Cureton em 1930 e por Karpovich e Pestrecov nove anos mais tarde, por meio de um dinamómetro. Mas se o nado estacionário abriu o caminho aos estudos dinamométricos na NPD, tem como limitação não representar cinemática e cineticamente com rigor o que ocorre em nado livre (Lewillie, 1983).

Mais tarde, passaram a ser utilizados transdutores de força e de pressão para avaliar a força propulsiva da mão.

Belokovsky (1971) estudou na técnica de Crol a pressão exercida pela mão do nadador através de um transdutor de pressão, que permitiu analisar as variações de pressão na superfície palmar durante o ciclo de braçada. O autor em questão com base nos resultados obtidos, classificou três tipos de curvas que são frequentemente observadas: com uma forma exponencial, com uma forma trapezoidal e com uma forma sinusoidal.

Também van Manen e Rijken (1975) apresentaram um transdutor de pressão que era ajustável à palma da mão. Segundo os autores, quando apresentaram o dispositivo ele ainda estava em fase experimental e haveria ainda algumas melhorias a realizar. No entanto, segundo eles, este equipamento seria adequado para futuramente procurar conhecer a má orientação da mão ao longo do ciclo gestual, que explicaria o hipotético surgimento de padrões de pressão atípicos.

Scheuchenzuber (1974 citado por Counsilman, 1981) estudou as diferenças de pressão entre as superfícies palmar e dorsal da mão, na técnica de Crol, em nadadores de classe mundial. Verificou que as diferenças tendiam a aumentar gradualmente desde a entrada até ao que denominou de tracção – equivalente à AA - cujo o pico era de aproximadamente +20 mm de mercúrio. Após o pico, observava-se uma diminuição abrupta que decorria da saída e da recuperação do MS, não existindo diferenças significativas, nesse momento.

Por sua vez, Svec (1982) utilizou um equipamento similar mas aperfeiçoado, dado que tomava em consideração aspectos hidrodinâmicos e a pressão hidrostática. Isto porque o transdutor de pressão tem como limitação ser sensível ao simples acto de realizar o ciclo de braçada (Schleihauf, 1986; Costill et al., 1992). Ou seja, dado que ao longo do trajecto motor subaquático a profundidade a que se encontra a mão varia, logo, também haverá a tendência para a pressão registada ser alterada. Com o equipamento desenvolvido por Svec (1982), esse facto foi anulado. Para tal, ele envolveu as *strain gauges* usadas com uma membrana de borracha, preenchendo com óleo o espaço entre a membrana das *strain gauges* e a membrana de borracha, anulando assim o efeito da Pressão Hidrostática. O autor decompôs a

técnica de Crol em 6 fases: entrada, apoio, tracção interna, tracção externa e saída e retorno. Constatou que as fases com picos mais elevados foram respectivamente a tracção interna, a tracção externa e a saída, mas com durações e intensidades diferentes. As mudanças de direcção da mão ao passar de uma fase para outra, explicaram as depressões verificadas entre os picos. A entrada da mão não produziu tanta força propulsiva, daí que os valores de pressão fossem relativamente baixos, dado que esta é uma fase realizada principalmente para colocar o segmento em posição para aplicar *a posteriori* força propulsiva. O pico observado aquando da saída dever-se-á à velocidade a que se encontra animada a mão ao sair da água.

Loetz et al. (1988) mediram as variações de pressão palmar nas quatro técnicas de nado, sendo esses dados sincronizados com parâmetros cinemáticos. Na técnica de Mariposa, tal como nas de Crol e de Costas, observaram-se três picos de pressão, coincidentes com cada uma das fases propulsivas do trajecto motor. As depressões entre os picos foram justificadas, tal como Svec (1982), como se devendo às mudanças de direcção da mão ocorridas entre as diversas fases. No caso particular da técnica de Mariposa, o pico mais elevado ocorreu na ALI com 130.0 N de intensidade, seguido da AA com 121.3 N e da ALE com 55.0 N (Loetz et al., 1988). Todavia, o estudo foi realizado apenas com um nadador e estilista, o que será um tanto limitativo de extrapolações destes resultados, principalmente no tocante às intensidades apresentadas.

Barthels (1979) referiu que são observados valores de pressão muito elevados na superfície palmar, ao deslocar-se a massa de água directamente para trás. No entanto, esta pressão não adianta qualquer tipo de informação sobre a direcção da força e/ou das suas componentes (Schleihauf, 1986). Até porque não existe a garantia de que as diferenças de pressão registadas expressem diferenças na produção de força propulsiva. Algumas das diferenças podem representar forças aplicadas em direcções inadequadas ou com ângulos de ataque incorrectos (Costill et al., 1992).

Em consequência do referido pelo autor anterior, Schleihauf (1979) procurou determinar a força propulsiva através de um novo procedimento. O método consistiu em estimar a força propulsiva instantânea com base na análise vectorial das forças propulsivas, conhecendo a velocidade, a direcção, o ângulo de ataque, o ângulo de orientação da mão, o Coeficiente de Arrasto e o Coeficiente Ascensional. O autor testou diferentes modelos de mãos feitos em resina plástica num canal de água livre e determinou o coeficiente de arrasto e o coeficiente ascensional, em diferentes condições de escoamento. De seguida, a partir de uma análise tridimensional da cinemática da técnica de nado, calculou a velocidade, o ângulo de ataque e o ângulo de orientação da mão, por forma a posteriormente determinar a Força de Arrasto Propulsivo, a Força Ascensional Propulsiva, a resultante das duas forças e a projecção da resultante no eixo de deslocamento, por outras palavras, a Força Propulsiva Efectiva. Schleihauf (1979) constatou que a predominância da Força de Arrasto

Propulsivo ou da Força Ascensional Propulsiva variava ao longo do ciclo gestual. Verificou ainda que a Força Propulsiva Efectiva máxima ocorria próximo do final do trajecto motor subaquático, nas quatro técnicas de nado (Schleihauf, 1979; Schleihauf et al., 1988). Relativamente à técnica de Mariposa, o valor mais elevado de Força Propulsiva Efectiva também ocorreu próximo do fim do trajecto motor subaquático, apresentando a Força de Arrasto Propulsivo uma magnitude de 98.9 N, a Força Ascensional uma intensidade de 94.4 N e a resultante de 136.8 N com a mão a deslocar-se a uma velocidade de  $3.3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  com um ângulo de ataque de  $40^\circ$  (Schleihauf et al., 1988). Logo, a AA parece ser uma das fase mais propulsiva do ciclo de braçada, na técnica de Mariposa.

Contudo, Schleihauf (1979) calculou o coeficiente de arrasto e o coeficiente ascensional bidimensionalmente e apenas da mão. Parece que o investigador, posteriormente calculou esses coeficientes também para o antebraço, mas esses resultados nunca foram publicados (Berger, 1996). No entanto, alguns autores como por exemplo, Wood (1979) e Berger (1996), calcularam os mesmos coeficientes para a mão e para o antebraço. Com esses valores, eles determinaram a Força de Arrasto Propulsivo e a Força Ascensional Propulsiva produzida pelos nadadores, na técnica de Crol.

Complementarmente, Maglischo et al. (1988) analisaram seis nadadores olímpicos, na técnica de Crol, utilizando o método de Schleihauf. Constataram que não foi possível a nenhum dos nadadores gerar elevados picos de força propulsiva em mais de duas fases do trajecto motor (Maglischo et al., 1988). Isto justificar-se-á devido à impossibilidade da mão atingir velocidades suficientes para criar picos em todas as fases. Assim sendo, os nadadores “aprendem” a aplicar a maior velocidade e força nas fases em que a sua utilização será mais eficiente. Assim, seria interessante verificar empiricamente se este fenómeno também ocorre na técnica de Mariposa.

Rouard et al. (1996) também utilizaram o método de Schleihauf para determinar as forças propulsivas geradas pela mão, na técnica de Crol. Todos os nadadores deslocaram-se a uma velocidade de  $1.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , por forma a examinar se o nível de rendimento desportivo influenciava o tempo e a distribuição das forças pelas diversas fases do trajecto motor. Para isso, consideraram a primeira fase quando o braço e o tronco faziam um ângulo relativo entre os  $0^\circ$  e os  $30^\circ$ , a segunda fase entre os  $35^\circ$  e os  $90^\circ$ , a terceira fase entre os  $90^\circ$  e os  $135^\circ$  e a quarta fase entre os  $135^\circ$  e a saída. Os maiores valores das forças ocorreram no final do trajecto motor, corroborando os resultados de Schleihauf (1979) e de Schleihauf et al. (1988). Os valores de Arrasto Propulsivo foram sempre superiores aos de Força Ascensional, excepto na última fase. A explicação residirá no facto da alteração da orientação da mão, especialmente do ângulo de ataque, modificarem os valores do Coeficiente de Arrasto e do Coeficiente Ascensional e, portanto, as intensidades das forças propulsivas, dado que todas as outras variáveis que poderiam influenciar as referidas forças são as mesmas para ambas (Rouard et al., 1996). Finalmente, verificaram uma baixa

correlação entre o rendimento desportivo e os parâmetros em estudo, não influenciando a relação tempo-força produzida, excepto no final do trajecto motor, onde os melhores nadadores diminuam o tempo de duração e aumentavam a força produzida. Logo, parece que seria interessante desenvolver um projecto similar ao de Rouard et al. (1996), mas tendo como objecto de estudo a técnica de Mariposa.

Em síntese, apesar de existirem na literatura diversos estudos dinamométricos, o que se verifica é que poucos foram os realizados tendo como objecto de análise a técnica de Mariposa e quando assim foi, o número de sujeitos que constituía a amostra era bastante reduzido. Logo, actualmente, as únicas pistas disponíveis sobre a resposta dinamométrica em Mariposa, derivará do elevado número de dados oriundos sobre essa resposta na técnica de Crol, apesar das limitações em termos de extrapolação dessas conclusões para a primeira técnica.

## 2.2. Estudos Electromiográficos

A análise electromiográfica refere-se ao estudo da actividade neuromuscular, através da representação gráfica da actividade eléctrica do músculo (Pezzarat Correia et al., 1993). Ou seja, a electromiografia caracteriza-se pela detecção e recolha de uma corrente eléctrica com origem nas alterações electroquímicas das fibras musculares esqueléticas ao serem excitadas, isto é, nos potenciais de acção (de Luca, 1993).

No caso da NPD, esta análise permite conhecer a expressão da dinâmica envolvente de determinados músculos durante a propulsão do corpo no meio aquático (Clarys, 1988).

Apesar dos primeiros estudos electromiográficos datarem do fim do século XVIII, por von Humboldt, mas principalmente por Galvani, a sua aplicação à NPD é relativamente recente. Usualmente são considerados os fundadores metodológicos da investigação electromiográfica na NPD Ikai et al. (1964 citado por Clarys, 1983; 1988; 1996) e Lewillie (1967 citado por Clarys, 1983; 1988; 1996).

Ikai et al. (1964 citado por Clarys, 1996), descreveram a actividade neuromuscular de 15 músculos, comparando nadadores universitários e olímpicos, numa amostra de 14 sujeitos. Nesse estudo, todo o equipamento de recolha e de análise do sinal encontrava-se numa estrutura que se deslocava no cais da piscina ao lado do nadador. Nesse estudo foi revelada a importância do tricépete braquial, do bicépete braquial, do grande dorsal, do deltóide e do grande redondo durante a propulsão dos nadadores de elite (Ikai et al., 1964 citado por Clarys, 1983). Para mais, constataram que os músculos extensores dos MS e do tronco activavam-se de forma mais intensa que os músculos flexores, para permitirem o deslocamento do corpo para a frente nas técnicas de Crol, de Bruços e de Mariposa (Ikai et al., 1964 citado por Miyashita, 1996). Segundo Chollet (1997), os resultados obtidos por Ikai et al. (1964 citado por Clarys, 1983; 1988; 1996) permitiram uma melhor interpretação das acções musculares

durante o momento de nado. De tal forma que Counsilman (1968) e Catteau e Garoff (1988), utilizaram esses dados para melhor interpretar e descreverem as referidas técnicas de nado. Contudo, segundo Clarys (1983; 1996), este primeiro trabalho electromiográfico na NPD apresentava fortes limitações, devido a erros nas técnicas de tratamento do sinal, o que não permite comparar estes resultados com os de outros estudos.

Lewillie (1967; 1968 citado por Clarys, 1983) passou a utilizar um sistema de telemetria para recolher o sinal electromiográfico. A vantagem deste sistema consubstanciava-se no facto da ausência de fios ligados directa e simultaneamente ao electromiógrafo e ao nadador, permitirem uma maior liberdade de movimentos deste no espaço (Clarys, 1983).

Apesar dos estudos electromiográficos na NPD serem relativamente recentes, esta é a modalidade desportiva onde a técnica em causa é mais utilizada, seguida pelo Ciclismo, pelo Atletismo, pelo Ski e pelo Ténis (Clarys, 1996).

Comparativamente com a quantidade de estudos realizados utilizando como objecto de estudo as técnicas de Crol e de Bruços, poucos são os dados disponíveis na literatura descrevendo e/ou explicando a actividade neuromuscular ao ser executada a técnica de Mariposa (Clarys, 1983). Os escassos trabalhos realizados em Mariposa foram levados a cabo por Barthels e Adrian (1971) e por Lewillie (1973). Ambos os estudos centraram-se na análise da acção dos MI.

Barthels e Adrian (1971) estudaram a variabilidade da acção dos MI na técnica de Mariposa em quatro condições distintas. Na primeira condição, o nadador realizava a acção dos MI a ritmo de aquecimento, estando apoiado numa placa. Na segunda condição, o nadador realizava a mesma tarefa, mas a ritmo de prova. Na terceira e quarta condições, o nadador realizava a técnica completa a ritmo de aquecimento e de prova, respectivamente. Foi utilizando um electromiógrafo com cinco canais e eléctrodos de superfície para estudar a actividade neuromuscular do grande recto abdominal, do erector da espinha, do recto anterior, do bicípete crural, do tibial anterior e do gastrocnemius medial. Também foram colocados electrogoniómetros nas articulações tibio-társica, do joelho e da anca. Verificou-se uma actividade do grande recto abdominal e do erector da espinha, que foram interpretados como que se devendo ao movimento do tronco estar associado à acção dos MI, na técnica de Mariposa. A actividade neuromuscular registada nos músculos da perna, segundo os autores, dever-se-á à pressão exercida pela água, que estimulará reflexos de alongamento muscular e não tanto devido a contracções desses músculos. Logo, aparentemente, o desenvolvimento da flexibilidade desses grupos musculares, permitindo uma maior mobilidade articular da região tibio-társica, será mais importante que o trabalho de força. Foi encontrada uma elevada variabilidade inter-individual na amplitude dos movimentos da anca e dos joelhos, o que será explicado por questões antropométricas, de aptidão física e dos programas de treino a que

estarão sujeitos os nadadores. Por fim, observou-se um aumento da velocidade angular e da amplitude dos movimentos da anca e dos joelhos com o aumento do ritmo de exercitação quer realizando apenas a acção dos MI, quer a técnica completa, o que também se reflecte num aumento da actividade neuromuscular.

Lewillie (1973) estudou num único nadador de nível nacional belga as quatro técnicas de nado, a três ritmos distintos (lenta, normal e rápida). Foi utilizado um sistema de telemetria com 2 canais para recolha de dados, através de eléctrodos de superfície. Um dos eléctrodos foi colocado no quadricípete femural (recto anterior) e o outro no tricípete sural. A actividade neuromuscular foi normalizada com base nos valores apresentados durante uma contracção isométrica máxima. A maior actividade de todas as técnicas estudadas foi observada, a um ritmo de nado rápido, na técnica de Mariposa. Já a actividade do tricípete sural, em Mariposa, foi quase metade da ocorrida na técnica de Crol. O recto anterior apresentou, a um ritmo de nado lento, uma intensidade próxima da verificada na técnica de Crol a um ritmo elevado. Finalmente, em Mariposa tal como nas restantes técnicas, com o aumento do ritmo de nado, constatou-se um aumento da actividade neuromuscular nos dois grupos musculares estudados, mas a duração de cada ciclo diminuiu.

Em jeito de resenha, parece ser necessário realizar mais estudos electromiográficos tendo como objecto de estudo a técnica de Mariposa. Isto devido, por um lado, à escassez deste tipo de estudos em Mariposa. Por outro, parece que os poucos estudos realizados datam de aproximadamente há três décadas e entretanto, ao longo destes anos verificou-se uma forte evolução tecnológica que permitiu um aperfeiçoamento nos procedimentos de aquisição e de tratamento do sinal electromiográfico. Além do mais, o próprio modelo técnico da Mariposa sofreu algumas evoluções. Ou seja, os estudos citados terão também como limitação o facto de já serem substancialmente antigos e muito possivelmente apresentando resultados obsoletos.

### **2.3. Estudos Cinemáticos**

Como o próprio termo indica, os estudos cinemáticos permitem, fundamentalmente, caracterizar a cinemática da técnica em análise. Por exemplo, determinar a posição ou a orientação, a velocidade de deslocamento ou a aceleração de um determinado segmento corporal ou do centro de massa.

Existem diversos processos de análise cinemática, como seja a cinematografia, a cronofotografia, a cineradiografia e a estroboscopia. Todavia, actualmente, o processo mais utilizado é a vídeometria.

A vantagem da vídeometria, em comparação com a cinematografia, deve-se entre outros factores, à possibilidade de se obter imagens de alta qualidade fotograma a fotograma, o menor custo do material de registo e a maior facilidade de digitalização automática (Bartlett, 1997).

Pode-se referir a existência de dois processos distintos de análise cinematográfica: os estudos bidimensionais e os estudos tridimensionais. Resumidamente, os estudos bidimensionais caracterizam-se pelo registo do gesto técnico num dado plano. Já as análises tridimensionais, incluem a utilização no mínimo de duas câmaras, que registam simultaneamente planos distintos de um mesmo gesto técnico. As imagens bidimensionais captadas serão posteriormente reconstruídas tridimensionalmente, através do procedimento “*direct linear transformation*”, desenvolvido por Abdel-Aziz e Karara (1971).

O Quadro 1 apresenta as principais diferenças entre os estudos cinematográficos do tipo bidimensional e do tipo tridimensional.

Contudo, apesar das vantagens e das desvantagens que quer as análises bidimensionais, quer as análises tridimensionais suportam, segundo Hay (1988), dado que todas as técnicas na NPD envolvem movimentos tridimensionais, a utilização de análises planares não serão as mais apropriadas. Não quer isso dizer que esse tipo de estudos sejam de todo inapropriados. Significa que as análises tridimensionais revelarão informações mais completas do gesto técnico da NPD, mais próximas da realidade, como suporta Bartlett (1997).

Quadro 1. Principais diferenças entre os estudos cinematográficos do tipo bidimensional e do tipo tridimensional (adaptado de Bartlett, 1997).

Estudos bidimensionais	Estudos tridimensionais
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor quantidade de equipamento, pelo que é mais económico.</li> <li>• Permite a análise apenas do plano filmado, ignorando movimentos realizados noutros planos.</li> <li>• São necessários menos procedimentos de digitalização.</li> <li>• É mais fácil estabelecer relações entre os diversos parâmetros a analisar.</li> <li>• Apresenta menos problemas metodológicos, como por exemplo, a reconstrução das imagens.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior quantidade de equipamentos, pelo que é mais dispendioso.</li> <li>• Permite avaliar parâmetros, sem erros de paralaxe, inclusive em locais não visíveis separadamente pelas câmaras.</li> <li>• Os procedimentos metodológicos são mais complexos, como por exemplo, a sincronização de imagens e a sua reconstrução.</li> <li>• O movimento a analisar aproxima-se mais da realidade.</li> <li>• Possibilita reconstruir vistas similares da execução, mesmo que não sejam directamente observáveis pelas câmaras.</li> </ul>

### 2.3.1. Parâmetros gerais do ciclo gestual

O ciclo gestual será um dos factores determinantes do rendimento desportivo na NPD. Daí que a partir dos anos 70, tenham surgido diversos estudos analisando o referido ciclo. Com efeito, até

essa data, a análise da prestação desportiva baseava-se na comparação dos tempos parciais de prova dos nadadores (Soares, 1998).

O pioneiro nos estudos do ciclo de braçada foi East (1970), que estudou a relação entre a frequência gestual (FG), a distância de ciclo (DC) e a prestação dos participantes nas provas de 110 jardas dos Campeonatos Nacionais da Nova Zelândia de 1969. Antes de mais, define-se FG como sendo o número de ciclos executados por segundo (East, 1970). Ou seja, a FG será definida pelo número de ciclos realizados pelos MS numa unidade de tempo (Santos Silva, 1994). Já a DC, consiste na distância percorrida durante um ciclo de braçada (East, 1970). Isto é, o espaço percorrido pelo nadador durante um ciclo completo dos MS (Santos Silva, 1994). Onde um ciclo de braçada comporta um trajecto motor completo dos dois MS.

Ao analisar a prova de Mariposa, East (1970) verificou que, no caso dos nadadores, a FG diminuía de 0.94 Hz para 0.90Hz com o aumento do tempo de nado e da mesma forma, a DC diminuía de 1.83m.ciclo<sup>-1</sup> para 1.46 m.ciclo<sup>-1</sup>. No caso das nadadoras, a DC passava de 1.46 m.ciclo<sup>-1</sup> para 1.34 m.ciclo<sup>-1</sup>. Contudo, a FG não apresentava diferenças significativas. Assim, os nadadores apresentaram um valor médio da FG de 0.90±0.04Hz, com uma variação de 3% e a DC um valor médio de 1.61±0.09 m.ciclo<sup>-1</sup>, com uma variação de 24%. Já no sexo feminino, a FG apresentou um valor médio de 0.91±0.004Hz variando 9% e a DC um valor médio de 1.38±0.08 m.ciclo<sup>-1</sup> com uma variação de 17%. Com efeito, segundo East (1970), o aumento da performance em Mariposa caracteriza-se por alterações negligenciáveis da FG e por um marcado aumento da DC. Além disso, parecem existir valores óptimos de FG e de DC para se atingir a velocidade máxima, em função do sexo e da técnica de nado (East, 1970).

Tendo por base o estudo de East (1970), vários autores realizaram trabalhos no sentido de: (i) verificarem quais as relações entre os parâmetros do ciclo de braçada e; (ii) definirem a relação otimizada destes para cada técnica de nado, sexo e distância da prova.

Craig e Pendergast (1979) e Craig et al. (1979; 1985), foram alguns desses autores. Craig e Pendergast (1979), estudaram nadadores durante as provas de apuramento dos Estados Unidos da América para os Jogos Olímpicos. Aos parâmetros estudados por East (1970), adicionaram um novo: a velocidade média de nado. Esta variável é determinada a partir do produto da FG pela DC (Craig e Pendergast, 1979; Craig et al., 1979; 1985). Ou seja, a velocidade média de nado poderá ser determinada a partir desses parâmetros, dado que a FG é uma variável eminentemente temporal e a DC possibilita uma caracterização principalmente no domínio espacial. Assim, será possível determinar a taxa de variação do deslocamento em ordem ao tempo.

Por conseguinte, Craig e Pendergast (1979) e Craig et al. (1979), analisaram as três variáveis em todas as provas nadadas. Nas

quatro técnicas de nado, o aumento da velocidade deveu-se ao aumento da FG e à diminuição da DC. E parece que o declínio da velocidade se deve principalmente à diminuição da DC (Hay e Guimarães, 1983; Craig et al., 1985). No caso particular do aumento da velocidade média de nado, de valores mais baixos até os 80% do seu máximo nas nadadoras e até os 94% nos nadadores, deveu-se ao aumento da FG, mantendo-se nesse intervalo a DC praticamente constante. Já a velocidades máximas, a diminuição da DC foi de 18% no sexo masculino e de 15% no sexo feminino.

Na técnica de Mariposa, percorrendo 22 metros, os valores médios da FG foram de  $0.93 \pm 0.02 \text{ Hz}$  nos nadadores e de  $0.93 \pm 0.04 \text{ Hz}$  nas nadadoras. A velocidade média foi de  $1.59 \pm 0.04 \text{ m.s}^{-1}$  e de  $1.30 \pm 0.4 \text{ m.s}^{-1}$ , nos sexos masculino e feminino respectivamente. Já no caso da DC, os valores médios foram de  $1.71 \pm 0.6 \text{ m.ciclo}^{-1}$  nos nadadores e de  $1.40 \pm 0.4 \text{ m.ciclo}^{-1}$  nas nadadoras. Assim, a FG não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os dois sexos. Todavia, a DC e a velocidade média foram significativamente superiores no sexo masculino.

Comparando a técnica de Mariposa com as restantes técnicas, ela foi mais veloz do que a técnica de Costas e de Bruços, mas mais lenta do que a técnica de Crol, em ambos os sexos. Por outro lado, apresentou uma maior FG do que a técnica de Bruços, mas menor do que a de Crol, nos dois sexos. Finalmente, a Mariposa apresentou uma maior DC do que a técnica de Crol e menor do que a Costas nos nadadores e menor do que as técnica de Crol e de Costas nas nadadoras.

Parece também haver uma variação dos três parâmetros em função da distância nadada. A tendência parece ser para a diminuição da DC, da velocidade média e da FG com o aumento da distância. Comparando as provas de 100m com as de 200m nas provas de Mariposa, aparentemente a diminuição da velocidade decorreu da diminuição da FG e da DC (Craig et al., 1979; 1985). A justificação para tal é remetida à fadiga muscular local, particularmente elevada nesta técnica (Craig e Pendergast, 1979; Craig et al., 1979; 1985; Figueiras, 1995; Martins-Silva, 1997). Segundo os autores, em teoria, cada distância pode ser nadada com uma menor FG e uma maior DC. No entanto, para se atingir uma mesma velocidade, com menor FG, é necessário exercer mais força muscular em cada ciclo de braçada por forma a aumentar a DC, o que resultará numa maior fadiga muscular local.

Contudo, Nelson e Pike (1978) chamam a atenção que os resultados de Craig et al. (1979; 1985) e de Craig e Pendergast (1979) foram obtidos entre diferentes indivíduos e não poderão ser extrapolados para resultados decorrentes de variações intraindividuais. Contudo, Figueiras (1995) e Martins-Silva (1997), verificaram a mesma tendência ao longo de uma prova de 200 metros Mariposa.

Craig et al. (1985) compararam nas provas de apuramento dos Estados Unidos da América para os Jogos Olímpicos de 1984, os

finalistas com os nadadores que nas eliminatórias nadaram entre 93 a 97% da velocidade média dos finalistas. A velocidade foi significativamente superior nos finalistas do que nos nadadores das eliminatórias, nos dois sexos e a DC foi significativamente superior nos nadadores finalistas do sexo masculino. Craig et al. (1985), comparando os seus dados com os de Craig e Pendergast (1979) realçaram que a maior velocidade verificada no seu estudo se devia ao aumento da DC e à diminuição da FG em 9 das 11 provas analisadas.

Assim sendo, valores superiores de DC, para uma dada velocidade média de nado, parece que serão tidos como indicadores de níveis superiores de adequação mecânica da técnica de nado. Nomeadamente, em termos de comparações intraindividuais, uma vez que permitem anular o efeito das dimensões corporais (Costill et al., 1985; Smith et al., 1988).

Por sua vez, Sidney et al. (1999), ao compararem a prova de 100m Livres com a de 200m, constataram que existia uma maior velocidade média de nado aos 100m. No entanto, a DC não apresentava diferenças significativas, apesar da FG ter sido superior aos 100m. Na prova de 100m, a FG não apresentou diferenças significativas entre o primeiro e o segundo percursos. Na prova de 200m, a FG no segundo e no terceiro percursos foram significativamente inferiores ao primeiro e ao quarto percursos. Ou seja, de acordo com Sidney et al. (1999), nadadores de elite caracterizam-se por manter FG relativamente constantes ao longo da prova. Logo, levanta-se a questão se a estabilidade a um elevado nível da FG ao longo da prova também será um critério do nível competitivo.

Foi avaliada a FG, a DC e o tempo das provas de 100m por Kennedy et al. (1990) e de 200m por Chengalur e Brown (1992), nas quatro técnicas de nado, durante os Jogos Olímpicos de 1988. Comparando as diversas técnicas, as provas de Livres, em termos de valores médios, foi, mais rápida do que as de Mariposa, do que as de Costas e do que as de Bruços, nos 100 e nos 200 metros, o que está de acordo com os resultados de Craig e Pendergast (1979) e Craig et al. (1979; 1985). Relativamente à DC, nos nadadores, não se observaram diferenças significativas entre as provas de Bruços e de Mariposa e entre as provas de Livres e de Costas (Chengalur e Brown, 1992). Chengalur e Brown (1992) sugerem que as técnicas onde existe uma rotação sobre o eixo longitudinal do corpo tem características similares, assim como aquelas onde se observa uma rotação em torno de um eixo medial. Contudo, apesar da explicação dada pelos autores, levanta-se a questão de saber se o motivo da similitude das características do ciclo de braçada se deve à rotação corporal ou, ao facto de serem duas delas técnicas contínuas e simultâneas e as outras técnicas descontínuas e alternadas. Por outro lado, na prova de 100 metros, a DC na técnica de Bruços foi significativamente inferior relativamente à Mariposa, nos dois sexos (Kennedy et al., 1990).

Chengalur e Brown, (1992), correlacionaram a FG com a DC, na prova de 200 metros Mariposa em ambos os sexos. Os autores observaram uma correlação elevada entre as duas variáveis nos

nadadores ( $r = -0.78$ ) e nas nadadoras ( $r = -0.87$ ). O mesmo se passou na prova de 100 metros, para os dois sexos. Kennedy et al. (1990) verificaram a existência de uma correlação de  $r = -0.84$  para os nadadores e de  $r = -0.65$  para as nadadoras. Já a correlação entre o tempo final e a DC nos 100 e nos 200 metros foi negativo e superior, do que o obtido com a FG, nos dois sexos. Ou seja, maior velocidade de nado e, portanto, menor tempo final, estará associado a uma maior DC. Adicionalmente também se observou uma correlação positiva, em ambos os sexos, entre a FG e a estatura e, entre a DC e a estatura, nos 200 metros (Chengalur e Brown, 1992). O mesmo cenário verificou-se na prova dos 100 metros Mariposa, excepto a correlação entre a estatura e a FG nas nadadoras que não apresentou valores estatisticamente significativos (Kennedy et al., 1990).

Os resultados de Costill et al. (1985), de Smith et al. (1988), de Kennedy et al. (1990) e de Chengalur e Brown (1992), sugerem a existência de uma relação entre determinados parâmetros gerais do ciclo gestual nas diversas técnicas de nado e algumas características antropométricas. O estudo dessa relação foi feita por Grimston e Hay (1986), por Pelayo et al. (1996) e também com nadadores bastante jovens, em fase de formação, por Wille e Pelayo (1993) e por Pelayo et al. (1997).

Grimston e Hay (1986) estudaram a relação entre 21 características antropométricas e a DC, a FG e a velocidade média de nado em 12 nadadores. Nenhuma característica se relacionou significativamente com a velocidade. Todavia, 5 delas correlacionaram-se positivamente com a DC, onde o aumento dessas dimensões indicavam aumentos da DC. Foram elas a área transversal entre as axilas ( $r = 0.74$ ), o comprimento do MS ( $r = 0.68$ ), a área transversal da mão ( $r = 0.57$ ), a superfície do MI ( $r = 0.61$ ) e a área transversal do pé ( $r = 0.68$ ). O comprimento do MS ( $r = -0.59$ ), o comprimento do MI ( $r = -0.64$ ) e a área transversal entre as axilas ( $r = -0.73$ ) também se correlacionaram significativamente com a FG. No entanto, realizando uma regressão passo-a-passo para a DC e para a FG, onde se incluiu no modelo além das características antropométricas com correlação significativa a distância da prova, esta foi a primeira variável independente a entrar no modelo. Estes resultados levam a concluir que, apesar da importância das características antropométricas, a distância da prova será mais determinante para a resposta das duas variáveis dependentes em estudo.

Pelayo et al. (1996) estudaram a relação entre a velocidade média de nado, a FG e a DC nas provas de 50m e de 100m Livres. A idade dos nadadores ( $r = 0.49$ ) e a sua estatura ( $r = 0.72$ ) foram incluídas na regressão passo-a-passo da velocidade aos 100m. Relativamente à DC aos 50m, a idade apresentou uma associação de  $r = 0.83$  e a envergadura de  $r = 0.69$ . Já nos 100m, a estatura e a envergadura apresentaram uma correlação de  $r = 0.57$ . Estes resultados, reforçam a ideia de existir uma relação entre os parâmetros gerais do ciclo gestual e determinadas características antropométricas.

Da mesma forma, Wille e Pelayo (1993) e Pelayo et al.

(1997), ao avaliarem crianças e jovens praticantes de NPD, observaram uma melhoria do seu nível com a idade, o que parece estar relacionado com fenómenos associados ao crescimento e à maturação e, portanto, às características antropométricas. A título ilustrativo, Pelayo et al. (1997), ao realizarem uma regressão passo-a-passo da DC em Crol, nos rapazes, verificaram que as primeiras variáveis independentes a serem incluídas no modelo, por ordem de entrada foram a idade, a massa corporal e a envergadura.

Para além dos parâmetros debatidos até ao momento, Costill et al. (1985) sugerem um novo parâmetro, o índice de braçada (IB). Este índice é determinado através do produto da velocidade média de deslocamento pela DC. O indicador em questão assume que a dada velocidade, o nadador percorre uma maior DC quanto mais eficiente for. Por outras palavras, o IB expressa a capacidade do nadador se deslocar a dada velocidade com o menor número de ciclos possível (Costill et al., 1985; Tourny, 1992). Isto porque a predictibilidade do consumo máximo de oxigénio, com a inclusão do IB, numa prova de 365.8 metros foi de 0.97, na técnica de Crol (Costill et al., 1985). Para mais, a variância do IB conjugado com a da massa magra explicou em 81% a variância do custo energético do nado a uma dada velocidade ( $r=0.90$ ) Assim, parece existir uma associação bastante elevada entre o IB e a economia de nado.

Por sua vez, Lavoie et al. (1985) propõe uma outra forma de conjugar a DC com a velocidade: o *arm stroke index*. Este indicador é dado pela razão entre o número de ciclos necessários para percorrer uma dada distância e a velocidade de nado. Lavoie et al. (1985) verificaram que este parâmetro se correlacionava acentuadamente ( $r=0.938$ ) com o custo energético específico de transporte na técnica de Crol, ou seja, com o inverso da economia motora.

Assim, o IB e o *arm stroke index* são os inversos um do outro, crescendo o IB e decrescendo o *arm stroke index* quando aumenta a DC para uma dada velocidade. Assume-se, portanto, que quanto mais elevado for o IB ou mais reduzido o *arm stroke index*, mais adequada mecanicamente será a técnica de nado (Costill et al., 1985; Lavoie et al., 1985).

Recentemente, Cardelli et al. (1999) sugeriram um outro indicador de eficiência técnica: a frequência respiratória. Segundo os autores, este parâmetro parece ter a vantagem, em comparação com a FG, a DC e o IB, de permitir a comparação interindividual e não apenas intraindividual, dado que não dependerá de características antropométricas. Cardelli et al. (1999), referem que a frequência respiratória irá aumentar com o aumento da distância a nadar, enquanto processo adaptativo do sistema energético. Consequentemente, o aumento da frequência respiratória poderá impedir a eficiência mecânica do ciclo de braçada. A dada intensidade, o aumento da frequência respiratória estará associada a uma elevação do suprimento do sistema aeróbio e uma compensação através do aumento dessa frequência (Town e Vanness, 1990). Com o aumento dessa frequência, também se aumenta a frequência do movimento rotatório ou de

extensão da cabeça, criando um desequilíbrio e desde logo, afectando a acção propulsiva (Maglischo, 1993). Dizendo de uma outra forma, a frequência respiratória e a sua relação com o ciclo de braçada poderá reflectir a sincronização entre a respiração e a propulsão e, portanto, a eficiência do gesto técnico. No entanto, apesar destas considerações de Cardelli et al. (1999) será aconselhável a realização de estudos adicionais para comprovar a efectiva relação entre estes parâmetros.

Figueiras (1995), Martins-Silva (1997) Cunha (1997) e Barbosa (2000b) avaliaram alguns dos parâmetros gerais do ciclo gestual, na técnica de Mariposa, através da utilização de *software* destinado à análise cinemática.

Figueiras (1995), comparou os parâmetros gerais do ciclo de braçada nos 4 percursos da prova de 200m, na técnica de Mariposa, entre nadadores seniores e infantis. Nos nadadores seniores, a DC no primeiro percurso foi de  $1.81 \text{ m.ciclo}^{-1}$ , significativamente superior ao terceiro e quarto percursos com  $1.56 \text{ m.ciclo}^{-1}$  e  $1.63 \text{ m.ciclo}^{-1}$ , respectivamente. O tempo de cada ciclo de braçada e a FG não apresentaram diferenças significativas nos dois escalões. Já a velocidade média de nado, nos nadadores seniores, no primeiro ( $1.41 \text{ m.s}^{-1}$ ) e no segundo percurso ( $1.47 \text{ m.s}^{-1}$ ) foram significativamente superiores ao terceiro percurso ( $1.33 \text{ m.s}^{-1}$ ).

Martins-Silva (1997) avaliou 14 nadadores, na prova de 200 Mariposa, dividindo-os em três grupos de nível competitivo distintos. Também constatou que com o decorrer da prova, existia uma diminuição progressiva dos valores dos parâmetros gerais do ciclo gestual. Segundo o autor, a velocidade média e o IB foram os únicos parâmetros que permitiram distinguir os nadadores de nível superior dos de nível inferior. Ao relacionar-se a velocidade média com a DC e o IB, no primeiro caso a correlação foi de  $r=0.57$ , o que está de acordo com a literatura atrás citada. No segundo caso foi de  $r=0.82$ . No entanto, seria natural que este resultado fosse bastante elevado, dado que a correlação é determinada a partir de variáveis multicolineares. Isto é, dado que o IB é determinado a partir da velocidade média de nado e da DC, obviamente que a correlação será sempre elevada. Daí que não seja completamente correcto retirar ilações deste resultado, do ponto de vista meramente estatístico.

Haljand (1997) ao avaliar a prova de 200m Mariposa dos Campeonatos da Europa de 1995, apresenta os resultados de velocidade média, da FG e da DC de alguns dos maiores expoentes da técnica de Mariposa com inspiração lateral, como sejam, o russo Denis Pankratov e o francês Frank Esposito. Na final da prova dos 200m, vencida por Pankratov, ele nadou a uma velocidade média de  $1.66 \text{ m.s}^{-1}$ , com uma FG de  $0.82\text{Hz}$  e uma DC de  $2.00 \text{ m.ciclo}^{-1}$  (Haljand, 1997). Logo, o IB, de acordo com o procedimento de Costill et al. (1985), foi nessa prova de 3.32. Na eliminatória, Pankratov nadou a uma velocidade média de  $1.66 \text{ m.s}^{-1}$ , com uma FG de  $0.87\text{Hz}$  e uma DC de  $1.90 \text{ m.ciclo}^{-1}$  (Haljand, 1997). Contudo, o IB foi de 3.15, inferior ao valor da final. Já Esposito, realizou uma FG de  $0.77\text{Hz}$  e uma DC de  $2.11 \text{ m.ciclo}^{-1}$ , pelo que a sua velocidade média de nado foi de  $1.61 \text{ m.s}^{-1}$ .

Consequentemente, o IB foi de 3.39, na realidade superior ao de Pankratov na final de que saíra vencedor. Comparando os resultados dos restantes participantes em prova e executantes da técnica de inspiração frontal, o IB parece ter sido claramente inferior ao dos mariposistas que realizam a técnica de inspiração lateral. Com exceção para o nadador com o 3º melhor tempo, o neozelandês Danyon Loader (IB=3.43), os restantes valores variaram entre os 3.15 e os 3.28 até ao 7º melhor tempo. Já a velocidade média de nado não apresentou diferenças significativas, dado que entre o 1º e o 7º melhor tempo variou entre 1.66 e 1.63 m.s<sup>-1</sup>. Relativamente à DC, Esposito apresentou a maior distância dos 7 melhores tempos, seguido de Pankratov. A FG de Esposito foi a mais baixa dos 7 melhores nadadores. Contudo, na eliminatória Pankratov realizou a frequência mais elevada de todos os nadadores.

Já no que se concerne à utilização de ciclos não inspiratórios, a 75% e a 95% da velocidade máxima, a DC foi sempre superior nos ciclos não inspiratórios, apesar de existirem diferenças significativas apenas em nadadoras não especialistas (Cunha, 1997). Comparando a DC entre nadadoras especialistas e não especialistas em Mariposa, esse parâmetro foi tendencialmente inferior nas mariposistas. Comparando os ciclos não inspiratórios com os inspiratórios, nas nadadoras não especialistas, a FG foi superior ao realizar-se ciclos não inspiratórios. No entanto, a FG nas mariposistas foi superior à das especialistas de outras técnicas ao nadar a 95% da velocidade máxima. Relativamente ao tempo de duração do ciclo de nado, tal como na FG, nas nadadoras especialistas foi superior quando nadaram a 95% da velocidade máxima.

Barbosa (2000b) comparou os parâmetros gerais do ciclo gestual na técnica de Mariposa realizando-se ciclos de inspiração frontal, ciclos de inspiração lateral e ciclos não inspiratórios. A FG tal como já tinha verificado Haljand (1997), foi significativamente superior nos ciclos de inspiração lateral do que nos ciclos de inspiração frontal.

Relativamente à DC e ao IB, estas duas variáveis foram significativamente superiores nos ciclos não inspiratórios do que nos ciclos de inspiração lateral e tendencialmente superiores do que nos ciclos de inspiração frontal. Sabendo-se que valores superiores da DC e do IB para uma dada velocidade de nado são tidos como indicadores de níveis superiores de adequação mecânica (Costill et al., 1985; Smith et al., 1988; Tourny, 1992), à partida pode-se interpretar estes resultados como sendo decorrentes de uma menor eficiência da técnica de Mariposa com inspiração lateral do que com a inspiração frontal, mas principalmente do que os ciclos não inspiratórios. Contudo, o autor justifica estes resultados com duas possíveis razões. Em primeiro lugar, poderia ter ocorrido que nos nadadores estudados, a técnica de Mariposa com inspiração lateral estivesse menos consolidada que os outros dois modelos técnicos. Ou então, as características cineantropométricas desses nadadores, ou de parte deles, não fosse a mais adequada para a interpretação desse modelo. Isto porque parece

que a escolha de uma determinante variante das técnicas simultâneas deverá decorrer de características cineantropométricas específicas de cada nadador, procurando adoptar aquela variante onde será mais eficiente (Colman et al., 1992; Persyn et al., 1992; Zhu, 1996; Zhu et al., 1997).

### **2.3.2. Parâmetros espaciais e temporais**

Apesar da relativa escassez de estudos cinemáticos debruçados sobre a técnica de Mariposa, quando em comparação com outras técnicas de nado; a maioria deles dedicam-se – pelo menos em parte – à análise de parâmetros espaciais, isto é, das distâncias e das trajectórias percorridas pelos diversos segmentos corporais e pelo centro de massa e, de parâmetros temporais, ou seja, da duração absoluta e/ou relativa das acções dos segmentos corporais e do centro de massa.

#### **2.3.2.1. Segmentos corporais e centro de massa**

Segundo Counsilman (1968) e Clarys e Jiskoot (1975), o nadador ao elevar a cabeça para inspirar tenderá a afundar o tronco e os MI, o que aumentará a área de secção transversa máxima do corpo relativamente à direcção do deslocamento e, portanto, a Força de Arrasto Hidrodinâmico.

Clarys (1979), ao determinar o Coeficiente de Arrasto para uma dada velocidade de nado e Número de Reynolds, constatou que no caso da manutenção da posição horizontal com a cabeça emersa, o Coeficiente de Arrasto era maior do que com a cabeça numa posição “natural”. Sabendo que o Coeficiente de Arrasto é uma variável que influencia a Força de Arrasto, quer isso dizer que ao elevar-se a cabeça, aumenta-se o referido coeficiente e também a Força de Arrasto Hidrodinâmico. Logo, para uma dada força propulsiva, a velocidade de nado diminuirá.

Estes resultados despertaram o interesse dos nadadores em reduzirem tanto quanto possível a Força de Arrasto. No caso da técnica de Mariposa, a técnica de respiração adoptada foi uma das estratégias utilizadas por eles com esse fim. Nomeadamente, a execução de ciclos não inspiratórios e de ciclos de inspiração lateral, dado que aparentemente, com estas técnicas, a Força de Arrasto a que estarão sujeitos é menor.

Assim, este facto aliado ao movimento corporal em Mariposa ser do tipo ondulatório, leva a que diversos investigadores avaliem a amplitude vertical de deslocamento e a amplitude horizontal de deslocamento de diversos segmentos corporais e do centro de massa.

Ungerechts (1983) comparou o movimento caudal dos golfinhos com a acção dos MI dos mariposistas. Não encontrou diferenças significativas na velocidade de ondulação, quando relativizada ao comprimento do sujeito em análise. A amplitude vertical do batimento descendente era similar à do batimento ascendente e, a amplitude vertical do segundo batimento descendente era superior

à do primeiro. Não se verificaram diferenças significativas na duração absoluta dos batimentos ascendente e descendente, nos nadadores. Da mesma forma, não se observaram diferenças significativas na frequência das acções entre os golfinhos e os nadadores. Contudo, a duração relativa do batimento ascendente foi significativamente superior nos nadadores. Assim, parece que o movimento do nadador é próximo ao do golfinho, consistindo numa sucessão de movimentos ondulatórios, com amplitudes e durações relativas semelhantes.

Sanders et al. (1995), realizaram um estudo tridimensional de oito nadadores e oito nadadoras mariposistas e/ou estilistas. Segundo os autores do estudo, a amplitude vertical do deslocamento da cabeça e dos ombros, são acções particulares de uma oscilação do tipo sinusoidal, onde o centro de massa apresenta a menor variação da amplitude vertical, seguido da anca. Por outras palavras, Sanders et al. (1995), registaram um aumento da amplitude vertical dos segmentos em função da sua maior distância ao centro de massa. Ou seja, a cabeça e os pés apresentaram a maior amplitude, seguidos dos ombros e dos joelhos e, em último lugar a anca e o centro de massa. Este mesmo facto também foi verificado por Barbosa et al. (1999) e por Barbosa (2000b). Na verdade, Sanders et al. (1995) e Sanders (1996) observaram nos nadadores uma sequência de ondulações com direcção céfalo-caudal, tendo a cabeça um papel determinante na liderança das oscilações. Efectivamente, a oscilação da cabeça promoveu a oscilação dos ombros, em média  $35.0 \pm 7.5^\circ$  nos nadadores e  $30.6 \pm 8.5^\circ$  nas nadadoras (Sanders et al., 1995). Da mesma forma, a ondulação dos ombros precedem a da anca, a oscilação da anca a dos joelhos e a oscilação dos joelhos a dos tornozelos.

De acordo com Sanders et al. (1995) aparentemente, a elevação da parte superior do corpo aquando da inspiração e da recuperação dos MS, promoverá um incremento na energia gasta pelo nadador. Essa energia será transmitida sob a forma de ondas da parte anterior do corpo até à parte posterior - ou seja, em direcção céfalo-caudal - tornando-se desta forma num contributo adicional à propulsão gerada pela acção dos MI (Sanders et al., 1995).

Estes resultados são fortes evidências que suportam a ideia de Ungerechts (1983), de que os mariposistas utilizam o movimento ondulatório, similar aos dos golfinhos, como um acréscimo do contributo propulsivo (Sanders et al., 1995; Persyn et al., 1997; Alves et al., 1998).

Cunha (1997), ao comparar os ciclos de inspiração frontal com os ciclos não inspiratórios, constatou que a amplitude vertical da anca foi significativamente superior em nadadoras não especialistas a 75% da sua velocidade máxima. Nos restantes segmentos, a amplitude vertical foi ligeiramente superior nas nadadoras não especialistas em Mariposa. Em cada grupo, comparando as técnicas de respiração, não existiram diferenças significativas. A amplitude vertical dos tornozelos foi significativamente superior nas nadadoras não especialistas, o que foi justificado por elas emergirem por vezes os pés e as pernas e, pela maior inclinação do tronco no plano sagital (Cunha, 1997). A amplitude

vertical do centro de massa e dos ombros foi similar a todas as velocidades nos dois grupos. Isto é, estes resultados parecem indicar que não haverá uma alteração acentuada do movimento ondulatório quando se comparam ciclos de braçada em que se realiza a técnica de inspiração frontal e os ciclos não inspiratórios.

Segundo Counsilman (1968), Costill et al. (1992) e Maglischo (1993), apesar de parecer ocorrer uma menor amplitude vertical de deslocamento da cabeça e uma melhor posição corporal na água ao inspirar-se lateralmente, ao contrário do que ocorre na técnica de Crol, em Mariposa, o nadador como não pode realizar uma rotação acentuada do corpo em torno do seu eixo longitudinal e, como não terá flexibilidade suficiente na zona cervical para emergir a boca através de uma rotação, tenderá a elevar a cabeça a um nível próximo, e por vezes até superior, ao que faria para inspirar frontalmente.

Contudo, Barbosa et al. (1999), ao compararem a amplitude vertical máxima de deslocamento e o declive do deslocamento da cabeça, dos ombros, da anca, dos joelhos e dos tornozelos, em nadadores ao realizarem ciclos de inspiração lateral e ciclos de inspiração frontal, não encontraram diferenças significativas nos segmentos estudados. A única exceção foi para a cabeça que apresentou valores significativamente inferiores ao utilizar-se a técnica de inspiração lateral. Todavia, os restantes parâmetros foram tendencialmente inferiores na mesma técnica de inspiração. Da mesma forma, Barbosa (2000b) verificou que a amplitude vertical máxima de deslocamento da cabeça foi significativamente inferior entre todos os padrões respiratórios estudados. O valor médio mínimo ocorreu nos ciclos não inspiratórios, seguido dos ciclos de inspiração lateral e por fim dos ciclos de inspiração frontal. Na amplitude vertical máxima de deslocamento dos ombros, o mesmo autor constatou que este parâmetro foi significativamente superior nos ciclos de inspiração frontal do que nos outros dois modelos. Ou seja, a técnica de Mariposa com inspiração frontal parece ser mais ondulatória do que a mesma técnica de nado, mas realizando-se a inspiração lateral ou ciclos sem fase inspiratória. Esta ideia também é partilhada por Rushall (1996), Avdeienko (1997) e Kolmogorov (1997), pelo menos para os ciclos de inspiração lateral e por Cunha (1997), para os ciclos não inspiratórios.

Counsilman (1968) e Maglischo (1993) sustentam a ideia da importância da manutenção do cotovelo num plano mais elevado do que o antebraço e a mão desde a sua entrada na água, mas especialmente a partir do momento do “agarre”. A manutenção do cotovelo numa posição mais elevada, permitirá gerar mais força pelos músculos rotadores do braço (entre outros, o subscapular e o grande redondo) e dos adutores do mesmo (particularmente o grande dorsal), o que permitirá gerar mais força propulsiva (Counsilman, 1968). Além disto, segundo o mesmo investigador, permitirá uma aplicação mais eficiente da força propulsiva para trás, à luz da única teoria propulsiva vigente na época, a Teoria do Arrasto Propulsivo.

Togashi e Nomura (1992) ao analisarem 25 mariposistas em formação, avaliaram o ângulo relativo entre o antebraço e o braço. O

ângulo variou entre os 128.0° e os 240.6°. Os autores encontraram uma correlação de  $r=-0.606$  entre esse ângulo, no “agarre” e nas fases seguintes, com a velocidade horizontal de deslocamento do tronco. Por outras palavras, este dado sugere que nadadores com elevadas velocidades médias de deslocamento tendem a apresentar ângulos relativos entre o antebraço e o braço menores. Togashi e Nomura (1992) também detectaram uma correlação significativa entre a fase de surgimento de uma posição alta do cotovelo e a velocidade horizontal de deslocamento do tronco ( $r=-0.570$ ), o que reforça a ideia de que a colocação bem cedo do cotovelo nessa posição, promove uma maior velocidade horizontal de deslocamento do tronco.

Figueiras (1995) ao comparar a prova de 200 metros Mariposa em nadadores infantis e seniores também avaliou este parâmetro. Seria de esperar que com o decurso da prova e, portanto, com o degradar do gesto técnico devido à fadiga muscular local, a tendência fosse para uma diminuição significativa dos valores do parâmetro “cotovelo alto”, especialmente nos nadadores infantis. Porém, não foram encontradas diferenças significativas ao longo da prova, nem entre escalões. No entanto, os valores foram tendencialmente inferiores com o decorrer da prova, apesar das diferenças não terem qualquer significado estatístico.

Maglischo (1993) diz que ao utilizar-se a técnica de inspiração lateral, ocorre uma ligeira rotação do corpo em torno do seu eixo longitudinal (cf. 3.1.2.2.) Essa rotação terá, segundo o mesmo autor, influência na manutenção do cotovelo numa posição mais elevada que o antebraço e a mão. Como ao inspirar-se lateralmente existe uma rotação do corpo, o cotovelo do MS do lado oposto ao da inspiração estará a um nível mais próximo da mão. Isto é, o parâmetro “cotovelo alto” assume valores mais baixos, o que diminuirá a capacidade para gerar força propulsiva (Maglischo, 1993). No entanto, apesar desta reflexão teórica de Maglischo (1993), Barbosa et al. (1999) e Barbosa (2000b) não encontraram diferenças significativas nesta variável, apesar de terem observado a rotação descrita (cf. 3.1.2.2).

Relativamente ao trajecto das mãos ao longo do ciclo de nado em Mariposa, Figueiras (1995) estudou a amplitude vertical máxima de deslocamento da mão, a amplitude horizontal máxima de deslocamento da mão e o índice de horizontalidade do deslocamento da mão (definido como sendo a razão entre a amplitude horizontal máxima do deslocamento da mão e a amplitude vertical máxima do deslocamento da mão). Não encontrou diferenças significativas ao longo da prova de 200 metros e entre escalões quando os resultados foram relativizados às características antropométricas. O mesmo se passou quando os dados não foram relativizados.

Martins-Silva (1997) observou que no decurso de uma prova simulada de 200m Mariposa, com a diminuição da velocidade de deslocamento, a tendência era para ocorrer um aumento da amplitude horizontal do deslocamento da mão e do índice de horizontalidade. Isto é, com o decorrer da prova, a tendência foi para os nadadores

acentuarem os trajectos antero-posteriores, em detrimento dos laterais e dos verticais.

Já Cunha (1997) constatou que ao adoptarem-se ciclos de inspiração frontal, a 75% e a 95% da velocidade máxima, a amplitude vertical máxima de deslocamento da mão foi significativamente superior nas mariposistas do que nas nadadoras não especialistas. Já a amplitude horizontal máxima do deslocamento da mão não apresentou diferenças significativas entre modelos respiratórios ou, entre as nadadoras especialistas e as não especialistas.

Barbosa et al. (1999) ao compararem os ciclos de inspiração frontal com os ciclos de inspiração lateral, não encontraram diferenças significativas nestes parâmetros, o que explicam pela inexistência de diferenças acentuadas no movimento ondulatório, que poderia hipoteticamente, aumentar ou diminuir os valores destas variáveis em função de uma maior ou menor ondulação, respectivamente. Contudo, tal como no movimento do corpo onde se encontrou uma tendência para os resultados serem inferiores na técnica de inspiração lateral, também a amplitude vertical máxima de deslocamento da mão, a amplitude horizontal máxima do deslocamento da mão e o índice de horizontalidade foram tendencialmente inferiores nessa técnica de inspiração.

Atente-se que a mesma tendência ocorreu no estudo de Cunha (1997), em que as nadadoras não especialistas em Mariposa, apresentaram tendencialmente um movimento ondulatório mais acentuado e com valores de amplitude vertical de deslocamento da mão e de amplitude horizontal de deslocamento da mão superiores.

No entanto, Barbosa (2000b) verificou que a amplitude horizontal máxima de deslocamento da mão e o índice de horizontalidade foram significativamente superiores nos ciclos sem fase inspiratória do que nos ciclos de inspiração lateral. Ou seja, estes resultados parecem denotar uma tendência para os nadadores acentuarem menos os trajectos antero-posteriores, em detrimento dos laterais e dos verticais ao inspirarem lateralmente. Poder-se-ia especular que a razão para tal facto seria a menor extensão do cotovelo verificada neste padrão respiratório durante a AA (cf. 2.3.2.2.). Todavia, Barbosa (2000b) ao calcular o Coeficiente de Correlação de Pearson entre a amplitude horizontal máxima de deslocamento da mão e o ângulo relativo entre o braço e o antebraço durante a AA e, entre o índice de horizontalidade e o ângulo relativo entre o braço e o antebraço durante a AA não encontrou nenhuma correlação com valores significativos.

No domínio temporal, Cunha (1997) encontrou uma maior duração relativa do batimento descendente nos ciclos inspiratórios a 75% da velocidade máxima nos dois grupos. As nadadoras não especialistas apresentaram valores superiores na duração relativa da ALE a 75 e a 95% da velocidade máxima, nos ciclos inspiratórios. A velocidades inferiores, a duração relativa foi superior nas nadadoras especialistas nos ciclos com inspiração, durante a AA e a recuperação

dos MS. À mesma velocidade, nos ciclos não inspiratórios, o batimento descendente foi superior no mesmo grupo. A velocidades mais elevadas executando a inspiração frontal, foi superior na ALE nas nadadoras não especialistas e na recuperação nas mariposistas.

Por sua vez, Hahn e Krung (1992) indicaram que ao realizar-se ciclos inspiratórios, a recuperação dos MS aumenta, em média, 0.1 segundo.

Martins-Silva (1997) por seu lado afirma que as maiores velocidades de nado estão associadas a menores durações absolutas e relativas das fases menos propulsivas da braçada e uma maior duração das fases mais propulsivas. Isto porque, ao analisar as variações cinemáticas ao longo de uma prova de 200 metros Mariposa, descreve que ocorreu um aumento das durações absolutas e relativas das fases menos propulsivas e, uma diminuição dessas durações nas fases mais propulsivas do ciclo de nado.

Barbosa (2000b) verificou que a duração absoluta da ALI foi significativamente superior ao realizarem-se ciclos não inspiratórios do que os ciclos de inspiração lateral. Comparando esta mesma variável ao realizarem-se ciclos de inspiração frontal com os ciclos não inspiratórios, apesar da diferença não ser significativa, os valores foram superiores na técnica não inspiratória. O mesmo se passou com a duração relativa da ALI, mas apresentando diferenças significativas quando se compararam os ciclos sem fase inspiratória com as duas técnicas inspiratórias. Para mais, as durações absolutas e relativas da AA foram significativamente superiores nos ciclos não inspiratórios do que nos ciclos de inspiração frontal e tendencialmente superiores nos ciclos sem fase inspiratória do que nos ciclos de inspiração lateral. Isto é, nas fases consideradas como sendo as mais propulsivas do trajecto motor subaquático, a ALI e a AA (Schleihauf, 1979; Schleihauf et al., 1988; Costill et al., 1992; Mason et al., 1992; Maglischo, 1993; Figueiras, 1995; Martins-Silva, 1997) observou-se uma duração significativamente superior nos ciclos não inspiratórios do que nos ciclos de inspiração frontal e tendencialmente superiores do que nos ciclos de inspiração lateral.

### **2.3.2.2. Parâmetros angulares**

Counsilman (1955) avaliou a Força de Arrasto de nadadores ao serem rebocados em quatro posições distintas. O Arrasto teve o seu valor mais baixo quando o nadador se encontrava em decúbito ventral. Segundo este investigador, o fluxo de água sobre os MI tendia a elevar e a alinhar esses membros com o corpo, o que diminuiria a área de secção transversa máxima do corpo relativamente à direcção do deslocamento. Estando os nadadores numa posição lateral, a Força de Arrasto foi ligeiramente superior. Entretanto, o valor mais elevado da Força de Arrasto Hidrodinâmico foi observado quando o nadador rodou em torno do seu eixo longitudinal, com ou sem ajuda. A explicação apresentada por Counsilman (1955) foi que ao realizar uma rotação do corpo em torno do seu eixo longitudinal, o nadador

promoveria um desalinhamento lateral e desde logo, um aumento da força em causa.

No entanto, Clarys et al. (1973) mediram o arrasto passivo, na técnica de Crol, na posição horizontal e numa posição lateral realizando um ângulo de aproximadamente 45° com a horizontal. Concluíram que a velocidades mais baixas (1.5 e 1.6 m.s<sup>-1</sup>), a Força de Arrasto era menor na posição lateral do que na posição horizontal. Já a velocidades relativamente mais elevadas (1.7, 1.8 e 1.9 m.s<sup>-1</sup>), as diferenças não eram estatisticamente significativas. Por outras palavras, Clarys et al. (1973) contrariaram a convicção até então de que a Força de Arrasto Hidrodinâmico era superior na posição lateral do que na posição horizontal.

Mais tarde, o próprio Counsilman (1968) confirmou os resultados de Clarys et al. (1973), ao afirmar que na posição horizontal, a Força de Arrasto era superior do que numa posição inclinada e que esta era ainda menor quando se realizava uma rotação do corpo em torno do seu eixo longitudinal.

Hoje em dia, nas técnicas de Crol e de Costas, realiza-se a referida rotação, já que esse movimento parece ser um factor decisivo, entre outros, para a manutenção de um bom alinhamento lateral (Counsilman, 1968; Costill et al., 1992; Maglischo, 1993; Chollet, 1997). O mesmo já não se passa em Mariposa, dado que as Regras Técnicas da FINA (1998-2000b) obrigam a que a linha de ombros se mantenha paralela ao nível da superfície da água (cf. 3.).

Todavia, Maglischo (1993), com base numa análise qualitativa da técnica de Mariposa, afirmou que ao se inspirar lateralmente parece existir uma ligeira rotação do corpo em torno do seu eixo longitudinal. Isto por forma a facilitar a emersão da cavidade bucal e a inspiração. Já Barbosa et al. (1999), utilizando uma abordagem quantitativa, reforçaram essa ideia, em virtude do ângulo absoluto máximo formado entre os ombros e a horizontal, ao utilizar-se a técnica de inspiração lateral, foi em média de 14.263±4.199°, em contraponto com a inspiração frontal que foi em média de 7.125±1.953° (p=0.005). Nesse estudo, os nadadores também utilizaram uma “barbodorsal” para avaliar uma possível rotação do tronco no plano transversal. O ângulo absoluto mínimo formado entre a “barbodorsal” e a horizontal no plano transversal, foi significativamente inferior ao realizar-se a inspiração através de uma rotação lateral da cabeça. Para mais, a correlação entre o ângulo máximo dos ombros com a horizontal e o ângulo mínimo da “barbodorsal” com a horizontal, ao adoptar-se a técnica de inspiração lateral, foi significativo. Ou seja, parece que ao utilizar-se a técnica de inspiração lateral, na técnica de Mariposa, se observa uma ligeira rotação do corpo em torno do seu eixo longitudinal. O mesmo fenómeno também foi observado por Barbosa (2000b), dado que também neste estudo o ângulo absoluto formado entre os ombros e a horizontal no plano transversal foi significativamente superior nos ciclos de inspiração lateral do que nos ciclos de inspiração frontal e do que nos ciclos não inspiratórios durante a ALE, a ALI, a AA e a recuperação dos MS.

Dado que as condicionantes regulamentares não permitem a rotação em análise, levanta-se desde logo a questão de saber porque é que os nadadores, em situação competitiva não são desclassificados. Poderão existir três respostas para essa questão. Em primeiro lugar, os nadadores poderão realizar uma rotação em torno do seu eixo longitudinal sem serem desclassificados dado que a rotação será bastante reduzida, e como tal, não sendo fácil aos juizes detectarem-na. Além do mais, quando o nadador se desloca na água, os seus ombros comprimem água, criando uma onda à sua frente (Clarys, 1979), o que dificultará ainda mais a observação da rotação. Uma segunda hipótese será a de que os nadadores em situação de competição não realizam essa rotação. Assim, os resultados encontrados por Barbosa et al. (1999) e por Barbosa (2000b), terão de se dever à amostra ser constituída por jovens nadadores, com uma relativamente baixa experiência na modalidade e que nunca tinham utilizado a técnica de inspiração lateral em Mariposa, em situação de treino ou de competição. Logo, dadas as similitudes das acções a Crol e a Mariposa, eles terão muito possivelmente transferido a habilidade que já dominavam da primeira técnica de nado para a segunda. Em consequência, dado que à inspiração lateral a Crol está associada a rotação do corpo, talvez também tenham transferido esse movimento para a técnica de Mariposa. Ou então, as características cineantropométricas de alguns dos nadadores que constituíram a amostra não seriam a mais adequada para a interpretação desse modelo respiratório.

Nos ciclos de inspiração frontal e nos ciclos não inspiratórios, obviamente, parece não existir nenhuma rotação do corpo em torno do seu eixo longitudinal, ou pelo menos com valores significativos. Não obstante ser possível esporadicamente observar-se uma ligeira rotação, não tanto voluntária mas, devendo-se hipoteticamente a desalinhamentos laterais, num determinado ciclo de braçada (Barbosa, 2000b).

Da mesma forma, a cabeça não sofrerá uma rotação, ao utilizar-se a técnica de inspiração frontal ou mantendo-se em apneia inspiratória ao longo do ciclo de braçada. Por outro lado, ao adoptar-se a inspiração lateral, essa rotação parece ser bem evidente. Por exemplo, Barbosa et al. (1999) analisaram os ângulos absolutos mínimo e máximo formados entre a cabeça e a horizontal no plano transversal. O ângulo mínimo foi significativamente inferior na técnica de inspiração lateral ( $9.000 \pm 6.931^\circ$ ) do que na técnica de inspiração frontal ( $85.158 \pm 2.853^\circ$ ).

Barbosa (2000b) realizou o único estudo onde a sincronização entre a acção dos MS e o ciclo respiratório foi descrita. Para tal, analisou o ângulo absoluto formado entre a cabeça e a horizontal no plano transversal em cada fase do ciclo gestual. Durante a entrada dos MS a face estava orientada para o fundo da piscina ( $91.578 \pm 2.312^\circ$ ). Foi durante a ALE que se iniciou a rotação da cabeça, dado que nesta fase o ângulo se reduz ( $74.068 \pm 6.444^\circ$ ). Durante a ALI o valor do ângulo continuou a diminuir ( $46.679 \pm 11.629^\circ$ ). E durante a AA

atingiu o seu valor médio mais baixo ( $30.330 \pm 18.360^\circ$ ), dado que foi o momento em que as vias respiratórias emergiram e, portanto, o momento em que se iniciou a inspiração. Durante a AA e a primeira fase da recuperação ocorrerá a inspiração. A partir deste momento, a face imergiu novamente, dado-se início à expiração. Daí que o ângulo absoluto formado entre a cabeça e a horizontal no plano transversal durante a recuperação dos MS aumentou em comparação com o valor observado na AA ( $60.631 \pm 10.898^\circ$ ), significando o retorno da face à posição neutra.

Para além das rotações no plano transversal, também tem sido alvo de estudo a inclinação do tronco no plano sagital. Isto é, o ângulo absoluto formado entre o tronco e a horizontal no plano sagital.

Hahn e Krung (1992), compararam esse ângulo em ciclos não inspiratórios e ciclos de inspiração frontal, afirmando que ele era superior em aproximadamente  $10^\circ$  nos ciclos em que o nadador inspirava. E que possivelmente, esse maior ângulo estaria relacionado com a menor velocidade de nado nesses ciclos. Logo, parece que o ângulo entre o tronco e a horizontal no plano sagital, será um importante indicador na análise das técnicas de respiração, a Mariposa.

Cappaert et al. (1996) ao analisarem os participantes nos Jogos Olímpicos de 1992 e nos Campeonatos do Mundo de 1991, compararam os finalistas com os nadadores das eliminatórias. Os finalistas apresentaram um ângulo absoluto entre o tronco e a horizontal no plano sagital, significativamente inferior ao dos nadadores das eliminatórias (em média,  $32.8^\circ$  vs.  $50.1^\circ$ ). A explicação parece residir na possibilidade de um menor ângulo promover um melhor alinhamento horizontal do corpo, principalmente nas fases mais propulsivas da braçada, ou seja, na AA. Um facto que aparentemente está associado a este é a extensão do cotovelo. Quanto maior for a extensão do cotovelo, maior tenderá a ser a duração dessa extensão e, portanto, a duração da AA. O que por sua vez, aumentará a força propulsiva produzida (Cappaert et al., 1996).

Posteriormente, Cappaert (1999) avaliou além dos nadadores participantes nos Jogos Olímpicos de 1992 e nos Campeonatos do Mundo de 1991, também os nadadores dos Jogos Olímpicos de 1996. Como tinha constatado anteriormente, um menor ângulo entre o tronco e a horizontal no plano sagital, está correlacionado significativamente com uma maior duração da extensão do cotovelo e, portanto, com uma maior produção de força propulsiva. Comparando os mariposistas participantes nas provas de 100 e de 200 metros, observou que na última prova, em comparação com a primeira, o ângulo máximo do tronco no plano sagital foi superior, o ângulo relativo entre o antebraço e o braço durante a AA foi inferior e, o ângulo entre o tronco e a horizontal no plano sagital durante a AA e a recuperação dos MS foi superior.

Contudo, Barbosa (2000b) não encontrou nenhuma correlação significativa entre esses parâmetros (ângulo relativo entre o braço e o antebraço vs. ângulo absoluto formado entre o tronco e a

horizontal no plano sagital vs. duração absoluta durante a ALI e a AA) Logo, o estabelecimento dessa relação entre o ângulo absoluto formado entre o tronco e a horizontal e o ângulo relativo entre o braço e o antebraço e a duração absoluta da ALI e da AA não será tão linear quanto sugerem Cappaert et al. (1996) e Cappaert (1999).

Cunha (1997) comparou o ângulo absoluto formado entre o tronco e a horizontal no plano sagital, em nadadoras que realizavam ciclos de inspiração frontal e ciclos não inspiratórios. O ângulo foi significativamente superior nos ciclos de inspiração frontal em nadadoras não especialistas e tendencialmente superior nas mariposistas. Nos ciclos inspiratórios, a inclinação máxima foi atingida durante a AA e a recuperação dos MS. A 75% da velocidade máxima, houve uma maior inclinação negativa (a anca encontrava-se num plano horizontal inferior aos ombros) durante o batimento descendente nos ciclos em que as nadadoras não inspiravam. O ângulo foi significativamente superior nas nadadoras não mariposistas na ALI a 75% da velocidade máxima nos ciclos não inspiratórios e, a 95% da velocidade máxima nas duas técnicas de respiração durante a recuperação dos MS.

Barbosa (2000b), observou resultados bastante próximos dos de Hahn e Krung (1992) e de Cunha (1997). Tal como estes autores, também Barbosa (2000b) verificou que o ângulo absoluto formado entre o tronco e a horizontal no plano sagital foi significativamente inferior nos ciclos não inspiratórios do que nos ciclos de inspiração frontal e os ciclos de inspiração lateral durante a ALE, a ALI, a AA e a recuperação dos MS.

Em síntese, tal como em Bruços, parecem existir diversas variantes da técnica de Mariposa. Essas variantes serão distinguidas umas das outras com base no grau de ondulação e de rotação do corpo (Zhu, 1996; Zhu et al., 1997). Isto é, parece existir num dos extremos uma variante mais ondulatória e no outro uma variante mais plana. Caso se procure relacionar as variantes de Mariposa, com as técnicas de inspiração, não parece ser abusivo dizer-se que, com base nos poucos dados disponíveis até agora na literatura, a técnica de Mariposa com inspiração lateral será mais plana do que a mesma técnica com inspiração frontal.

Continuando a analogia entre as variantes de Bruços e de Mariposa, tal como na primeira técnica não existe uma variante que seja a mais eficiente em comparação com as restantes, independentemente do nadador que a realiza. Muito possivelmente, a adopção de uma dada variante em Mariposa, tal como em Bruços, também terá de tomar em consideração as características cineantropométricas de cada nadador (Colman et al., 1992; Persyn et al., 1992; Vilas-Boas, 1993; Zhu, 1996; Zhu et al., 1997). Por exemplo, as variantes mais ondulatórias serão utilizadas predominantemente por nadadores com maiores níveis de flexibilidade específica (Persyn et al., 1992; Zhu, 1996; Zhu et al., 1997). Por outras palavras, não haverá uma variante claramente mais eficiente que as restantes para todos os nadadores. Será com base nas características

cineantropométricas que se poderá definir a variante que será potencialmente mais eficiente para cada sujeito.

### 2.3.3. Velocidades e acelerações

#### 2.3.3.1. A mão

A mão é mais um dos grandes pólos de interesse cinemático dos investigadores em Biomecânica da Natação, especialmente a sua velocidade.

De acordo com Maglischo (1993), as acelerações e as desacelerações da mão coincidem com as variações da velocidade de deslocamento do CM, excepto durante a ALE. Durante essa fase, o aumento da velocidade de deslocamento do CM deverá ser atribuído fundamentalmente ao primeiro batimento descendente e não tanto à ALE. Com efeito, a mão diminui de velocidade desde a entrada até ao “agarrar”. A partir desse momento, a velocidade aumenta até à ALI (Schleihauf et al., 1988; Maglischo, 1993). Na transição entre a ALI e a AA, observa-se uma ligeira desaceleração, que será explicada pela mudança do ângulo de ataque. Com o surgimento da AA, ocorre uma nova aceleração, atingindo o pico de velocidade nessa fase (Schleihauf et al., 1988; Maglischo, 1993). Por fim, a velocidade da mão decai desde o fim da AA, até nova entrada.

Segundo Martins-Silva (1997), ocorre um aumento da velocidade antero-posterior da mão durante a AA e uma diminuição da mesma durante a ALE e a ALI, que são explicáveis por estas serem acções mais diagonais. Ou seja, as velocidades superiores ocorrerão no fim do trajecto motor subaquático, como refere Maglischo (1993). Para mais, Martins-Silva (1997) corrobora os resultados de Maglischo (1993), ao constatar existir uma coincidência durante a AA entre os valores máximos da velocidade do CM e da mão.

Martins-Silva et al. (1999) também verificaram uma correlação significativa entre a variação intracíclica da velocidade horizontal de deslocamento do CM e a componente vertical da velocidade da mão durante a AA ( $r=-0.79$ ), a componente lateral da velocidade da mão na AA ( $r=-0.91$ ), a resultante das três componentes durante a AA ( $r=0.96$ ), a componente horizontal da velocidade da mão durante a ALI ( $r=0.91$ ), a componente vertical da velocidade da mão durante a ALI ( $r=0.98$ ), a resultante das três componentes da velocidade da mão durante a ALI ( $r=-0.96$ ), a velocidade horizontal da mão durante a AA ( $r=0.79$ ) e a velocidade do CM durante a ALE ( $r=-0.58$ ). Para mais, segundo os autores, ao efectuar-se uma regressão passo-a-passo, procurando determinar as variáveis preditoras - ou que mais influenciam a variação intracíclica da velocidade horizontal de deslocamento do CM - a primeira variável a entrar no modelo foi a velocidade resultante da mão durante a ALI ( $r^2=0.98$ ), seguida da componente lateral da velocidade da mão durante a ALI ( $r^2=0.99$ ) e da componente vertical da velocidade da mão durante a ALI de ( $r^2=1$ ).

Estes resultados sugerem a importância de todas as

componentes da velocidade da mão na flutuação da velocidade do CM, em Mariposa. No entanto, os factores mais importantes foram as componentes horizontais, verticais e laterais no fim do trajecto motor subaquático, ou seja na AA e na saída e aqueles directamente relacionados com a menor velocidade da mão em todas as componentes durante as fases laterais do trajecto motor subaquático, isto é, na ALI (Martins-Silva et al., 1999; Martins-Silva e Alves, 2000b). Assim, reforça-se a ideia que elevadas velocidades da mão coincidem com elevadas velocidades do CM, o que será particularmente benéfico próximo do fim do ciclo de braçada.

Cunha (1997) também comparou a velocidade da mão em nadadoras especialistas e não especialistas na técnica de Mariposa ao realizarem-se ciclos de inspiração frontal e ciclos não inspiratórios, a 75% e a 95% da velocidade máxima. A componente horizontal da velocidade da mão não apresentou diferenças significativas entre repetições, em ciclos inspiratórios e ciclos não inspiratórios nos dois grupos de nadadoras. No entanto, Cunha (1997) chama a atenção para os valores elevados do desvio padrão, que reflectem uma grande heterogeneidade das acções motoras. A 95% da velocidade máxima, a componente horizontal da velocidade da mão apresentou valores superiores durante a acção descendente e a ALI do que a 75%.

Relativamente à componente vertical da velocidade da mão, Cunha (1997) destaca que não existiram diferenças significativas nas nadadoras especialistas entre as várias repetições. No entanto, na entrada, na acção descendente e na AA foi sempre tendencialmente superior nos ciclos inspiratórios. Por outro lado, durante a ALE e a ALI, foram tendencialmente superiores nos ciclos não inspiratórios. No grupo de nadadoras não especialistas, a tendência geral foi para a velocidade da mão, nos ciclos não inspiratórios não apresentar diferenças significativas, em todas as fases da acção dos MS, excepto na ALI. Comparando a componente vertical da velocidade da mão, entre grupos, as nadadoras especialistas atingiram valores superiores na ALE quando nadaram a 95% da velocidade máxima.

Comparando a resultante da componente horizontal e da componente vertical da velocidade da mão, em cada grupo, não existiram diferenças significativas entre repetições. Além dos mais, existiu um aumento contínuo da velocidade no decurso do ciclo de braçada, atingindo o seu valor máximo na AA, como também descreve Maglischo (1993) e Martins-Silva (1997). Ao comparar-se a resultante desta variável entre os dois grupos, constata-se que na AA, ela foi superior nas especialistas noutras técnicas que não Mariposa.

Ao comparar nos três modelos respiratórios as componentes horizontais, laterais e verticais da velocidade média de deslocamento da mão, bem como da sua resultante ao longo do trajecto motor subaquático, Barbosa (2000b) apenas observou diferenças estatisticamente significativas na componente horizontal durante a entrada e a ALE. Durante a entrada dos MS esta variáveis foi significativamente superior nos ciclos de inspiração lateral do que nos ciclos de inspiração frontal. Já durante a ALE ela foi significativamente

superior nos ciclos não inspiratórios do que nos ciclos de inspiração frontal. Nas restantes variáveis não se encontraram diferenças estatisticamente significativas.

Um tema que tem levantado algum interesse, na técnica de Crol, é saber se a rotação longitudinal do corpo, como parece que ocorre na técnica de Mariposa ao efectuar-se a inspiração lateralmente (Barbosa et al., 1999; Barbosa, 2000b), influencia a trajectória e a velocidade atingida pela mão e, conseqüentemente, a velocidade do CM. Modelos matemáticos e estudos desenvolvidos por Hay et al. (1993) e Liu et al. (1993) apontam a possibilidade de existir uma relação entre a rotação longitudinal do corpo e a trajectória e a velocidade da mão, na técnica de Crol. Ou seja, a rotação longitudinal do corpo seria um contributo significativo para a velocidade da mão atingir valores superiores e, conseqüentemente, aumentar-se a velocidade de deslocamento do CM. Liu et al. (1993), confirmaram essa ideia quando ao estudarem 10 nadadores universitários, afirmaram que os trajectos medio-laterais da mão também estavam associados ao movimento de rotação do tronco em torno do seu eixo longitudinal.

No entanto, recentemente Payton et al. (1999), ao realizar um estudo empírico, com seis nadadores, verificaram que a rotação longitudinal não permitiu gerar maior velocidade da mão durante a ALI. Os nadadores retomaram a posição neutra do corpo antes do início da ALI e a velocidade da mão durante a ALI foi 46% superior quando não houve rotação. Assim, será necessário a realização de mais estudos, para uma melhor compreensão da possível vantagem da rotação longitudinal do corpo para o aumento da velocidade da mão, na técnica de Crol.

Obviamente, caso se venham a confirmar as opiniões de Hay et al. (1993), será oportuno conhecer a possível influência na velocidade da mão de uma hipotética rotação do corpo em torno do seu eixo longitudinal em Mariposa, como se observou ao adoptar-se a técnica de inspiração lateral.

### **2.3.3.2. Centro de massa e anca**

Diversos estudos analisaram a velocidade e a aceleração da anca e do centro de massa (CM) do nadador.

Maglischo (1993) refere a existência de dois padrões distintos da velocidade de deslocamento ao longo do ciclo de braçada. O primeiro caracteriza-se pela realização de dois picos de velocidade. A velocidade apresenta o seu valor mínimo durante a recuperação dos MS, aumentando durante o primeiro batimento descendente e a ALE. Esse aumento de velocidade parece dever-se à acção dos MI e não tanto à ALE, dado que nesta fase a propulsão não será suficiente para elevar a velocidade aos níveis observados (Schleihauf, 1979; Schleihauf et al., 1988). A ALI caracteriza-se por ocorrer um aumento significativo da velocidade de deslocamento. Na transição entre a ALI e a AA, dá-se uma diminuição da velocidade de deslocamento. Na AA, a velocidade volta a aumentar para valores próximos aos verificados na ALI. Com

a saída e a recuperação dos MS, a velocidade diminui abruptamente. Ou seja, este é um padrão que se caracteriza pela existência de dois picos de velocidade, um na ALI e outro na AA, com uma ligeira diminuição da velocidade na transição entre essas fases, dado que existe uma mudança de direcção do deslocamento das mãos e, portanto, do ângulo de orientação e do ângulo de ataque.

Nadadores de elite também apresentam um padrão onde ocorre um único pico de velocidade (Maglischo, 1993). Este padrão consiste no aumento gradual da velocidade de deslocamento desde a entrada até à AA, sem que existam momentos de desaceleração na transição entre fases. Segundo Maglischo (1993), este padrão parece ser característico de nadadores com trajectos motores mais amplos, o que torna a transição entre a ALI e a AA praticamente imperceptível. Isto porque as mãos estarão fundamentalmente orientadas para trás. Ou seja, estes nadadores parece que usam menos movimentos diagonais, durante o trajecto motor subaquático.

Dois dos pontos que mais interesse despertaram nos investigadores para analisar a velocidade de deslocamento dos nadadores foi a controvérsia em torno das semelhanças e dassemelhanças dos perfis de variação da velocidade do CM e da anca. Isto porque variações da velocidade do CM não serão desejáveis, dado que o nadador terá de vencer a inércia aumentada a que fica sujeito devido a esse fenómeno (Kornecki e Bober, 1978). Logo, elevadas flutuações intracíclicas da velocidade do CM são limitativas da performance na NPD (Toussaint, 1988).

Na realidade, diversos autores em vez de utilizarem o CM enquanto ponto de análise da velocidade de deslocamento do nadador, utilizaram a velocidade da anca. A justificação para a utilização desta região anatómica é a sua proximidade com o ponto de localização do CM e a maior facilidade de monitorização da cinemática desse ponto, em comparação com a complexa determinação do CM. Contudo, a velocidade da anca parece não representar com fidelidade a velocidade do CM (Mason et al., 1992; Barbosa, 2000b).

Independentemente da utilização da velocidade da anca ou do CM, o que parece consensual é o facto da flutuação da velocidade, na técnica de Mariposa, ser especialmente elevada (Kornecki et Bober, 1978; Hahn e Krung, 1992; Togashi e Nomura, 1992; Sanders, 1996; Barbosa, 2000b). Por exemplo, Kornecki e Bober (1978) ao avaliarem 22 mariposistas de elite, observaram que a velocidade variava entre os  $0.72 \pm 0.27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  e os  $2.17 \pm 0.15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Já Hahn e Krug (1992) e Sanders (1996), referem que a velocidade de deslocamento variou em média  $1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Kornecki e Bober (1978), correlacionaram um índice de economia (que expressa a oscilação momentânea da velocidade do ciclo de braçada, onde um menor valor do índice significa uma maior economia) com a velocidade de deslocamento da anca. Verificaram uma correlação do referido índice de  $r=-0.68$  com a velocidade média de deslocamento, de  $r=0.7$  com a velocidade máxima e de  $r=-0.46$  com

a velocidade mínima. Logo, uma técnica será tão económica, quanto menor for a flutuação intracíclica da velocidade.

Mason et al. (1992), realizou um estudo similar ao de Kornecki e Bober (1978), mas utilizando como ponto de análise o CM. A velocidade máxima ocorreu durante a AA (aproximadamente entre os  $1.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  e os  $1.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) com tendência para um aumento contínuo como descreve Maglischo (1993) mas, existindo uma ligeira diminuição na transição entre a ALI e a AA. Mason et al. (1992) verificaram a existência de 5 picos de aceleração durante o ciclo de braçada. O primeiro pico ocorreu durante o primeiro batimento descendente ( $1.9\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ), outro na ALE ( $1.4\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ), mais um na ALI ( $4.2\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ), o quarto pico foi na AA e na saída ( $2.3\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) e o último no “*catch wave*” ( $0.0\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ). Isto é, as fases mais propulsivas foram a ALI e a AA. Um estudo prévio de Barthels e Adrian (1975), também refere grandes acelerações nestas fases, especialmente na ALI; motivadas principalmente pela produção de Força Ascensional (Schleihauf, 1979; Schleihauf et al., 1988).

Antes de mais, segundo Mason et al. (1992), para o perfil da curva anca representar com precisão o perfil da curva do CM, o Coeficiente de Correlação nunca deverá ser inferior a  $r=0.95$ . Isto porque correlações inferiores representarão baixas relações entre as curvas da anca e do CM em determinados momentos do ciclo de nado. Partindo deste pressuposto e comparando o valor da velocidade e da aceleração da anca com a do CM, Mason et al. (1992) e Barbosa (2000b), defendem que a anca não substitui o CM na análise da primeira e da segunda derivada do deslocamento em ordem ao tempo. A anca flutua mais do que o CM, além dos picos e das depressões não coincidirem temporalmente. Todavia, a média das correlações entre a cinemática dos dois pontos foi de  $r=0.84$  para a velocidade e de  $r=0.75$  para a aceleração no estudo de Mason et al. (1992). Da mesma forma, quer para a velocidade, quer para a aceleração, os valores médios das correlações ao efectuarem-se ciclos de inspiração frontal, ciclos de inspiração lateral e ciclos não inspiratórios foram inferiores aos de Mason et al. (1992). O que quer dizer que nunca se atingiu a fasquia dos  $r\geq 0.95$ . Para mais, de acordo com os autores, a relação não foi consistente em todos os nadadores, pelo que seria inválido extrapolar os dados da anca para o CM.

A Figura 4 apresenta a comparação das curvas de variação intracíclica da velocidade horizontal de deslocamento da anca e do CM de um dos nadadores que constituiu a amostra do estudo de Barbosa (2000b).

Ao avaliar-se a velocidade do CM, terá particular interesse o estudo da sua componente horizontal, que se encontra associada ao deslocamento do nadador.

Togashi e Nomura (1992) analisaram em 25 jovens mariposistas a variável em questão, sugerindo também eles que uma maior flutuação intracíclica da velocidade estará associada a uma maior ineficiência da técnica de nado, dado que a correlação foi de  $r=-0.509$  entre a velocidade média e a flutuação da velocidade.

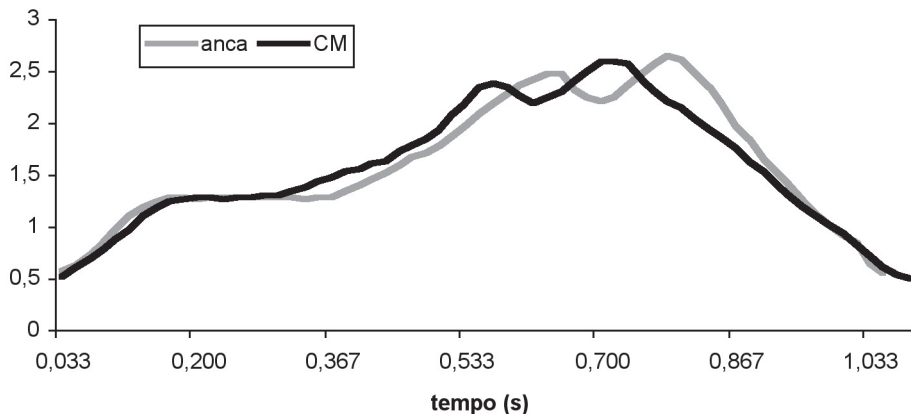


Figura 4. Comparação das curvas de variação intracíclica da velocidade horizontal de deslocamento da anca e do centro de massa (CM) de um dos nadadores que constituiu a amostra do estudo de Barbosa (2000b).

Sanders (1996) estudou entre outros parâmetros, a velocidade horizontal do deslocamento do CM em quatro nadadores e quatro nadadoras mariposistas e/ou estilistas, durante os Jogos Pan-Pacíficos. A maior velocidade horizontal do deslocamento do CM foi atingida na AA em 4 nadadores, no primeiro batimento descendente em dois nadadores e num nadador na ALE. Assim, apesar de alguma variação interindividual, parece que estes resultados são consistentes com os de Schleihauf et al. (1988), de Mason et al. (1992) e de Maglischo (1993). Da mesma forma, no que concerne à aceleração do CM, a AA, que coincide com o segundo batimento descendente, foram as fases que apresentam os valores mais elevados em quatro nadadores e a ALI em dois nadadores, como também descreve Mason et al. (1992).

Mason et al. (1992), sugerem que o “catch the wave” será um acréscimo propulsivo do deslocamento, oriundo do movimento da massa de água, decorrente do movimento ondulatório. Sanders et al. (1995) estudaram oito nadadores e oito nadadoras mariposistas e/ou estilistas. Encontraram uma correlação entre a velocidade de ondulação e a velocidade do CM de  $r=0.88$  nos nadadores e de  $r=0.96$  nas nadadoras. Assim, é provável que a energia produzida pelo movimento ondulatório se transmita ao longo do corpo numa direcção céfalo-caudal, contribuindo para a propulsão, partindo da oscilação da cabeça.

Recentemente, Colman et al. (1999) estudaram o contributo da massa de água acrescentada ao nadador na propulsão do mesmo. Observaram que durante o batimento descendente e o fim do batimento ascendente, ocorria uma aceleração do CM além de que alguma da massa de água era deflectida para trás, o que promovia como reacção, a propulsão do nadador para a frente. Também encontraram uma desaceleração na transição entre os dois batimentos, dado que nesse momento alguma água era deflectida verticalmente. Na primeira fase

do batimento ascendente, sem barbatanas, não houve desaceleração, como verificaram com o uso das mesmas. Quando não se utilizava barbatanas, apenas a hiperextensão dos joelhos permitiu aos pés moverem-se quase na vertical, o que possibilitou colocar a massa de água em rotação, criando um vórtice. Na última parte do batimento ascendente, a massa de água era deflectida para trás, devido ao aumento da velocidade do pé, que apresentava um deslocamento praticamente vertical. Isto, segundo os autores, dever-se-á à extensão dos tornozelos, combinado com a hiperextensão dos joelhos, até os MI ficarem alinhados. Em reacção será gerada propulsão.

Durante o batimento descendente e o fim do batimento ascendente, há uma aceleração do CM do corpo. A massa de água será adicionada na parte posterior do corpo do nadador. Isto implica que o CM global (CM do corpo do nadador e da massa de água) seja recolocado mais atrás do que o CM do corpo, o que resultará numa menor aceleração do CM global do que do CM do corpo (Colman et al., 1999). Na fase de renunciada desaceleração do CM do corpo, a massa de água é libertada. Isto desloca o CM global para a frente, relativamente ao CM do corpo (Colman et al., 1999). Este facto implica uma menor desaceleração do CM global do que do CM do corpo. Durante a fase de desaceleração do CM do corpo, ou seja, na transição entre o batimento ascendente e o batimento descendente, a massa de água é libertada debaixo dos MI, porque estes já não a conseguem acelerar mais. Isto desloca o CM global para a frente, relativamente ao CM do corpo (Colman et al., 1999).

Apesar do manifesto interesse que, naturalmente, estes resultados despertam, será de referir que apenas foi estudado um nadador, pelo que generalizações serão abusivas. E como referem Colman et al. (1999), terão de se realizar novos estudos, procurando quantificar a massa de água adicionada e definir mais precisamente a variação do CM global. Assim, será possível hipoteticamente desenvolver um melhor critério para a avaliação da eficiência mecânica, do que a variação da velocidade do CM do corpo.

Contudo, os estudos da velocidade e da aceleração do CM, não se quedam apenas pela análise destas problemáticas.

Figueiras (1995) observou que no segundo percurso de 25m de uma prova de 200m a Mariposa, a velocidade do CM apresentava o valor máximo durante a AA e o “*catch the wave*” ( $1,90 \pm 0,25 \text{m.s}^{-1}$ ), de seguida na saída e na recuperação dos MS ( $1,80 \pm 0,22 \text{m.s}^{-1}$ ), na entrada ( $1,60 \pm 0,39 \text{m.s}^{-1}$ ) e na ALI ( $1,60 \pm 0,36 \text{m.s}^{-1}$ ). Estes resultados não apresentaram diferenças significativas entre escalões e entre percursos. Já a aceleração do CM, em nadadores seniores, durante a recuperação foi de  $-1,18 \pm 1,89 \text{m.s}^{-2}$  e de  $+1,10 \pm 1,24 \text{m.s}^{-2}$  na AA.

De igual forma, Martins-Silva (1997) encontrou um perfil bimodal da variação intracíclica da velocidade, com valores superiores durante a AA e a ALI. Comparando nadadores de níveis competitivos distintos, verificou que os nadadores de maior rendimento apresentavam, uma maior velocidade do CM durante a recuperação

dos MS, uma menor diminuição desse parâmetro durante a entrada e a ALE, assim como uma menor variação intracíclica do parâmetro. Relativamente à aceleração, foram definidas claramente três fases de aceleração (a acção descendente, a ALI e, a AA e a saída), sendo os valores mais elevados na ALI e na AA e saída. Como se pode verificar, estes resultados são próximos dos obtidos por Mason et al. (1992). Comparando os nadadores, de acordo com o nível de rendimento, os melhores nadadores apresentavam menores diminuições da aceleração do CM durante a ALI, a AA e na entrada.

Relativamente ao estudo da velocidade e da aceleração do CM e da anca, em função da técnica de respiração utilizada, Hahn e Krug (1992) consideram que a realização de uma fase inspiratória, num ciclo gestual de Mariposa, provoca um aumento da flutuação intracíclica da velocidade. Para mais, ao inspirar-se, a velocidade de deslocamento será menor do que ao realizar-se ciclos não inspiratórios por diversas razões (Hahn e Krung, 1992). Em primeiro lugar, a execução da inspiração apresenta maiores exigências em termos de controlo do movimento. Em segundo, como já foi referido (cf. 2.3.2.2.), observa-se um aumento do ângulo absoluto entre o tronco e a água. A recuperação dos MS será mais prolongada devido à existência da fase inspiratória. Finalmente, a realização de inspiração será limitativa de uma maior intensidade do primeiro batimento descendente.

Cunha (1997) comparou a velocidade horizontal de deslocamento do CM em cada fase da acção dos MS ao realizarem-se ciclos de inspiração frontal e ciclos não inspiratórios. A velocidade desse ponto na ALE, foi significativamente superior nos ciclos não inspiratórios a 95% da velocidade máxima. Nos ciclos não inspiratórios, a aceleração foi superior e positiva a 95% da velocidade máxima. A velocidade horizontal de deslocamento do CM parece estar associada à fase de recuperação dos MS. Em nadadores não especialistas, a velocidade foi superior quando não se inspirava e em especialistas, sem diferenças significativas segundo a técnica de respiração. Além do mais, parece haver uma relação entre a inclinação do tronco durante a AA e a recuperação dos MS e a velocidade horizontal de deslocamento do CM. Isto é, uma menor inclinação durante os ciclos não inspiratórios, estará associada a uma menor Força de Arrasto Hidrodinâmico e, portanto, uma maior velocidade de deslocamento para uma dada força propulsiva.

Finalmente, Barbosa (2000b) ao comparar os três modelos respiratórios na técnica de Mariposa, verificou que a velocidade média horizontal de deslocamento do CM foi significativamente inferior nos ciclos de inspiração frontal do que nos ciclos não inspiratórios durante a entrada. A justificação apresentada pelo autor foi que essa diminuição da velocidade poderá relacionar-se com o próprio acto de inspirar. Isto é, a elevação de forma mais acentuada de parte do corpo para inspirar, ao utilizar-se a técnica de inspiração frontal promoverá uma maior área de secção transversa máxima do corpo relativamente à direcção de deslocamento e, portanto, um

aumento da Força de Arrasto a que ficará sujeito o nadador. Consequentemente, verificar-se-á uma menor velocidade de deslocamento porque para uma dada força propulsiva, a Força de Arrasto tende a aumentar significativamente.

Também foram detectadas diferenças estatisticamente significativas na velocidade média horizontal de deslocamento do CM durante a ALE (Barbosa, 2000b). Nesta fase, a variável em causa foi significativamente superior nos ciclos não inspiratórios do que nas outras duas técnicas, tal como também já tinha verificado Cunha (1997). A causa para este facto poderá radicar na superior velocidade média horizontal de deslocamento da mão durante a ALE nos ciclos não inspiratórios (cf. 2.3.3.1) a qual terá sido determinante para o comportamento da velocidade média horizontal do deslocamento do CM durante a mesma fase. Para mais, segundo Zhu (1996), nos estilos menos ondulatórios – como é o caso da técnica de Mariposa com ciclos não inspiratórios – o primeiro batimento descendente ocorrerá um pouco mais tarde do que nos estilos onde a ondulação é mais acentuada, no caso as técnicas de Mariposa com fase inspiratória. Assim, provavelmente, a maior velocidade média horizontal de deslocamento do CM durante a ALE nos ciclos não inspiratórios também poderá dever-se à ocorrência do primeiro batimento descendente não durante a entrada dos MS mais um pouco mais tarde, no início da ALE. Consequentemente, poderá observar-se um aumento significativo da velocidade média horizontal de deslocamento do CM durante a ALE nesse padrão respiratório.



# Bibliografia

---

1. ABDEL-AZIZ, Y. e KARARA, H. (1971). Direct linear transformation: from comparatur coordinates to object coordinates in close range photogrammetry. **Proceedings ASPUS Symposium on close range photogrammetry**. pp. 1-18. Church Falls.
2. ABSALYAMOV, T.; SHIRCOVETS, E. e LIPSKY, E. (1989). Analysis of competitive activity for directing training process in swimming. **FINA/LEN Coaches Clinic Swimming**. Bona.
3. ABRANTES, J. (1986). **Biomecânica do comportamento humano: formulação e validade da um modelo numérico aplicado ao padrão motor da impulsão dinâmica unilateral**. Tese de Doutoramento. Instituto Superior de Educação Física da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. *Não Publicado*.
4. ABRANTES, J. (1997). **Biomecânica**. Edições da Faculdade de Motricidade Humana. Lisboa.
5. ADRIAN, M.; SINGH, M. e KARPOVICH, P. (1966). Energy cost of leg kick, arm stroke and whole crawl stroke. **J. Appl. Physiol.** 21(6). pp. 1763-1766.
6. ADRIAN, M. E COOPER, J. (1995). **Biomechanics of human movement**. McGraw-Hill. Boston.

7. ALEXANDER, MCN. (1977). Swimming. In: McN. Alexander e G. Goldspink (eds.). **Mechanics and energetics of animal locomotion**. pp. 222-254. Wiley & sons. New York.
8. ALVES, F. (1996). Economia de nado, técnica e desempenho competitivo nas técnicas alternadas. **Natação**. V(28). Separata.
9. ALVES, F. e GOMES-PEREIRA, J. e PEREIRA, F. (1996). Determinants of energy cost of front crawl and backstroke swimming and competitive performance. In: J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert e T.A. Trappe (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VII**. pp. 185-192. E & FN Spon. London.
10. ALVES, F.; SILVA, A. e AMORIM, V. (1998). Force propulsion generation based on the body undulation, body waving and trunk rotation. Comunicação apresentada no **Encontro de Biomecânica**. Associação Portuguesa de Mecânica Teórica, Aplicada e Computacional e Sociedade Portuguesa de Biomecânica e Biomateriais. Instituto Superior Técnico. Lisboa. *Não Publicado*.
11. ALVES, F. (1998). O modelo biomecânico das técnicas de nado no século XXI: as técnicas alternadas. In: A. José Silva e J. Campaniço (eds.). **Actas do I Seminário Internacional de Natação**. pp. 9-35. Universidade de Trás-dos-Montes e Alto Douro. Vila Real.
12. AMADIO, A. (1989). **Fundamentos da Biomecânica do esporte. Considerações sobre a análise cinética e aspectos neuro-musculares do movimento**. Tese de Doutoramento. Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo. São Paulo. *Não Publicado*.
13. AMADIO, A. (1996). **Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento humano**. Edição da Universidade de São Paulo. São Paulo.
14. ANDERSEN, L. (1960). Energy cost of swimming. **Acta Physiol. Scand.** suppl (253). pp. 169-174.
15. ASTRAND, P.-O.. (1978). Aerobic power. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.). **Swimming Medicine IV**. pp. 127-131. University Park Press. Baltimore, Maryland.
16. AVDEIENKO, V. (1997). Technique training in Butterfly and Breaststroke swimmers: coaching from age to top level. Comunicação apresentada no **Seminário Internacional de Natação – Técnicas simultâneas e ondulatórias: desafios contemporâneos em Natação**. Faculdade de Ciências do

- Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. *Não Publicado*.
17. BACHMAN, J. (1983). Three Butterfly pulls. **Swimming Technique**. 29(1). pp. 23-25.
  18. BARBOSA, T.; SOUSA, F. e VILAS-BOAS, J.P. (1999). Kinematical modifications induced by the introduction of the lateral inspiration in Butterfly stroke. In: K. Keskinen, P. Komi e P. Hollander (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VIII**. pp. 15-20. Gummerus Printing. Jyvaskyla.
  19. BARBOSA, T. (2000a). **A Análise da Técnica Desportiva: – Uma Abordagem Quantitativa**. Seminário em Ciências do Desporto: “As Práticas Desportivas e o Desenvolvimento Regional”. Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Bragança. Bragança. *Não Publicado*.
  20. BARBOSA, T. (2000b). **Análise tridimensional da cinemática da técnica de Mariposa ao realizarem-se ciclos de inspiração frontal, ciclos de inspiração lateral e ciclos não inspiratórios**. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. *Não Publicado*.
  21. BARTHELS, K.M. e ADRIAN, M.J. (1971). Variability in the dolphin kick under four conditions. In: L. Lewillie e J.P. Clarys (eds.). **First International Symposium on “Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving**. pp. 105-118. Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de L’effort. Bruxelles.
  22. BARTHELS, K.M. e ADRIAN, M.J. (1975). Three dimensional spatial hands patterns of skilled Butterfly swimmers. In: L. Lewillie e J.P. Clarys (eds.). **Swimming II**. pp. 154-160. University Park Press. Baltimore.
  23. BARTHELS, K.M. (1979). The mechanism for body propulsion in swimming. In: J. Teraus e W. Bendingfied (eds.). **Swimming III**. pp. 45-54. University Park Press. Baltimore.
  24. BARTLETT, R. (1997). **Introduction to Sports Biomechanics**. E & FN Spon. New York.
  25. BAUMMAN, W. (1995). Métodos de medição e campos de aplicação da Biomecânica: estado da arte e perspectivas. **VI Congresso Brasileiro de Biomecânica**. Brasília.
  26. BEEKMAN, K. e HAY, J. (1988). Characteristics of the Front Crawl technique of swimmers with shoulder impingement syndrome. **J. Swimmng Research**. 4(3). pp. 11-14.

27. BELOKOVKY, V. (1971). An analysis of pulling motions in the crawl arm stroke. In: L. Lewillie e J.P. Clarys (eds.). **First International Symposium on "Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving.** pp. 217-221. Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de L'effort. Bruxelles.
28. BERGER, M. (1996). **Force generation and efficiency in front crawl swimming.** Tese de Doutorado. Faculty of Human Movement Sciences of the Vrije University Amsterdam. Enschede. Amsterdam.
29. CAPPAERT, J.; PEASE, D. e TROUP, J. (1996). Biomechanical highlights of world champion and olympic swimmers. In: J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert e T.A. Trappe (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VII.** pp. 76-80. E & FN Spon. London.
30. CAPPAERT, J. (1999). Biomechanics of swimming analysed by three-dimensional techniques. In: K. Keskinen, P. Komi e P. Hollander (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VIII.** pp. 141-145. Gummerus Printing. Jyväskylä.
31. CARDELLI, C.; CHOLLET, D. e LERDA, R. (1999). Analysis of the 100m front crawl as a function of skill level in non expert swimmers. **J. Human Movement Studies.** 36. pp. 51-74.
32. CARLILE, F. (1992). Selected topics on swimming research. In: C. Colwin (ed.) **Swimming into 21th century.** pp. 153-174. Leisure Press. Champaign, Illinois.
33. CATTEAU, R. e GAROFF, G. (1988). **O ensino da Natação.** Editora Manole. São Paulo.
34. CAVANAGH, P. e KRAM, R. (1985). The efficiency of human movement - a statement of the problem. **Med. and Sci. in Spts. and Exerc.** 17(3). pp. 304-308.
35. CHATARD, J.; LAVOIE, J. e LACCOUR, J. (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 VI.** pp. 173-180. E & FN Spon. London.
36. CHENGALUR, S. e BROWN, P. (1992). An analysis of male and female olympic swimmers in the 200m events. **Can. J. Spt. Sci.** 17(2). pp. 104-109.
37. CHOLLET, D. (1997). **Approche scientifique de la Natation Sportive.** Editions Vigot. Paris.
38. CLARYS, J.P.; JISKOOT, J. e LEWILLIE, L. (1973). A

- Kinematographic, electrographic and resistance study of Water Polo and competition Front Crawl. In: S. Cerquiglini, A. Venerando e J. Wartenwiller (eds.). **Biomechanics III**. pp. 446-452. Karger. Basel.
39. CLARYS, J.P. E JISKOOT, J. (1975). Total resistance of selected body positions in the Front Crawl. In: L. Lewillie e J.P. Clarys (eds.). **Swimming II**. Pp. 110-117. Univerty Park Press. Baltimore.
40. CLARYS, J.P. (1979). Human morphology and hidrodinamics. In: J. Teradus e W. Bensingfiel (eds.). **Swimming III**. pp. 3-41. Univerty Park Press. Baltimore.
41. CLARYS, J.P. (1983). A review of EMG in Swimming: explanation of facts and/or feedback information. In: A.P. Hollander, P.A. Huijing e G. de Groot (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming**. pp. 123-135. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
42. CLARYS, J.P. (1988). The Brussels Swimming EMG project. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.). **Swimming Science V**. pp. 157-172. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
43. CLARYS, J.P. (1996). The historical perspective of Swimming science. In: J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert e T.A. Trappe (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VII**. pp. xi-xxxiv. E & FN Spon. London.
44. 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 VI**. pp. 365-370. E & FN Spon. London.
45. COLMAN, V.; PERSYN, U. e UNGERECHTS, B. (1999). A mass of water added to the swimmer's mass to estimate the velocity in dolphin-like swimming below the water surface. In: K. Keskinen, P. Komi e P. Hollander (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VIII**. pp. 89-94. Gummerus Printing. Jyvaskyla.
46. COLWIN, C. (1984). Fluid dynamics: vortex circulation in swimming propulsion. **World Clinic Yearbook**. pp. 38-46. American Swimming Coaches Association.
47. COLWIN, C. (1985a). Essential fluid dynamics of swimming propulsion. **ASCA Newsletter**. Jul-Aug. pp. 22-28.

48. COLWIN, C. (1985b) Practical application of flow analysis as a coaching tool. ASCA Newsletter. Set-Out. pp. 5-8.
49. COLWIN, C. (1992). **Swimming into the 21th century**. Leisure Press. Champaign, Illinois.
50. COSTILL, D.; KOVALESKI, J.; PORTER, D.; FIELDING, R. e KING., D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. **Int. J. Sports Med.** 6(5). pp. 266-270.
51. COSTILL, D.; MAGLISCHO, E. e RICHARDSON, A. (1992). **Swimming**. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
52. COUNSILMAN, J. (1955). Forces in swimming two types of front crawl. **Res. Quart.** 26(2). pp. 127-139.
53. COUNSILMAN, J. (1968). **The Science of Swimming**. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New York.
54. COUNSILMAN, J. (1971). The application of Bernoulli's principle to human propulsion in water. In: L. Lewillie e J.P. Clarys (eds.). **First International Symposium on "Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving"**. pp. 59-71. Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de L'effort. Bruxelles.
55. COUNSILMAN, J. (1981). Hand speed and acceleration. **Swimming Technique**. 18(1). pp. 22-26.
56. CRAIG, A. e PENDERGAST, D. (1979). Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. **Medicine and Science in Sport**. 11(3). pp. 278-283.
57. CRAIG, A.; BOOMER, W. e GIBBONS, J. (1979). Use of stroke rate, distance per stroke, and velocity relationships during training for competitive swimming. In: J. Teraus e W. Bendingfied (eds.). **Swimming III**. pp. 265-274. University Park Press. Baltimore.
58. CRAIG, A.; SKEHAN, P.; PAWELCZYK, J. e BOOMER, W. (1985). Velocity, stroke rate and distance per stroke during elite swimming competition. **Med. Sci. sports Exerc.** 17(6). pp. 625-634.
59. CRIST, J. (1979). An analytical comparison between two types of Butterfly pull patterns - the crossover and the keyhole. **Swimming Technique**. 15(4). pp. 110-117.
60. CURETON, T. (1975). Factors governing success in competitive swimming: a brief review of related studies. In: L. Lewillie e

- J.P. Clarys (eds.). **Swimming II**. pp. 9-42. University Park Press. Baltimore.
61. CRUELLES, J. (1956). **Natación. Evolución de los estilos**. Editorial Juventud. Barcelona.
62. CUNHA, P. (1997). **Características cinemáticas da técnica de Mariposa em padrões respiratórios distintos**. Tese de Mestrado. Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa. *Não Publicado*.
63. DE GROOT, G. e VAN INGEN SCHENAU, G. (1988). Fundamental mechanics applied to swimming: technique and propelling efficiency. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.). **Swimming Science V**. pp. 17-29. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
64. DELEVA, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. **J. Biomechanics**. 29(9). pp. 1223-1230.
65. DE LUCA, C. (1993). **The use of surface electromyography in Biomechanics**. Watenweiler memorial lecture. International Society for Biomechanics.
66. DI PRAMPERO, P.; PENDERGAST, D.; WILSON, D. e RENNIE, D. (1974). Energetics of swimming in man. **J. Appl. Physiol.** 37(1). pp. 1-5.
67. EAST, D. (1970). Swimming: an analysis of stroke frequency, stroke length and performance. **New Zeland Journal of Health, Physical Education and Recreation**. 3. pp. 16-27.
68. FEDERATION INTERNATIONALE DE NATATION AMATEUR (1998-2000). **Regras Técnicas de Natação Pura da Federação Internacional de Natação Amadora (1998-2000)**. Tradução Portuguesa. Federação Portuguesa de Natação, Conselho Nacional de Arbitragem. Lisboa.
69. FIGUEIRAS, T. (1995). **Alterações biomecânicas da técnica de Mariposa ao longo da prova de 200 m: comparação de nadadores infantis e seniores**. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. *Não Publicado*.
70. FRIÃES, F. e VILAS-BOAS, J.P. (1992). Variação da índice de braçada e incidência técnica do treino em nadadores jovens. **Natação**. V(18). pp. 4-9.
71. GRIMSTON, S. e HAY, J. (1986). Relationship among anthropometric and stroking characteristics of college

- swimmers. **Med. and Sci. in Spts. and Exerc.** 18(1). Pp. 60-68.
72. HAHN, A. e KRUG, T. (1992). Application of knowledge gained from the coordination of partial movements in Breaststroke and Butterfly swimming for the development of technical training. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VI**. pp. 167-172. E & FN Spon. London.
73. HALJAND, R. (1997). Methods of kinematic evaluations for competition techniques in swimming and conclusions for training. In: K. Daniel, U. Huffmann e J. Klauck (eds.). **Cologne Swimming Symposium**. pp. 54-61. Sport Fahnemann. Cologne.
74. HAY, J. e GUIMARÃES, A. (1983). A quantitative look at swimming biomechanics. **Swimming Technique**. 20(2). pp. 11-17.
75. HAY, J. (1988). The status of research on the Biomechanics of Swimming. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.). **Swimming Science V**. pp. 3-14. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
76. HAY, J.; LIU, Q. e ANDREWS, J. (1993). Body roll and handpath in freestyle swimming: a computer simulation study. **J. Applied Biomechanics**. 9(3). pp. 227-237.
77. HOLLANDER, P.; DE GROOT, G.; VAN INGEN SCHENAU, G.; TUSSAINT, H.; DE BEST, W.; PEETERS, W.; MEULEMANS, A.; SCHREURS, W. (1986). Measurement of active drag during Crawl stroke swimming. **J. Sports Sci.** 4. pp. 21-30.
78. HOLLANDER, P.; DE GROOT, G.; VAN INGEN SCHENAU, G.; KAHMAN, R. e TOUSSAINT, H. (1988). Contribution of the legs to propulsion in front crawl swimming. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.). **Swimming Science V**. pp. 39-43. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
79. HOLMÉR, I. (1972). Oxygen uptake during swimming in man. **J. Appl. Physiol.** 33(4). pp. 502-509.
80. HOLMÉR, I. (1974). Physiology of swimming man. **Acta Phys. Scand.** (407). Supl.
81. HOLMÉR, I. (1975). Efficiency of breaststroke and freestyle swimming. In: L. Lewille e J.P. Clarys (eds.). **Swimming II**. pp. 130-136. University Park Press. Baltimore.
82. HOLMÉR, I. (1979). Analysis of acceleration as a measure of

- swimming proficiency. In: J. Teraus e W. Bendingfied (eds.). **Swimming III**. pp. 118-124. University Park Press. Baltimore.
83. 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. Champaign, Illinois.
84. HUIJING, P.; HOLLANDER, 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.
85. HUIJING, P.; TOUSSAINT, H.; MACKAY, R.; VERVOON, K.; CLARYS, J. e HOLLANDER, P. (1988). Active drag related to body dimensions. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.). **Swimming Science V**. pp. 31-37. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
86. IKAI, M.; ISHII, K. e MIYASHITA, M. (1964). An electromyographic study of Swimming. **Res. J. Physical Educ.** 7. pp. 47-54.\*
87. JENSEN, R. e MCILWAIN, J. (1975). Modeling of lower extremity forces in the dolphin kick. In: J. Terauds e E. Bedingfield (eds.). **Swimming III**. pp. 137-147. University Park Press. Baltimore, Maryland.
88. KARPOVICH, P. (1933). Water resistance in swimming. **Res. Quart.** 4. pp. 21-28.\*
89. KARPOVICH, P. (1935). Analysis of the propelling force in the Crawl stroke. **Res. Quart.** 6(49). Suppl. \*
90. KARPOVICH, P. e MILLMAN, N. (1944). Energy expenditure in swimming. **Am. J. Physiol.** (142). pp. 140-144.
91. KENNEDY, P.; BROWN, P.; CHENGALUR, S. e NELSON, R. (1990). Analysis of male and female olympic swimmers in the 100-meter events. **J. Sports Biomechanics.** 6(2). pp. 187-197.
92. KOLMOGOROV, S. (1997). Biomechanical evaluation and advice of technical training in Russia: arguments for the selection of the lateral inspiration in butterfly swimming. Comunicação apresentada no **Seminário Internacional de Natação – Técnicas simultâneas e ondulatórias: desafios contemporâneos em Natação**. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. *Não Publicado*.

93. 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, Maryland.
94. LAVOIE, J.-M. e MONPETIT, R. (1986). Applied Physiology of swimming. **Sports Medicine**. 3. pp. 165-188.
95. LEWILLIE, L. (1967). Analyse télemétrique de l'électromyogramme du nageur. **Trav. Soc. Méd. Belge Educ. Physique Sport**. 20. pp. 174-177.\*
96. LEWILLIE, L. (1968). Telemetrical analysis of the electromyograph. In: J. Wartenwiler, E. Jokl e M. Hebbelinck (eds.). **Biomechanics I**, pp. 147-149. S. Karger Verlag. Basel.\*
97. LEWILLIE, L. (1973). Muscular activity in swimming. **Biomechanics III**. pp. 440-445. Karger. Basel.
98. LEWILLIE, L. (1983). Research in swimming: historical and scientific aspects. In: A.P. Hollander, P.A. Huijing e G. de Groot (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming**. pp. 7-16. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
99. LIU, Q.; HAY, J. e ANDRWES, G. (1993). Body roll and handpath in freestyle swimming: na experimental study. **J. Applied Biomechanics**. 9(3). pp. 238-253.
100. LOETZ, C.; REISCHLE, K. e G. SCHMITT, G. (1988). The evaluation of highly skilled swimmers via quantitative and qualitative analysis. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.). **Swimming Science V**. pp. 361-367. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
101. MAGEL, J. e MCARDLE, W. (1970). Propelling force and metabolic and circulatory considerations in swimming. **Scholastic Coach**. (40). pp. 58-67.
102. MAGLISCHO, C.; MAGLISCHO, E.; HIGGINS, J.; HINRICHS, R.; LUEDTKE, D.; SCHLEIHAUF, R. e THAYER, A. (1988). A biomechanical analysis of the 1984 US olympic freestyle distance swimmers. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.). **Swimming Science V**. pp. 351-360. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
103. MAGLISCHO, E. (1993). **Swimming even faster**. Mayfield Publishing Company. Mountainview, California.
104. MARINHO, L. (1992). **Análise da inspiração lateral sobre a rotação longitudinal do corpo na técnica de Crawl**. Tese de Licenciatura. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. *Não Publicado*.

105. MARTINS-SILVA, A. (1997). **Variabilidade da execução técnica em situação de competição na Natação Pura. Estudo comparativo da alteração do padrão técnico no decurso de uma prova de 200 metros Mariposa entre nadadores de diferente nível de desempenho competitivo.** Tese de Mestrado. Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. *Não Publicado*.
106. MARTINS-SILVA, A.; ALVES, F. e GOMES-PEREIRA, J. (1999). Determinant factors in a 200 m butterfly swim as related to the fluctuation in horizontal velocity of the body centre of gravity. In: K. Keskinen, P. Komi e P. Hollander (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VIII**. pp. 21-24. Gummerus Printing. Jyväskylä.
107. MARTINS-SILVA, A. e ALVES, F. (2000). Determinant factors to variation in Butterfly velocity. In: R. Sander e Y. Hong (eds.). **Applied Proceedings of the XVIII International Symposium on Biomechanics in Sports – Swimming**. pp. 73-74. Faculty of Education of the University of Edinburgh. Edinburgh.
108. MASON, B.; TONG, Z. e RICHARDS, R. (1992). Propulsion in the Butterfly stroke. In: D. MacLaren, T. Reilly e A. Lees (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VI**. pp. 81-86. E & FN SPON. London.
109. MCINTYRE, D. e HAY, J. (1975). Dual media cinematography. In: L. Lewille e J.P. Clarys (eds.). **Swimming II**. pp. 51-57. University Park Press. Baltimore.
110. MENAUDS, M. e ZINS, L. (1979). **Natation Sportive**. Editions Amphora. Paris.
111. MIYASHITA, M. (1971). An analysis of fluctuations of swimming speed. In: L. Lewillie e J.P. Clarys (eds.). **First International Symposium on “Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving**. pp. 53-58. Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de L’effort. Bruxelles.
112. MIYASHITA, M. (1975). Arm action in the Crawl stroke. In: L. Lewille e J.P. Clarys (eds.). **Swimming II**. pp. 167-173. University Park Press. Baltimore.
113. MIYASHITA, M. (1977). Method of calculating overall efficiency in swimming crawl stroke. **Swim Tech**. (Fall). pp. 87-90.
114. MIYASHITA, M. (1999). Biomechanics of Swimming: past, present and future studies. In: K. Keskinen, P. Komi e P.

- Hollander (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VIII**. pp. 1-8. Gummerus Printing. Jyvaskyla.
115. MONTPETIT, R. e LAVOIE, J.-M. (1983). Aerobic cost of swimming the front crawl at high velocity in international class and adolescent swimmers. In: A.P. Hollander, P.A. Huijing e G. de Groot (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming**. pp. 228-234. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
  116. MONTPETIT, R.; CAZOLA, G. e LAVOIE, J.-M. (1988). Energy expenditure during front crawl swimming: a comparison between males and females. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Retsche (eds.). **Swimming V**. pp. 229-235. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
  117. MONTEIL, K.; ROUARD, A.; DUFOUR, A.; CAPPAERT, J. e TROUP, J. (1996). Front crawl stroke phases: discriminating kinematic and kinetic parameters In: J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert e T.A. Trappe (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VII**. pp. 45-51. E & FN Spon. London.
  118. NELSON, R. e PIKE, N. (1978). Analysis and comparison of swimming stars and strokes. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.). **Swimming Medicine IV**. pp. 347-360. University Park Press. Baltimore, Maryland.
  119. NIGG, B. (1983). Selected methodology in biomechanics with respect to swimming. In: A.P. Hollander, P.A. Huijing e G. de Groot (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming**. pp. 72-80. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
  120. NOMURA, T. (1983). The influence of training and age on VO<sub>2</sub>max during swimming in japanese elite age group and olympic swimmers. In: A.P. Hollander, P.A. Huijing e G. de Groot (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming**. pp. 252-257. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
  121. ONODERA, S.; MIYACHI, M.; YANO, H.; YANO, L.; HOSHIJIMA, Y. e HARADA, T. (1999). Effects of buoyancy and body density on energy cost during swimming. In: K. Keskinen, P. Komi e P. Hollander (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VIII**. pp. 355-358. Gummerus Printing. Jyvaskyla.
  122. OPPENHEIM, F. (1977). **Histoire de la Natation Mondiale et Française**. Editions Chiron. Paris.
  123. PAYTON, C.; BARTLETT, R. e BALTZOPOULOS, V. (1999). The contribution of body roll to hand speed in front crawl

- swimming - an experimental study. In: K. Keskinen, P. Komi e P. Hollander (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VIII**. pp. 65-70. Gummerus Printing. Jyväskylä.
124. PELAYO, P.; SIDNEY, M.; KHERIF, T.; CHOLLET, D. e TOURNY, C. (1996). Stroking characteristics in freestyle swimming and relationship with anthropometric characteristics. **J. Applied Biomechanics**. 12(2). pp. 197-206.
125. PELAYO, P.; WILLE, F.; SIDNEY, M.; BERTHOIN, S. e LAVOIE, J.-M. (1997). Swimming performances and stroking parameters in non skilled grammar school pupils: relation with age, gender and some antropometric characteristics. **J. Sports Med. Phys. Fitness**. 37(3). pp. 187-193.
126. PELAYO, P.; MAILLARD, D.; ROZIER, D. e CHOLLET, D. (1999). **De la natation ao collège et au lycée**. Editions Revue EPS. Paris.
127. PENDERGAST, D.; DI PRAMPERO, P.; CRAIG, A.; WILSON, D. e RENNIE, D. (1977). Quantitative analysis of the front crawl in men and women. **J. Appl. Physiol.** 43(3). pp. 475-479.
128. PENDERGAST, D.; DI PRAMPERO, P.; CRAIG, A. 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, Maryland.
129. PERSYN, U.; COLMAN, V. e VAN TILBORGH, L. (1992). Movement analysis of the flat and the undulate Breaststroke pattern. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VI**. pp. 75-80. E & FN Spon. London.
130. PERSYN, U.; COLMAN, V., e ZHU, J. (1997). Scientific concept and educational transfer in the undulating competitive strokes in Belgium. In: K. Daniel, U. Huffmann e J. Klauck (eds.). **Cologne Swimming Symposium**. pp. 34-40. Sport Fahnemann. Cologne.
131. PEZZARAT CORREIA, P.; MIL-HOMENS, P. e VELOSO, A. (1993). **Electromiografia. Fundamentação fisiológica. Métodos de recolha e processamento. Aplicações cinesiológicas**. Edições da Faculdade de Motricidade Humana. Lisboa.
132. REISCHLE, K. (1993). **Biomechanica de la Natacion**. Gymnos Editorial. Madrid.

133. RENNIE, D.; DI PRAMPERO, P.; WILSON, D. e PENDERGAST, D. (1973). Energetics of swimming the crawl (abstract). **Physiology**. 32(3). pp. 422.
134. RENNIE, D.; PEDERGAST, D. e DI PRAMPERO, P. (1975). Energetics of swimming in man. In: L. Lewillie e J.P. Clarys (eds.). **Swimming II**. pp. 97-104. University Park Press. Baltimore.
135. ROUARD, J., SCHLEIHAUF, R. e TROUP, J. (1996). Hand forces and phase in freestyle stroke. In: J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert e T.A. Trappe (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VII**. pp. 34-44. E & FN Spon. London.
136. RUSHALL, B. (1996). Breathing actions in Butterfly swimming. **Carlile Coaches Forum**. 2(6).
137. SAIBENE, F.; CERRETELLI, P. e DI PRAMPERO, P. (1983). Exercise bioenergetics: the analysis of some sport activities. In: H. Matsoi e K. Kobayashi (eds.). **Biomechanics VIII-B**. pp. 703-721. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
138. SANDERS, R.; CAPPERT, J. e DEVLIN, R. (1995). Wave characteristics of Butterfly Swimming. **J. Biomechanics**. 28(1). pp. 9-16.
139. SANDERS, R. (1996). Some aspects of butterfly technique of New Zeland Pan Pacific squad swimmers. In: J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert e T.A. Trappe (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VII**. pp. 23-28. E & FN Spon. London.
140. SANTOS SILVA, J. (1994). **Indicadores técnicos em Natação. Estudo exploratório em nadadores nacionais**. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. *Não Publicado*.
141. SCHEUCHENZUBER, J. (1974). **Kinetic and kinematic characteristics in the performance of tethered and non-tethered swimming of the front crawl arm stroke**. Prova complementar para obtenção de doutoramento. School of Health, Physical Education and Recreation of the Indiana University. Indiana. *Não publicado*.\*
142. SCHLEIHAUF, R. (1979). A hidrodinamic analysis of Swimming propulsion. In: J. Teraus e W. Bendingfied (eds.). **Swimming III**. pp. 70-117. University Park Press. Baltimore.
143. SCHLEIHAUF, R. (1986). Swmming skill: a review of basic

- theory. **J. Swimming Research**. 2(2). pp. 11-20.
144. SCHLEIHAUF, R.; HIGGINS, J.; HINRICHS, R.; LUERTKED, D.; MAGLISCHO, L.; MAGLISCHO, E. e THAYER, A. (1988). Propulsive techniques : Front Crawl Stroke, Butterfly, Backstroke and Breaststroke. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Retsche (eds.). **Swimming V**. pp. 53-59. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
145. SIDNEY, M.; DELHAYE, B.; BAILLON, M. e PELAYO., P. (1999). Stroke frequency evolution during 100 m and 200 m events front crawl swimming. In: K. Keskinen, P. Komi e P. Hollander (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VIII**. pp. 71-75. Gummerus Printing. Jyvaskyla.
146. SMITH, H.; MONTPETIT, 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(1/2). pp. 182-188.
147. SOARES, P. (1997). **Alterações da técnica de Bruços com a velocidade de nado. Estudo comparativo da técnica de Bruços quando executada à velocidade média das provas de 200, 100 e 50 metros em dois grupos de rendimento desportivo distintos**. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. *Não Publicado*.
148. SVEC, O. (1982). Biofeedback for pulling efficiency. *Swimming Technique*. 19(1). pp. 38-46.
149. TAVARES DA SILVA, A. (1981). **História da Natação**. Instituto Superior de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. *Não Publicado*.
150. TOGASHI, T. e NOMURA, T. (1992). A biochemical analysis of the swimmer using the butterfly stroke. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VI**. pp. 87-91. E & FN Spon. London.
151. TOURNY, C. (1992). **Analyse des parametres biomecaniques du nageur de brasse de haut niveau**. Tese de Doutoramento. Universidade de Montpellier. Montpellier. *Não Publicado*.
152. TOUSSAINT, H.; VAN DER HELM, F.; ELZERMAN, J.; HOLLANDER, P.; DE GROOT, G. e VAN INGEN SCHENAU, I. (1983). A power balance applied to swimming. In: P. Hollander, P. Huijijng e G. de Groot (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming**. pp. 165-172. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.

153. TOUSSAINT, H. (1988). **Mechanics and energetics of swimming**. Tese de Doutorado. Faculty of Human Movement Sciences of the Vrije University Amsterdam. Enschede. Amsterdam.
154. TOUSSAINT, H.; HOLLANDER, P.; DE GROOT, G.; VAN INGEN SCHENAU, G.; VERVOON, K.; DE BEST, H.; MEULEMANS, T. e SCHREURS, W. (1988). Measurement of efficiency in swimming man. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Retsche (eds.). **Swimming V**. pp. 45-52. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
155. TOUSSAINT, H. (1990). Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. **Med. Sci. Sports Exerc.** 22(3). pp. 409-415.
156. TOUSSAINT, H.; KNOPS, W.; DE GROOT, G. e HOLLANDER, P. (1990). The mechanical efficiency of front crawl swimming. **Med. Sci. Sports Exerc.** 22(3). pp. 402-408.
157. TOUSSAINT, H. (1992). Performance determining factors in front crawl swimming. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VI**. pp. 13-32. E & FN Spon. London.
158. TOUSSAINT, H. e HOLLANDER, P. (1994). Mechanics and energetics of front crawl swimming. In: M. Miyashita, Y. Mutoh e A. Richardson (eds.). **Medicine and science in aquatic sports**. pp. 107-116. Karger. Basel.
159. TROUP, J. e DANIELS, J. (1986). Swimming economy: an introductory review. **J. Swimming Research**. 2(1). pp. 5-9.
160. TOWN, G. e VANESS, J. (1990). Conditioning swimmers. Aerobic and anaerobic responses to controlled frequency breathing under watchful eye. **Sw. Tech.** 27(1). pp. 8-12.
161. UNGERECHTS, B. (1983). A comparison of the movements of the rear parts of dolphins and butterfly swimmers. In : P. Hollander, P. Huijting e G. de Groot (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming**. pp. 215-221. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
162. UNGERECHTS, B. (1985). Considerations of the butterfly kick based on hydrodynamical experiments. In: S. Perren e E. Snneider (eds.). **Biomechanics: current interdisciplinary research**. pp. 705-710.. Nijhoff Publishers. Dordrecht, NL.
163. UNGERECHTS, B. (1988). The relation of peak body acceleration to phases of movements in Swimming. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.). **Swimming Science V**. pp. 61-66. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.

164. VAN HANDEL, P.; KATZ, A.; MORROW, J.; TROUP, J.; DANIELS, J. e BRADLEY, P. (1988). Aerobic economy and competitive performance of US elite swimmers. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.). **Swimming Science V**. pp. 219-227. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
165. VANMANEN, J. e RIJKEN, H. (1975). Dynamic measurement techniques on swimming bodies at Netherlands ship model basin. In: L. Lewille e J.P. Clarys (eds.). **Swimming II**. pp. 70-79. University Park Press. Baltimore.
166. VILAS-BOAS, J.P. (1987a). **O mecanismo propulsivo em Natação**. Aula síntese apresentada nas Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. *Não Publicado*.
167. VILAS-BOAS, J.P. (1987b). **Análise das previsíveis repercussões dos novos regulamentos na técnica de Bruços**. Comunicação apresentada no X Congresso Técnico-Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação. Póvoa de Varzim.
168. VILAS-BOAS, J.P. (1987c). **Estudo comparativo do nível global de adequação mecânica das variantes formal e natural da técnica de Bruços**. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Instituto Superior de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. *Não Publicado*.
169. VILAS-BOAS, J.P. (1993). **Caracterização Biofísica de três variantes da técnica de Bruços**. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Medisa. Porto.
170. VILAS-BOAS, J.P. (1996). Speed fluctuations and energy cost of different breaststroke techniques. In: J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert e T.A. Trappe (eds.). **Biomechanics and Medicine in Swimming VII**. pp. 167-171. E & FN Spon. London.
171. WEINECK, J. (1989). **Manual de treinamento esportivo**. Editora Manole. São Paulo.
172. WILLE, F. e PELAYO, P. (1993). Evaluation et indice de nage. **EPS**. (244). pp. 57-60.
173. WILMORE, J. e COSTILL, D. (1994). **Physiology of sport and exercise**. Human Kinetics. Champaign, Illinois.
174. WINTER, D. (1990). **Biomechanic and motor control of human movement**. John Wiley and sons. Chichester.

175. WOOD, T. (1979). A fluid dynamic analysis of the propulsive potential of the hand forearm in swimming. In: J. Teraus e W. Bendingfied (eds.). **Swimming III**. pp. 62-69. University Park Press. Baltimore.
176. ZHU, J. (1996). **Trunk rotations, body waving and kineanthropometric characteristics in the symmetrical swimming strokes**. Tese de Doutoramento. Universidade Católica de Leuven. *Não Publicado*.
177. ZHU, J.; PERSYN, U. e COLMAN, V. (1997). Screening of kinanthropometric characteristics relevant for swimming strokes and style variantes In: K. Daniel, U. Huffmann e J. Klauck (eds.). **Cologne Swimming Symposium**. pp. 80-89. Sport Fahnemann. Cologne.

\* citação indirecta

## Títulos publicados:

- 1 · **A agricultura nos distritos de Bragança e Vila Real**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1985
- 2 · **Política económica francesa**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1985
- 3 · **A educação e o ensino no 1º quartel do século XX**  
José Rodrigues Monteiro e Maria Helena Lopes Fernandes  
– 1985
- 4 · **Trás-os-Montes nos finais do século XVIII: alguns aspectos económico-sociais**  
José Manuel Amado Mendes – 1985
- 5 · **O pensamento económico de Lord Keynes**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1986
- 6 · **O conceito de educação na obra do Abade de Baçal**  
José Rodrigues Monteiro – 1986
- 7 · **Temas diversos – economia e desenvolvimento regional**  
Joaquim Lima Pereira – 1987
- 8 · **Estudo de melhoramento do prado de aveia**  
Tjarda de Koe – 1988
- 9 · **Flora e vegetação da bacia superior do rio Sabor no Parque Natural de Montesinho**  
Tjarda de Koe – 1988
- 10 · **Estudo do apuramento e enriquecimento de um pré-concentrado de estanho tungsténio**  
Arnaldo Manuel da Silva Lopes dos Santos – 1988
- 11 · **Sondas de neutrões e de raios Gama**  
Tomás d'Aquino Freitas Rosa de Figueiredo – 1988
- 12 · **A descontinuidade entre a escrita e a oralidade na aprendizagem**  
Raul Iturra – 1989
- 13 · **Absorção química em borbulhadores gás-líquido**  
João Alberto Sobrinho Teixeira – 1990

- 
- 14 · **Financiamento do ensino superior no Brasil – reflexões sobre fontes alternativas de recursos**  
Victor Meyer Jr. – 1991
  - 15 · **Liberalidade régia em Portugal nos finais da idade média**  
Vitor Fernando Silva Simões Alves – 1991
  - 16 · **Educação e loucura**  
José Manuel Rodrigues Alves – 1991
  - 17 · **Emigrantes regressados e desenvolvimento no Nordeste Interior Português**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1991
  - 18 · **Dispersão em escoamento gás-líquido**  
João Alberto Sobrinho Teixeira – 1991
  - 19 · **O regime térmico de um luvissole na Quinta de Santa Apolónia**  
Tomás d'Aquino F. R. de Figueiredo - 1993
  - 20 · **Conferências em nutrição animal**  
Carlos Alberto Sequeira - 1993
  - 21 · **Bref aperçu de l'histoire de France – des origines à la fin du II<sup>e</sup> empire**  
João Sérgio de Pina Carvalho Sousa – 1994
  - 22 · **Preparação, realização e análise / avaliação do ensino em Educação Física no Primeiro Ciclo do Ensino Básico**  
João do Nascimento Quina – 1994
  - 23 · **A pragmática narrativa e o confronto de estéticas em *Contos de Eça de Queirós***  
Henriqueta Maria de Almeida Gonçalves – 1994
  - 24 · **“Jesus” de Miguel Torga: análise e proposta didáctica**  
Maria da Assunção Fernandes Morais Monteiro – 1994
  - 25 · **Caracterização e classificação etnológica dos ovinos churros portugueses**  
Alfredo Jorge Costa Teixeira – 1994
  - 26 · **Hidrogeologia de dois importantes aquíferos (Cova de Lua, Sabariz) do maciço polimetamórfico de Bragança**  
Luís Filipe Pires Fernandes – 1996

- 
- 27 · **Micorrização in vitro de plantas micropropagadas de castanheiro (*Castanea sativa* Mill)**  
Anabela Martins – 1997
- 28 · **Emigração portuguesa: um fenómeno estrutural**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1995
- 29 · **Lameiros de Trás-os-Montes: perspectivas de futuro para estas pastagens de montanha**  
Jaime Maldonado Pires; Pedro Aguiar Pinto; Nuno Tavares Moreira – 1994
- 30 · **A satisfação / insatisfação docente**  
Francisco Cordeiro Alves – 1994
- 31 · **O subsistema pecuário de bovinicultura na área do Parque Natural de Montesinho**  
Jaime Maldonado Pires; Nuno Tavares Moreira – 1995
- 32 · **A terra e a mudança – reprodução social e património fundiário na Terra Fria Transmontana**  
Orlando Afonso Rodrigues – 1998
- 33 · **Desenvolvimento motor: indicadores bioculturais e somáticos do rendimento motor de crianças de 5/6 anos**  
Vítor Pires Lopes – 1998
- 34 · **Estudo da influência do conhecimento prévio de alunos portugueses na compreensão de um texto em língua inglesa**  
Francisco Mário da Rocha – 1998
- 35 · **La crise de Mai 68 en France**  
João Sérgio de Pina Carvalho Sousa – 1999
- 36 · **Linguagem, psicanálise e educação: uma perspectiva à luz da teoria lacaniana**  
José Manuel Rodrigues Alves
- 37 · **Contributos para um estudo das funções da tecnologia vídeo no ensino**  
Francisco Cordeiro Alves – 1998
- 38 · **Sistemas agrários e melhoramento dos bovinos de raça Mirandesa**  
Fernando Jorge Ruivo de Sousa – 1998

- 
- 39 · **Enclaves de clima Cfs no Alto Portugal – a difusa transição entre a Ibéria Húmida e a Ibéria Seca**  
Ário Lobo Azevedo; Dionísio Afonso Gonçalves; Rui Manuel Almeida Machado – 1995
- 40 · **Desenvolvimento agrário na Terra Fria – condicionantes e perspectivas**  
Duarte Rodrigues Pires – 1998
- 41 · **A construção do planalto transmontano – Baçal, uma aldeia do planalto**  
Luísa Genésio – 1999
- 42 · **Antologia epistolográfica de autores dos sécs. XIX-XX**  
Lurdes Cameirão – 1999
- 43 · **Teixeira de Pascoaes e o projecto cultural da “Renascença Portuguesa”**  
Lurdes Cameirão – 2000
- 44 · **Descargas atmosféricas – sistemas de protecção**  
Joaquim Tavares da Silva
- 45 · **Redes de terra – princípios de concepção e de realização**  
Joaquim Tavares da Silva
- 46 · **O sistema tradicional de exploração de ovinos em Bragança**  
Carlos Barbosa – 2000
- 47 · **Eficiência de utilização do azoto pelas plantas**  
Manuel Ângelo Rodrigues, João Filipe Coutinho – 2000
- 48 · **Elementos de física e mecânica aplicada**  
João Alberto Sobrinho Teixeira
- 49 · **A Escola Preparatória Portuguesa – Uma abordagem organizacional**  
Henrique da Costa Ferreira
- 50 · **Agro-ecological characterization of N. E. Portugal with special reference to potato cropping**  
T. C. Ferreira, M. K. V. Carr, D. A. Gonçalves – 1996
- 51 · **A participação dos professores na direcção da Escola Secundária, entre 1926 e 1986**  
Henrique da Costa Ferreira – 2002

- 
- 52 · **A evolução da Escola Preparatória – o conceito e componentes curriculares**  
Henrique da Costa Ferreira
- 53 · **O Homem e a biodiversidade (ontem, hoje... amanhã)**  
António Réffega – 1997
- 54 · **Conservação, uso sustentável do solo e agricultura tropical**  
António Réffega – 1997
- 55 · **A teoria piagetiana da equilibração e as suas consequências educacionais**  
Henrique da Costa Ferreira
- 56 · **Resíduos com interesse agrícola - Evolução de parâmetros de compostagem**  
Luís Manuel da Cunha Santos – 2001
- 57 · **A dimensão preocupacional dos professores**  
Francisco dos Anjos Cordeiro Alves – 2001
- 58 · **Análise não-linear do comportamento termo-mecânico de componentes em aço sujeitas ao fogo**  
Elza M. M. Fonseca e Paulo M. M. Vila Real – 2001
- 59 · **Futebol - Referências sobre a orientação do jogo**  
João do Nascimento Quina – 2001
- 60 · **Processos de cozedura em cerâmica**  
Helena Canotilho – 2004
- 61 · **Labirintos da escrita, labirintos da natureza em "As Terras do Risco" de Agustina Bessa-Luís**  
Helena Génésio – 2002
- 62 · **A construção da escola inclusiva - um estudo sobre a escola em Bragança**  
Maria Fernandes Ferreira – 2003
- 63 · **Atlas das aves nidificantes da Serra da Nogueira**  
Domingos Patacho
- 64 · **Dialecto rionorês... contributo para o seu estudo**  
Dina Macias – 2003

- 
- 65 · **O desenvolvimento vocabular na criança de quatro anos**  
Dina Macias – 2002
  - 66 · **Barbela, um trigo escravo - a cultura tradicional de trigo na terra fria bragançana**  
Ana Maria Carvalho
  - 67 · **A língua inglesa: uma referência na sociedade da globalização**  
Eliane Cristine Raab Pires – 2002
  - 68 · **Etnobotânica das aldeias da Moimenta da Raia e Rio de Onor**  
Ana Maria Carvalho e Ana Paula Rodrigues
  - 69 · **Caracterização biofísica da técnica da Mariposa**  
Tiago Barbosa – 2004