



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

Variações intracíclicas da velocidade na Técnica de Bruços.
Análise efectuada através de dois sistemas de monitorização.

Orientador: Professor Doutor João Paulo Vilas-Boas

Co-Orientador: Dr. Lima Barreto

Autor: Fernando Capitão

Porto, 2005

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

Variações intracíclicas da velocidade na Técnica de Bruços.
Análise efectuada através de dois sistemas de monitorização.

Monografia realizada no âmbito da disciplina de Seminário, do 5º ano do Curso
de Licenciatura em Ciências do Desporto e de Educação Física, da Opção
Complementar de Desporto de Rendimento – Natação.

Orientador: Professor Doutor João Paulo Vilas-Boas
Co-Orientador: Dr. Lima Barreto
Autor: Fernando Capitão

Porto, 2005

À minha mãe,
exemplo de luta e perseverança,
orgulho-me de ser teu filho.

Agradecimentos

Um estudo desta natureza não é exequível sem o contributo de várias pessoas, às quais, no mínimo, devo agradecer.

Ao Prof. Doutor João Paulo Vilas-Boas pelos ensinamentos e altas expectativas colocadas. Incentivo fundamental.

Ao Dr. Lima pela co-orientação, apoio, ânimo, amizade... por tudo.

Ao Ms. Ricardo Fernandes pelo acompanhamento e condução da minha formação. Por ter marcado a minha vida académica.

Ao Eng. Pedro Gonçalves pela sua total disponibilidade na resolução e discussão de problemas técnicos fundamentais para este trabalho.

Aos meus colegas de turma, pela amizade e entreajuda que nos uniu.

À minha mãe a quem tudo devo, agradeço o apoio, paciência e crença em mim.

À minha irmã, pela amizade e conforto que sempre me deu.

Ao meu pai, agradeço o maior ensinamento que a vida me podia dar... vale sempre a pena lutar mais um pouco. Partilho este momento contigo.

À Carina... ensinaste-me a lutar pelo que quero. Agradeço-te a alegria e carinho que trouxeste à minha vida. Precisava do abanão que me deste. Foste o meu maior incentivo.

Índice Geral

I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO DA LITERATURA	4
1. A NATAÇÃO – ORIGEM E EVOLUÇÃO HISTÓRICA.....	4
1.1. <i>Da antiguidade à NPD.....</i>	4
1.2. <i>Origem e evolução da técnica de Bruços.....</i>	5
2. AS TÉCNICAS DE NADO EM NPD	5
2.1. <i>Enquadramento da técnica de bruços.....</i>	5
2.2. <i>Condicionantes regulamentares.....</i>	5
2.3. <i>Descrição da técnica.....</i>	6
2.3.1. <i>Posição corporal.....</i>	7
2.3.2. <i>Acção dos membros superiores</i>	7
2.3.2.1. <i>Acção lateral exterior (ALE) – OutswEEP</i>	7
2.3.2.2. <i>Acção descendente (AD) – DownswEEP</i>	8
2.3.2.3. <i>Acção lateral interior (ALI) – InswEEP</i>	8
2.3.2.4. <i>Recuperação.....</i>	8
2.3.3. <i>Acção dos membros inferiores</i>	9
2.3.3.1. <i>Recuperação.....</i>	9
2.3.3.2. <i>Acção Lateral Exterior (ALE) - OutswEEP</i>	10
2.3.3.3. <i>Acção descendente (AD) – DownswEEP.....</i>	10
2.3.3.4. <i>Acção Lateral Interior (ALI) – InswEEP</i>	11
2.3.3.5. <i>Deslize</i>	11
2.3.4. <i>Sincronização entre membros superiores e membros inferiores .</i>	11
2.3.5. <i>Braçada subaquática em bruços</i>	12
2.3.6. <i>Respiração</i>	13
2.4. <i>Variação intracíclica da velocidade de nado</i>	13
3. INVESTIGAÇÃO BIOMECÂNICA EM NPD.....	15
3.1. <i>Importância da técnica em NPD.....</i>	15
3.2. <i>Deslocamento do centro de massa como critério de eficiência.....</i>	17
3.3. <i>Abordagens científicas da biomecânica aplicada à natação</i>	18
3.3.1. <i>Cinem�tria</i>	19

3.4. <i>Variação intracíclica da velocidade de nado</i>	20
3.4.1. Cinemática da anca versus cinemática do CG	22
3.4.2. Métodos de determinação das variações de velocidade de nado	24
III. PARTE EXPERIMENTAL	26
1. OBJECTIVOS E HIPÓTESES	26
1.1. <i>Objectivos</i>	26
1.2. <i>Hipóteses</i>	26
2. METODOLOGIA	27
2.1. <i>Amostra e envolvimento</i>	27
2.1.1. Caracterização da amostra	27
2.1.2. Caracterização do envolvimento	28
2.2. <i>Preparação dos elementos da amostra</i>	28
2.3. <i>Procedimentos gerais</i>	28
2.4. <i>Medição das variações intracíclicas da velocidade do nadador</i>	29
2.4.1. Equipamento de registo	29
2.4.1.1. Por processamento de imagem	29
2.4.1.2. Por velocímetro	30
2.5. <i>Análise dos registos</i>	31
2.5.1. Por processamento de imagens	31
2.5.2. Por velocímetro	32
2.5.3. Sincronização	33
2.6. <i>Variáveis em estudo</i>	33
2.6.1. Variáveis independentes	33
2.6.2. Variáveis dependentes	33
2.7. <i>Tratamento dos registos</i>	33
2.7.1. Tratamento estatístico	34
3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	35
3.1. <i>Variação intracíclica da velocidade CG (viV_{CG})</i>	35
3.1.1. Perfil de um nadador aleatório da amostra	35
3.1.2. Perfil da amostra total	36
3.1.3. Perfil em função do género	37
3.1.4. Perfil em função da especialidade	38

3.2. Variação intracíclica da velocidade da Anca	40
3.2.1. Por processamento de imagens (viV_{anca1})	40
3.2.2. Por velocímetro (viV_{anca2})	41
3.3. Relação entre parâmetros	42
4. DISCUSSÃO	45
4.1. Discussão da metodologia	45
4.2. Discussão dos resultados	46
4.2.1. Variação intracíclica da velocidade CG (viV_{CG})	46
4.2.1.1. Perfil de um nadador	46
4.2.1.2. Perfil da amostra total	47
4.2.1.3. Perfil em função do género	47
4.2.1.4. Perfil em função da especialidade	49
4.2.2. Variação intracíclica da velocidade da Anca	51
4.2.2.1. Por processamento de imagens (viV_{anca1})	51
4.2.2.2. Por velocímetro (viV_{anca2})	51
4.2.3. Relação entre parâmetros	52
IV. CONCLUSÕES	55
V. BIBLIOGRAFIA	57

Índice de figuras

FIGURA 1: DIAGRAMA DOS FACTORES DETERMINANTES DO RENDIMENTO DESPORTIVO DO NADADOR (ADAPTADO DE FERNANDES E VILAS-BOAS, 2002).....	1
FIGURA 2: DETERMINANTES DA PRESTAÇÃO EM NATAÇÃO (ADAPTADO DE TOUSSAINT, 1992).....	16
FIGURA 3: NADADOR COM MARCAÇÕES NOS PONTOS ANATÓMICOS DE REFERÊNCIA.	28
FIGURA 4: MÉTODO DE REGISTO DE IMAGENS DE DUPLO MEIO (VILAS-BOAS, 1997)..	29
FIGURA 5: VELOCÍMETRO DESENVOLVIDO POR LIMA ET AL. (2003).....	30
FIGURA 6: GRÁFICO VELOCIDADE/TEMPO OBTIDO EM TEMPO REAL.	31
FIGURA 7: PERFIL DA $V_{V_{CG}}$ DE UM NADADOR ALEATÓRIO DA AMOSTRA.	35
FIGURA 8: HISTOGRAMA REPRESENTATIVO DOS VALORES DO CG EM CADA PONTO DE REFERÊNCIA EM FUNÇÃO DO GÉNERO COM AS RESPECTIVAS LINHAS DE TENDÊNCIA E DESVIOS PADRÃO.	38
FIGURA 9: HISTOGRAMA REPRESENTATIVO DOS VALORES DE VELOCIDADE DO CG EM CADA PONTO DE REFERÊNCIA EM FUNÇÃO DA ESPECIALIDADE COM AS RESPECTIVAS LINHAS DE TENDÊNCIA E DESVIOS PADRÃO.....	40
FIGURA 10: DIAGRAMA DE DISPERSÃO E LINHAS DE TENDÊNCIA REFERENTES AOS PERFIS DE V_{ICG} , V_{ANCA1} E V_{ANCA2} DE TODA A AMOSTRA EM ESTUDO.	44

Índice de quadros

QUADRO 1: VANTAGENS E DESVANTAGENS DE DOIS MÉTODOS PARA MONITORIZAÇÃO DAS VARIAÇÕES INTRACÍCLICAS DA VELOCIDADE DO NADADOR (ADAPTADO DE VILAS-BOAS, 1997A).	25
QUADRO 2: VALORES MÉDIOS E DESVIOS-PADRÃO (DP) DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS INDIVÍDUOS CONSTITUINTES DA AMOSTRA, EM FUNÇÃO DO GÊNERO.	27
QUADRO 3: 13 PONTOS ANATÓMICOS DIGITALIZADOS EM CADA FOTOGRAMA DE UM CICLO COMPLETO DE NADO.	32
QUADRO 4: PONTOS ANALISADOS EM CADA CICLO DE NADO.....	34
QUADRO 5: VALORES MÉDIOS E RESPECTIVOS DESVIOS-PADRÃO (DP) DO TEMPO (T) E VELOCIDADE (V) DA VICG EM CADA PONTO DE REFERÊNCIA, PARA A TOTALIDADE DA AMOSTRA.	36
QUADRO 6: VALORES MÉDIOS E RESPECTIVOS DESVIOS-PADRÃO DO TEMPO (T) E VELOCIDADE (V) DA VICG EM CADA PONTO DE REFERÊNCIA, EM FUNÇÃO DO GÊNERO.....	37
QUADRO 7: VALORES MÉDIOS E RESPECTIVOS DESVIOS-PADRÃO DO TEMPO (T) E VELOCIDADE (V) DA VIVCG EM CADA PONTO DE REFERÊNCIA, EM FUNÇÃO DA ESPECIALIDADE.....	39
QUADRO 8: VALORES MÉDIOS E RESPECTIVOS DESVIOS-PADRÃO (DP) DO TEMPO (T) E VELOCIDADE (V) DA VIANCA1 EM CADA PONTO DE REFERÊNCIA, PARA A TOTALIDADE DA AMOSTRA.....	41
QUADRO 9: VALORES MÉDIOS E RESPECTIVOS DESVIOS-PADRÃO (DP) DO TEMPO (T) E VELOCIDADE (V) DA VIANCA2 EM CADA PONTO DE REFERÊNCIA, PARA A TOTALIDADE DA AMOSTRA.....	42
QUADRO 10: VALORES DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE VICG - VIANCA1; VIANCA1-VIANCA2; VIANCA2-VICG, POR CICLO COMPLETO DE NADO.	43
QUADRO 11: VALORES MÉDIOS E RESPECTIVOS DESVIOS-PADRÃO DO TEMPO (T) E VELOCIDADE (V) DA VIVCG EM CADA PONTO DE REFERÊNCIA, EM FUNÇÃO DA ESPECIALIDADE, PARA O ESCALÃO SÊNIOR.	50

Resumo

O objectivo do presente estudo foi o de analisar as variações intracíclicas da velocidade em Bruços, através da análise da sua variação no Centro de Gravidade e num ponto anatómico fixo – a anca. A amostra foi constituída por 10 nadadores pertencentes aos escalões juvenil, júnior e sénior sendo 7 do género feminino e 3 do género masculino, sendo 6 especialistas e 4 não especialistas. Cada elemento efectuou, partindo de dentro de água, um percurso de 25 metros Bruços. Foi objecto de estudo, um ciclo de nado perfazendo um total de 10. O estudo consistiu em verificar se as variações intracíclicas da velocidade da anca (por processamento de imagem – ViV_{anca1} ; e por velocímetro – ViV_{anca2}) apresentam padrões similares entre si, e com a variação intracíclica da velocidade do CG (ViV_{CG}). Foram também objecto de estudo e análise a ViV_{CG} : de um nadador aleatório; da amostra total; em função do género e da especialidade, através do sistema de análise do movimento “*Ariel Performance Analysis System*” da *Ariel Dynamics Inc.*, com imagens captadas em duplo meio. Relativamente à ViV_{CG} de um nadador aleatório, apresentou um perfil de dois picos de velocidade com valores mais elevados no decorrer da ALI dos MI. Para a amostra total, os valores médios de velocidade alcançados foram inferiores aos da literatura. Em função do género os valores de velocidade não foram invariavelmente superiores para o género masculino, sendo inferiores em vV_{minIC} e $vV_{máx mas}$. O coeficiente de variação para o género feminino foi (0.431) e para o género masculino (0.426). Quanto à especialidade os valores de velocidade da ALI dos MI foram superiores nos especialistas (1.620m/s) em comparação com os não especialistas (1.582m/s), que obtiveram valores de velocidade da ALI dos MS mais elevados (1.401m/s) do que os especialistas (1.385m/s). O coeficiente de variação para os especialistas foi (0.439) e para os não especialistas (0.408). As correlações foram positivas e significativas de ViV_{anca1} com ViV_{CG} ($r=0.921$), de ViV_{anca2} com ViV_{CG} ($r=0.904$) e de ViV_{anca1} com ViV_{anca2} ($r=0.960$).

Palavras Chave: Natação Pura Desportiva; Variação Intracíclica da Velocidade; Bruços.

Abreviaturas

cf. – confrontar

dif. – diferença

dp – desvio-padrão

et al. – e colaboradores

fig. – figura

FINA – Federation International de Natacion Amateur

Hz – Hertz

i.e. – isto é

J.O. – Jogos Olímpicos

m – metros

cm – centímetros

m/s – metros por segundo

p – valor probabilístico associado à rejeição da hipótese nula

MI – membros inferiores

MS – Membros superiores

n – número de elementos

NPD – Natação Pura Desportiva

° - Graus

°C – Graus Centígrados

P – Força propulsiva

D – Força de arrastamento

r – coeficiente de correlação de Pearson

T – tempo

V – velocidade

viV_{anca} – variação intracíclica da velocidade da anca

viV_{CG} – variação intracíclica da velocidade do centro de gravidade

$vV_{m\acute{a}x\ aMI}$ – Valor de velocidade no pico máximo de velocidade da primeira acção dos MI

vV_{minIC} – Valor de velocidade no pico mínimo de velocidade entre ALI MI e ALI MS

$v_{V_{\text{máx mas}}}$ – Valor de velocidade no pico máximo de velocidade da primeira acção dos MS

$v_{Vt=0}$ – valor do início do ciclo

$v_{Vt=1}$ – valor do final do ciclo

I. Introdução

A Natação enquanto desporto engloba quatro modalidades distintas: Natação Pura Desportiva (NPD); Natação Sincronizada; Pólo Aquático e Saltos para a Água. Nesta monografia iremos abordar apenas a NPD e seus factores inerentes ao rendimento e performance. Centrando-nos na perspectiva de Fernandes e Vilas-Boas (2002), são cinco os agentes determinantes da melhoria do rendimento: os factores biomecânicos, bioenergéticos e psicológicos que influenciam de forma directa, e os contextuais e genéticos de forma indirecta (cf. fig. 1).

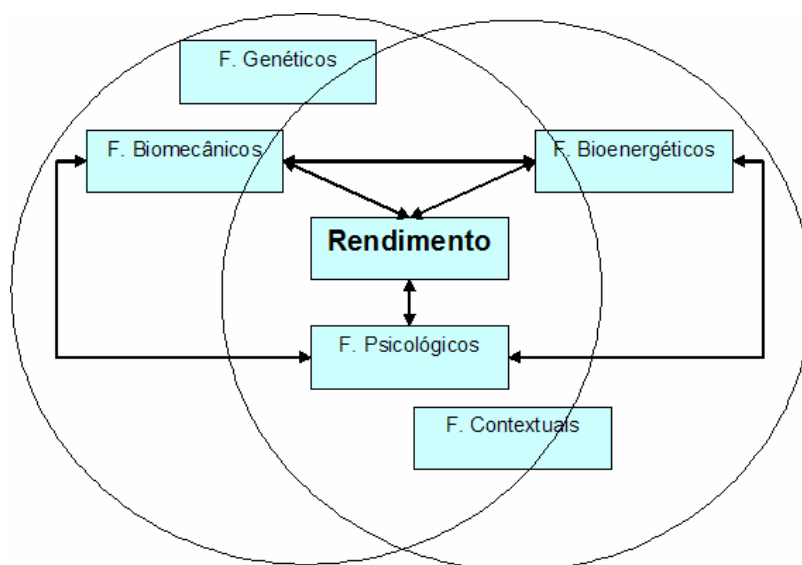


Figura 1: Diagrama dos factores determinantes do rendimento desportivo do nadador (adaptado de Fernandes e Vilas-Boas, 2002).

Percebendo a importância do Controlo de Treino (CT) em NPD, é fundamental acercarmo-nos dos diferentes factores que intervêm na tarefa de avaliar (Cazorla, 1984). Neste seguimento, podemos concluir que a melhoria de desempenho, depende dos factores biomecânicos ou de ordem técnica (Hólmer, 1974). A técnica do nadador é considerada como um dos factores mais importantes de entre os influenciadores do rendimento individual, sendo-lhe atribuída, por Vilas-Boas (1991), um papel crucial no quadro da estrutura de rendimento em NPD. Também Craig (1984) referia que a técnica constituía o

factor de rendimento que evidenciava maior potencial de evolução futura em NPD.

A avaliação dos factores biomecânicos permite, segundo Vilas-Boas (1987): (i) determinar a predisposição morfo-funcional individual para o desempenho em determinada especialidade; (ii) despistar eventuais insuficiências de preparação; (iii) avaliar os progressos induzidos no treino nos domínios de evidente treinabilidade; (iv) prospeccionar indivíduos especialmente dotados para a deslocação no meio aquático; (v) seleccionar as variantes técnicas que são mais ajustadas a cada individuo e (vi) avaliar os resultados do treino técnico.

Ainda segundo Vilas-Boas (1997b), o progressivo refinamento de uma técnica de nado está relacionado com a melhoria do nível de aproveitamento dos recursos energéticos em velocidade de nado, o que deverá passar: (i) pela minimização da resistência oposta ao deslocamento (arrasto hidrodinâmico); (ii) pela maximização da capacidade e eficiência propulsiva das acções segmentares; (iii) pela minimização das flutuações de velocidade de deslocamento por ciclo gestual. É então necessária uma maior eficiência, que vise melhorias de desempenho.

Enquadrado este campo de estudo e a sua pertinência, cabe-nos salientar a necessidade de um investimento científico na natação, de forma a potenciar a actuação dos seus intervenientes e a consequente melhoria da sua performance. Neste sentido, Vilas-Boas (1997a) considera que a natação é uma das modalidades desportivas em que se verifica uma maior abundância de publicações de cariz científico, facto que vem salientar o enorme crescimento da investigação que tem surgido em torno da natação.

A actuação dos investigadores e técnicos, referenciada aos factores biomecânicos, fica no entanto circunscrita à avaliação qualitativa, se se atender à morosidade e onerosidade implícita aos meios de avaliação quantitativa. Torna-se fundamental encontrar soluções que providenciem uma actuação pertinente e eficiente que vise a disponibilidade de dados preferencialmente em tempo real e de acesso facilitado.

Visando o recurso à avaliação e controlo de treino com produção imediata de informação, e que faculte dados pertinentes para a melhoria e correcção de desempenho técnico de nadadores, foi objectivo deste estudo avaliar as variações intracíclicas de velocidade recorrendo a um velocímetro desenvolvido por Lima et al. (2003), e perceber se estas traduzem um perfil similar às curvas de variação intracíclica de velocidade do ponto anatómico – anca determinadas por Cinemetria óptico-electrónica. Foi também objectivo deste estudo, avaliar as variações intracíclicas da velocidade em função do género, bem como avaliar as variações intracíclicas da velocidade referenciadas ao ponto anatómico anca, em comparação com as obtidas quando referenciadas ao centro de gravidade (CG).

II. Revisão da literatura

1. A natação – origem e evolução histórica

1.1. Da antiguidade à NPD

São várias as fases ou ciclos históricos que constituem a história da natação desde a sua origem como prática física passando pela sua constituição como modalidade desportiva e sua inclusão no programa dos JO da era moderna.

A óptica inicial da natação visava a sobrevivência do homem, quer do ponto de vista da segurança, quer do ponto de vista da satisfação das necessidades alimentares. Ora, por razões militares, como meio de atravessar linhas de água, forma de salvamento ou recreação, tendo sido a perspectiva utilitária a sua primeira razão de existência (Counsilman, 1984; Clarys, 1994).

Desde muito cedo o homem primitivo imitou os processos de locomoção aquática dos animais. No entanto, esta imitação era muito cansativa e ineficiente (Counsilman, 1984).

Counsilman (1984) refere a necessidade do homem realizar movimentos mais eficazes que possibilitassem a manutenção de uma posição estável. Em resposta a estes requisitos, surge uma técnica de nado horizontal simultânea, semelhante ao bruços actual. Esta técnica, aprendida por imitação das atitudes e movimentos natatórios da rã, começou por se chamar nado de rã ou nado de bruços (Iguaran, 1972).

O nado de bruços, mais ou menos semelhante ao actual, é, provavelmente, a mais antiga forma de deslocamento no meio aquático utilizada pelo homem (Oppenheim, 1977) e a técnica mais usada na antiguidade (Iguaran, 1972).

Enquanto modalidade desportiva, sabe-se que as provas de natação não figuravam no programa dos jogos olímpicos da antiguidade (Oppenheim, 1977). A sua integração foi, contudo, contemplada desde os primeiros jogos olímpicos da era moderna, realizados em Atenas, em 1896, com a inclusão no calendário olímpico da realização de provas de natação.

1.2. Origem e evolução da técnica de Bruços

A técnica de bruços é considerada o mais antigo estilo de nado de competição (Counsilman, 1984).

Segundo Iguaran (1972) na pré-história o homem deslocava-se no meio aquático por intuição, de forma semelhante ao cão, ao que se seguiu a aproximação à rã, imitando as atitudes e movimentos natatórios do batráquio. Deste modo e segundo o autor, à forma de nadar de barriga para baixo, hoje chama-se estilo de bruços.

Sendo o bruços o primeiro estilo de natação, foi a partir deste que todos os outros foram sendo desenvolvidos.

2. As técnicas de nado em NPD

2.1. Enquadramento da técnica de bruços

A técnica de bruços é uma técnica ventral, simultânea, descontínua e “simétrica” (Vilas-Boas, 1991). Podemos encontrar duas variantes desta técnica, o bruços natural e o bruços formal. A principal diferença entre estas reside no facto do corpo executar um movimento ondulatório semelhante ao da técnica de mariposa, no bruços natural, enquanto no bruços formal ele se mantém mais horizontal (Vilas-Boas, 1987).

Embora os nadadores de bruços gerem grandes forças durante as fases propulsivas de cada ciclo dos MS, pela significativa desaceleração a cada vez que recuperam os MI para executar a acção dos mesmos, este é considerado o estilo mais lento em natação.

2.2. Condicionantes regulamentares

As novas regras da Federação Internacional de Natação Amadora (FINA) para o triénio 2002-2005, integram a regra 7 de NPD referente ao bruços. Esta regra, composta por sete pontos, estipula que desde o início da primeira braçada após a partida e após cada viragem, o corpo deve ser mantido em posição ventral, não sendo permitido o rolamento para a posição dorsal a qualquer momento.

Determina também que todos os movimentos dos MS devem ser simultâneos e ocorrer no mesmo plano horizontal, sem alternância de movimentos, seguindo as mesmas orientações para os MI no ponto 4.

O ponto 3 da regra 7 adverte que as mãos devem ser avançadas juntas a partir da posição ventral na, abaixo ou acima da linha de água. Que os cotovelos devem estar debaixo de água exceptuando na última braçada que antecede a viragem, durante a viragem e na última braçada aquando da chegada. As mãos devem ser trazidas para trás à superfície da água, ou abaixo da mesma, não devendo ir para além da linha da anca, excepto durante a primeira braçada após a partida e cada viragem.

Os pés devem ser voltados para fora durante a fase propulsiva da pernada. A tesoura, balanço ou pernada descendente de golfinho não é permitida. Quebrar a superfície da água com os pés não é permitido, excepto se seguida de pernada descendente de golfinho.

Em cada viragem e no final da prova, o toque deve ser feito simultaneamente com as duas mãos, à, acima ou abaixo da superfície da água. A cabeça pode estar submersa após a realização da última braçada que antecede o toque, desde que quebre a superfície da água em qualquer instante durante o último ciclo completo, ou incompleto, que antecede o toque.

Durante cada ciclo completo de uma braçada e uma pernada, nessa ordem, uma parte da cabeça do nadador deve quebrar a superfície da água, excepto se após a partida e após cada viragem, o nadador pode efectuar uma braçada completa para trás e uma pernada enquanto totalmente submerso. A cabeça deve quebrar a superfície da água antes das mãos se virem para dentro na fase mais larga da segunda braçada.

2.3. Descrição da técnica

A nossa descrição irá incidir na posição corporal, na acção dos MS, na acção dos MI, na sincronização entre MI e MS e na respiração ao que seguiremos uma abordagem às variações intracíclicas que conferem o carácter de descontinuidade a esta técnica.

2.3.1. Posição corporal

Como é o caso de todos os estilos, em bruços, o corpo deverá ser tão aerodinamizado e horizontalizado quanto for possível, para assim possibilitar aos MS e MI a realização da sua actividade propulsiva (Counsilman, 1984).

A técnica de bruços é realizada a partir de um equilíbrio horizontal com o corpo na posição plana, decúbito ventral, com os braços em extensão completa, mãos unidas e MI igualmente unidos e em extensão.

Deste modo, o corpo deve manter-se o mais horizontal possível com uma inclinação mínima. Esta é a posição característica do estilo bruços, que podemos considerar como a posição inicial, uma vez que é a partir desta posição que tem início a acção dos MI e à qual se retoma após um ciclo de nado.

2.3.2. Acção dos membros superiores

Considera-se que o ciclo de braços do estilo de bruços está composto pelas seguintes fases: (i) acção lateral exterior (ALE) - “agarre”; (ii) acção descendente (AD); (iii) acção lateral interior (ALI); (iv) Recuperação.

2.3.2.1. Acção lateral exterior (ALE) – *Outsweep*

Esta acção efectua-se depois da recuperação dos MS quando estes se encontram em extensão total. Esta fase é considerada pouco propulsiva (Maglischo, 1993) e tendo como propósito o posicionamento dos MS para as fases posteriores, daí se considerar como uma fase preparatória.

Esta acção começa com as mãos orientadas ligeiramente para fora para baixo e para trás, no alinhamento dos ombros, havendo um afastamento para fora dos MS. Estes devem encontrar-se em extensão, havendo uma pequena flexão ao nível dos cotovelos para formar um ângulo de ataque ideal para a seguinte fase, esta flexão é de cerca de 30/40° (Maglischo, 1993).

A finalidade do afastamento dos MS é a de repô-los para o (Costill et al., 1992). O principal objectivo desta fase é a colocação dos segmentos de modo a possibilitar a execução das fases seguintes com bom aproveitamento propulsivo (Vilas-Boas, 1991).

2.3.2.2. Acção descendente (AD) – *Downsweep*

Após a fase anterior e no início da fase descendente as mãos continuam a dirigir-se para baixo, para fora e para trás (segundo uma trajectória curvilínea), até ao ponto mais profundo com flexão dos MS.

O afastamento dos MS termina com estes ligeiramente mais afastados que a largura dos ombros. Neste ponto os antebraços começam a flectir sobre os braços e é realizada uma rotação interna dos mesmos, mantendo os cotovelos uma posição elevada. A trajectória das mãos será para baixo e ligeiramente para trás e para fora, até ao ponto mais profundo (Maglischo, 1993).

2.3.2.3. Acção lateral interior (ALI) – *InswEEP*

Esta é a fase mais propulsiva da acção dos MS (Vilas-Boas, 1991) e tem início no ponto mais profundo da acção descendente. Aqui é feito um largo movimento semicircular (Costill et al., 1992), estando a superfície palmar das mãos orientadas para dentro, para cima e para trás, exercendo uma forte pressão para trás enquanto se aguenta o avanço dos ombros.

Os cotovelos permanecem elevados, as mãos e antebraços giram para baixo e para dentro em torno deles. Este movimento é feito quando o cotovelo se encontra ligeiramente à frente do plano transversal dos ombros.

A mão deve acelerar até que as mãos do nadador atinjam uma velocidade máxima quando se aproximarem (Costill et al., 1992).

O nadador procura descrever com a superfície palmar das mãos, um ângulo de ataque com uma amplitude de cerca de 30° a 40° (Maglischo, 1993).

2.3.2.4. Recuperação

Esta fase desenvolve-se no final da acção lateral interior, quando as mãos se encontram quase juntas por baixo do peito e em imersão completa. As mãos descrevem um movimento para cima e para a frente, até ficarem perto da superfície à frente da face (Maglischo, 1993), devendo as mãos rodar para dentro e para cima, e os cotovelos aproximar-se o mais possível. As mãos vão

juntas e no prolongamento do antebraço, de forma a que o arrasto seja menor (Vilas-Boas, 1997b)

2.3.3. Acção dos membros inferiores

Como na acção dos MS, durante alguns anos estabeleceram-se controvérsias entre diversos especialistas na execução da acção dos MI. Deste modo a pernada de “cunha” e a pernada em “chicotada” (Cousilman, 1984), tem para os nadadores mecânicas e concepções totalmente diferentes.

No que respeita à primeira, é caracterizada por ser muito ampla e dirigida para fora, o que sugere que o nadador seja impulsionado para a frente devido à compressão da água entre as suas pernas. É menos utilizada pelos nadadores deste estilo.

Na pernada em “chicotada”, há menor flexão da anca e maior nos joelhos. Os calcanhares são levados para cima até quase tocarem as nádegas e há menor separação dos joelhos. Os calcanhares mantêm ligeiramente separados durante a fase de recuperação. Este tipo de acção dos MI viria a revolucionar a pernada de bruços com uma acção de pernas com chicotadas estreitas, sendo actualmente a mais utilizada pelos nadadores deste estilo.

Os pés rodam para fora e de seguida estendem-se para baixo, para dentro e novamente para baixo. As plantas dos pés são as primeiras superfícies propulsivas, movendo a água para trás.

A acção dos MI caracteriza-se pela existência de 5 fases: (i) recuperação; (ii) acção lateral exterior (ALE); (iii) acção descendente (AD); (iv) acção lateral interior (ALI); (v) Deslize (Costill et al., 1992).

2.3.3.1. Recuperação

A da recuperação dos MI realiza-se através de uma flexão dos joelhos quando os MS terminam a acção lateral interior (Maglischo, 1993). A recuperação faz-se de uma posição de partida, onde os MI se encontram juntos e em extensão, e os joelhos são progressivamente afastados e flectidos, ao mesmo tempo que os pés se afastam.

Deste modo, os MI são transportados para a frente até às nádegas, por flexão dos joelhos e descida da bacia. Os joelhos separam-se ligeiramente durante a recuperação para manter as pernas e pés confinados à área do corpo (Costill et al., 1992), no sentido de salvaguardar o possível arrasto. Os calcanhares devem estar nesse momento o mais perto possível dos glúteos, do correspondente lado. Os pés são trazidos para junto das nádegas em flexão plantar e ligeira rotação interna, acompanhada de uma pequena rotação externa da coxa (Vilas-Boas, 1997b). Nesta fase, o movimento dos MI deve ser bastante rápido, pretendendo-se, desta forma, reduzir o período de desaceleração entre o final da ALI da braçada e o início da acção dos MI.

Por forma de assinalar o início da fase seguinte, os pés devem rodar ligeiramente para fora à aproximação das nádegas.

2.3.3.2. Acção Lateral Exterior (ALE) - *Outsweep*

A sua finalidade é posicionar os MI para a acção seguinte.

Deste modo a ALE inicia-se, quando os MI se aproximam da parte final da recuperação, altura em que os pés devem estar posicionados em eversão e dorsiflexão, provocando a orientação dos pés para fora, procedendo-se então a uma ligeira extensão dos joelhos (Vilas-Boas, 1991). Existe uma ligeira flexão das pernas sobre as coxas, encontrando-se os joelhos afastados sensivelmente à largura dos ombros. Ao longo desta fase os pés estão orientados para cima, para fora e para trás. A capacidade de flexão dorsal e eversão do pé condiciona a eficiência propulsiva desta fase da acção dos MI (Vilas-Boas, 1997c).

2.3.3.3. Acção descendente (AD) – *Downsweep*

Quando os joelhos se aproximam da posição de extensão, as pernas começam a mover-se para fora, para baixo e para trás com a ponta dos pés a apontar para fora e depois para baixo, até que se complete esta acção (Vilas-Boas, 1991). Esta orientação consegue-se através da rotação externa da coxa. A Acção Descendente provoca a elevação da anca do nadador e deve ser realizada em grande aceleração (Maglischo, 1993).

2.3.3.4. Acção Lateral Interior (ALI) – *InswEEP*

Após a extensão completa dos MI, os pés sofrem, gradualmente, uma mudança da sua orientação. Estes deslocam-se para trás, para dentro e ligeiramente para baixo, o que é consequência de uma adução incompleta e de uma rotação externa das coxas (Vilas-Boas, 1991). As superfícies plantares dos pés ficam viradas uma para a outra, à medida que o sentido do seu trajecto se altera de descendente para interior, ou seja, os pés passam progressivamente, da eversão à inversão. A extensão completa dos MI ocorre com estes ainda não completamente aduzidos. A adução final ocorre com os pés ainda em inversão, apenas depois devendo ocorrer a extensão dorsal dos pés (Costill et al., 1992). Esta fase dura até à quase junção dos MI e a sua eficácia propulsiva vai depender da manutenção da flexão dorsal do pé e da rotação externa da coxa até ao fim do trajecto interior (Vilas-Boas, 1997c).

2.3.3.5. Deslize

O deslize não é mais do que a continuação da ALI. Durante esta fase as pernas conservam-se juntas e em extensão com os pés e dedos na mesma posição. Desta forma adoptam uma posição hidrodinâmica juntamente com o corpo, com uma extensão completa, ficando os pés juntos. O nadador liberta pressão e, enquanto junta os pés, as pernas realizam um movimento ligeiramente ascendente, ficando assim alinhadas com o corpo, de forma a não provocarem arrasto adicional. As pernas permanecem alinhadas durante as acções dos MS. Como já foi referido, os MI devem ficar totalmente estendidos, desde as coxas até aos pés, com os pés em extensão dorsal.

2.3.4. Sincronização entre membros superiores e membros inferiores

A sincronização entre MI e MS está distinguida em três tipos: contínua, descontínua e sobreposta (Maglischo, 1993).

Na sincronização contínua, a ALE dos MS inicia-se apenas na ALI dos MI. Na sincronização descontínua, em que existe um pequeno intervalo de tempo sem qualquer tipo de acção propulsiva ou de recuperação, entre o fim da acção dos MI e dos MS (deslize), o que resulta uma desaceleração da

velocidade de nado. Na sincronização sobreposta reduz-se ao mínimo o período de desaceleração, fazendo a acção lateral exterior dos MS durante a acção lateral inicial dos MI.

Na sincronização global da técnica deve-se executar como sincronização de MS/MI uma braçada por pernada.

Segundo Counsilman (1984), na coordenação do movimento de braços está composta por dois movimentos: o movimento deslizante e o movimento contínuo.

O autor refere-se ao primeiro quando os MI estão em completa extensão, e antes de terminar a acção dos MS o nadador deve começar a fazer a recuperação dos MI. Durante a parte inicial da recuperação dos MS os MI prosseguem a sua recuperação e depois da face ter submergido, começa o impulso das pernas para trás.

No segundo movimento (contínuo), o nadador começa a acção dos MI: antes das pernas terem concluído o impulso para trás. Segundo o autor este tipo de acção é uma vantagem devido à possibilidade desta fase coincidir com a fase final da acção dos MI com a fase inicial propulsiva da acção dos MS, o que por sua vez vai levar o nadador a um maior número de braçadas e, com isso, a um maior dispêndio de energia.

2.3.5. Braçada subaquática em braços

Esta braçada é efectuada na saída da parede depois da partida e a seguir às viragens. É constituída pelas mesmas acções que descrevem os MS da técnica de braços, mas complementada com uma sequência de maior extensão e, por conseguinte, maior número de fases propulsivas. Antes e depois deste movimento dá-se um período de deslize. São efectuadas iguais acções (ALE; AD e ALI) como uma braçada normal em braços e no final da ALI dá-se uma acção ascendente (AA), no qual os MS são impulsionados para trás, para fora e para cima, seguido, como referido anteriormente, no final, o segundo deslize, ficando com os braços ao longo do corpo.

Quando o nadador sentir que a velocidade se afasta dos valores de prova, este deverá trazer os MS para a frente (recuperação dos MI),

acompanhado por uma acção dos MI até romper a superfície da água onde depois continuará o nado.

2.3.6. Respiração

Ao transitar do meio terrestre para o meio aquático também a respiração vai sofrer várias modificações. Enquanto que no meio terrestre a respiração é feita de modo passivo (natural), em que a inspiração é feita pelo nariz e a expiração pela boca no meio aquático a respiração é feita de um modo activo: a expiração faz-se simultaneamente pelo nariz e pela boca, enquanto que a inspiração se faz unicamente pela boca. A respiração assume um papel decisivo na coordenação dos movimentos, tanto em braços como nos outros estilos de natação, visto ser um movimento que altera o alinhamento corporal e com isso a velocidade de deslocamento. Os nadadores de braços devem respirar uma vez durante cada ciclo de braços, independentemente da distância a percorrer. O olhar deve estar dirigido para baixo com a cabeça colocada entre os braços. A respiração deverá ser feita realizando uma extensão e flexão da cabeça, procurando não desalinhar o corpo. A face começa a emergir quando se começa a realizar a acção lateral exterior (ALE) dos MS (Maglischo, 1993).

Após a cabeça alcançar a superfície, a acção descendente (AD) dos MS, irá completar a elevação da cabeça de modo a que a boca esteja ligeiramente acima da superfície da água enquanto se realiza a acção lateral interior (ALI).

A respiração ocorre quando os MS do nadador executam a recuperação, após a realização desta acção a cabeça deve emergir novamente enquanto se executa a extensão total dos MS.

2.4. Variação intracíclica da velocidade de nado

As flutuações de velocidade por ciclo são consequência da variação do impulso resultante das forças propulsivas e de arrasto, donde, portanto, se poderá considerar que a respectiva redução depende, fundamentalmente, da técnica de nado (Vilas-Boas, 1987).

A aceleração intracíclica do corpo é o produto da resultante entre as forças de D e P e é basicamente a origem da velocidade de nado. O movimento do corpo no nado pode ser descrito por alterações periódicas (Ungerechts, 1988).

O ideal seria nadar sempre a uma velocidade constante. No entanto, isto não é possível, pois o movimento de nado está periodicamente a mudar (Ungerechts, 1988), consistindo numa sucessão de impulsos propulsivos, que aceleram o corpo, e de arrasto, que o frenam. No intervalo de tempo em que um impulso propulsivo termina até que outro se inicie, o corpo sofre uma desaceleração devido à sujeição do corpo a uma prevalência da força de arrasto. Deste modo, o indivíduo tem que realizar constantemente trabalho para reacelerar a massa do seu corpo, processo que implica um dispêndio considerável de energia.

Num estudo de Craig et al. (1988), os autores obtiveram resultados que permitem caracterizar o ciclo de nado durante o braço, como detentor de dois períodos de desaceleração e dois de aceleração.

Os incrementos significativos de velocidade linear ocorrem durante as fases propulsivas tanto dos MS como, dos MI. Inversamente, as fases não propulsivas, (recuperação dos MS e MI), resultam num decréscimo da velocidade linear do corpo (Kent e Atha, 1975).

Com a recuperação dos MI, regista-se a maior perda de velocidade, chegando a valores aproximados de zero, como registado por Yutaka et al. (2004). Esta descontinuidade de acções é notória e obriga o nadador a constantes acelerações da sua massa a fim de se propulsionar no meio aquático.

Estas amplitudes de variações durante certas fases do ciclo estão ligadas ao nível técnico do nadador (Tourny et al., 1992).

No decurso de um ciclo motor, as intensidades das forças de arrasto e propulsiva variam constantemente, uma vez que as acções motoras são mais ou menos descontínuas (atingindo a sua plenitude nas técnicas simultâneas) e a posição relativa dos segmentos corporais é constantemente modificada. Deste modo, em cada ciclo gestual, a velocidade de deslocamento do nadador

sofre alterações, mais ou menos pronunciadas, devido a acelerações positivas e negativas induzidas pelas contínuas variações do impulso resultante (Vilas-Boas 1987)

3. Investigação biomecânica em NPD

A performance em NPD está dependente da capacidade de produzir a máxima energia e de a transferir para vencer as resistências ao deslocamento. Essa energia é utilizada na aceleração do corpo, não apenas para a produção de força propulsiva, mas também para a sincronização global e alinhamento corporal durante as fases menos propulsivas da técnica.

É neste enquadramento que inserimos o trabalho de investigação em NPD e que destacamos o papel da Biomecânica enquanto campo de investigação científica. A biomecânica do desporto consiste na adaptação deste campo de pesquisa ao estudo do movimento do corpo humano em actividades desportivas (Hall, 1991). Sendo que, um dos principais interesses é o incremento da performance, por exemplo, identificando meios para alterar padrões de movimento humano (Vilas-Boas 2001).

A biomecânica do Desporto adopta assim um importante papel, que visa sobretudo a eficiência competitiva, com especial incidência no factor técnico da performance desportiva.

No nosso trabalho, iremos utilizar a nomenclatura de “centro de gravidade”, apesar de alguma literatura justificar a utilização de “centro de massa”. O centro de gravidade pode ser definido como o ponto em torno do qual o peso do corpo está igualmente distribuído em todas as direcções. Também é utilizado o termo centro de massa, no entanto, uma vez que o corpo está sujeito à força de gravidade, o termo centro de gravidade é mais preciso em termos biomecânicos (Hall, 1991).

3.1. Importância da técnica em NPD

De entre os factores determinantes da performance do nadador, a técnica de nado reveste-se de uma importância que pretendemos sublinhar. Vilas-Boas, (1987) salienta o facto de a natação, apesar de se tratar de uma

actividade cíclica, que o nadador repete inúmeras vezes por dia, podendo assim supor um investimento mais direccionado para aspectos condicionais, possuir na técnica desportiva enquanto agente responsável pela tradução desportiva do nível de desenvolvimento dos restantes pressupostos, importando conferir-lhe uma importância considerável.

Enquanto objecto de estudo académico, a técnica de nado deve ser apreendida por forma a que a execução motora se torne pedagógica e cientificamente consequente (Vilas-Boas, 1987).

Na busca da melhoria de performance em natação, somos confrontados com o termo eficiência. Este expressa uma relação objectiva e quantitativa entre o trabalho realizado num contexto determinado e o gasto energético que lhe correspondeu (Alves, 1996).

A menção à eficiência propulsiva, ganha sentido e pertinência se nos reportarmos a Toussaint (1992), para o qual, a velocidade de nado depende fundamentalmente de cinco factores (figura): força de resistência hidrodinâmica a que o nadador em deslocamento está sujeito (D), a taxa de entrada de energia no sistema (potência metabólica – P_i), a eficiência mecânica externa total (eg), a eficiência propulsiva (ep), dependente fundamentalmente da técnica e a taxa de energia produzida pelo nadador (potência mecânica total – P_o).

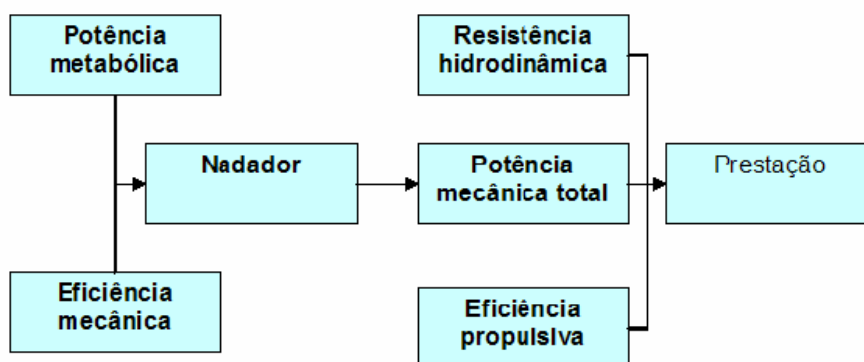


Figura 2: Determinantes da prestação em Natação (adaptado de Toussaint, 1992).

Atendendo às características do nado de bruços e às suas necessidades constantes de aceleração, a busca de uma maior eficiência propulsiva por meio

de melhorias ao nível da componente técnica, conferem assim, a esta técnica de nado, um papel determinante no treino de natação.

Já Craig (1979), salienta o treino técnico como o processo mais rentável para a obtenção de sucesso desportivo, realçando a sua importância em contraste com o treino de factores condicionais. Também Craig (1984), reforçando aquela perspectiva, confere ao treino dos recursos condicionais uma percentagem de expressão desportiva de 40%, atribuindo à do treino técnico 100%. Resultados semelhantes, foram obtidos nos trabalhos de Hólmer (1983), que atribui o progresso desportivo primordialmente à evolução da técnica em nadadores suecos.

3.2. Deslocamento do centro de massa como critério de eficiência

Em termos mecânicos é importante a referência ao centro de massa (CM), uma vez que expressa o comportamento do corpo concentrado num só ponto. É, por isso, possível projectar o comportamento mecânico corporal seguindo a trajectória do CM (este factor foi estudado como possível indicador da eficiência no desempenho de vários desportos) (Hall, 1991).

No campo da natação, direccionando esta temática para o trabalho que estamos a desenvolver, o padrão da velocidade de deslocamento da direcção e ângulo de ataque a utilizar pelos segmentos propulsivos é importante, mas não é o suficiente para assegurar tempos de nado rápidos. Os nadadores também necessitam de aplicar esforços propulsivos no momento e sequência adequados. O padrão de velocidade do corpo (representado através da velocidade de deslocamento do CM) poderá fornecer uma ajuda preciosa na compreensão desta sequência (Maglischo 1993). Isto deve-se à configuração do corpo ser constantemente alterada, assim como a distribuição do seu peso e, consequentemente, do CM (Vilas-Boas, 2001).

O CM começou a ser utilizado para interpretar a propulsão produzida pelos MS e MI, pois até então esta era baseada na velocidade horizontal de um ponto fixo no tronco, isto é, a anca (Soares et al., 1999).

Esta utilização advém do facto de a velocidade horizontal da anca poder ser pouco rigorosa enquanto preditora da velocidade do nadador, podendo

desvirtuar a velocidade horizontal do centro de gravidade (CG) durante determinadas fases do ciclo. Os movimentos da anca falham por considerarem alterações na posição de outras partes do corpo (Costill et al., 1992).

Todavia, esta utilização reveste-se de uma complexidade acrescida quando nos reportamos a corpos que possuem dois ou mais segmentos móveis interligados, dificultando assim a localização do CM. O corpo humano é um exemplo destes casos. Deste modo, o CM total do corpo é função das localizações dos CM dos respectivos segmentos. No entanto, alguns segmentos são mais pesados e têm maior influência na localização do CM total do corpo (Hall, 1991).

3.3. Abordagens científicas da biomecânica aplicada à natação

A actividade de investigação em NPD é recente, sendo que, os progressos no estudo da biomecânica aplicada à natação estarão sempre relacionados com os progressos tecnológicos desenvolvidos em paralelo e colocados ao serviço da investigação em natação, após devida adaptação às condições particulares do meio em que a prática ocorre.

A computação digital e o desenvolvimento de técnicas sofisticadas de tratamento de informação, foi e tem sido de grande relevância para o contínuo desenvolvimento desta área de investigação.

A análise de vídeo, por sua parte, proporciona observações biomecânicas que fornecem informações sobre as variáveis de que depende a velocidade de nado (Tourny et al. 1992).

Por um lado, a investigação é hoje capaz de proporcionar respostas válidas, pertinentes e em tempo útil aos problemas do quotidiano e, por outro, os profissionais do desporto, e principalmente os técnicos, reúnem condições objectivas para valorizar os seus contributos (Vilas-Boas, 1997a). O mesmo autor salienta ainda a validade da investigação para o caso particular das modalidades individuais.

No campo específico da natação, vários têm sido os estudos que abordam as variações ou flutuações de velocidade horizontal do centro de massa, da frequência gestual e da distância de ciclo no decurso de uma prova.

Podem-se comparar os dados obtidos em amostras dos dois sexos e entre nadadores de nível de rendimento desportivo diferentes, comparando-se os vários percursos.

No que concerne à componente da técnica de nado e da coordenação do movimento, proliferam várias análises, das quais destacamos as que são em função da variação intracíclica da velocidade horizontal da anca ou do centro de gravidade.

3.3.1. Cinemetria

Os resultados dos vários estudos científicos fornecem informação pertinente, quer para o treino, quer para a determinação do potencial dos nadadores, assim como também para a análise das necessidades de cada nadador face a um determinado processo de treino (Troup, 1991).

Salientamos a área da biomecânica aplicada à natação, como fonte de pesquisas que podem dar excelentes indicações, as quais serão utilizadas para levar cada nadador a melhorar a sua prestação e atingir a excelência (Myiashita, 1974).

Testes de terreno afiguram-se como a situação mais viável para desportos como a natação, nos quais a simulação efectiva do gesto técnico específico é quase impossível em termos laboratoriais. Procura-se assim testes que se aproximem cada vez mais, no seu rigor e precisão, dos testes laboratoriais, sem perder de vista aspectos como a adequação, a economia e a aplicabilidade (Alves, 1996).

Importa, assim, aproximar os testes o mais possível da realidade competitiva, visando obter informações que sejam pertinentes e úteis para o treino dos pressupostos influenciadores do rendimento em natação. Todavia, a aproximação à realidade competitiva não se afigura simples, sendo necessário o recurso a técnicas como o vídeo e a cinematografia, uma vez serem de utilização exequível quer em laboratório, quer em competições ou condições idênticas. Vários autores têm recorrido a situações de competição utilizando o vídeo, como são os casos de Cappaert (1996), Sanders et al. (1998) ou Takagi et al. (2004).

A Cinemetria consiste no estudo da posição e orientação dos segmentos corporais utilizando metodologias que permitem medir os parâmetros cinemáticos do movimento a partir das imagens captadas durante a execução do mesmo. O interesse é direccionado para a execução do movimento independentemente das suas causas.

Importa salientar, segundo Hall (1991), que existem dois tipos de análises complementares subjacentes à cinemática: a análise qualitativa, que exige uma observação cuidadosa mas um tanto ou quanto subjectiva de fotografias e filmes e, em oposição, a análise quantitativa, requerendo medições detalhadas e avaliações criteriosas dos dados recolhidos.

3.4. Variação intracíclica da velocidade de nado

A performance em NPD está dependente da capacidade de máxima produção de energia e da sua utilização para vencer as resistências ao deslocamento. A energia produzida, é então utilizada na aceleração do corpo, não apenas para a produção de força propulsiva, mas também, para a sincronização global e alinhamento corporal durante as fases menos propulsivas da técnica.

Num ciclo motor, as intensidades das forças de arrasto e propulsiva variam constantemente, dada a descontinuidade das acções motoras (com apogeu nas técnicas simultâneas), de onde advém que, para cada ciclo gestual, a velocidade de deslocamento do nadador sofre alterações, mais ou menos pronunciadas, devido a acelerações positivas e negativas induzidas pelas contínuas variações do impulso resultante (Vilas-Boas 1993).

Consistindo numa sucessão de impulsos propulsivos que aceleram positiva e negativamente. No hiato de tempo em que um impulso propulsivo termina até que outro se inicie, o corpo sofre uma desaceleração pela sujeição do mesmo à prevalência da força de arrasto. O nadador deverá, portanto, procurar minimizar as flutuações de velocidade por ciclo gestual, por forma a reduzir tanto quanto possível o dispêndio energético necessário para vencer as forças de inércia que lhe estão associadas (Vilas-Boas, 1987).

A determinação da variação intracíclica da velocidade de nado pode ser considerada como um procedimento útil de avaliação da técnica do nadador. Na realidade, este parâmetro apresenta-se como um indicador global de destreza, dependente do padrão dos trajectos propulsivos, da coordenação das acções dos membros superiores e da eficácia com que o batimento de pernas promove o equilíbrio dinâmico ao longo do ciclo gestual, apoiando, simultaneamente, a estabilidade do momento linear do corpo do nadador (Alves, 1996).

O processo de desenvolvimento de um atleta reflecte um processo de melhoria da eficiência em termos de consumo de energia para um determinado trabalho realizado, baseado quer no aperfeiçoamento motor (a técnica), quer no desenvolvimento das funções cardiovascular e muscular (resistência geral e específica). A vantagem de ser económico a nadar consiste, então, num duplo efeito: menor custo energético em intensidades submáximas de esforço e uma velocidade máxima de nado superior (Alves, 1996).

Segundo McElroy e Blaksby (1976), as variações intracíclicas da velocidade de deslocamento implicam um elevado custo energético. Daí serem consideradas como um dos principais factores limitativos do desempenho dos nadadores.

Um nadador com melhor economia de nado necessita de menos energia para se deslocar a uma certa velocidade, ao mesmo tempo que a utilização máxima de energia (decorrente da soma da energia dos processos aeróbios e anaeróbios) ocorre a uma velocidade média de nado superior, o que implica, em situação de competição, a instalação mais tardia da fadiga (Alves, 1996).

Já Korneci e Bober (1978) haviam salientado a existência de uma relação entre o perfil de variação intracíclica da velocidade de um nadador e a eficiência na natação. Esta temática levou Ungereschts (1988) a sugerir que a diminuição das variações intracíclicas da velocidade horizontal do nadador deverá ser uma prioridade a considerar no sentido de otimizar a mecânica de nado. Outro exemplo, veio de Vilas-Boas (1996), para quem, as variações intracíclicas da velocidade são desaconselháveis, uma vez que exigem que o nadador vença as forças de inércia, bem como a resistência hidrodinâmica.

Neste contexto, somos levados a concluir que o estudo das variações intracíclicas da velocidade podem fornecer modelos acerca da eficiência propulsiva dos mesmos, constituindo-se como elementos fundamentais na melhoria do desempenho técnico, objectivando, assim, uma acção mais eficiente por parte do nadador.

Compreendemos a variação intracíclica da velocidade como um instrumento indispensável para interpretar a mecânica de nado, pois fornece informações para avaliação e controle do desenvolvimento da técnica dos nadadores (Maglischo et al., 1987), através da análise simultânea das repercussões cinemáticas da propulsão e do arrasto hidrodinâmico por fase do ciclo gestual (Vilas-Boas, 1996).

Vilas-Boas (1996), relatou a existência de uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre o custo energético e as variações de velocidade do brucista por ciclo gestual.

O estudo desta temática tem incidido particularmente em duas metodologias: (i) através do estudo do movimento da anca e (ii) através do estudo do movimento do CG. Este aspecto será desenvolvido no ponto seguinte, onde tentaremos clarificar quais as vantagens e desvantagens entre os dois meios.

3.4.1. Cinemática da anca versus cinemática do CG

Em resposta a este problema e ao seu esclarecimento, surgem resultados controversos e contraditórios, o que levou Vilas-Boas (1997a), a concluir que a conflituosidade dos resultados impõe que se considere a questão como um problema ainda não completamente resolvido.

Ainda assim, uma avaliação da eficiência propulsiva, que detecte erros técnicos do nadador, que de outro modo não eram visualizados, não podendo, por isso, ser avaliados e corrigidos, é uma certeza.

O cálculo mais correcto do ponto de vista dinâmico, será o recorrente ao CM. O treinador ou investigador apercebe-se que o seu nadador está a perder força propulsiva durante uma determinada fase da braçada quando a curva do

CG exibe ou uma desaceleração da velocidade de deslocamento, ou quando a aceleração não atinge valores esperados (Maglischo et al. 1987).

A morosidade e dificuldade na obtenção de resultados por este meio (requer a utilização de meios e métodos de processamento informático de imagem) tem conduzido os investigadores a utilizarem o movimento da anca (mais operacional e menos moroso no fornecimento de informação).

Se a velocidade de avanço da anca e a do CG apresentarem uma correlação elevada, será necessário digitalizar apenas um ponto de referência, em alternativa aos vinte e um pontos de referência geralmente requeridos para calcular a posição do CG. Como resultado, o intervalo de tempo entre a recolha dos dados e a comunicação dos resultados será largamente reduzido (Maglischo et al. 1987).

A validade ecológica dos dados é premente para justificar a opção mais económica e menos morosa.

A semelhança de padrão da velocidade de deslocamento da anca e do CG, levaram Maglischo et al. (1987) a concluir que esta poderá ser utilizada como instrumento para diagnosticar problemas no decorrer de um ciclo. No entanto, os mesmos autores referiram que a velocidade da anca não é uma medida que reflecte a verdadeira velocidade de nado, pois apesar da anca e do CG apresentarem uma curva onde ambas tendem a acelerar e desacelerar aproximadamente ao mesmo tempo, o CG (considerado como a medida precisa da velocidade de nado) atinge valores diferentes em vários pontos do ciclo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Troup (1991) nos quais, as curvas velocidade/tempo apresentavam uma tendência de movimento semelhante, embora a curva da velocidade da anca atingisse valores (picos) mais elevados do que as curvas do CG.

Mason et al. (1992), salientam a importância da utilização do CG para avaliação dos perfis de velocidade e de aceleração, uma vez que o movimento padrão do CG reflectir o verdadeiro movimento de todo o corpo do nadador. Maglischo et al. (1987) concluíram que este é o método mais rigoroso para verificar a eficiência propulsiva de nadadores.

No desenvolvimento desta temática, Costill et al. (1987) encontraram diferenças significativas em algumas fases do ciclo de nado para as técnicas de bruços e mariposa. De acordo com a bibliografia consultada, e apesar da conflituosidade dos resultados, parece claro que a curva da anca sobrestima os valores extremos (superiores e inferiores) da velocidade do CG, principalmente nas técnicas de bruços e mariposa (Vilas-Boas, 1997a). A utilização da curva da anca justifica plenamente a sua utilização no domínio da avaliação da técnica e do aconselhamento do treino, sobretudo se considerar a simplicidade de procedimentos e meios e o acentuado nível de interactividade que proporciona, facilitando o rápido fornecimento de *feed-backs* aos nadadores e treinadores (Vilas-Boas, 1997a).

3.4.2. Métodos de determinação das variações de velocidade de nado

Na literatura, os estudos que envolvem a determinação das variações de velocidade de nado por ciclo gestual em natação, podem dividir-se em duas grandes categorias: (i) os que monitorizam as variações de velocidade da anca ou de outro ponto anatómico e (ii) os que determinam as variações da velocidade do centro de gravidade (CG) do nadador (Vilas-Boas, 1997a).

Da primeira categoria, e segundo o mesmo autor, destacamos a utilização de: (i) *speedometers* ou *swim meters* por cabo (velocímetros); (ii) *swim speed recorders*; (iii) foto-opticométrie recorrendo ao método das luzes tracejantes intermitentes e (iv) processamento de imagens de vídeo ou filme.

Da segunda categoria, torna-se imprescindível o processamento informático de imagens de vídeo ou filme.

A finalidade e objectivos dos estudos a aplicar, são factores que influenciam a opção de qualquer dos sistemas de monitorização dos perfis de variação intracíclica de velocidade, sendo que, cada sistema comporta vantagens e desvantagens expressas no quadro 1.

Quadro 1: Vantagens e Desvantagens de dois métodos para monitorização das variações intracíclicas da velocidade do nadador (adaptado de Vilas-Boas, 1997a).

Os que monitorizam a velocidade da anca ou de outro ponto anatómico	Os que determinam as Variações da velocidade do CG do nadador
De mais fácil operacionalização;	Mais sofisticados e dispendiosos;
Permitem fornecer rapidamente informações ao treinador e nadador;	Implicam demorados processos de tratamento dos dados até à obtenção de resultados;
Em alguns casos permitem fornecer informações imediatas e quase imediatas (sistemas de <i>biofeedback</i> de Chollet et al, 1989).	Determinam iatos temporais importantes entre a fase de testagem e o fornecimento e discussão da informação.

III. Parte Experimental

1. Objectivos e Hipóteses

1.1. Objectivos

Foi estipulado como objectivo geral para este estudo, verificar se as variações intracíclicas de velocidade de um ponto anatómico fixo – anca, monitorizadas por velocímetro, apresentam um perfil similar às curvas de variação intracíclica de velocidade do centro de gravidade, para a técnica de bruços.

Como objectivos específicos para o nosso estudo, foi estabelecido: (i) obter o modelo de viV_{CG} de um nadador representativo da amostra; (ii) obter um perfil das viV_{CG} para a amostra total; (iii) determinar as diferenças de viV_{CG} em função do género; (iv) obter um modelo das variações intracíclicas da velocidade da anca (por processamento de imagem – viV_{anca1} e por velocímetro – viV_{anca2}) para a amostra total; (v) determinar a relação entre viV_{CG} , viV_{anca1} , viV_{anca2} para cada ciclo de nado de cada nadador e para a amostra total.

1.2. Hipóteses

Partindo do objectivo geral para este estudo, formulou-se a hipótese que o perfil de viV_{anca2} apresenta um padrão similar à viV_{CG} , para a técnica de Bruços.

No que respeita aos objectivos específicos, foram levantadas as seguintes hipóteses: (i) o modelo de viV_{CG} de um nadador representativo da amostra apresenta os seus picos de velocidade máxima em ALI dos MI e ALI dos MS e depressões de velocidade mínima antecedendo as acções dos MI e MS; (ii) os dados da amostra total da viV_{CG} evidenciam os seus picos de velocidade máxima em ALI dos MI e ALI dos MS e depressões de velocidade mínima antecedendo as acções dos MI e MS; (iii) os indivíduos de género masculino apresentam viV_{CG} inferiores, períodos de braçada inferiores e tempos de transição entre acções de MI e MS inferiores quando comparados com os do género feminino; (iv) os perfis das variações intracíclicas da velocidade da anca (por processamento de imagem – viV_{anca1} e por velocímetro – viV_{anca2}) evidenciam os seus picos de velocidade máxima em ALI dos MI e

ALI dos MS e depressões de velocidade mínima antecedendo as acções dos MI e MS; (v) existe uma relação significativa entre viV_{CG} , viV_{anca1} , viV_{anca2} para cada ciclo de nado de cada nadador e para a amostra total.

2. Metodologia

A estruturação deste capítulo tem como intento, a replicação do estudo em questão na comunidade científica, emitindo todas as características que lhe são inerentes e pertinentes.

2.1. Amostra e envolvimento

2.1.1. Caracterização da amostra

Para este estudo, foi constituída uma amostra de 10 nadadores, pertencentes aos escalões juvenis, júnior e sénior, sendo 7 do género feminino e 3 do género masculino. No quadro 2 apresentamos os valores médios e respectivos desvios-padrão da totalidade da amostra e do grupo constituído em função do género.

Os elementos constituintes participaram de forma voluntária no estudo em questão, tendo conhecimento antecipado do protocolo a aplicar no mesmo.

Quadro 2: Valores médios e desvios-padrão (dp) das características físicas dos indivíduos constituintes da amostra, em função do género.

Parâmetros	Idade (anos)	Massa corporal	Estatura
	Média $\pm$ dp	Média $\pm$ dp	Média $\pm$ dp
Feminino n=7	18 $\pm$ 2.516	59.07 $\pm$ 6.483	1.66 $\pm$ 0.042
Masculino n=3	19 $\pm$ 4.358	68.9 $\pm$ 12.374	1.73 $\pm$ 0.055
Amostra total n=10	18.3 $\pm$ 2.945		

2.1.2. Caracterização do envolvimento

O protocolo para recolha dos dados, foi aplicado no dia 9 do mês de Setembro de 2004. A recolha de dados foi realizada numa piscina coberta e com água aquecida a 27°C. A cuba tem 25m de comprimento por 12.50m de largura (6 pistas) e 2.00m de profundidade.

2.2. Preparação dos elementos da amostra

Tendo em vista o processamento informático das imagens recolhidas, os elementos da amostra para este estudo foram marcados nos principais pontos anatómicos de referência a serem digitalizados, com fita adesiva de cor preta.

Os nadadores foram marcados na região cárpica, olecrânio, côndilo femoral, região tíbio-társica, articulação escápulo-umeral e grande trocanter femoral (os dois últimos com marcador de cor preta), no seu plano sagital esquerdo, como podemos verificar no exemplo da figura 3.



Figura 3: Nadador com marcações nos pontos anatómicos de referência.

2.3. Procedimentos gerais

Cada elemento constituinte da amostra percorreu a nado, partindo de dentro de água, um percurso de 25m de Bruços à velocidade máxima.

2.4. Medição das variações intracíclicas da velocidade do nadador

2.4.1. Equipamento de registo

2.4.1.1. Por processamento de imagem

Para esta componente do registo foram utilizadas duas câmaras (JVC GR-SX1 SVHS e outra JVC GR-SXM 25 SVHS) colocadas num suporte de duas prateleiras, situado numa das paredes laterais, a sensivelmente 12.50m da parede testa. Uma das câmaras encontrava-se completamente submersa, aproximadamente 20cm abaixo da superfície da água, dentro de uma caixa estanque (Ikelite Underwater Systems), a outra, colocada na prateleira mais elevada do suporte. A primeira registava as acções abaixo da superfície da água, sendo que a segunda, registava as acções efectuadas pelo nadador acima da superfície da água. O referido suporte encontrava-se a 10.20m da linha de deslocamento do nadador, situado portanto na parede lateral oposta à pista em que os nadadores efectuavam o seu deslocamento.

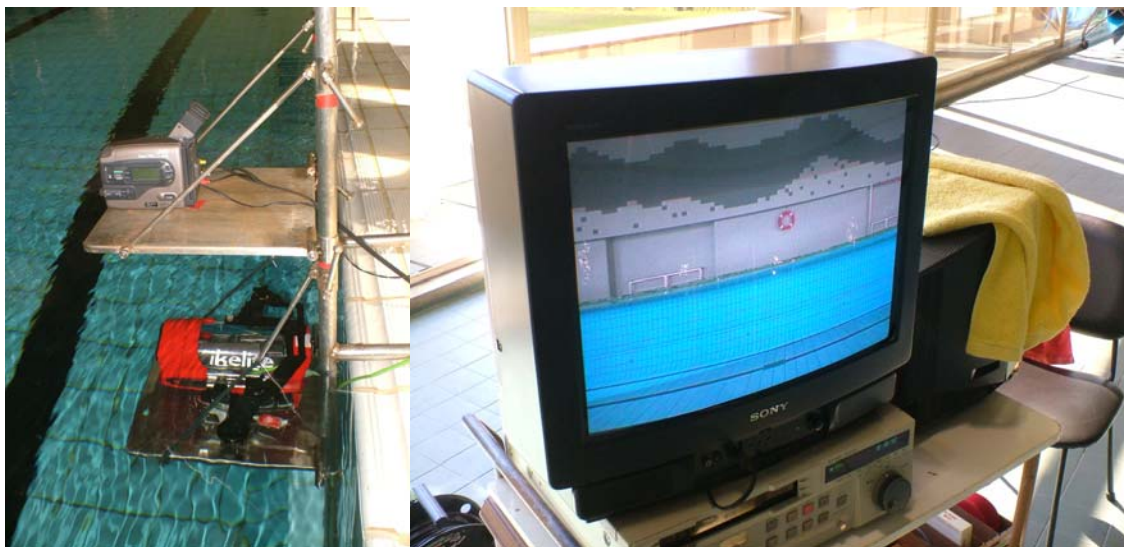


Figura 4: Método de registo de imagens de duplo meio (Vilas-Boas, 1997d).

A sincronização das imagens obtidas pelas duas câmaras, foi feita em tempo real e a sua reunião foi possível através do recurso a uma mesa de mistura de vídeo (Panasonic Digital AV Mixer WJ-AVE5), compilando uma só imagem, transmitida para uma televisão (Sony Black Triniton KV-14T1E). Deste

procedimento resultou no monitor uma metade superior constituída por imagens provenientes da câmara à superfície da água, e uma metade inferior, de imagens procedente da câmara submersa, resultando na constituição de imagens de duplo meio, conforme descrito por Vilas-Boas (1997d).

A mistura das imagens foi registada em fita magnética por um gravador de vídeo (Panasonic AG 7350 SVHS), para onde as imagens tinham saída. Este procedimento permitiu um registo do movimento de nado em estudo num plano perpendicular ao eixo de deslocamento do nadador.

O alinhamento e ajuste das câmaras foram feitos através de um referencial visual externo e por um nadador visível pelas duas câmaras situados no plano de movimento a fim de a linha de separação das duas imagens fosse coincidente com a superfície da água. Precedendo a captação de imagens, foi registado durante dois minutos um objecto de calibração bidimensional de forma rectangular plana, constituído por 6 pontos de calibração. A sua colocação na trajectória do deslocamento do nadador, teve como objectivo possibilitar a posterior calibração e transformação das coordenadas do sistema informático em coordenadas reais.

2.4.1.2. Por velocímetro

Para este registo, recorreu-se a um velocímetro, que consiste numa bobina fixada num tripé utilizando uma linha *fireline*, sem elasticidade, fixada ao nadador por uma pequena mola à altura do ponto anatómico anca, que se desenrola à medida que o nadador se desloca ao longo dos 25m.



Figura 5: Velocímetro desenvolvido por Lima et al. (2003).

Um leitor óptico, fixado à bobina, captava o sinal de desenrolar do carreto emitindo-o para o computador, amostrado a uma frequência de 1000 Hz, efectuando uma leitura que é transformada num gráfico de velocidade/tempo, caracterizando o movimento desportivo em termos de variação da velocidade por ciclo completo de nado, em tempo real. Os dados podem ser exportados para ASCII, simplificando o tratamento de dados.



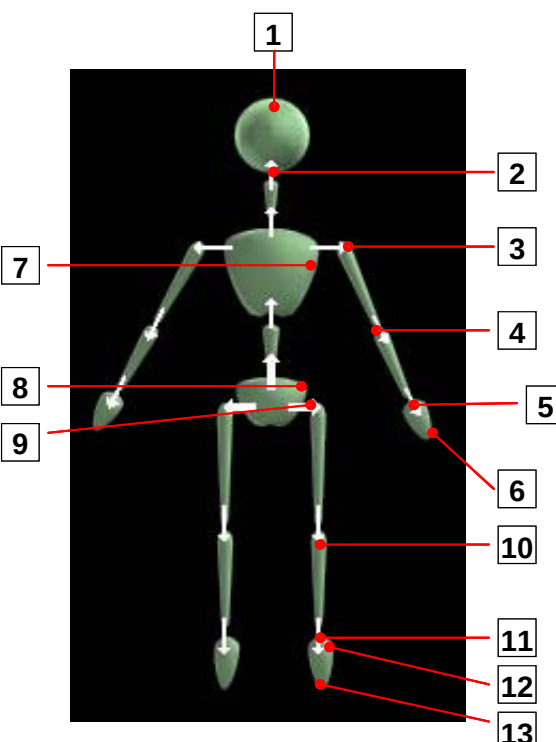
Figura 6: Gráfico velocidade/tempo obtido em tempo real.

2.5. Análise dos registos

2.5.1. Por processamento de imagens

A análise das imagens recolhidas, foi realizada através do *Ariel Performance Analysis System* da *Ariel Dynamic Inc.* (APAS) e obedeceu à seguinte sequência de procedimentos metodológicos: (i) conversão das imagens registadas em fita magnética em formato de vídeo para *.avi; (ii) definiu-se o modelo espacial a adoptar em todos os ciclos de nado a analisar - modelo de Zatsiorsky (Vilas-Boas, 2001), composto por 13 pontos anatómicos de referência; (iii) introduziram-se os 6 pontos de calibração, através da digitalização de pontos de uma estrutura metálica, a fim de se obter as coordenadas de posição (x,y) para o sistema de referência usado e, desta forma, para o nadador digitalizado; (iv) foi digitalizado o ponto de controlo (ponto fixo que terá de ser visível durante todo o período de filmagem) e os 13 pontos anatómicos (cf. quadro 3) para cada fotograma de cada ciclo.

Quadro 3: 13 pontos anatômicos digitalizados em cada fotograma de um ciclo completo de nado.

1. Vértex	
2. 7ª vértebra cervical	
3. Acrómio esquerdo	
4. Olecrâneo esquerdo	
5. Região cárpica esquerda	
6. Dactílio esquerdo	
7. 5ª costela esquerda (prolongamento do apêndice xifóide no plano sagital)	
8. Ponto mais alto da crista ilíaca esquerda	
9. Grande trocanter femoral lateral esquerdo	
10. Côndilo femoral lateral esquerdo	
11. Maléolo lateral esquerdo	
12. Calcâneo esquerdo	
13. Metatarso esquerdo	

Seguidamente, procedeu-se à reconstrução bidimensional de cada ciclo de nado a partir do procedimento *Direct Linear Transformation* do APAS. Estes dados foram filtrados em x e y para serem removidos quaisquer pequenos erros aleatórios decorrentes do processo de digitalização. Para o efeito, foi utilizada uma frequência de corte de 5Hz no sistema de *Digital Filter Algorithm*. Todos os registos elaborados com o gráfico da velocidade do CG, o vídeo e a figura de traços, foram posteriormente visualizados.

2.5.2. Por velocímetro

Os dados recolhidos foram filtrados a 80Hz através de um software desenvolvido em *MatLab* (versão 6.1). Sendo de seguida extraído o ciclo de nado respectivo ao obtido por processamento de imagem.

2.5.3. Sincronização

A sincronização foi efectuada por contagem dos ciclos de nado a partir do momento em que os nadadores iniciavam o teste e coincidindo os pontos referentes à recuperação total dos MI com perda máxima de velocidade entre os sistemas de monitorização.

2.6. Variáveis em estudo

2.6.1. Variáveis independentes

Para este estudo foram definidas como variáveis independentes, o género e a especialidade.

2.6.2. Variáveis dependentes

No que respeitou à análise dos dados por processamento de imagem, foram definidas como variáveis dependentes: (i) o perfil da velocidade de deslocamento do CG do nadador, obtido directamente pelo APAS; (ii) o perfil da velocidade de deslocamento da anca (anca1) durante o ciclo de nado, obtido directamente pelo APAS.

Já nos dados obtidos por velocímetro, foi definido como variável dependente: (i) o perfil da velocidade de deslocamento do ponto anatómico fixo onde se realiza a conexão do nadador com o instrumento de medição (anca2).

2.7. Tratamento dos registos

Os registos obtidos foram normalizados temporalmente a $T=1$, correspondendo o momento inicial de recuperação dos MI com perda máxima de velocidade a $T=0$, sendo a acção motora semelhante subsequente $T=1$. Para obtenção do perfil de variação intracíclica das variáveis dependentes, foram obtidos 6 pontos comuns, com as coordenadas T (0-1) e V ($m.s^{-1}$), em todos os nadadores constituintes da amostra, como exposto no quadro 4.

Quadro 4: Pontos analisados em cada ciclo de nado.

$vV_{t=0}$	T (0-1)	Valor de tempo no início do ciclo
	V (m/s)	Valor de velocidade no início do ciclo
$vV_{\text{máx aMI}}$	T (0-1)	Valor de tempo no pico máximo de velocidade da primeira acção dos MI
	V (m/s)	Valor de velocidade no pico máximo de velocidade da primeira acção dos MI
vV_{minIC}	T (0-1)	Valor de tempo no pico mínimo de velocidade entre ALI MI e ALI MS
	V (m/s)	Valor de velocidade no pico mínimo de velocidade entre ALI MI e ALI MS
dif tempo	T (0-1)	Valor de tempo entre ALI MI e ALI MS
$vV_{\text{máx aMS}}$	T (0-1)	Valor de tempo no pico máximo de velocidade da primeira acção dos MS
	V (m/s)	Valor de velocidade no pico máximo de velocidade da primeira acção dos MS
$vV_{t=1}$	T (0-1)	Valor de tempo no final do ciclo
	V (m/s)	Valor de velocidade no final do ciclo

2.7.1. Tratamento estatístico

A análise dos dados foi efectuada com recurso aos programas *Statistical Package for Social Sciences for Windows* (SPSS) versão standard 11.0 e *Microsoft Excel 2002 for Windows*, versão SP-2.

Para o efeito, procedeu-se a uma análise exploratória e descritiva dos dados numa primeira fase sendo utilizados os parâmetros de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão), sendo também realizado o teste *Shapiro-Wilk* para confirmar a normalidade das distribuições.

Efectuou-se a análise inferencial dos dados numa fase posterior para a comparação das variáveis dependentes por cada variável independente, sendo utilizada a técnica paramétrica de comparação *t* teste de *Student* bi-caudal para medidas independentes.

Foram também determinados os coeficientes de correlação de *Pearson* entre viV_{CG} , viV_{anca1} e viV_{anca2} , entendendo o grau de associação entre elas.

O nível de significância adoptado para todos os procedimentos foi de 95% ($p \leq 0.05$), mencionando-se um nível de significância de 99% ($p \leq 0.01$) mediante a sua ocorrência.

3. Apresentação dos resultados

3.1. Variação intracíclica da velocidade CG (viV_{CG})

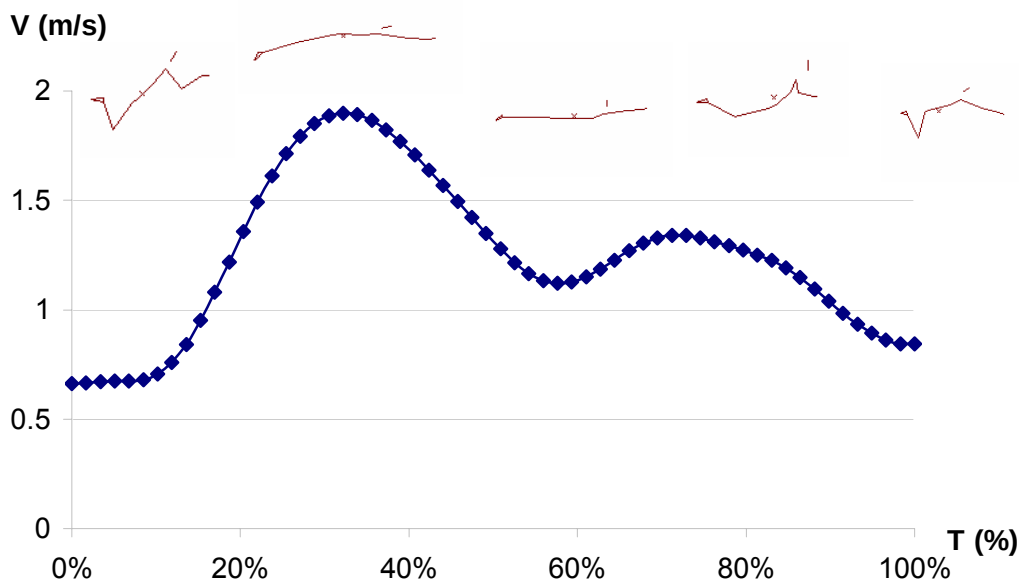
3.1.1. Perfil de um nadador aleatório da amostra

No gráfico exposto (fig. 7) podemos estudar a viV_{CG} de um nadador aleatório da amostra, dando-nos uma perspectiva dos dados obtidos e possibilitando uma melhor compreensão da natureza dos mesmos. Podemos então verificar para o momento inicial $T=0$, uma velocidade de 0.664m/s correspondente à máxima perda de velocidade como resultado da recuperação dos MI.

Os dois picos de velocidade correspondem, em sequência temporal, à ALI dos MI e à ALI dos MS, sendo que registaram valores de velocidade 1.898m/s e 1.340m/s respectivamente. De salientar a diferença temporal entre estas duas acções mais propulsivas, com um intervalo de 0.389s.

A velocidade média para este ciclo de nado alcançada foi de 1.240m/s com um desvio padrão de ± 0.359 m/s em todo o ciclo analisado.

Figura 7: Perfil da viV_{CG} de um nadador aleatório da amostra.



Nos pontos de referência, o nadador obteve os seguintes registos: (i) $T=0$, que corresponde à máxima perda de velocidade pela recuperação dos MI, 0.664m/s; (ii) valor de 1.898m/s de velocidade máxima em $T=0.322$ s; (iii) um registo de velocidade mínima entre as acções mais propulsivas de 1.15m/s; (iv) 1.34m/s como resultado da ALI dos MS e (v) um valor de 0.845m/s em $T=1$.

3.1.2. Perfil da amostra total

O quadro 5 ilustra os valores do tempo e velocidade e tempo obtidos para a totalidade da amostra nos pontos de referência estudados.

Todos os dados expressam uma similaridade ao exemplo exposto anteriormente, sendo de registar que as médias de velocidade máxima da acção dos MI é superior à dos MS. De realçar também o registo médio de 0.551 ± 0.091 s entre as duas acções mais propulsivas do ciclo de nado, ALI de MS e MI respectivamente, com perdas de velocidade até valores médios 0.906 ± 0.209 m/s.

Quadro 5: Valores médios e respectivos desvios-padrão (dp) do Tempo (t) e Velocidade (v) da V_{iCG} em cada ponto de referência, para a totalidade da amostra.

		Média $\pm$ desvio padrão
$vV_{t=0}$	t	0
	v	0.620 ± 0.094
$vV_{\text{máx aMI}}$	t	0.275 ± 0.048
	v	1.604 ± 0.174
vV_{minIC}	t	0.551 ± 0.091
	v	0.906 ± 0.209
dif tempo	t	0.505 ± 0.082
$vV_{\text{máx aMS}}$	t	0.781 ± 0.082
	v	1.391 ± 0.124
$vV_{t=1}$	t	1
	v	0.657 ± 0.102
Velocidade média $\pm$ desvio padrão	v	1.036 ± 0.442

3.1.3. Perfil em função do género

Quando nos reportamos aos dados em função do género notamos algumas diferenças que permitem retirar ilações relevantes. Assim, o género masculino regista velocidades superiores ao género feminino somente em $vV_{\text{máx aMI}}$ e $vV_{t=1}$.

De salientar também os valores de velocidade entre as acções mais propulsivas (vV_{min}) que para o género masculino foram obtidos, evidenciando uma maior perda de velocidade com valores de $0.850 \pm 0.404\text{m/s}$ em oposição aos valores de $0.930 \pm 0.093\text{m/s}$ alcançados pelo género feminino.

As velocidades variaram para as nadadoras entre 0.595m/s e 1.550m/s , num intervalo de 0.765m/s e para os nadadores variaram entre 0.679m/s e 1.731m/s , num intervalo de 0.818m/s .

Quadro 6: Valores médios e respectivos desvios-padrão do Tempo (t) e Velocidade (v) da V_{ICG} em cada ponto de referência, em função do género.

		Feminino	Masculino
$vV_{t=0}$	t	0	0
	v	0.595 ± 0.094	0.679 ± 0.079
$vV_{\text{máx aMI}}$	t	0.270 ± 0.055	0.286 ± 0.037
	v	1.550 ± 0.164	1.731 ± 0.147
vV_{minIC}	t	0.541 ± 0.108	0.574 ± 0.031
	v	0.930 ± 0.093	0.850 ± 0.404
dif tempo	t	0.494 ± 0.055	0.531 ± 0.138
$vV_{\text{máx aMS}}$	t	0.765 ± 0.076	0.818 ± 0.101
	v	1.411 ± 0.138	1.346 ± 0.088
$vV_{t=1}$	t	1	1
	v	0.626 ± 0.069	0.730 ± 0.146
Velocidade média $\pm$ desvio padrão	v	1.022 ± 0.440	1.067 ± 0.455
Coeficiente de variação		0.431	0.426

Os coeficientes de variação obtidos pelos subgrupos foram respectivamente para o género feminino e masculino 0.431 e 0.426.

A fim de facultar uma melhor assimilação da leitura dos dados, construímos a figura 8 que expressa o perfil da viV_{CG} em função do género com os respectivos pontos de referência e sua função polinomial de grau 6.

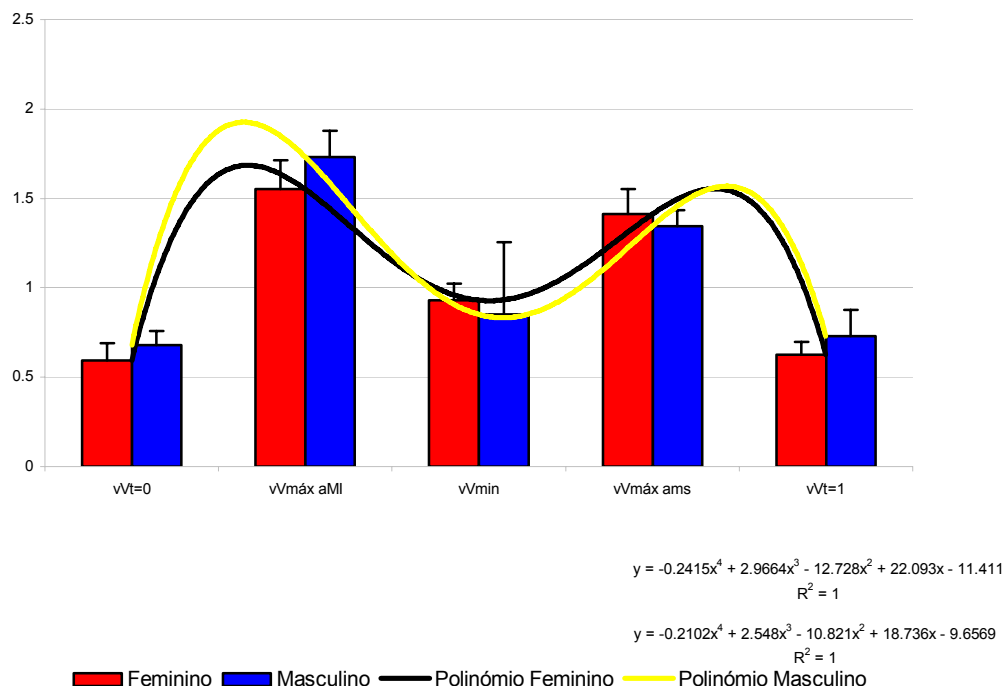


Figura 8: Histograma representativo dos valores do CG em cada ponto de referência em função do género com as respectivas linhas de tendência e desvios padrão.

3.1.4. Perfil em função da especialidade

A análise do quadro 7, que expressa os dados em função da especialidade, evidencia valores de velocidade superiores em todos os pontos de referência no subgrupo dos não especialistas, à excepção da $vV_{máx aMI}$, com valores de 1.620m/s para os especialistas e 1.582m/s para os não especialistas. A diferença de tempo entre as acções mais propulsivas é também superior para os não especialistas (0.518s), traduzindo desta forma uma maior variação intracíclica para este subgrupo. O subgrupo especialista registou um intervalo de tempo de 0.497s.

Todavia, o coeficiente de variação teve um comportamento inverso, com valores de 0.439 para os especialistas e de 0.408 para os não especialistas.

Quadro 7: Valores médios e respectivos desvios-padrão do Tempo (t) e Velocidade (v) da ViV_{CG} em cada ponto de referência, em função da especialidade.

		Especialista	Não especialista
$vV_{t=0}$	t	0	0
	v	0.612 ± 0.102	0.632 ± 0.096
$vV_{\text{máx aMI}}$	t	0.267 ± 0.060	0.287 ± 0.028
	v	1.620 ± 0.208	1.582 ± 0.131
vV_{minIC}	t	0.554 ± 0.112	0.547 ± 0.064
	v	0.885 ± 0.269	0.937 ± 0.089
dif tempo	t	0.497 ± 0.100	0.518 ± 0.052
$vV_{\text{máx aMS}}$	t	0.764 ± 0.105	0.805 ± 0.027
	v	1.385 ± 0.128	1.401 ± 0.138
$vV_{t=1}$	t	1	1
	v	0.643 ± 0.117	0.680 ± 0.085
Velocidade média $\pm$ desvio padrão	v	1.029 ± 0.452	1.046 ± 0.427
Coeficiente de variação		0.439	0.408

Na figura 9 podemos observar o comportamento dos valores apresentados.

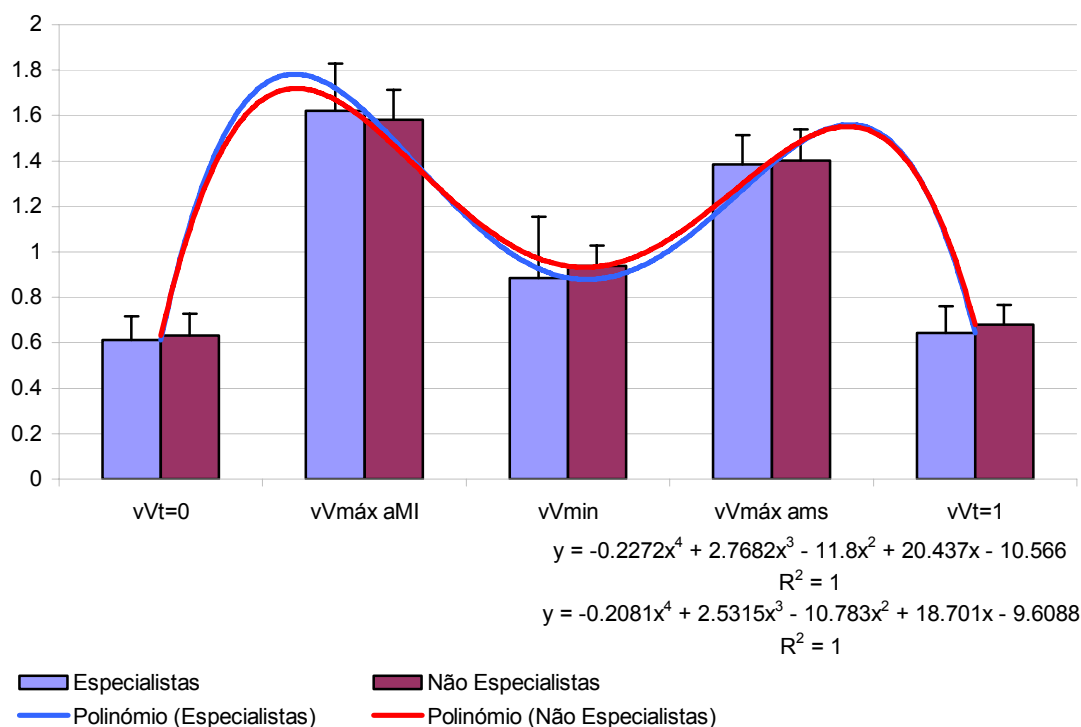


Figura 9: Histograma representativo dos valores de velocidade do CG em cada ponto de referência em função da especialidade com as respectivas linhas de tendência e desvios padrão.

3.2. Variação intracíclica da velocidade da Anca

3.2.1. Por processamento de imagens (viV_{anca1})

Quando estudamos os perfis de variação da velocidade referentes ao ponto anatómico fixo – anca1 –, os resultados obtidos para a nossa amostra expressos no quadro 8 revelam uma evolução em tudo similar aos obtidos para o CG, sendo de realçar as diferenças dos valores referentes aos picos de velocidade. Temporalmente as fases do ciclo de nado não apresentam diferença significativa.

De notar que a velocidade média foi inferior à registada pelo CG, assim como, a grande diferença entre valores de velocidade para T=1.

Quadro 8: Valores médios e respectivos desvios-padrão (dp) do tempo (t) e velocidade (v) da $V_{i_{anca1}}$ em cada ponto de referência, para a totalidade da amostra.

		Média ± desvio padrão
$vV_{t=0}$	t	0
	v	0.162 ± 0.105
$vV_{máx aMI}$	t	0.248 ± 0.051
	v	1.854 ± 0.166
vV_{minIC}	t	0.524 ± 0.096
	v	0.873 ± 0.195
dif tempo	t	0.528 ± 0.124
$vV_{máx aMS}$	t	0.777 ± 0.109
	v	1.527 ± 0.217
$vV_{t=1}$	t	1
	v	0.148 ± 0.149
Velocidade média ± desvio padrão	v	0.913 ± 0.776

3.2.2. Por velocímetro (vV_{anca2})

Por sua vez, quando estudamos os perfis de variação da velocidade referentes ao ponto anatômico fixo – anca2 –, agora por velocímetro, os resultados obtidos para a nossa amostra expressos no quadro... revelaram uma variação da velocidade também semelhante aos dados obtidos anteriormente.

A média de velocidade foi mais próxima da obtida pelo CG e os valores em T=1 foram mais próximos dos obtidos pela anca1. O valor máximo de velocidade, respeitante à ALI dos MI (2.079m/s), é o mais elevado até aqui registado.

Quadro 9: Valores médios e respectivos desvios-padrão (dp) do tempo (t) e velocidade (v) da Vi_{anca2} em cada ponto de referência, para a totalidade da amostra.

		Média ± desvio padrão
vV _{t=0}	t	0
	v	0.162 ± 0.082
vV _{máx aMI}	t	0.152 ± 0.031
	v	2.079 ± 0.269
vV _{minIC}	t	0.470 ± 0.105
	v	0.999 ± 0.196
dif tempo	t	0.567 ± 0.057
vV _{máx aMS}	t	0.720 ± 0.053
	v	1.701 ± 0.249
vV _{t=1}	t	1
	v	0.144 ± 0.113
Velocidade média ± desvio padrão	v	1.017 ± 0.878

3.3. Relação entre parâmetros

A fim de completar a nossa análise de acordo com os pressupostos deste trabalho, expomos no quadro 10 a relação dos valores estudados, que se referem às variações intracíclicas de velocidade para a nossa amostra, para perceber o seu grau de associação.

Pretendemos assim perceber a relação existente entre cada ponto de referência estudado para cada nadador da amostra, através dos três meios utilizados para o efeito.

As correlações alcançadas foram todas estatisticamente significativas para $p \leq 0.01$. Em todos os ciclos as correlações foram superiores a 0.95.

Os valores mais baixos referem-se a relação viV_{anca2} - viV_{CG} como esperado, dada a utilização de diferentes meios de monitorização. O grau de associação entre viV_{anca1} - viV_{anca2} foi em todos os casos bastante elevado, o que era de esperar dado que se reportam ao mesmo ponto anatómico, atendendo a que o velocímetro é referenciado ao uma zona coincidente com a anca.

Os valores de relação entre $viV_{anca1} - viV_{CG}$ variaram entre 0.857 e 0.956. Já para $viV_{anca2} - viV_{CG}$ estes encontram-se entre 0.855 e 0.951, e para $viV_{anca1} - viV_{anca2}$ foi obtido o intervalo de valores foi 0.907-0.987.

As médias alcançadas foram de: (i) 0.921 para $viV_{anca1} - viV_{CG}$, (ii) 0.904 para $viV_{anca2} - viV_{CG}$ e (iii) 0.960 para $viV_{anca1} - viV_{anca2}$.

Quadro 10: Valores do coeficiente de correlação de Pearson entre $Vi_{CG} - Vi_{anca1}$; $Vi_{anca1} - Vi_{anca2}$; $Vi_{anca2} - Vi_{CG}$, por ciclo completo de nado.

	$viV_{anca1} - viV_{CG}$	$viV_{anca2} - viV_{CG}$	$viV_{anca1} - viV_{anca2}$
Nadador 1	0.924**	0.891**	0.944**
Nadador 2	0.956**	0.855**	0.907**
Nadador 3	0.933**	0.951**	0.965**
Nadador 4	0.895**	0.891**	0.987**
Nadador 5	0.913**	0.897**	0.956**
Nadador 6	0.948**	0.951**	0.987**
Nadador 7	0.938**	0.886**	0.975**
Nadador 8	0.909**	0.909**	0.970**
Nadador 9	0.857**	0.880**	0.949**
Nadador 10	0.940**	0.930**	0.967**
Média $\pm$ dp	0.921 $\pm$ 0.029	0.904 $\pm$ 0.031	0.960 $\pm$ 0.023

A fim de facultar uma melhor compreensão do comportamento dos perfis de variação de toda a amostra em estudo, expomos um gráfico realizado (fig. 10), que apresenta as curvas polinomiais de ordem 6 para viV_{anca1} , viV_{CG} e viV_{anca2} com as respectivas funções r^2 .

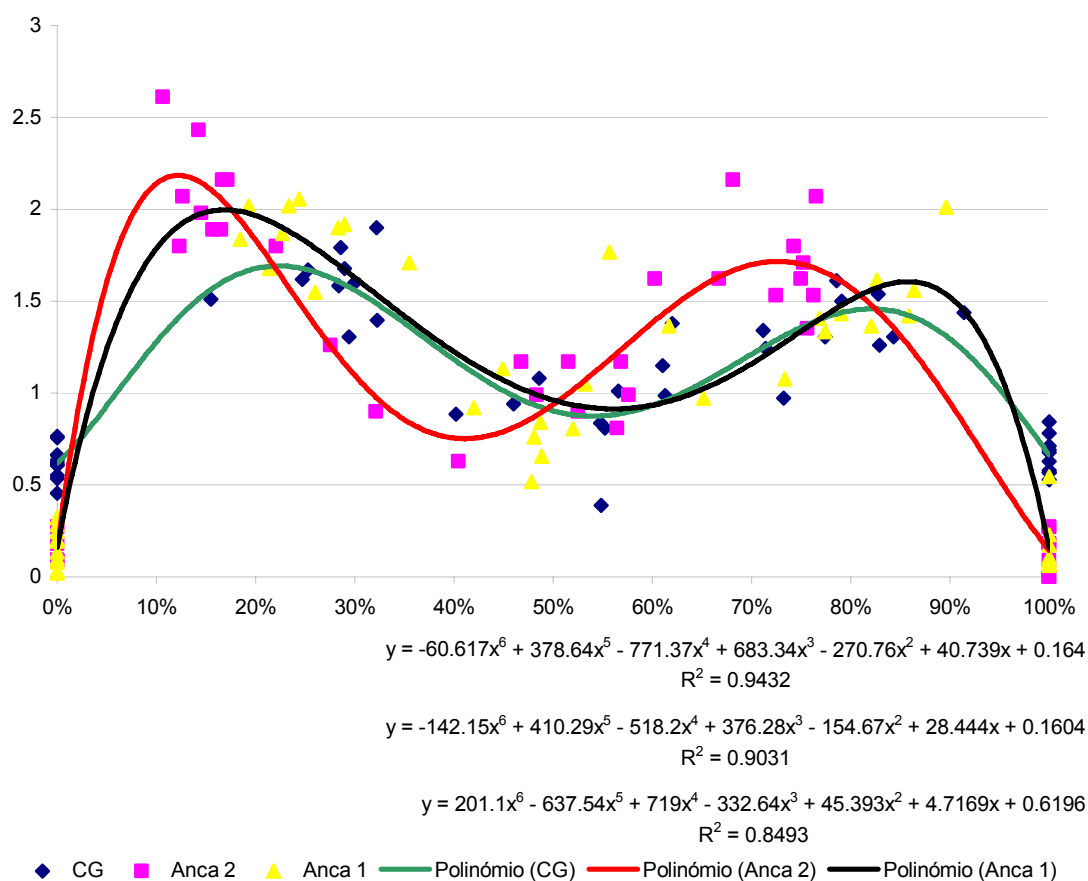


Figura 10: Diagrama de dispersão e linhas de tendência referentes aos perfis de vi_{CG} , vi_{anca1} e vi_{anca2} de toda a amostra em estudo.

4. Discussão

4.1. Discussão da metodologia

Um dos aspectos que deve ser avaliado concerne à amostra utilizada para este estudo. A constituição de uma amostra de 10 elementos é por nós considerada como bastante satisfatória, pecando somente no número de repetições que cada elemento efectuou do protocolado. Ainda assim, cada elemento efectuou um percurso de 25m. Uma vez que os dados recolhidos tinham como objectivo ser avaliados através de três metodologias diferentes, cada nadador contribui para o produto final com três amostras, o que perfaz um total de 30 ciclos de nado a analisar para este trabalho.

As condicionantes que poderiam advir do meio envolvente foram em nosso entender dissipadas, uma vez que o meio envolvente criava todas as condições para o cumprimento do protocolo estipulado para este estudo, não havendo, por isso, variáveis externas condicionantes na recolha de dados. O nado dos nadadores obedeceu a um desenvolvimento normal.

As marcações efectuadas nos nadadores para os pontos anatómicos de referência a serem digitalizados resultaram numa facilitação e simplificação do processo em questão.

A identificação dos ciclos de nado para cada sistema de monitorização foi de alguma forma dificultada pela não utilização do *LED* (referencial luminoso) Este facto implicou cálculos morosos e de análise minuciosa dos dados recolhidos, uma vez que foi necessário relacionar os dados de acordo com as leituras de velocidade dos sistemas de monitorização, fazendo corresponder os pontos de velocidade mínima, coincidentes com a desaceleração do nadador aquando da recuperação dos MI, com o ciclo correspondente para cada sistema, obtido por contagem no momento da sua ocorrência, resultando numa morosidade do processo acrescida. Todavia, a validade dos dados não é colocada em causa, podendo, no entanto, surgir ligeiros desfasamentos temporais entre os dados recolhidos.

Os sistemas de monitorização utilizados consistiram no processamento informático de imagem (Vilas-Boas, 1997a) com constituição de imagens de duplo meio (Vilas-Boas, 1997d), para obtenção dos perfis de velocidade/tempo

do CG e da anca1. Foi também utilizado um velocímetro desenvolvido por Lima et al. (2003) para obtenção dos perfis de velocidade/tempo da anca2.

4.2. Discussão dos resultados

4.2.1. Variação intracíclica da velocidade CG (viV_{CG})

4.2.1.1. Perfil de um nadador

Aquando da recuperação dos MI, e como consequência de uma exposição ao deslocamento do nadador, de uma maior área corporal, a velocidade atinge valores próximos de 0m/s (0.664m/s). Este valor vai de encontro ao descrito na literatura por Yutaka et al. (2004), Miyashita (1974) e McElroy e Blanksby (1976) e traduz-se no momento de menor velocidade em todo o ciclo de nado.

Em consequência da continuidade da acção dos MI, a velocidade aumenta, registando o seu pico mais elevado, como resultado da ALI dos MI. Estes valores não estão de acordo com alguma bibliografia consultada, como foi o caso de McElroy e Blanksby (1976), (Maglischo et al., 1987) e Takagi et al. (2004), que sugerem que o pico máximo de velocidade ocorre por acção dos MS. Os nossos dados evidenciam um pico máximo de velocidade de todo o ciclo neste ponto (1.898m/s) o que está de acordo com Bober e Czabanski (1975), D'Aquisto et al. (1988), Craig et al. (1988) e Yutaka et al. (2004). Entendemos que este facto está relacionado com a amostra em questão ou com a metodologia utilizada.

Na fase seguinte, ficou patente um decréscimo da velocidade como descrito por Maglischo (2003), D'Aquisto et al. (1988) e Craig et al. (1988). Este deve-se à ocorrência de deslize por parte dos nadadores e ao posicionamento dos MS para preparação da sua ALI, acção esta, frenadora. Este estado passivo e de exposição de área ao deslocamento demora para o nadador em questão 0.389seg, separando desta forma as duas acções mais propulsivas do ciclo de nado e promovendo a necessidade de uma reaceleração da sua massa mais intensa, da qual resulta um dispêndio energético mais elevado.

Da acção propulsiva dos MS, resulta mais um pico de velocidade, que, como supracitado, não é mais significativo que o dos MS, e regista uma

velocidade de 1.344m/s. Esta velocidade é alcançada por meio da ALI dos MS e é acompanhada pelo impulso do tronco para a frente. O ciclo termina com a nova recuperação dos MI e sua colocação óptima para a sua fase propulsiva, de que resulta um novo decréscimo da velocidade de deslocamento.

4.2.1.2. Perfil da amostra total

A totalidade da amostra evidenciou valores mais elevados de velocidade em consequência da ALI dos MI 1.604m/s, valores inferiores aos obtidos por Tourny et al. (1992), Craig et al. (1988) e Kent e Atha (1975) e D'Acquisto et al. (1988). A velocidade de 1.391m/s derivada da ALI dos MS, é também inferior à alcançada pelos mesmos autores. O registo de velocidade da ALI dos MI superior à velocidade da ALI dos MS, está de acordo com os dados obtidos por Craig et al. (1988) e D'Acquisto et al. (1988).

De acordo com Yutaka et al. (2004), Miyashita (1974) e McElroy e Blanksby (1976) está também o valor próximo de 0, na recuperação dos MI.

Entre os dois picos de velocidade, registou-se um decréscimo de velocidade de 1,604m/s para 0.906m/s, o que se traduz numa quebra acentuada para valores também próximos de 0. O intervalo de tempo em que ocorre o registo mencionado é em média de 0.505s.

A velocidade média traduzida pela totalidade da amostra é de 1.036m/s, inferior aos valores encontrados por Tourny et al. (1992), Craig et al. (1988) e Kent e Atha (1975), mas, superiores aos encontrados por D'Acquisto et al. (1988).

Os intervalos de tempo entre ALI dos MI e ALI dos MS são aproximados aos obtidos por Tourny et al. (1992), Craig et al. (1988) e Kent e Atha (1975) e D'Acquisto et al. (1988).

4.2.1.3. Perfil em função do género

Quando nos reportamos ao género, deparamos com diferenças ao nível das velocidades atingidas nos pontos de referência, como é de constatar pelos valores médios de velocidade alcançados pelos dois géneros, sendo de 1.022m/s e 1.067m/s respectivamente para o género feminino e masculino.

Podemos também verificar da nossa análise ao quadro 6, que as diferenças mais significativas ocorrem em $vV_{\text{máx aMI}}$ com valores médios de 1.550m/s para o género feminino e 1.731m/s para o género masculino. Denota-se uma maior aceleração por parte do género masculino nesta fase do ciclo. Esta supremacia pode dever-se à restrição dos MI em alcançar velocidades máximas, adicionada ao facto de terem de iniciar a sua acção propulsiva de valores muito próximos de 0 como sugerem Manley e Atha (1992).

Já os MS, têm uma maior capacidade de reserva, uma vez que o corpo já possui aceleração da acção dos MI significativa. Podem também ser sincronizados para suceder à acção propulsiva dos MI, reduzindo a duração da fase de transição MI-MS. Este aspecto ficou patente nos dados obtidos, sendo que evidenciaram uma menor fase de transição para o género feminino e uma consequente menor perda de velocidade o que está de acordo com os resultados obtidos por Takagi et al. (2004), com resultados evidentes de velocidade da acção dos MS superiores para este género.

O pico de velocidade mencionado ocorre num menor espaço de tempo, ou seja, a acção propulsiva no género feminino ocorre mais rápido do que no género masculino, o que também está de acordo com os dados obtidos por Takagi et al. (2004).

Os resultados obtidos a partir da ALI dos MI mostram diferenças notórias, não só em termos de velocidade, como de tempo. Os nadadores parecem registar uma perda de velocidade mais acentuada que as nadadoras, facto este que está em nossa perspectiva relacionado com o maior intervalo de tempo entre as duas acções registado para os nadadores. Estes têm uma fase de deslize mais demarcada (0.531s), que resulta numa perda mais acentuada de velocidade em oposição aos valores de 0.494s do género feminino. Esta perda não é no entanto compensada com uma ALI dos MS da qual resultam valores de velocidade inferiores (1.346m/s) relativamente ao género feminino (1.411m/s).

As nadadoras não registam invariavelmente valores de velocidade inferiores aos nadadores como descrito por Mantley e Atha (1992). Os valores 1.55m/s ($vV_{\text{máx aMI}}$) e 0.93m/s (vV_{minIC}) registando uma variação de 0.62m/s

para as nadadoras. Já os nadadores registam valores de variação entre 1.731m/s ($vV_{\text{máx aMI}}$) e 0.85m/s (vV_{minIC}) num intervalo de variação de 0.881m/s. Os nadadores evidenciam uma maior variação de velocidade e com perdas de velocidade mais acentuadas.

Os coeficientes de variação obtidos demonstram uma maior variação para o género feminino (0.431) em relação ao género masculino (0.426). Estes resultados podem dever-se ao estilo mais ondulatório do género feminino.

4.2.1.4. Perfil em função da especialidade

Relativamente à análise dos subgrupos especialistas e não especialistas foram obtidos valores de velocidade superiores unicamente para $vV_{\text{máx aMI}}$ pelo subgrupo de especialistas (1.62m/s) em oposição a valores médios de 1.582m/s dos não especialistas.

As médias de velocidade alcançadas foram também inferiores para os especialistas (1.029m/s) em comparação com os valores alcançados pelos não especialistas (1.046m/s). Este facto não está de acordo com Takagi et al. (2004), e é resultado da inclusão de nadadores mais jovens no subgrupo de especialistas, uma vez que, retirados estes nadadores, a média de velocidade é de 1.0572m/s. O mesmo factor está implícito nos restantes valores de velocidade dos pontos de referência como expresso no quadro 11.

Quadro 11: Valores médios e respectivos desvios-padrão do Tempo (t) e Velocidade (v) da ViV_{CG} em cada ponto de referência, em função da especialidade, para o escalão sénior.

		Especialista	Não especialista
$vV_{t=0}$	t	0	0
	v	0.628 ± 0.126	0.632 ± 0.096
$vV_{\text{máx aMI}}$	t	0.3 ± 0.015	0.287 ± 0.028
	v	1.648 ± 0.259	1.582 ± 0.131
vV_{minIC}	t	0.511 ± 0.088	0.547 ± 0.064
	v	0.988 ± 0.150	0.937 ± 0.089
dif tempo	t	0.463 ± 0.074	0.518 ± 0.052
$vV_{\text{máx aMS}}$	t	0.763 ± 0.063	0.805 ± 0.027
	v	1.375 ± 0.162	1.401 ± 0.138
$vV_{t=1}$	t	1	1
	v	0.645 ± 0.139	0.680 ± 0.085
Velocidade média $\pm$ desvio padrão	v	1.057 ± 0.449	1.046 ± 0.427
Coeficiente de variação		0.425	0.408

Notamos assim, valores de $vV_{\text{máx aMI}}$, vV_{minIC} superiores para os especialistas, bem como uma menos transição entre as fases mais propulsivas (0.463s), o que, está de acordo com os resultados alcançados por Takagi et al. (2004) aquando da comparação do nível de performance de nadadores.

De salientar que, os especialistas obtêm menores valores de tempo entre as acções propulsivas, pressupondo uma aproximação das fases propulsivas, da qual resulta uma menor perda de velocidade. No entanto, os valores de velocidade alcançados pelos não especialistas em $vV_{\text{máx}}$ são superiores (1.401m/s) aos dos especialistas (1.375m/s). Este facto leva-nos a concluir da importância da fase não propulsiva do ciclo para a performance como conclui Takagi et al. (2004) que também encontraram valores superiores entre as acções mais propulsivas do ciclo para os nadadores de menor nível de performance.

No que respeita ao coeficiente de variação, os especialistas obtiveram 0.439 e os não especialistas 0.408, evidenciando uma maior variação de velocidade, que, quando comparados com os valores médios de velocidade, não se traduz num melhor desempenho por parte dos não especialistas.

4.2.2. Variação intracíclica da velocidade da Anca

4.2.2.1. Por processamento de imagens (viV_{anca1})

Outro dos parâmetros avaliados por processamento de imagem foi referente ao ponto anatómico anca. Com esta análise pretendemos perceber as diferenças mais relevantes entre o CG e a anca como pontos de referência. Iremos proceder a esta análise no ponto 4.2.3. Relação entre parâmetros, por consideramos que a compilação com os dados provenientes da velocimetria será mais perceptível e relevante.

Queremos de qualquer das formas salientar a similaridade entre os dados provenientes dos perfis do CG, com coincidência notória das variações intracíclicas com os dados da anca1.

De realçar que a média de velocidades é superior para o CG, facto que resulta de valores mais elevados em $T=0$ e $T=1$ e também numa menor perda de velocidade registada em vV_{minIC} coincidente com o deslize e a recuperação dos MS. Este ponto ganha justificação pela maior susceptibilidade de relação com o deslocamento de segmentos corporais, do que com a velocidade do nadador. Não se regista assim, na anca, um incremento da velocidade no momento de recuperação dos MS, mais evidente, como era de esperar no CG.

4.2.2.2. Por velocímetro (viV_{anca2})

Da análise dos dados do velocímetro podemos desde já salientar que apresentam uma grande similaridade com os dados de processamento de imagem referenciados à anca, registando no entanto valores médios de velocidade superiores (1.001m/s). Os dados referentes à velocidade foram, aliás, todos superiores quando comparados com a anca1.

Destacamos também a maior diferença temporal registada entre as acções mais propulsivas do ciclo, com um valor de 0.564s. Este facto é

relevante, uma vez que expressa o maior desfasamento registado entre as fases mais propulsivas do ciclo de nado.

De notar também que a velocidade máxima do ciclo de nado foi expressa em média por: 2.029m/s. Este valor é superior a todos os valores encontrados para os restantes dados recolhidos.

4.2.3. Relação entre parâmetros

A primeira análise a retirar do quadro 10, que expressa o grau de associação entre os valores dos diferentes registos obtidos, direcciona a nossa atenção para o elevada relação entre $viV_{anca1} - viV_{anca2}$ ($r=0.960$). Esta relação é justificada pela referência ao mesmo ponto anatómico, ou proximidade entre pontos de referência, uma vez que é ao nível da anca que está localizado o ponto de fixação do velocímetro.

De salientar que as menores associações ocorrem tanto para a $viV_{anca1} - viV_{CG}$ como para $viV_{anca2} - viV_{CG}$.

Os dados parecem estar de acordo com a literatura (Maglischo et al., 1987) apesar de termos obtido relações menos expressivas. Este facto, em nosso entender, deve-se à particularidade do estilo de bruços. McElroy e Blanksby (1976), num estudo acerca das variações intracíclicas da velocidade em bruços, obtiveram resultados que os levaram a concluir que, enquanto o corpo pode estar quase estacionário, uma proporção considerável da massa do corpo continua a movimentar-se para a frente à medida que os membros inferiores e superiores recuperam. Constituindo os membros mais de metade do peso do corpo, a velocidade do CG total do corpo não diminui tanto como a do tronco.

De uma forma similar, quando o tronco alcança a sua velocidade máxima, os MS e MI deslocam-se para trás em relação ao tronco. Como consequência, o CG total do corpo não alcança uma velocidade máxima tão elevada como a que atinge o tronco. O modelo de velocidade do CG é similar ao do tronco, mas com menos flutuações extremas (McElroy e Blanksby, 1976).

Os valores de r alcançados para estas relações não foram tão expressivos como os da relação $\text{anca1}/\text{anca2}$. No entanto, foram obtidas relações para $p \leq 0.01$.

Consideramos, assim, que as curvas obtidas são tradutoras da eficiência externa dos nadadores. Este facto é corroborado pela semelhança evidenciada pelas mesmas curvas e pelas semelhanças entre os valores das variáveis em estudo, assumidas como pontos de referência. Retomamos McElroy e Blanksby (1976), para fundamentar a nossa argumentação: (i) a curva de velocidade/tempo do tronco revela um modelo característico para todos os nadadores; (ii) a curva velocidade/tempo do CG revela modelos muito similares à curva velocidade/tempo do tronco, mas com flutuações menos extremas; (iii) o valor mínimo da velocidade do tronco corresponde ao momento da recuperação completa dos MI.

Sendo uma resultante dos deslocamentos de todos os segmentos corporais, a variação da velocidade do CG pode expressar não só as acções propulsivas do nadador, como os deslocamentos dos segmentos em relação à direcção de nado. Esta linha de raciocínio justifica as diferenças nos resultados obtidos para os parâmetros $viV_{\text{anca1}} - viV_{\text{CG}}$ e $viV_{\text{anca2}} - viV_{\text{CG}}$. Podemos também justificar as diferenças registadas com erros de amostragem ou referentes ao próprio processo de tratamento de dados, sendo por isso imputados alguns desfasamentos aos investigadores, ou mesmo, ao próprio processo de recolha de dados, que, como já anteriormente referimos, teve de sofrer adaptações pela não utilização do *LED* (referencial luminoso) como método de ajuste temporal entre os meios de monitorização.

Esta possibilidade é colocada, muito pelo facto de sermos confrontados com valores de associação elevados para a maioria da amostra.

Uma justificação para esta ocorrência pode estar na realização de movimentos activos dos MS e MI, com incrementos de velocidade consideráveis para o CG, não sendo registados pela anca, uma vez que os segmentos corporais podem influenciar em algumas fases, a velocidade do CG, nomeadamente nas acções mais propulsivas dos segmentos supracitados.

No respeitante aos valores obtidos para $viV_{anca1} - viV_{anca2}$, podemos considerar que o velocímetro reflecte o perfil viV_{anca1} . As diferenças, embora pouco significativas advêm de algum desfasamento temporal, ou mesmo de uma necessidade de optimização do velocímetro. Convém no entanto focar que a diferença na quantidade de pontos obtidos pelos dois meios em questão é considerável, e daí podem resultar algumas fases do ciclo de nado que não são claramente obtidas.

Adicionado a este facto, está a possibilidade de, em movimentos de grande aceleração, o velocímetro registar aumentos mais acentuados de velocidade pela tensão a que fica sujeito o fio, o que justificaria os picos mais acentuados obtidos por este sistema de monitorização. Sendo possível que o fio não frene o suficiente para expressar o deslocamento.

Existe também a possibilidade de uma incompleta extensão do fio como consequência de acções motoras mais fortes, prejudicar a avaliação da fase subsequente. Este facto aliado à descontinuidade da técnica de bruços e ao registo de uma diferença maior em termos temporais entre as duas fases de maior aceleração, parece ganhar alguma justificação. Alguns problemas mecânicos podem estar então na origem de algumas diferenças que possam surgir.

O velocímetro parece ser um meio válido para a medição das viV_{anca1} , com base nos resultados obtidos.

IV. Conclusões

No que respeita às v_{CG} , dos resultados obtidos concluímos que:

(i) a curva de velocidade/tempo do CG revela um modelo característico para todos os nadadores;

(ii) a curva velocidade/tempo do CG revela modelos muito similares à curva velocidade/tempo da anca1 e anca2, mas com flutuações menos extremas;

(iii) o valor mínimo da velocidade do CG corresponde ao momento da recuperação completa dos MI;

(iv) o valor máximo da velocidade do CG durante a fase da acção do MI é maior do que a atingida durante a acção do MS;

(iv) o ciclo gestual da técnica de braços é caracterizado por dois períodos de desaceleração e dois períodos de aceleração;

(v) a velocidade de nado aumenta rapidamente durante a fase propulsiva da acção dos MI, alcançando o seu primeiro pico;

(vi) a velocidade diminui durante a fase de deslize até ao início da fase da acção propulsiva dos MS;

(vii) a velocidade aumenta novamente até ao seu valor mais alto durante a fase da acção propulsiva dos MS;

(viii) os nadadores parecem registar um maior intervalo de tempo entre as duas acções mais propulsivas resultando numa perda de velocidade mais acentuada que as nadadoras;

(ix) os nadadores atingem velocidades médias totais mais elevadas que as nadadoras;

(x) em média, a acção mais propulsiva dos MI é superior no género masculino, sendo superior para o género feminino na acção mais propulsiva dos MS;

(xi) as diferenças temporais entre as fases mais propulsivas são mais significativas para os nadadores, assim como a perda de velocidade nesta fase;

(xii) as nadadoras evidenciaram um coeficiente de variação superior ao dos nadadores;

(xiii) considerando a especialidade, os especialistas evidenciaram uma velocidade média e viV_{CG} superior;

(xiv) os especialistas evidenciaram um coeficiente de variação superior em relação aos não especialistas;

Relativamente à relação entre parâmetros:

(xii) foram obtidas correlações positivas e significativas para os parâmetros $viV_{anca1} - viV_{CG}$ ($r=0.921 \pm 0.029$), $viV_{anca2} - viV_{CG}$ ($r=0.904 \pm 0.031$) e $viV_{anca1} - viV_{anca2}$ ($r=0.960 \pm 0.023$).

O velocímetro é um instrumento válido no domínio da avaliação da técnica e do aconselhamento do treino. Este argumento é corroborado pela simplicidade protocolar que implica e pela utilização de procedimentos e meios elementares. Para além destes argumentos, consideramos o processo de fornecimento de informação para treinadores e nadadores pouco moroso como uma das suas grandes vantagens, uma vez que permite a obtenção de dados relevantes em tempo real.

V. Bibliografia

- Alves, F. B. (1996). Economia de nado, técnica e desempenho competitivo nas técnicas alternadas. In: Natação, Jan/Fev/Març, 28(V) pp. 3-15.
- Arroyo, A. (1968). Natacion Deportiva. Imprenta Tutor, Madrid.
- Cappaert, J. M. (1996) Rotational balance about the center of mass in the breaststroke. In: J. P. Troup (eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming VII, pp. 29-33.
- Cazorla, G. (1984). De l'évaluation en activité physique et sportive. Mission Recherche. INSEP, Paris.
- Clarys, J. P. (1994). The historical perspective of swimming science. In: J. P. Troup; A. P. Hollander; D. Strasse; S. W. Trappe; J. L. Cappaert; T. A. Trappe (eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming VII.
- Costill, D.; Maglischo, E.; Richardson, A. (1992). Swimming. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Costill, D.L.; Lee, G.; D'Aquisto, L. (1987). Video-computer assisted analysis of swimming technique. J. Swim. Research, 3(2): 5-9.
- Counsilman, J. E. (1984). A Natação. Ciência e técnica para a preparação de campeões. Paisagem Editora. Porto.
- Craig, A. B. Jr. (1984). The Basics of swimming. In: Swimming technique, Feb-Apr, pp 22-27.
- Craig, A. B.; Boomer, W. L.; Skehan, P. L. (1988). Patterns of velocity in competitive breaststroke swimming. In: : B. E. Ungerechts, K. Wilkie, K. Reischle (eds.), Swimming Science V, pp. 73-77. Human Kinetics Publisher, Champaign, Illinois.
- Craig, A.; Pendergast, D. (1979) Relationships of stroke rate, distance and velocity in competitive swimming. Medicine Science Sports, 11(3): 278-283.
- D'Aquisto, L.J. e Costill, D.L. (1998). Relationship between intracyclic linear body velocity fluctuations, power, and sprint breaststroke performance. J. swimming Res., 13, 8-14.

- Fernandes, R. e Vilas-Boas, J.P. (2002). Factores influenciadores do rendimento em Natação Pura Desportiva. Breve revisão. Documento de apoio à disciplina Metodologia I – Natação. FCDEF-UP. Porto.
- Hall, S. J. (1991). Biomecânica básica. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Hólmer, I. (1974). Physiology of swimming man. Acta Physiol. Scand., supl. 407.
- Hólmer, I. (1983). Energeics and Mechanical Work in Swimming. In: A.P. Hollander, P.A. Huijing e G. de Groot (eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming IV, pp. 154-164. human Kinetics book. Champaign, Illinois.
- Hólmer, I. (1983). Energetics and mechanical work in swimming. In: P. Hollander, P. Huijing, G de Groot (eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming IV, pp. 154-164. Champaign. Human Kinetics.
- Iguaran, J. (1972). Historia de la natacion antigua y de la oderna de los juegos olímpicos. Tolosa.
- Kent, M. R.; Atha, J. (1975). A deice for the on-line measurement of instantaneous swimming velocity. In: L. Lewillie; J. P. Clarys (eds.), Swimming II, pp. 58-63. University Park Press.
- 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.
- Lima, A. B.; Fernandes, R.; Tani, G.; Vilas-Boas, J. P. (2003) Registo, em tempo real, das variações intracíclicas da velocidade do nadador de bruços. Revista APTN, 3:12-15.
- Maglischo, C.W.; Maglischo, E.W.; Santos, T.R. (1987). The relationship between the forward vleocity of the center of gravity and the forward velocity of the hip in the four competitive strokes. J. Swim Research, 3(2): 11-17.
- Maglischo, E.W. (1993). Swimming even faster, Mayfield Publishing Company, Mountain View, California.
- Manley, P. K. e Atha, J. (1992). Intra-stroke velocity fluctuations in paced breastroke swimming. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.),

- Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI, pp. 151-159. E & Spon, London.
- Mason, B.; Tong, Z. and Richards, R. (1992). Propulsion in butterfly stroke. In: D. Maclaren, T. Reilly and A. Lees (eds.) Biomechanics and Medicine in Swimming VI, pp. 81-86. E & Spon, London.
 - McElroy, K. e Blanksby, B. (1976). Intra-cycle velocity fluctuations of highly skilled breaststroke swimmers. Aus. J. Health, Phys. Educ. and Rec., March: 25-34.
 - Miyashita, M (1974). Method of calculating mechanical power in swimming breast stroke. Research Quarterly, 45:128-137.
 - Miyashita, M. (1971). An analysis of fluctuations of swimming speed. In: L. Lewillie e J.P. Clarys (eds.), Proceedings of the first international symposium on biomechanics in swimming II, pp. 58-63. University Park pres, Baltimore.
 - Oppenheim, F. (1977). Historie de la Natacion Mondiale et Française. Editions Chiron, Paris.
 - Sanders, R. H.; Cappaert, J. M. and Pease, D. L. (1998). Wave characteristics of Olympic Breaststroke Swimmers. Journal of Applied Biomechanics. 14 pp. 40-51.
 - Soares, P. M.; Sousa, F.; Vilas-Boas, J. P. (1999). Differences in breaststroke synchronisation induced by different race velocities. In: K. L. Keskinen, P. V. Komi and A. P. Hollander (eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming VIII, pp. 53-57. Gummerus printing, Finland.
 - Takagi, H.; Sugimoto, S.; Nishijima, N. and Wilson, B. (2004). Differences in stroke phases, arm-leg coordination and velocity fluctuation due to event, gender and performance level in breaststroke. Sports Biomechanics, 3(1) pp. 15-27.
 - Tourny, C.; Chollet, D.; Micallef, J. P. e Macabies, J. (1992). Comparative analysis of studies of speed variations within a breaststroke cycle. In: D. Maclaren, t. Reilly e A. Lees (eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming VI, pp-161-166. E & F Spon, London.

- Toussaint, H. M. (1992) Performance determining factors in crawl swimming. In: D. Maclaren, t. Reilly e A. Lees (eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming VI, pp. 13-32. E & F Spon, London.
- Troup, J P. (1991). A descriptive analysis of the undulation breaststroke technique in swimming. In: International Center of Aquatic Research - Annual studies by the International Center for Aquatic Research, pp. 17-123. United States Swimming Press.
- Ungerechts, B. E. (1988). The relation of peak acceleration to phases of movements in swimming. In: B. E. Ungerechts, K. Wilkie, K. Reischle (eds.), Swimming Science V, pp. 61-66. Human Kinetics Publisher, Champaign, Illinois.
- Vilas-Boas, J. P. (1987). O mecanismo propulsivo em Natação, pp. 11-63. Provas de aptidão pedagógica e de capacidade científica. ISEF-UP, Porto.
- Vilas-Boas, J. P. (1991). A técnica em natação pura desportiva. Documento de apoio à disciplina de Metodologia I – Natação. Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do Porto. Porto.
- Vilas-Boas, J. P. (1993). Caracterização biofísica de três variantes da técnica de bruços. Tese de Doutoramento. F.C.D.E.F.-U.P., Porto.
- Vilas-Boas, J. P. (1996). Speed fluctuations and energy cost of different breaststroke kinematic variables in national and elite male and female 100-m and 200-m breaststroke swimmers. Journal of Sport Sciences, 18(6), 421-431.
- Vilas-Boas, J. P. (1997a). Estado actual da investigação científica sobre técnica desportiva em natação. 17º Congresso da Association Española de Técnicos de Natación e 4º Congresso Ibérico. Camargo-Cantabria.
- Vilas-Boas, J. P. (1997b). Bases mecânicas da natação. In: R. Fernandes, J.V. Santos Silva e J.P. Vilas-Boas (eds.), Natação: vivências específicas e conhecimentos teóricos básicos. Colectânea de textos, pp. 281-352. Associação de Estudantes da Faculdade de

Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do Porto. Porto.

- Vilas-Boas, J. P. (1997c). A técnica de bruços. In: R. Fernandes, J.V. Santos Silva e J.P. Vilas-Boas (eds.), Natação: vivências específicas e conhecimentos teóricos básicos. Colectânea de textos, pp. 391-451. Associação de Estudantes da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do Porto. Porto.
- Vilas-Boas, J.P. (1997d). Movement analysis in simultaneous swimming techniques. In: K. Daniel, U. Hoffmann e J. Klavck (eds.), Symposiums – Bericht Kolner Schwimmsporttage, pp. 95-103. Sport fahnemann Verlag, Bockenem, Germany.
- Vilas-Boas, J. P. (2001). Sebenta de Biomecânica. Associação de estudantes da FCDEF-UP, Porto.
- Vilas-Boas, J. P. (2004). Lição de síntese. Documento de apoio à disciplina de Biomecânica. FCDEF-UP, Porto.
- Yutaka, Y.; Tetsuya, T.; Kazuo, O.; Michio, Y. and Kazuo, F. (2004). Characteristics of breaststroke skill in elite swimmers detected by means of a speed meter. 9th annual congress of the european college of sport science. Clermont, Ferrant.