

# **CONHECIMENTO DE RESULTADOS E EFICIÊNCIA NO TREINO DA TÉCNICA EM NATAÇÃO**

## **Concepção, desenvolvimento e avaliação de um sistema de "*biofeedback*" para o treino da técnica em nadadores**

Dissertação apresentada às provas de Doutoramento no ramo das Ciências do Desporto, nos termos do decreto-lei n.º. 216/92 de 13 de Outubro, orientada pelo Prof. Doutor João Paulo Vilas-Boas e co-orientada pelo Prof. Doutor Go Tani

**Antonio Barroso Lima**

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

Dezembro, 2005

---

Parte do trabalho desenvolvido para a concepção desta dissertação foi financiada pelo Instituto do Desporto de Portugal (IDP), através do Programa de Apoio Financeiro à Investigação no Desporto (PAFID) – 2004.

Lima, A. B. (2005). Conhecimento de resultados e eficiência no treino da técnica em natação: concepção, desenvolvimento e avaliação de um sistema de “*biofeedback*” para o treino da técnica em nadadores. Dissertação de Doutoramento. no ramo das Ciências do Desporto, nos termos do decreto-lei n.º 216/92 de 13 de Outubro. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto. Em romano i – xxxviii, 291 páginas, anexos xxxix – lxxxiv.

**PALAVRAS CHAVE:** NATAÇÃO, TREINO DA TÉCNICA, *BIOFEEDBACK*, PEITO, FLUTUAÇÃO INTRACÍCLICA DA VELOCIDADE.

---

## Dedicatórias

**Lauro e Ivanira (in memorian)  
Luciano (in memorian), Ricardo, Marcos e Julieta  
Patrícia e Daniel  
Ana Lúcia.**



---

## **Agradecimentos**

Longe é um lugar que não existe, segundo Bach (1987). Mas, longo é o percurso a seguir no decorrer de todo um processo de investigação deste porte, uma tese de doutoramento. Vasto é o caminho percorrido, entremeado de constante incerteza do amanhã e inúmeras indagações sobre o hoje.

Toda a estrutura que envolve o trabalho, bem como os passos a serem dados, embora na sua concepção básica tenham um carácter individual, na verdade, é tão somente fruto da colaboração, empenho, dedicação e disponibilização de várias entidades e pessoas.

Na concepção de um trabalho desta natureza, o desbastar da pedra bruta é e deverá ser constante, com o fim de sempre procurar aprender algo de novo. É a essência da vida, é disponibilizar novos conhecimentos e ter a certeza de que não sabemos nada. É a constante evolução do homem sempre em busca do desconhecido. Portanto, deparámo-nos com inúmeras dificuldades, momentos de incerteza, angústia, saudade e solidão. Felizmente, para nós, estes momentos, foram breves e passageiros, houve sempre uma mão amiga que nos amparou e encorajou no sentido de ultrapassá-los, pondo fim a incerteza do desconhecido. O coroamento do passo dado é a plenitude de poder ter a convicção de poder dizer, eu tenho grandes amigos e irmãos.

Torna-se então imperioso, expressar aqui os nossos agradecimentos a todos quantos estiveram envolvidos direta ou indiretamente neste percurso que levou a conclusão desta tarefa.

Ao Grande Arquiteto do Universo, por me ter posto diante da vida o grande privilégio de sempre acreditar no amanhã.

Ao Professor João Paulo Vilas Boas, pela sua ousadia em orientar-me, pelo seu indiscutível conhecimento das coisas da natação, da biomecânica, da vida. Conseguiu me fazer compreender o que dantes era incompreensível, pela forma como me conduziu, pela liberdade oferecida para desenvolver o trabalho,

---

aconselhando-me continuamente em relação às opções a serem tomadas, no sentido do que fazer e do que não fazer. Extremamente perspicaz para os detalhes, buscando a perfeição, contribuiu decisivamente para o meu crescimento como neófito de pesquisador. Quero expressar-lhe toda a minha gratidão pela sua disponibilidade, mesmo quando o tempo escasseava para as suas tarefas institucionais e particulares. A longa caminhada ora finda, mas com certeza, será o renascer de tantas outras que só o tempo poderá mensurar. Ficará para sempre gravado em nós o respeito, a admiração e a amizade.

Aos Professores Jorge Bento e António Marques por terem acreditado em nós e nos apoiado desde a nossa chegada, até a conclusão deste trabalho, bem como, nos confiando e incentivando quando das realizações do Núcleo de Estudantes Brasileiros (NEB-FCDEF).

Ao Mestre Núbio Vidal, que foi decisivo por eu ter admitido a possibilidade de realizar este doutorado em Portugal, tendo-me lançado o desafio inicial que constituiu-se na concretização desta dissertação, partilhando das incertezas que a vida põe diante de nós.

Ao Professor Fernando Tavares e Rui Faria por nos ter recebido de braços abertos, nos fazendo ver o quanto é importante ser recebido como brasileiro em terras lusas e pelo inestimável apreço por nosso Brasil.

A Universidade Federal do Ceará, a Universidade de Fortaleza e ao Instituto do Desporto de Portugal, entidades que permitiram com seus incentivos, o desenvolvimento deste trabalho, através dos protocolos assinados.

Aos inúmeros moradores da Silva Brinco 230, cujo espaço dividimos ao longo destes anos, procurando manter uma convivência harmoniosa (nem sempre) e de respeito pelas individualidades de cada um. Em especial a aqueles que nos aturaram até os últimos dias de moradia conjunta: Rafael e Túlio, cujas características ficarão guardadas no lado esquerdo e assim poderei rememorar-las com saudade e acima de tudo, com respeito e grande amizade.

---

Ao Professor Filipe Conceição, grande amigo e companheiro inseparável de tantas e longas noites de faculdade. Confidente e acima de tudo pelas trocas de aconselhamentos e desaconselhamentos dados. Acredito firmemente que passando o tempo e tanto quanto ele perdure, a nossa amizade será uma constante em nossas vidas.

Ao Engenheiro Pedro Gonçalves do laboratório de biomecânica da FCDEF-UP, pela profícua troca de ideias tidas durante o nosso percurso de doutoramento, pela sua peculiar forma de ser e estar, disponibilidade inquestionável diante das constantes dúvidas apresentadas principalmente as da informática. No partilhar de tantas incertezas e certezas da vida. Sua perspicácia e persistência nos ditames da estatística nos levaram a descortinar o quanto os parâmetros e critérios estabelecidos estavam de acordo. Uma é a certeza, sua amizade irá perdurar no tempo.

Aos colegas do gabinete de Natação: Ricardo Fernandes pela sua inestimável colaboração desde o início deste trabalho, me fazendo compreender a forma de ser e estar, levando-me a sentir-me um verdadeiro membro deste gabinete, o que é para mim sentido de orgulho. A Susana Soares por compreender a essência da verdadeira arte de salvar vidas, dando-me a oportunidade de tratar deste assunto junto a seus alunos, ao mesmo instante, que prestou inestimável apoio durante todas as recolhas efetuadas.

Ao José Virgílio, por ter cedido e dividido o seu espaço de trabalho e durante todo este tempo soube fincar uma convivência franca e sincera. A Susana Pereira e Catarina Esteves pela disponibilidade e apoio nesta reta final, trazendo aquele ar brasileiro para tanta brasilidade reinante nesta faculdade. A Eva Tesch por emprestar o seu lado crítico na concepção deste trabalho e pela dedicação na elaboração final do todo. A Carla Carmo, pela sua presteza e colaboração nas solicitações feitas e acima de tudo por compreender o lado bom da vida.

A Filipa Sousa e Leandro Machado, a quem recorria sobre as coisas da biomecânica, tendo sempre encontrado o apoio necessário para soluções de

---

simples problemas, os quais para mim, representavam o problema.

Ao Professor Go Tani, pela troca de idéias tidas relativamente as questões da aprendizagem motora e pela co-orientação deste projeto de doutoramento.

Ao amigo e irmão Fernando Mateus, com quem tive o prazer de partilhar trilhas portuguesa, conhecendo Portugal na sua essência e acima de tudo, pela amizade que nos une como VVII.

Aos nadadores e treinadores da Associação de Natação do Norte de Portugal, que participaram das recolhas e se disponibilizaram em ser protagonistas de um trabalho voltado para a ciência da natação.

Ao Professor Miguel Velhote Correia da Faculdade de Engenharia-UP, por ter tornado possível juntamente com seus alunos Daniel Fernandes e Pedro Semblano, um sonho se tornar realidade marcando uma nova era na geração de velocímetro a cabo até então existente. Suas disponibilidades, amizades, conhecimentos e simplicidades, em tornar fáceis as questões de desenvolvimento do projeto em causa, redundaram no que podemos chamar de missão cumprida, o barco está no “Porto” seguro.

Aos alunos que me honraram em ser co-orientador de seus trabalhos de monografia, em especial Pedro Morouço e Fernando Capitão, cujas Monografias são parte viva desta tese.

Ao amigo Lucídio Santos por compreender o quanto vale palavras de incentivo, quando tudo parecia tão distante.

Ao Tiago Barbosa, por saber o quanto é importante estar presente nas horas em que as recolhas tornam-se longas e cheias de desafio.

As minhas amigas pequeninas, Barbara e Filipa, que na sua inocência não mensuram o quanto foram importantes nesta minha caminhada em busca de novos conhecimentos, me trazendo ânimo com suas verdades puras de crianças.

Aos alunos de Licenciatura da Didáctica I e os da opção de rendimento em

---

Natação que sempre se interessaram pelo estudo realizado e partilharam na difícil tarefa da recolha dos dados.

A todos que fazem ou fizeram parte do Núcleo de Estudantes Brasileiros, por me ensinarem o quanto é importante estar presente e poder fazer parte da história viva desta faculdade.

Aos Professores da FCDEF, por me incentivarem dia após dia e através de suas palavras obtive o ânimo e a força necessários para continuar na busca de novos conhecimentos.

Aos funcionários desta Faculdade pelo apoio e disponibilidade em diferentes tarefas que um percurso destes envolve, em especial aos Sr. Dr. Joaquim Armando, Sr. Rui Biscaia, Sr. Teixeira, Sr. Fernando Marinho, Sr. Rui, D. Manuela, Serafim, Dra. Rosa Oliveira, D. Maria de Lourdes, Susana Teixeira, Dr. António Alberto, D. Fátima, Natália e a todos aqueles que pela sua disponibilidade, tornaram esta estada em Portugal cheia de tanto Brasil.

Ao Mestre João Carvalho do Departamento de Física da FEUP-UP, pelo incentivo em encontrar soluções de validação para o sistema velocimétrico desenvolvido e por ter na imensidão dos oceanos, disponibilidade para compreender o que a ciência deixa de explicar.

A meus amigos e irmãos que deixei por estes longos quatro anos e que souberam ser fiéis a nossa amizade e ideais, transformando uma saudade sofrida e dolorida numa breve estada em além-mar.

Ao grande e inestimável companheiro Francisco Batista que emprestou-me a sua amizade por um tempo e agora ela torna-se sincera, duradoura e solidificada.

A tudo e por tudo que de bom a vida me reservou neste período de crescimento, saudade, amizade, amor, contemplação... e acima de tudo, por me fazer compreender mais ainda, a verdadeira essência da AMIZADE.



---

## Resumo

O objetivo do presente trabalho consistiu em desenvolver, validar e avaliar um sistema de “*biofeedback*” para o treino da técnica de nado de peito. Este sistema teve por base o estudo da variação intracíclica da velocidade de um ponto anatômico fixo do nadador – a anca. Esta avaliação processou-se através de informações obtidas por um velocímetro a cabo, desenvolvido para o efeito, cujo sinal foi sincronizado com imagens de duplo meio da execução do nadador. O sinal velocimétrico foi a um tempo registrado graficamente e disponibilizado, para o nadador e para o treinador, de forma acústica em tempo real. A validação do sinal velocimétrico foi realizada nas sucessivas versões do dispositivo, fosse através de velocimetria videométrica bi e tridimensional, fosse através de radar. Para a avaliação da utilidade dos meios em questão para o treino da técnica em natação procedeu-se à análise do respectivo efeito agudo, comparando a resposta de cinco grupos homogêneos a cinco programas de treino de uma hora de duração com o intuito de minimizar as flutuações intracíclicas da velocidade de nado à velocidade média de prova de 200m peito (regulada por “*pacemaker*” visual no fundo da piscina). A amostra foi constituída por 50 nadadores distribuídos, em grupos de 10, pelos cinco grupos referidos. Cada nadador, de cada grupo, realizou um pré-teste e, depois, uma hora de treino técnico, com avaliação velocimétrica inicial e de 15 em 15 minutos até à avaliação final. As avaliações decorreram em um percurso de 25 metros peito. O Grupo 1 contou apenas com informação dos respectivos treinadores, o Grupo 2 reforçou esta informação com as curvas velocimétricas, o Grupo 3 incluiu adicionalmente as imagens de duplo meio sincronizadas com o sinal velocimétrico e os Grupos 4 e 5 contaram ainda com “*biofeedback*” acústico, no primeiro caso em todos os ciclos e, no segundo caso, de dois em dois ciclos. O estudo consistiu em verificar através dos parâmetros caracterizadores do ciclo gestual na sua globalidade, se havia diferença entre os diversos e sucessivos padrões de execução determinados para cada um dos grupos. Iniciou-se pela caracterização cinemática da técnica de peito nas execuções dos diferentes indivíduos que proporcionaram valores mínimos do coeficiente de variação (CV) da velocidade. Os valores médios de CV variaram entre 0.40 e 0.43, sem qualquer diferença com significado estatístico entre os grupos. Os valores médios de distância de ciclo (DC) situaram-se entre 1.41m e 1.65m, percebendo-se uma menor homogeneidade entre os grupos. A duração do ciclo de peito (T) apresentou valores entre 1.5 s e 1.7 s. Relativamente à velocidade média por ciclo (V), os valores estiveram compreendidos entre 0.9 m.s<sup>-1</sup> e 1.0 m.s<sup>-1</sup>. Quanto ao índice de ciclo (IC=DC\*V), os valores médios variaram entre 1.4 e 1.8 m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. Os valores mais elevados de aceleração, observaram-se na ação dos membros inferiores (MI), em todos os grupos, tendo-se situado entre 4.8 m.s<sup>-2</sup> e 5.7 m.s<sup>-2</sup>. De entre as conclusões do estudo, destacam-se: (i) o sistema velocimétrico é válido para a monitorização das flutuações intracíclicas da velocidade da anca e, inclusivamente, do centro de gravidade do nadador de peito; (ii) o sinal velocimétrico gráfico pode ser misturado e sincronizado com êxito com imagens de duplo meio em *follow up* para a averiguação dos movimentos segmentares associados às acelerações positivas e negativas verificadas; (iii) o sinal velocimétrico, na sua versão acústica, pode ser exportado, igualmente com êxito, por forma a permitir a disponibilização de informação ao nadador em tempo real; (iv) a utilização dos dispositivos de “*biofeedback*” (velocimétrico gráfico e acústico e imagens vídeo de duplo meio) influi na qualidade dos processos de aprendizagem motora associados ao efeito agudo do treino da técnica de nado, sendo tanto maior essa influência quanto mais elevada a quantidade e frequência da informação proporcionada; (v) o treino técnico com uma hora de duração, coadjuvado ou não por meios tecnológicos adicionais e ainda que apenas centrado na tentativa de minimizar as variações intracíclicas da velocidade de nado, tem como efeito agudo imediato uma redução da capacidade individual de desempenho técnico do sujeito; (vi) as variações da técnica com o treino não são de natureza temporal, mas circunscrevem-se, sobretudo, a variáveis de natureza espacial, ou derivadas, sendo que cada grupo se distinguiu dos demais, em cada momento de avaliação, em diferentes variáveis detalhadas. Sugere-se que, de futuro, seja ensaiado um estudo similar que cubra o efeito diferido das cargas técnicas e que analise o efeito de programas de treino similares, mas mais sustentados no tempo.

**PALAVRAS CHAVE:** Natação; Treino da técnica; *Biofeedback*; Peito; Flutuação Intracíclica da Velocidade.



---

## Abstract

The purpose of this research was to develop, validate, and evaluate a biofeedback system for the technical training in breaststroke swimming. The system lied on the assessment of speed fluctuation curves of a anatomical landmark of the swimmer (hip). The research developed through the informations displayed by a cable speedometer, specifically produced for the study, which signal was synchronized with dual media video images of the swimmer's performance. The velocimetric signal was graphically registered, and acoustically provided to the swimmer and coach during the performance. The validation of the velocimetric signal was accomplished across the successive versions of the apparatus, using 2D and 3D videogrametry, and radar outputs. For the assessment of the usefulness of the biofeedback solutions proposed to the technical training of breaststrokers, the acute effect of their use was analysed. For that purpose, the acute biomechanical response of five homogeneous (speed fluctuations and sex) groups to five different technical training programs with one hour of duration. All the groups intended to minimize the speed fluctuations within a stroke cycle at the mean velocity correspondent to the race pace of the 200m breaststroke event (swimming velocity was controlled through a light pacer fixed at the bottom of the pool). The sample was composed by 50 swimmers distributed by five groups of 10. Each swimmer, in each group, participated in a pre-test, and in one hour of technical training with a starting evaluation, followed by one other each 15min till the end of the process. The evaluations were of a 25m breaststroke at the 200m pace. Group 1 used only informations provided by the swimmer's coaches, Group 2 with also the graphical data provided by the speedometer, Group 3 also with dual media video images, and groups 4 and 5 also with concomitant acoustic informations (Group 4 every cycle, and Group 5 once in each two cycles). The study consisted into the analysis of the variation of characteristic parameters of the stroke cycle within each group for successive evaluations, and between groups. It was started by the kinematical characterization of the breaststroke technique obtained in the individual performances that allowed minimal variation coefficient values (VC) of the swimming velocity. VC values ranged from 0.40 to 0.43, without statistical significant differences between groups. The mean values of stroke length (SL) were between 1.41m and 1.65m, with less homogeneity between groups. The cycle duration (T) ranged 1.5 s and 1.7 s. The mean velocity per cycle (V) was between  $0.9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  and  $1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , and the Stroke Index varied between  $1.4 \text{ e } 1.8 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ . The higher positive acceleration values were observed, in all groups, during the propulsive leg action, and ranged between  $4.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  and  $5.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Among the main conclusions of this research, we should select: (i) the speedometer system is a valid system for the assessment of the intracyclic speed fluctuations of the hip and, inclusively, of the centre of gravity of the breaststroke swimmer; (ii) the velocimetric signal can be mixed, synchronized and edited with success with dual media video images in follow up, with the intension of the determination of the segmental movements associated with positive and negative accelerations of the swimmer's body; (iii) the velocimetric signal, in its acoustic version, can be exported, also successfully, to allow the swimmer, and coach, to obtain, real time feedback of the performance; (iv) the use of the biofeedback devices (graphical and acoustic displays of the velocimeter, and dual media video images) have influence in the motor learning processes associated to the acute effect of the swimming technical training provided. This effect is as larger higher and frequent the quantity of information provided; (v) the swimming technical training one hour of duration, complemented or not with additional technological means, has as acute effect one reduction of the subjects' technical ability; (vi) the technical changes with training, at least during a one hour process, are not temporal, but spatial, or derived ones (velocity, and acceleration), and each group distinguished from the others, in each evaluation moment, from very detailed and changing technical variables. It is suggested that, for the future, a similar research should be conducted to assess the delayed effect of technical training loads, and to study, also, the effect of similar training programs, but more sustained in time.

KEY WORDS: Swimming; Technical training; *Biofeedback*; Breaststroke; Intracyclic speed fluctuations.



---

## Résumé

L'objectif de ce travail est de développer, valider et évaluer un système de "biofeedback" pour l'entraînement de la technique de la natation à brasse. La base de ce système est l'étude des courbes de variation intra cyclique de la vitesse des points de repère de l'anatomie du nageur (la hanche). La recherche a été développée grâce aux données affichées par un compteur de vitesse à fil, produit spécialement pour l'étude, dont le signal a été synchronisé avec des images vidéo à double média de la performance du nageur. Le signal vélocimétrique a été enregistré graphiquement, et fourni acoustiquement au nageur et à l'entraîneur pendant la performance. La validation du signal vélocimétrique fut réalisée à travers les versions successives de l'appareil, en utilisant la vidéométrie en 2D et 3D, et les sorties du radar. Pour l'évaluation de l'utilité des solutions de biofeedback proposées pour l'entraînement des nageurs à brasse, on a analysée l'effet aigu de son utilisation, en comparant la réponse de cinq groupes homogènes à cinq logiciels d'entraînement d'une heure de durée. Tous les groupes avaient l'intention de minimiser les fluctuations de la vitesse dans un cycle de coup à moyenne vitesse correspondant à une épreuve de 200m à brasse (vitesse de nage contrôlée par un "pacer" visuel au fond de la piscine.). L'échantillon a été composé de 50 nageurs distribués en cinq groupes de 10. Chaque nageur, dans chaque groupe, a participé d'un pré-test, et après, d'une heure d'entraînement technique avec une évaluation initiale, suivie d'une autre tous les 15min jusqu'à la fin du procédé. Les évaluations ont été d'une brasse de 25m dans la course de 200m. Le groupe 1 a utilisé seulement l'information fournie par les entraîneurs des nageurs, le Groupe 2 a utilisé aussi les données graphiques fournies par le compteur de vitesse, le Groupe 3 a utilisé en plus les images vidéo à double média, et les groupes 4 et 5 ont utilisé aussi des informations acoustiques simultanées (le Groupe 4 pour chaque cycle, et le Groupe 5 une fois tous les deux cycles). L'étude fut l'analyse de la variation des paramètres caractéristiques du cycle de coups dans chaque groupe pour les évaluations successives, et aussi entre les groupes. Il a commencé avec la caractérisation cinématique de la technique de la brasse obtenue pour les performances individuelles, qui ont permis d'obtenir des valeurs minimales du coefficient de variation (VC) de la vitesse de nage. Le rang des valeurs de VC a été de 0.40 à 0.43, sans avoir des différences statistiquement significatives entre les groupes. Les valeurs moyennes de la longueur du mouvement des bras (SL) ont été entre 1.41m et 1.65m, avec moins d'homogénéité entre les groupes. La durée du cycle (T) a varié entre 1.5 s et 1.7 s. La vitesse moyenne par cycle (V) a varié entre  $0.9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  et  $1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , et l'Indice du Mouvement des Bras a varié entre 1.4 et  $1.8 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ . Les valeurs les plus hauts d'accélération positive furent observés, pour tous les groupes, pendant l'action propulsive des jambes, et elle a varié entre  $4.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  et  $5.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Entre les principales conclusions de cette recherche, on a sélectionné les suivantes: (i) le système du compteur de vitesse est un système valide pour l'évaluation des variations de la vitesse de la hanche dans le cycle et, inclusivement, du centre de gravité du nageur brasse; (ii) le signal vélocimétrique peut être mêlé, synchronisé et édité avec succès avec des images vidéo à double média pour l'observation, avec l'intention de déterminer les mouvements des segments associés avec les accélérations positive et négative du corps du nageur; (iii) le signal vélocimétrique, dans sa version acoustique, peut être exporté, aussi avec succès, pour permettre au nageur, et à son entraîneur, d'obtenir une réalimentation de la performance à temps réel; (iv) l'utilisation des appareils de biofeedback (affichages graphiques et acoustiques du compteur, et des images vidéo à double média) ont de l'influence dans les procédés d'apprentissage moteur associés avec l'effet aigu de l'entraînement technique de natation fourni; (v) l'entraînement technique de natation d'une heure de durée, complété ou pas avec des moyens technologiques additionnels, a l'effet aigu d'une réduction de l'habileté technique des sujets; (vi) les changements techniques avec entraînement, au moins pendant le procédé d'une heure, ne sont pas temporaires, mais spatiaux, ou dérivés (vitesse, et accélération), et chaque groupe se distingue des autres, à chaque moment de l'évaluation, par des variables très détaillées et qui changent techniquement. On suggère que, pour le futur, on devrait amener une recherche similaire pour évaluer l'effet retardé des charges de l'entraînement technique, et d'étudier, aussi, l'effet des programmes similaires d'entraînement, mais plus soutenus dans le temps.

MOTS CLÉ: Natation; Entraînement Technique; *Biofeedback*; Brasse; fluctuation de la vitesse Intra cyclique.



---

## ÍNDICE GERAL

<b>Dedicatórias</b>	iii
<b>Agradecimentos</b>	v
<b>Resumo</b>	xi
<b>Abstract</b>	xiii
<b>Résumé</b>	xv
<b>Índice Geral</b>	xvii
<b>Índice de figuras</b>	xxiii
<b>Índice de quadros</b>	xxix
<b>Índice de abreviaturas</b>	xxxv
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	7
<b>2.1. A natação: origem e evolução histórica</b>	7
2.1.1. Origem e evolução	7
2.1.2. A natação desportiva	9
2.1.3. Condições regulamentares	10
<b>2.2. As técnicas de nado em Natação Pura Desportiva</b>	11
2.2.1. Classificação	11
2.2.2. Descrição sumária	13
2.2.2.1. A técnica de <i>Crawl</i>	14
2.2.2.2. A técnica de Costas	14
2.2.2.3. A técnica de Peito	15
2.2.2.4. A técnica de Borboleta	15

---

<b>2.3. Biomecânica</b>	16
2.3.1. Biomecânica da natação	17
2.3.2. Abordagens científicas da biomecânica aplicada à natação	18
2.3.2.1. Cinemetria	19
2.3.2.2. Dinamometria	22
2.3.2.3. Antropometria	26
2.3.2.4. Eletromiografia	29
2.3.3 Estudos cinemétricos relacionados a variação intracíclica da velocidade do nado	33
2.3.3.1. A utilização de métodos de determinação das variações da velocidade de nado por ciclo gestual	34
2.3.3.2. Variação intracíclica da velocidade horizontal da anca vs. centro de gravidade ao longo de um ciclo de nado	39
<b>2.4. A técnica no contexto do alto rendimento desportivo</b>	41
2.4.1. A técnica no desporto, diferentes concepções e terminologia	42
2.4.2. Importância da técnica no rendimento desportivo	43
2.4.3. Importância da técnica em natação pura desportiva	45
2.4.4. Fases de desenvolvimento técnico na natação	46
2.4.5. Relevância da avaliação da técnica para o desempenho do nadador	48
2.4.5.1. A observação	49
2.4.5.1.1. Observação sistemática ou estruturada	50
2.4.5.1.2. Observação qualitativa	51
2.4.5.2. Avaliação e controle	52
<b>2.5. Aprendizagem motora</b>	55
2.5.1. Conceitos e fundamentos	56

---

2.5.2. Categoria das habilidades motoras	60
<b>2.6. Importância da informação na aprendizagem</b>	<b>65</b>
2.6.1. Recepção da informação	66
2.6.2. A informação na ação desportiva	68
2.6.3. A informação como resultado da ação	70
<b>2.7. Feedback: Importância no treinamento técnico</b>	<b>72</b>
2.7.1. Categorias de <i>feedback</i>	73
2.7.1.1. <i>Feedback</i> intrínscico	73
2.7.1.2. <i>Feedback</i> extrínscico	80
2.7.2. Funções do <i>feedback</i> extrínscico	81
2.7.3. Precisão do <i>feedback</i> extrínscico	82
2.7.4. Quantidade de <i>feedback</i>	84
2.7.5. Frequência do <i>feedback</i>	85
2.7.6. Conhecimento de resultados (CR)	86
2.7.7. Conhecimento da performance (CP)	87
<b>2.8. Controle motor por <i>biofeedback</i></b>	<b>89</b>
2.8.1. Retroalimentação ou <i>biofeedback</i>	89
2.8.2. Características do <i>biofeedback</i>	90
2.8.3. Especificidade do <i>biofeedback</i>	91
2.8.4. Sistemas de <i>biofeedback</i> e a motricidade desportiva	91
<b>2.9. <i>Biofeedback</i> como suporte para nadadores</b>	<b>92</b>
<b>3. OBJETIVOS E HIPÓTESES</b>	<b>95</b>
3.1. Objetivo Geral	95
3.2. Objetivos Específicos	95
3.3. Hipóteses	96

---

<b>4. METODOLOGIA</b>	97
4.1. Estudos exploratórios	97
4.1.1. Estudo exploratório 1	100
4.1.1.1. Introdução	100
4.1.1.2. Metodologia	101
4.1.1.2.1. Características do impulsor	101
4.1.1.2.2. Procedimentos	103
4.1.1.3. Apresentação e discussão dos resultados	105
4.1.1.4. Conclusões	108
4.1.2. Estudo exploratório 2	109
4.1.2.1. Introdução	109
4.1.2.2. Metodologia	110
4.1.2.3. Apresentação e discussão dos resultados	117
4.1.2.4. Conclusões	126
4.1.3. Estudo exploratório 3	127
4.1.3.1. Introdução	127
4.1.3.2. Metodologia	128
4.1.3.2.1. Características do velocímetro	128
4.1.3.2.2. Procedimentos	131
4.1.3.3. Apresentação e discussão dos resultados	137
4.1.3.3.1. Perfil de variação intracíclica da velocidade do CG na técnica de peito ( $viV_{CG}$ )	137
4.1.3.3.2. Comparação dos resultados obtidos por meios cinemétricos diferentes	143
4.1.3.4. Conclusões	149
4.2. Material e métodos	150
4.2.1. Descrição e caracterização geral da amostra	151
4.2.2. Caracterização desportiva	152
4.2.3. Caracterização do envolvimento	154
4.2.4. Procedimentos	154

---

4.2.5. Material utilizado	155
4.2.5.1. Velocímetro	156
4.2.5.1.1. Teste comparativo com radar de velocidade	159
4.2.5.1.2. Análise de erros de medição do velocímetro	163
4.2.5.2. <i>Software</i>	165
4.2.5.3. Sistema duplo meio	169
4.2.5.4. Sistema acústico	171
4.2.5.5. Câmera externa superior	172
4.2.5.6. GBK Pacer	173
4.2.6. Procedimentos associados ao tratamento estatístico	174
<b>5. RESULTADOS</b>	175
5.1. Caracterização da técnica de peito dos nadadores testados	175
5.1.1. Parâmetros gerais caracterizadores do ciclo gestual	175
5.1.2. Características "internas" do ciclo	180
5.1.2.1. Ciclos de variação intracíclica bimodal da velocidade de nado	181
5.1.2.2. Ciclos de variação intracíclica trimodal da velocidade de nado	186
5.2. Variação dos indicadores biomecânicos da técnica com o treino técnico nos diferentes grupos experimentais	190
<b>6. DISCUSSÃO</b>	213
6.1. Discussão da metodologia	213
6.1.1. Velocidade da anca vs Velocidade do CG	213
6.1.2. <i>Instrumentarium</i>	215
6.1.2.1. Velocímetro	215
6.1.2.2. <i>Software</i>	216

---

6.1.2.3. Oportunidade e utilidade do velocímetro desenvolvido	219
6.1.2.4. Sistema duplo meio	220
6.1.2.5. Sistema Acustico	222
6.2. Discussão dos resultados	224
6.2.1. Caracterização da técnica de peito dos nadadores testados	224
6.2.1.1. Parâmetros gerais caracterizadores do ciclo gestual	224
6.2.1.2. Características “internas” do ciclo	232
6.2.1.2.1. Ciclos de variação intracíclica bimodal da velocidade de nado	234
6.2.1.2.2. Ciclos de variação intracíclica trimodal da velocidade de nado	238
6.2.1.3. Síntese das características globais da técnica de peito	241
6.2.2. Variação dos indicadores biomecânicos da técnica com o treino técnico nos diferentes grupos experimentais	242
<b>7. CONCLUSÕES</b>	<b>257</b>
<b>8. PERSPECTIVAS PARA O FUTURO</b>	<b>261</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>263</b>
<b>10. ANEXOS</b>	<b>xxxix</b>

---

## Índice de figuras

Figura 2.1. Representação das áreas de estudo da biomecânica, interna e externa

Figura 2.2. Métodos de medição utilizados pela biomecânica (adaptado de Baumann, 1995).

Figura 2.3. Diagrama representativo das aplicações da EMG em biomecânica (adaptado de Amadio, 1985)

Figura 2.4. Ilustração dos fatores que influenciam o rendimento desportivo (adaptado de Grosser, 1992).

Figura 2.5. Ilustração dos diversos tipos de domínios em um programa de avaliação.

Figura 2.6. Ilustração dos diferentes tipos de habilidades motoras no processo ensino-aprendizagem (adaptado de Magill 2000; Schmidt e Wrisberg, 2001).

Figura 2.7. Estágios de processamento que ocorrem entre o estímulo e a resposta, tornando-se disponível para o próximo estágio de processamento (adptado de Marteniuk, 1976).

Figura 2.8. Ilustração dos diferentes tipos de *feedback* relacionados à aprendizagem e ao desempenho de habilidades motoras (adaptado de Magill, 1998 e Schmidt e Wrisberg, 2001).

Figura 2.9. Receptor da pele (A); receptores articulares (B) e receptor tendinoso (C) (adaptado de Oña et al., 1999).

Figura 2.10. Fuso muscular (adaptado de Oña, A. et al., 1999).

Figura 2.11. Orgãos Tendinosos de Golgi (adaptado de Oña, A. et al., 1999).

Figura. 2.12. Receptores vestibulares (adaptado de Oña et al., 1999).

Figura 4.1. A - “Impulsor”, versão 1.0, de Leszeck Szmuchrowski (Pussield et al., 2000), na sua configuração original e 4.1.B – Implementado com 4 elementos magnéticos.

Figura 4.2. Exemplo de um registro gráfico de um percurso de 25m peito.

---

Figura 4.3. Exemplo de um registro gráfico de um percurso de 25m peito obtido com o velocímetro de primeira geração, com reduzida capacidade de amostragem.

Figura 4.4. Exemplo dos registros obtidos com sensor ótico em 25m peito.

Figura 4.5. A - Sistema de fixação de câmeras para obtenção de imagens de duplo meio (Vilas-Boas e tal., 1997) e B – *output* no monitor de controle da imagem registrada no gravador SVHS.

Figura 4.6. Pontos anatômicos de referência digitalizados.

Figura 4.7. Perfil de variação intraciclica da velocidade do Centro de Gravidade de um nadador representativo da amostra.

Figura 4.8. Histograma representativo dos valores de velocidade do CG em cada ponto notável do ciclo de Borboleta e respectivo modelo polinomial da flutuação intraciclica da velocidade para as velocidades de prova de 200m e de 50m Borboleta. Estão representadas por \* as diferenças de médias com significado estatístico para  $\alpha=0.05$  e por \*\* para  $\alpha=0.01$ .

Figura 4.9. Histograma representativo dos valores de velocidade do CG em cada ponto notável do ciclo de Borboleta e respectivo modelo polinomial da flutuação intraciclica da velocidade para os nadadores dos gêneros feminino e masculino. Estão representadas por \* as diferenças de médias com significado estatístico para  $\alpha=0.05$  e por \*\* para  $\alpha=0.01$ .

Figura 4.10. Diagrama de dispersão referente aos perfis de  $viV_{CM}$ ,  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$ , respectivas funções de regressão polinomial de grau 6 e correspondentes valores do coeficiente de determinação ( $r^2$ ).

Figura 4.11. Quarta geração do velocímetro, onde se nota a acoplagem do leitor ótico (A), já existente na terceira geração (Estudo Exploratório II) e do microprocessador (B).

Figura 4.12. Exemplo da primeira página do software dedicado ao velocímetro desenvolvido em *LabVIEW*.

---

Figura 4.13. Nadador com as principais marcações anatômicas de referência para digitalização.

Figura 4.14. Perfil da flutuação intracíclica da velocidade do centro de gravidade de um nadador de peito. A velocidade é expressa em  $m.s^{-1}$  e o tempo foi normalizado a T.

Figura 4.15. Perfil da  $viV_{CG}$  para ambos os gêneros, na técnica de peito, entre os diferentes pontos de referência e a função polinomial de grau 4 que melhor se ajusta à distribuição.

Figura 4.16. Diagrama de dispersão e polinómios correspondentes aos perfis de variação no tempo (expresso em percentagem de T) de  $vi_{CG}$ ,  $vi_{anca1}$  e  $vi_{anca2}$  de toda a amostra em estudo. São também apresentados os valores de  $r^2$ .

Figura 4.17. Aspecto exterior do velocímetro.

Figura 4.18. Mecanismo interno do velocímetro, apresentando em detalhe as roldanas A e B

Figura 4.19. Esquema geral do circuito electrónico do velocímetro de 4ª

Figura 4.20. Velocidades de locomoção medidas com radar.

Figura 4.21. Velocidades de locomoção medidas com velocímetro.

Figura 4.22. Comparação das medições entre radar e velocímetro para o 1º ensaio.

Figura 4.23. Comparação das medições entre radar e velocímetro para o 2º ensaio.

Figura 4.24. Erro relativo de medição

Figura 4.25. Página de configuração do ensaio

Figura 4.26. Criação de ficheiros

Figura 4.27. Sistema pronto para início de registro de ensaio

---

Figura 4.28. Curva gráfica de velocidade de todo um ensaio, apresentando os pontos referentes às ações sucessivas de membros inferiores, superiores e recuperação.

Figura 4.29. Gráfico do ciclo típico médio, apresentando o tempo, amplitudes e aceleração.

Figura 4.30. Sistema duplo meio, consistindo de uma câmera de superfície com lentes zoom - *JVC GR-SX1 SVHS* (A) e uma câmera *Submergible Camera-AC 230V* (B).

Figura 4.31. Sistema duplo meio integrado: A monitor *Sony Color Triniton UO 1444*; B gravador de vídeo *Panasonic AG 7350 SVHS*; C mesa de mistura *Panasonic digital AV WJ - AVE55*; D mesa de mistura *Panasonic digital AV WJ - AVE5*.

Figura 4.32. Imagem duplo meio sincronizada com o sinal gráfico do velocímetro, em tempo real.

Figura 4.33. Placa emissora e receptor.

Figura 4.34. Receptor e auricular.

Figura 4.35. Auricular colocado e impermeabilizado.

Figura 4.36. Colocação da câmera externa

Figura 4.37. Unidade de pro-gramação do *GBK Pacer*

Figura 4.38. Nadadora em posição de deslize, acompanhando o primeiro sinal luminoso e acústico do *Pacer*

Figura 5.1. Histograma comparativo dos valores médios da duração do ciclo gestual - T - (e respectivos desvios padrão) obtidos para cada um dos cinco grupos em estudo.

Figura 5.2. Histograma comparativo dos valores médios da distância percorrida por ciclo - DC - (e respectivos desvios padrão) obtidos para cada um dos cinco grupos em estudo. \* representa diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

---

Figura 5.3. Histograma comparativo dos valores médios da velocidade - V - (e respectivos desvios padrão) obtidos para cada um dos cinco grupos em estudo. \* representa diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

Figura 5.4. Histograma comparativo dos valores médios do coeficiente de variação - CV - da velocidade em relação à velocidade média (e respectivos desvios padrão), obtidos para cada um dos cinco grupos em estudo.

Figura 5.5. Histograma comparativo dos valores médios do índice de ciclo - IC - (e respectivos desvios padrão) obtidos para cada um dos cinco grupos em estudo. \* representa diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

Figura 5.6. Distribuição percentual do número de nadadores executantes típicos de ciclos trimodais ou bimodais e daqueles que oscilaram entre um e outro perfil ao longo das cinco avaliações a que foram sujeitos (N=50).

Figura 5.7. Diagrama comparativo do perfil bimodal médio de variação intraciclica da velocidade de nado obtido para cada um dos grupos. Não foram registradas diferenças com significado estatístico ( $p < 0.05$ ), seja para os valores de v, seja para os de t.

Figura 5.8. Comparação, entre os grupos experimentais, dos valores da aceleração média calculados por cada fase da técnica de peito definida pelos pontos notáveis da função  $v(t)$ . Não foram registradas diferenças com significado estatístico ( $p < 0.05$ ).

Figura 5.9. Diagrama comparativo do perfil trimodal médio de variação intraciclica da velocidade de nado obtido para cada um dos grupos. As diferenças observadas entre grupos com significado estatístico ( $p < 0.05$ ), seja para os valores de v, seja para os de t, são assinaladas no Quadro 4.

Figura 5.10. Comparação, entre os grupos experimentais, dos valores da aceleração média calculados por cada fase da técnica de peito definida pelos pontos notáveis da função  $v(t)$  obtida para os ciclos trimodais. \* representa as diferenças com significado estatístico observadas entre grupos ( $p < 0.05$ ), também assinaladas no Quadro 5.4.

---

Figura 5.11. Diagramas comparativos, por grupo e entre grupos, da cinética dos valores de CV ao longo dos cinco momentos de avaliação contemplados no protocolo experimental. Nos diagramas de cada grupo são representados os valores médios dos dez elementos, bem como os valores obtidos para cada sujeito.

Figura 5.12. Distribuição por grupo experimental (1 a 5) dos valores de CV em cada uma das categorias que serviram de base para o cálculo das evoluções (ou involuções) pesquisadas:  $Av_1$  – CV médio da avaliação 1;  $Av_{(2,5)}$  – CV médio das avaliações 2 a 5;  $Av_5$  – CV médio da avaliação 5 (final);  $Av_{CVmin(2, 5)}$  – média dos valores mínimos do CV obtidos entre as avaliações 2 e 5.

Figura 5.13. Comparação entre grupos experimentais (1 a 5) dos valores de CV em cada uma das categorias que serviram de base para o cálculo das evoluções (ou involuções) pesquisadas:  $Av_1$  – CV médio da avaliação 1;  $Av_{(2,5)}$  – CV médio das avaliações 2 a 5;  $Av_5$  – CV médio da avaliação 5 (final);  $Av_{CVmin(2, 5)}$  – média dos valores mínimos do CV obtidos entre as avaliações 2 e 5.

Figura 5.14. Comparação entre os diferentes grupos dos valores médios da variação ( $\Delta$ ) dos valores médios de CV entre o momento inicial de treino ( $Av_1$ ) e os demais momentos/parâmetros tidos por relevantes ( $Av_{(2, 5)}$ ,  $Av_5$  e  $Av_{CVmin(2, 5)}$ ).

Figura 5.15. Valores médios, em cada grupo, da variação ( $\Delta$ ) dos valores médios de CV entre o momento inicial de treino ( $Av_1$ ) e os demais momentos/parâmetros tidos por relevantes ( $Av_{(2, 5)}$ ,  $Av_5$  e  $Av_{CVmin(2, 5)}$ ).

---

## Índice de quadros

Quadro 2.1. A natação através dos tempos e dos países na idade Antiga, Média, Renascimento e idade Moderna (baseado em Clarys, 1994 e Iguaran, 1972)

Quadro 2.2. Apresenta as etapas evolutivas da cinemetria, adaptado de (Amadio, 1996).

Quadro 2.3. Diferenças entre as vantagens e desvantagens na utilização dos estudos 2D e 3D, adaptado de Bartlett (1997).

Quadro 2.4. Métodos de determinação da força propulsiva em natação (Vilas-Boas, 1993)

Quadro 2.5. Métodos de determinação das variações da velocidade de nado por ciclo gestual (Vilas-Boas, 1993).

Quadro 2.6. A definição de técnica, na concepção de diversos autores.

Quadro 2.6. Modelo de desenvolvimento das habilidades motoras (adaptado de Gallahue, 1982).

Quadro 2.7. As diferentes classes de receptores sensoriais, tipos de estímulos e órgão a que estão relacionados (adaptado de Onã et al., 1999).

Quadro 2.8. Comparação entre o conhecimento de resultados e o conhecimento da performance (adaptado de Schmidt e Wrisberg, 2001).

Quadro 4.1. Valores médios e respectivos desvios padrão da velocidade de corrida plana em seco ( $m \cdot s^{-1}$ ), determinada por velocimetria e por cronometragem manual direta. Diferenças de média com significado estatístico ( $p < 0.05$ ) são assinaladas com \*.

Quadro 4.2, Resultados (média  $\pm$  desvio padrão) obtidos por um nadador masculino e outro feminino, nos pontos notáveis (máximos e mínimos) da função velocidade (V) / tempo (t), designados de pontos 1, 2, 3, 4 e 5. Os valores de t são relativizados à duração de cada ciclo (T). \* - significativamente diferente entre sujeitos; ° - significativamente diferente do

---

ponto 1; • - significativamente diferente do ponto 2; ♦ - significativamente diferente do ponto 3.

Quadro 4.3. Valores médios ( $\bar{x}$ ) e desvios-padrão (dp) das características físicas dos indivíduos constituintes da amostra, em função do gênero e em função da sua especialidade

Quadro 4.4. Valores médios ( $\bar{x}$ ) e respectivos desvios-padrão (dp) do tempo (t) e velocidade (v) da  $viV_{CM}$ , respectivamente expressos em percentagem da duração total do ciclo e em metros por segundo, em cada ponto notável do ciclo, para a totalidade da amostra (todos os ciclos estudados), para os ciclos correspondentes às velocidades de prova de 200m e de 50m Borboleta, para os grupos de especialistas e de não especialistas e para os sujeitos dos gêneros feminino e masculino.

Quadro 4.5. Valores médios ( $\bar{x}$ ) e respectivos desvios-padrão (dp) do tempo (t) e velocidade (v) da  $viV_{CM}$ ,  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$ , respectivamente expressos em percentagem da duração total do ciclo e em metros por segundo, em cada ponto notável do ciclo, para a totalidade da amostra (todos os ciclos estudados).

Quadro 4.6. Valores do coeficiente de correlação de Pearson calculados entre  $viV_{CM}$  e  $viV_{anca1}$ ;  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$  e  $viV_{anca2}$  e  $viV_{CM}$ , por ciclo completo de nado para cada um dos quatro ciclos estudados por cada nadador da amostra.

Quadro 4.7. Valores médios e respectivos desvios-padrão, da idade, peso e altura dos sujeitos que integraram a amostra e dos subgrupos constituídos em função do gênero.

Quadro 4.8. Pontos notáveis (definíveis pelas coordenadas t e v) do ciclo gestual de peito, definidos com base na função V(t).

Quadro 4.9. Valores do tempo (t) e velocidade (v) obtidos para a totalidade da amostra nos pontos de referência estudados.

Quadro 4.10. Valores médios ( $\bar{x}$ ) e respectivos desvios-padrão (dp) do tempo (t) e velocidade (v) da  $viV_{CM}$ ,  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$ , respectivamente

---

expressos em percentagem da duração total do ciclo e em metros por segundo, em cada ponto notável do ciclo, para a totalidade da amostra (todos os ciclos estudados).

Quadro 4.11. Valores do coeficiente de correlação de Pearson calculados entre viVCM e viVanca1; viVanca1 e viVanca2 e viVanca2 e viVCM, por ciclo completo de nado para cada um dos quatro ciclos estudados por cada nadador da amostra.

Quadro 4.12. Caracterização geral dos grupos de sujeitos que constituem a amostra - média e desvio padrão da idade (anos), peso (kg) e altura (m) -, bem como dos subgrupos feminino e masculino de cada grupo.

Quadro 4.13. Caracterização geral dos grupos de sujeitos que constituem a amostra - média e desvio padrão do coeficiente de variação (CV), tempo aos 200 m (s) e tempo aos 25 m peito (s) -, bem como dos subgrupos feminino e masculino de cada grupo

Quadro 4.14. Estatísticas das medições de velocidade em dois ensaios com velocímetro e radar. São apresentados os valores médios ( $\bar{x}$ ) e correspondentes desvios padrão (dp), os coeficientes de variação (CV), os erros relativos (e\_r) e os erros quadráticos (e\_rms).

Quadro 5.1. Valores médios e respectivos desvios padrão, por grupo experimental, dos parâmetros caracterizadores do ciclo gestual na sua globalidade: duração total média do ciclo (T), a distância média percorrida por ciclo (DC), a velocidade média do ciclo (V), o respectivo coeficiente de variação (CV) e o índice de ciclo médio (IC). Todas as variáveis foram extraídas do momento de avaliação em que cada nadador obteve o valor mínimo do coeficiente de variação (CV) da velocidade em relação à velocidade média.

Quadro 5.2. Sinopse dos valores médios (e respectivos desvios padrão - dp) dos registos de velocidade (v1,..., v5) e tempo (t1, ..., t5) que definem cada ponto notável dos perfis bimodais de variação intraciclica da velocidade de

---

nado, bem como os valores de duração ( $\Delta t_1, \dots, \Delta t_4$ ) e aceleração ( $a_1, \dots, a_4$ ) médias de cada fase definida por esses mesmos pontos notáveis.

Quadro 5.3. Sinopse dos valores médios normalizados (e respectivos desvios padrão - dp) dos registros de velocidade ( $v_1, \dots, v_5$ ) e tempo ( $t_1, \dots, t_5$ ) que definem cada ponto notável dos perfis bimodais de variação intraciclica da velocidade de nado, bem como os valores de duração ( $\Delta t_1, \dots, \Delta t_4$ ) média de cada fase definida por esses mesmos pontos notáveis. A velocidade foi normalizada à velocidade média do ciclo ( $\bar{v}$ ) e o tempo e a duração ao período T.

Quadro 5.4. Sinopse dos valores médios (e respectivos desvios padrão - dp) dos registros de velocidade ( $v_1, \dots, v_7$ ) e tempo ( $t_1, \dots, t_7$ ) que definem cada ponto notável dos perfis trimodais de variação intraciclica da velocidade de nado. São também apresentados os valores da aceleração média ( $a$ ) calculada para cada fase definida por pares sucessivos de  $v$  e  $t$ .

Quadro 5.5. Sinopse dos valores médios (e respectivos desvios padrão - dp) da duração das diferentes fases ( $\Delta t_1, \dots, \Delta t_6$ ) definidas pelos sucessivos pontos notáveis do perfil trimodal de variação intraciclica da velocidade de nado.

Quadro 5.6. Cinética dos valores de Coeficiente de Variação (CV) da velocidade em relação à velocidade média ao longo dos cinco momentos de avaliação ( $Av_1, \dots, Av_5$ ) e do pré-teste contemplados no protocolo experimental.

Quadro 5.7. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) dos parâmetros caracterizadores do ciclo médio, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino: CV = Coeficiente de Variação da velocidade; DC = distância percorrida por ciclo; T = duração do ciclo; V = velocidade média.

---

Quadro 5.8. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) dos parâmetros caracterizadores do ciclo médio, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino: CV = Coeficiente de Variação da velocidade; DC = distância percorrida por ciclo; T = duração do ciclo; V = velocidade média.

Quadro 5.9. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da velocidade (v), em  $\text{ms}^{-1}$ , nos pontos notáveis v1 a v5 do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

Quadro 5.10. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) do tempo (t), em s, a que ocorreram os pontos notáveis t1 a t5 do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

Quadro 5.11. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) do tempo (t), normalizado à duração do ciclo (T), a que ocorreram os pontos notáveis t1 a t5 do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

Quadro 5.12. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da evolução ( $\Delta$ ) da velocidade (v), em  $\text{ms}^{-1}$ , nos pontos notáveis v1 a v5 do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

Quadro 5.13. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da evolução ( $\Delta$ ) do tempo (t),

---

em s, nos pontos notáveis t1 a t5 do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

Quadro 5.14. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da evolução ( $\Delta$ ) do tempo normalizado ( $t/T$ ), nos pontos notáveis t1 a t5 do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

Quadro 5.15. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da duração ( $\Delta t$ ), em s, das fases definidas pelos sucessivos pontos notáveis t1 a t5, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

Quadro 5.16. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da aceleração ( $a$ ), em  $m.s^{-2}$ , das fases definidas pelos sucessivos pontos notáveis t1 a t5, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

Quadro 5.17. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da duração ( $\Delta t$ ), em s, das fases definidas pelos sucessivos pontos notáveis t1 a t5, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

Quadro 5.18. Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da aceleração média ( $a$ ), em  $m.s^{-2}$ , das fases definidas pelos sucessivos pontos notáveis t1 a t5, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

---

## Abreviaturas

$\gamma$  – ângulo de orientação

$\alpha$  – ângulo de ataque

a.C. – antes de Cristo

AA – ação ascendente

AD – ação descendente

ADF – ação descendente final

ADI – ação descendente inicial

ALE – ação lateral exterior

ALI – ação lateral interior

AVA – ação vertical ascendente

AVD – ação vertical descendente

$Av_{CV_{\min}(2, 5)}$  – avaliação de CV mínimo entre 2 a 5

$Av_{(2,5)}$  – avaliação entre 2 a 5

Av1 – avaliação 1

Av2 – avaliação 2

Av3 – avaliação 3

Av4 – avaliação 4

Av5 – avaliação 5

cf. – conforme figura

CG – centro de gravidade

cm – centímetros

CP – conhecimento de performance

CR – conhecimento de resultado

---

CT – controle de treino  
CV – coeficiente de variação  
 $\Delta t$  – variação do tempo  
D – força de arrasto  
DC – distância de ciclo  
d.C – depois de Cristo  
d.e.s. – diferenças estatisticamente significativas  
dif. – diferença  
dp – desvio-padrão  
EC – erro constante  
EMG – eletromiografia  
e\_r – erros relativos  
e\_rms – erros quadráticos  
 $\varepsilon_v$  – erro relativo de medição  
et al. – e colaboradores  
FA - fase ascendente  
FD – fase descendente  
fig. – figura  
FINA – Federation International de Natation Amateur  
h - horas  
Hz – hertz  
IC – índice de ciclo  
i.e. – isto é  
J.O. – Jogos Olímpicos  
kg – quilogramas

---

km – quilómetros

$\bar{x}$  – média

m – metros

mm – milímetros

mn – minutos

MI – membros inferiores

MP – motoneuron pool

MS – membros superiores

$m.s^{-1}$  – metros por segundo

$m.s^{-2}$  – metros por segundo ao quadrado

n – número de elementos

N – número inteiro de impulsos

NPD – Natação Pura Desportiva

OTG – órgãos tendinosos de Golgi

° – graus

°C – graus centígrados

p – valor probabilístico associado à rejeição da hipótese nula

P – força propulsiva

r – coeficiente de correlação de Pearson

seg – segundos

SNC – sistema nervoso central

T – tempo

TI – teoria da informação

v – velocidade

V – velocidade média

---

V200m – velocidade dos 200 metros

V50m – velocidade dos 50 metros

VO<sub>2</sub> – volume de oxigênio

VTR – vídeo tape record

viV<sub>anca</sub> – variação intracíclica da velocidade da anca

viV<sub>CM</sub> – variação intracíclica da velocidade do centro de massa

vV<sub>máx.1ªaMI</sub> – valor do pico máximo de velocidade da primeira ação dos MI

vV<sub>máxAA</sub> – valor do pico máximo de velocidade da AA dos MS

vV<sub>máxAD</sub> – valor do pico máximo de velocidade da AD dos MS

vV<sub>máxALI</sub> – valor do pico máximo de velocidade da ALI dos MS

vV<sub>máxREC</sub> – valor do pico máximo de velocidade da Recuperação dos MS

vV<sub>minAD-ALI</sub> – valor do pico mínimo de velocidade entre a AD e a ALI dos MS

vV<sub>t=0</sub> – valor do início de ciclo

vV<sub>t=100%</sub> – valor do final de ciclo

viV<sub>anca</sub> – variação intracíclica da velocidade da anca

viV<sub>CG</sub> – variação intracíclica da velocidade do centro de gravidade

vV<sub>máx aMI</sub> – valor de velocidade no pico máximo de velocidade da primeira ação dos MI

vV<sub>minIC</sub> – valor de velocidade no pico mínimo de velocidade entre ALI MI e ALI MS

vV<sub>máx mas</sub> – valor de velocidade no pico máximo de velocidade da primeira ação dos MS

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino das técnicas em Natação Pura Desportiva (NPD) constitui uma etapa fundamental na formação das competências do nadador de competição. Este, constitui o referencial, por excelência, da interpretação tão otimizada quando possível, das técnicas de natação. Desta forma, constitui-se também como referencial para o ensino e aprimoramento dessas mesmas técnicas em geral. Isto é, ensinar e aprimorar as técnicas de nado são atos pedagógicos que devem sempre orientar-se para a preparação do quadro de competências específicas do nadador de competição, por serem estas as que balizam a mais adequada e conveniente estruturação da capacidade do sujeito para interagir com o meio aquático. Mesmo nestas circunstâncias, de ambição mais restrita *a priori*, ensinar a nadar deve fazer-se com a mesma efetividade e eficiência que se emprestaria ao processo caso se soubesse, de princípio, que se estava a ensinar um futuro campeão olímpico (Vilas-Boas, 2001).

Desde as primeiras incursões sobre a história da natação, percebe-se claramente que a mesma se confunde com as origens do homem. Em sua forma nômade de viver, o homem da antiguidade utilizava a natação não como meio de competição como o fazemos hoje, mas sim, como uma forma de sobrevivência e preservação, quer do ponto de vista da satisfação das necessidades alimentares ou por razões de preservar-se de determinados predadores. A seguir usaram também a natação por razões militares, como meio de atravessar cursos de água, onde haveriam de desenvolver-se batalhas em busca de aumentar o poderio territorial. Historiadores e poetas relataram, em várias obras, as façanhas de nadadores famosos como Leandro para visitar Hero em 80 a.C. (Iguaran, 1972). Obras e peças das mais variadas, que são encontradas hoje nos museus, mostram que os egípcios nadavam no Rio Nilo há 3 mil anos atrás (Lenk, 1967).

Fazendo parte dos Jogos Olímpicos modernos desde a sua criação, em 1896, a natação aparece com enorme sucesso e popularidade entre os desportos olímpicos, ficando atrás apenas do atletismo (Iguaran, 1972). Quando da

realização, em 1896, dos primeiros Jogos Olímpicos da era moderna, em Atenas, até sua última versão em 2005, também em Atenas, na Grécia, o calendário olímpico contempla a realização de provas de natação.

Em 1908, a união das Federações Nacionais fundou a FINA, tendo sido decisiva na sua consolidação e na coordenação do esporte que hoje é praticado por milhões de pessoas. A FINA ainda hoje é a entidade que controla a natação no mundo, estabelecendo normas e criando regras. A Natação Pura Desportiva, o Nado Sincronizado e o Polo Aquático, esportes sem paralelo, compõem o quadro de modalidades regidas pela FINA e que fazem parte dos esportes praticados nos Jogos Olímpicos.

Na natação os atletas competem enquanto seus corpos estão suspensos num meio líquido e devem ser impulsionados fazendo pressão sobre uma substância líquida, em vez de sólida. A água oferece menor resistência aos esforços propulsivos dos nadadores do que o solo contra os corredores. Por essas e outras razões, nem sempre são triviais ou mais usuais aplicações da terceira lei do movimento de Newton, tornando difícil determinar como os nadadores devem usar as leis da física para obter propulsão mais eficiente dos seus corpos por meio da água (Maglischo, 1999).

O estudo das leis da Física aplicáveis na natação favorece o melhor entendimento de treinadores e nadadores relativamente ao deslocamento do corpo na água, propiciando, assim, o aprimoramento dos estilos da natação como fator determinante de uma melhor *performance*.

O investimento na técnica é, aliás, um procedimento adequado e econômico para a obtenção de um resultado de excelência (Bompa, 1983). Assim, a técnica desempenha papel primordial na estrutura dos pressupostos de rendimento desportivo em natação, até mais do que em outras modalidades desportivas individuais cíclicas e fechadas. Para Vilas-Boas (1998), esta importância decorre: (i) do meio especial em que se desenvolve a ação motora e que determina formas específicas de definição mecânica dos apoios imprescindíveis à locomoção; (ii) da necessidade do sujeito se preocupar com as questões relativas à resistência oposta ao seu deslocamento pelo meio

envolvente e (iii) das dificuldades acrescidas de avaliação do gesto e prescrição de correções.

Segundo Alves (1996), conhecimentos amplos, profundos e detalhados das características do movimento específico são requisitos para uma intervenção eficaz do técnico. Dessa forma, em qualquer disciplina desportiva existe um padrão técnico geralmente aceito como o ideal servindo de modelo técnico, o qual tentará ser reproduzido na preparação para a competição.

A relação da técnica com outros conceitos do rendimento desportivo tais como: economia de esforço, ritmo, cadeias sensoriais, capacidade física, habilidade motora e orientação a um objetivo, podem incidir na técnica, como podem incidir em outros aspectos do rendimento, fazendo da técnica uma parte indivisível do todo que é o rendimento desportivo, ou seja, não há como dissociar o alto rendimento sem a “presença maciça” da técnica.

A água exerce um efeito frenador muito acentuado nos objetos que se deslocam em seu meio. A esta resistência criada pela água quando um corpo se encontra em deslocamento, chamamos de arrasto.

Segundo Vilas-Boas (2001), para que um nadador obtenha maior êxito em seu deslocamento no meio aquático de forma continuada, é necessário que, a cada momento, seja capaz de produzir uma força propulsiva  $P$  de intensidade pelo menos igual à da força de arrasto hidrodinâmico  $D$  que a água opõe ao seu deslocamento. No caso de  $P$  ser menor do que  $D$ , a massa do nadador fica sujeita, no intervalo de tempo em que tal aconteça, a um impulso negativo, que induzirá uma aceleração negativa do movimento e que, em última análise, implicará a imobilização do sujeito.

Segundo ainda o mesmo autor, se a capacidade propulsiva consiste numa das competências fundamentais do nadador, na qual se entrecruzam as capacidades técnicas e as qualidades físicas que sustentam a expressão mecânica da força, a capacidade de minimizar  $D$  não é menos importante. Esta força – ( $D$ ) – é, porém, menos dependente da técnica do que  $P$  e mais determinada por fatores constitucionais, sendo por isso, mais estável.

A otimização mecânica da técnica de nado deverá, então, passar pela maximização de P e pela minimização de D. Mas deverá, também, cuidar de minimizar as respectivas oscilações ao longo do ciclo gestual.

De fato a sucessão de fases predominantemente propulsivas e resistivas ao longo do ciclo gestual, impõe oscilações continuadas e cíclicas de P e D, determinando impulsos resultantes por fase quer propulsivas, quer resistivas (Van Tilborgh et al., 1988; Vilas-Boas, 1993; Barbosa et al., 2005) que impõem por sua vez, variações intracíclicas de velocidade de nado. Vilas-Boas, (1993, 1996) mostrou que a técnica de peito é tanto mais económica quanto menores forem as flutuações intracíclicas da velocidade de nado, permitindo afirmar que estas últimas constituem um parâmetro crítico para a avaliação da qualidade da técnica de nado, principalmente quando repetidos a um mesmo nadador e a uma mesma velocidade média.

Segundo Vilas-Boas (1993), os estudos consagrados à análise das variações da velocidade horizontal por ciclo gestual em natação podem dividir-se em duas grandes categorias: (i) os que monitorizaram as variações da velocidade da anca ou de um outro ponto anatômico fixo e (ii) os que determinam as variações da velocidade do centro de gravidade (CG) do nadador. Ainda do mesmo autor, para a determinação das variações da velocidade de um ponto anatômico fixo foram utilizados métodos de avaliação mecânica e métodos envolvendo processamento de imagem. Entretanto, a avaliação das variações da velocidade do CG só pode ser realizada através do processamento de imagem, tornando o processo muito moroso e pouco interativo com o processo de treino, especialmente em natação.

A elevada importância a conferir à técnica no treino em natação deverá consubstanciar-se numa dupla finalidade: (i) dominar o meio e (ii) otimizar a coordenação entre os movimentos geradores de propulsão (Castañón, 1996), que se consubstanciará em maiores ou menores flutuações intracíclicas da velocidade.

Pela sua inquestionável importância no contexto do rendimento desportivo em natação, e objetivando encontrar soluções práticas em que nadador e

treinador estivesse evidenciada, procuramos recorrer ao estudo intracíclico da velocidade e da aceleração do nadador para avaliar a adequação do seu gesto técnico.

Este será o domínio do nosso estudo, no qual desenvolveremos um sistema de “*biofeedback*” para o treino da técnica de nadadores com base no perfil de variação intracíclica da velocidade horizontal da anca ao longo de um ciclo gestual, através de um velocímetro a cabo. Procuraremos sincronizar e editar o sinal do sistema em conjunto com imagens de vídeo do nadador, de forma a obter resultados disponibilizáveis imediatamente após a execução e analisar comparativamente os resultados proporcionados por cinco programas de treino da técnica, distinguidos pela implicação de diferentes meios de *feedback* da execução e observar se a utilização do dispositivo de *feedback* influi na qualidade dos processos de aprendizagem motora associados ao efeito agudo do treino da técnica de nado.

Inicia-se este trabalho com a revisão da literatura, onde situaremos a origem e evolução histórica da natação, a natação desportiva e suas condições regulamentares em consonância com a *Federation International de Natation Amateur* (FINA). Em seguida abordaremos as técnicas de nado em NPD, fazendo sua caracterização geral, em comparação e categorização. Passando, a seguir, para uma breve abordagem sobre as ações científicas da biomecânica aplicadas a natação, que passará a rever os principais traços da investigação científica relacionados com a técnica da natação, bem como os estudos cinemáticos relacionados a variação intracíclica da velocidade do nado. Outro ponto do estudo refere-se aos relacionados com o desempenho técnico do nadador. A seguir, abordaremos a aprendizagem motora em suas categorias, conceitos e fundamentos, os tipos de observação, avaliação e controle, o *feedback* como elemento chave no treinamento técnico e o auto controle motor por *biofeedback*.

Na segunda fase deste trabalho, a fase experimental, são apresentados os objetivos e as respectivas hipóteses. A seguir, apresenta-se a metodologia

com os estudos exploratórios que nortearam a concepção e desenvolvimento do velocímetro a cabo, material e métodos empregados.

Posto isto, serão apresentados os resultados obtidos através da caracterização da técnica de peito dos nadadores testados, bem como, a variação dos indicadores biomecânicos da técnica, nos diferentes grupos experimentais. Segue-se a sua discussão e confrontação com a literatura e, finalmente, são sintetizadas as principais conclusões advindas do estudo, e, perspectivas que o mesmo pareça abrir para o futuro.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. A natação: origem e evolução histórica**

A natação, desde a sua origem em tempos remotos e no decurso de seu desenvolvimento, passou por diversas transformações e ciclos históricos. Inicialmente, como uma forma de sobrevivência e preservação, a seguir como prática física e utilitária, até chegar a condição de modalidade desportiva, com sua inclusão no programa de competições dos Jogos Olímpicos da era moderna.

#### **2.1.1. Origem e evolução**

Desde as primeiras incursões sobre a história da natação, percebe-se claramente que a mesma se confunde com as origens do homem. Em sua forma nômade de viver, o homem da antiguidade utilizava a natação não como meio de competição como o fazemos hoje, mas sim, como uma forma de sobrevivência e preservação, quer do ponto de vista das necessidades alimentares ou para preservar-se de determinados predadores.

A seguir, usaram também a natação por razões militares, como meio de atravessar cursos de água, onde haveriam de desenvolver-se batalhas em busca de aumentar o poderio territorial. Historiadores e poetas relataram, em várias obras, as façanhas de nadadores famosos como Leandro para visitar Hero em 80 a. C., Beowulf e Grendel em 700 d. C. (Iguaran, 1977). Obras e peças das mais variadas, que são encontradas hoje nos museus, mostram que os egípcios nadavam no Rio Nilo há 3 mil anos atrás (Lenk, 1967).

No Quadro 2.1, Clarys (1994) e Iguaran (1972), apresentam a natação através dos tempos desde a idade antiga até a idade moderna, descrevendo fatos relacionados a estes eventos, traduzindo toda uma época de história da natação.

**Quadro 2.1.** A natação através dos tempos e dos países na idade Antiga, Média, Renascimento e idade Moderna (baseado em Clarys, 1994 e Iguaran, 1972).

Data	Obra e evento
5000 a. C.	Entre os mais velhos hieróglifos da segunda dinastia egípcia, um nadador é representado várias vezes a nadar de lado e “de <i>crawl</i> ”.
5000 a. C.	Pinturas e gravuras descobertas na expedição de Frobenius, em 1933, Nagoda, na Líbia, nas quais estão presentes formas de nado “de costas” e “de peito”.
2400 a. C.	Pintura com homens egípcios a nadar.
1250 a. C.	Escultura em relevo, ilustrando um escravo egípcio a apanhar pássaros em um curso de água.
1200 a. C. – 1100 a. C.	Escultura em relevo ilustra o salvamento e a reanimação durante o naufrágio de Quadesh, Egito.
900 a. C. – 600 a. C.	Escultura em relevo ilustra combate assírio que demonstra como a natação era essencial para atravessar cursos de água com ou sem apoio de embarcações.
600 a. C. – 500 a. C.	Vasos de cerâmica gregos ilustram a prática da natação como forma de recreação e de demonstração de estatuto social.
355 a. C.	Platão em seu capítulo Leis (III, 689) faz referência ao provérbio “não sabe nem nadar nem ler”.
80 a. C.	Pintura mural de Pompeya, alusiva a travessia do Helesponto realizada por Leandro para visitar Hero.
38 a. C.	No Japão eram realizadas competições anuais desportivas, dentre as quais a natação.
60 d. C. Séc. I	Na antiga Índia, obra escrita em sânscrito por Vatsyayana, exige de toda mulher no Kama-Sutra, dentre sessenta e quatro artes adequadas, uma deveria ser relacionada a natação.
401 – 500 d. C. Séc. V	Com a queda do império romano e toda a severidade do cristianismo, desapareceu toda ostentação e luxo, com isto as termas famosas onde se aprendia e se mostrava a natação, foram abandonadas e outras destruídas.
700 d. C. Séc. VII	No poema Beowulf, escrito na Inglaterra cujo manuscrito do século X, em anglo saxônico descreve uma renida competição entre Beowulf príncipe dos Geats, contra Grendel.
1410 – 1816 Séc. XV – Séc. XIX	Com o Renascimento inúmeros autores mencionaram a natação como muito útil e saudável, entre os quais: Vittorino de Feltre (1410); Leonardo da Vinci (1512); Castiglione (1528); Lutero, Calvino et al. (1530); Jean Gouthier (1º autor de livro sobre natação); Olaus Magnus (1539); Joannes Taisnier (1567); Andréas Bacci (1571); Everard Digby (1587); James Melville (1610); Pietro Lasena (1637); Galtero (1644); George Cheyne (1725); James Cook (1770); Oronzio de Bernardi (1790); J.C.F.Guts Muths (1796); J.L.Jahn (1810 e 1816).
1837 Séc. XIX	Larcon e Ulen falam das competições de natação que começaram em Londres, onde existiam seis piscinas cobertas.

### 2.1.2. A natação desportiva

Observando-se a natação como modalidade desportiva, iremos verificar que as provas de natação não figuravam no programa dos Jogos Olímpicos da Antiguidade (Oppenheim, 1977). Entretanto, a natação desportiva não foi de todo ignorada pelos povos da era antiga, uma vez que Pausanias nos fala um pouco sobre as competições de natação de Hermione, onde havia prêmios para a natação quando da realização dos festivais clássicos gregos. No início do século XX, só as travessias eram admiradas e recordadas (Iguaran, 1972). Em 24 de Agosto de 1875, o capitão Matthew Webb saindo de Dover e chegando a Calais no dia seguinte, atravessou pela primeira vez o Canal da Mancha em 21 h 44 min 55 seg perfazendo um percurso de 63 km (Iguaran, 1972 e Oppenheim, 1977). Em 11 de Agosto de 1923 o italiano Enrique Tiraboschi fez o percurso pela primeira vez no sentido França / Inglaterra e a primeira mulher a conseguir tal façanha, foi a americana Gertrude Ederle em 06 de Agosto de 1926 (Iguaran, 1972).

Mesmo tendo sido realizadas muitas tentativas de travessia do Canal da Mancha, essas provas de longa duração foram perdendo muito do seu encanto para as provas de curta distância que, dia a dia, tornaram-se mais populares, sobretudo no uso da técnica de crawl, considerada durante muitos anos como a técnica exclusiva das provas de curta duração (Iguaran, 1972).

Há fortes indícios de que a era moderna da natação desportiva, tenha coincidido com a abertura das primeiras piscinas na Inglaterra no início do século XIX (Oppenheim, 1977). Isto se confirma quando os historiadores britânicos Guy Larcom e Harold S. Ulen afirmam que a primeira competição de natação realizou-se em Londres no ano de 1837 com a criação da primeira associação de natação a *National Swimming Association*, tendo no ano de 1867 sido fundada a *Metropolitan Swimming Association*, que mais tarde passou a chamar-se *Association of Great Britain* e em 1886 *Amateur Swimming Association* (Iguaran, 1972).

Segundo Oppenheim (1964), entre os anos de 1880 e 1900 foi o período em que os campeonatos amadores nacionais começaram a organizar-se em diversos países da Europa, o mesmo acontecendo também na Austrália.

Fazendo parte dos Jogos Olímpicos modernos desde a sua criação em 1896, a natação aparece com enorme sucesso e popularidade entre os desportos olímpicos, ficando atrás apenas do atletismo (Iguaran, 1972). Quando da realização em 1896, dos primeiros Jogos Olímpicos da era moderna em Atenas, até sua última versão, também em Atenas na Grécia, o calendário olímpico contempla a realização de provas de natação.

### **2.1.3. Condições regulamentares**

As evoluções constantes das técnicas empregadas nas provas de Natação Pura Desportiva (NPD) estão essencialmente vinculadas à procura constante de melhores resultados. Assim é que, no período decorrente entre 1830 e 1900, a técnica de crawl passou a desenvolver-se mais do que a técnica do nado peito, principalmente nas provas de velocidade, tendo assim se firmado como a técnica de velocidade mais rápida (Oppenheim, 1977).

Nos Jogos Olímpicos de Atenas, em 1896, três provas faziam parte do programa, que eram: 100, 500 e 1200 metros, nadadas em “estilo livre”, desta maneira não sendo imposta nenhuma especialidade técnica. Como as outras técnicas de nado utilizadas eram mais rápidas, o nado de Peito foi afastado das competições, pois os nadadores que dela faziam uso obtinham os piores resultados. Porém, no ano de 1904, por ocasião dos Jogos Olímpicos de St. Louis, foi introduzida uma prova específica, no caso as 440 jardas, exclusivamente nadada em Peito (Iguaran, 1972; Oppenheim, 1977).

De acordo com Oppenheim (1964), o calendário de provas dos Jogos Olímpicos, variava de acordo com o país organizador. Foi assim que, tomando consciência do significado e universalidade da natação e da necessidade de uma organização que dirigisse mundialmente este desporto, estabelecendo normas, criando regras e cuidando para que a natação cumprisse com seu papel de modalidade olímpica desenvolvendo-se cada

vez mais, foi fundada em 1908, por ocasião dos Jogos Olímpicos de Londres, a *Federation International de Natation Amateur* (F.I.N.A.). O órgão de gestão mundial, a F.I.N.A., estabeleceu regras para cada um dos estilos de NPD, bem como para as saídas e viradas, uniformizando assim as normas estabelecidas para todas as competições as quais estão sobre sua direção. Desta maneira, os atletas competem seguindo padrões definidos e igualitários para todos.

## **2.2. As técnicas de nado em Natação Pura Desportiva**

Em Natação Pura Desportiva, o programa de uma competição reconhecido pela FINA, prevê em seu conteúdo provas de nado formal que são: (i) livre, (ii) costas, (iii) peito e (iv) borboleta.

As técnicas de nado são classificadas de acordo com a posição do corpo, a ação dos membros superiores (MS) e dos membros inferiores (MI) e, o tipo de produção de força propulsiva gerada pelos MS e pelos MI.

Levando-se em consideração a posição do corpo na água, as técnicas decompõem-se em ventral ou dorsal, dependendo do decúbito em que se encontra o nadador. As técnicas também são classificadas como simultâneas ou alternadas. Por último, de acordo com o tipo de produção de força propulsiva gerada pelos MS e pelos MI, as técnicas de nado podem ser caracterizadas como contínuas ou descontínuas. Isto é, existem técnicas que se caracterizam por manterem ao longo de todo ciclo gestual a produção de força propulsiva e outras, que em determinado momento do ciclo se verifica um instante passivo, sem aplicação da referida força.

### **2.2.1. Classificação**

A classificação em cada uma das técnicas em NPD compreenderá a sua caracterização geral e sua categorização.

O crawl é uma técnica de nado ventral, alternado e simétrico, no curso da qual as ações motoras realizadas pelos MS e pelos MI tendem a assegurar uma propulsão contínua.

A técnica do crawl é a mais eficiente do ponto de vista mecânico (Holmér, 1974; 1983). Esta condição deve-se em primeiro lugar, a ser alternada, evitando-se deste modo, grandes oscilações intracíclicas da velocidade. Segundo, porque a posição do corpo que lhe é inerente permite trajetos subaquáticos bem orientados, criando resultantes propulsivas com direção muito próximas da linha de deslocamento do corpo.

O nado costas caracteriza-se por uma ação segmentar alternada que, tal como acontece com o nado crawl, permite a criação quase contínua de força propulsiva pelos MS e uma constante ação equilibradora também propulsora por parte dos MI, favorecendo a possibilidade ao executante de manter a velocidade estável, quando a sincronização global é a mais indicada. De fato, o custo energético do nado de costas, em nadadores de nível técnico elevado, é ligeiramente inferior ao de crawl (Holmér, 1983; Alves et al., 1994).

Na técnica do nado costas a posição do corpo por estar no plano dorsal, obriga a ações propulsivas efetuadas em planos posteriores ao plano frontal médio, proporcionando um menor efeito propulsivo. Limitações de caráter anatômico-funcional impõem trajetos demasiadamente laterais em vez de obliquamente descendentes e ascendentes. A menor eficiência propulsiva da técnica de costas revela-se através da obtenção de velocidades máximas de deslocamento menores do que em crawl e borboleta, quando se comparam nadadores em níveis equivalentes ou os mesmos nadadores (Troup et al., 1982).

A técnica de peito é uma das técnicas de nado ventral, simultânea e descontínua. Estas características são comuns à técnica de borboleta e permitem, como grupo, distinguir estas últimas das técnicas de crawl e costas.

A descontinuidade é uma característica da técnica deste nado, que apresenta às possibilidades de manutenção no tempo, de produção e aplicação de

forças propulsivas e decorre diretamente da sua simultaneidade. A técnica é simultânea porque, por imposição regulamentar, as ações segmentares contralaterais têm que ser realizadas ao mesmo tempo, o que impõe que as fases propulsivas se sucedam no tempo, fases resistivas ou não propulsivas.

Esta condição de simultaneidade e descontinuidade impõem, entretanto, a necessidade de dispender energia suplementar para vencer forças de inércia e, ciclo a ciclo, reacelerar a massa do nadador e a massa de água que ele transporta. Sendo este o principal argumento que justifica os resultados de Holmér (1974; 1983) inerentes aos níveis de economia relativa das quatro técnicas de NPD.

O nado borboleta possui uma técnica de nado em que o corpo se encontra na posição ventral; em que existe uma ação simultânea dos membros superiores e dos membros inferiores; cuja aplicação de força propulsiva é feita de forma descontínua, dado que é coincidente o momento mais propulsivo da ação dos dois MS e dos dois MI; e verifica-se uma simetria nas ações dos MS e MI realizadas pelo nadador, tomando em consideração o seu eixo.

Em termos de eficiência, quando comparada com as restantes técnicas de nado, o borboleta é menos econômico que as técnicas contínuas (Crawl e Costas). Esta condição de simultaneidade e descontinuidade impõem, entretanto, a necessidade de dispender energia suplementar para vencer forças de inércia e, ciclo a ciclo, reacelerar a massa do nadador e a massa de água que ele transporta (Holmér, 1974; Vilas-Boas, 1993). Sendo este o principal argumento que justifica os resultados de Holmér (1974), inerentes aos níveis de economia relativa das quatro técnicas de NPD, pelo que colocam em evidência a condição de as técnicas contínuas serem mais econômicas do que as descontínuas (Vilas-Boas, 1993).

### **2.2.2. Descrição sumária**

A descrição de cada uma das técnicas de NPD compreenderá as ações realizadas pelos membros superiores (MS) e pelos membros inferiores (MI) e artigos regulamentares das regras da F.I.N.A..

### **2.2.2.1. A técnica de *Crawl***

A posição e trajetória dos segmentos são apresentadas no seguinte modelo técnico: membros superiores (i) entrada; (ii) deslize; (iii) ação descendente (AD); ação lateral interior (ALI); ação ascendente (AA); saída e recuperação. Membros inferiores (i) ação descendente (AD) e (ii) ação ascendente (AA). Há sincronização da ação dos MS entre si; sincronização dos MS com os MI; sincronização da ação dos MS com a respiração; o equilíbrio dinâmico; o alinhamento lateral; o alinhamento horizontal e o rolamento do corpo.

As regulamentações atuais, no que diz respeito à técnica do nado crawl, iniciam na regra (SW 5), contém três artigos que regulamentam os vários aspectos a serem observados na análise da técnica (SW 5.1); as viradas e chegada no artigo (SW 5.2) e a posição do corpo no artigo (SW 5.3).

### **2.2.2.2. A técnica de *Costas***

A posição e trajetória dos segmentos são apresentadas no seguinte modelo técnico: membros superiores (i) entrada; (ii) ação descendente inicial (ADI); (iii) ação ascendente (AA); (iv) ação descendente final (ADF); (v) saída; (vi) e recuperação. Os membros inferiores (i) ação descendente (AD) e (ii) ação ascendente (AA). Há sincronização da ação dos MS; sincronização dos MS com os MI; sincronização da ação dos MS com a respiração; o equilíbrio dinâmico; o alinhamento horizontal; o alinhamento lateral e o rolamento do corpo

As regulamentações atuais, no que diz respeito à técnica do nado costas iniciam na regra (SW 6), contém cinco artigos que regulamentam os vários aspectos a serem observados na análise da técnica. A posição do corpo antes do sinal de largada está regulamentada no artigo (SW 6.1); após o sinal de partida e durante toda a prova à posição do corpo nos artigos (SW 6.2) e (SW 6.3); as viradas no artigo (SW 6.4) e a chegada no artigo (SW 6.5).

### **2.2.2.3. A técnica de Peito**

A posição e trajetória dos segmentos são apresentadas no seguinte modelo técnico: membros superiores (i) ação lateral exterior (ALE); (ii) ação vertical descendente (AVD); (iii) ação lateral interior (ALI) e (iv) recuperação. Os membros inferiores (i) recuperação; (ii) ação lateral exterior (ALE); e (iii) ação lateral interior (ALI). Sincronização da respiração com as ações dos MS e dos MI e sincronização entre as ações dos MS e MI.

As regulamentações atuais, no que diz respeito à técnica do peito iniciam na regra (SW 7), contém sete artigos que regulamentam os vários aspectos a serem observados na análise da técnica. A posição do corpo está regulamentada no artigo (SW 7.1); a ação dos MS, nos artigos (SW 7.2) e (SW 7.3); a ação dos MI nos artigos (SW 7.4) e (SW 7.5); as viradas e chegada no artigo (SW 7.6) e o ciclo de nado no artigo (SW 7.7).

### **2.2.2.4. A técnica de Borboleta**

A posição e trajetória dos segmentos são apresentadas no seguinte modelo técnico: membros superiores (i) entrada; (ii) ação lateral exterior (ALE); (iii) ação descendente (AD); (iv) ação lateral interior (ALI); (v) ação vertical ascendente (AVA) e recuperação. Os membros inferiores (i) ação descendente e (ii) ação ascendente. Há sincronização das ações dos MS com as ações dos MI e sincronização dos MS com o ciclo respiratório.

As regulamentações atuais, no que diz respeito à técnica do nado borboleta iniciam na regra (SW 8). Atualmente esta regra contém cinco artigos que regulamentam os vários aspectos a serem observados na análise da técnica. A posição do corpo está regulamentada no artigo (SW 8.1); a ação dos MS, no artigo (SW 8.2); a ação dos MI no artigo (SW 8.1) e (SW 8.3) e a partida, virada e chegada nos artigos (SW 8.4) e (SW 8.5).

### 2.3. Biomecânica

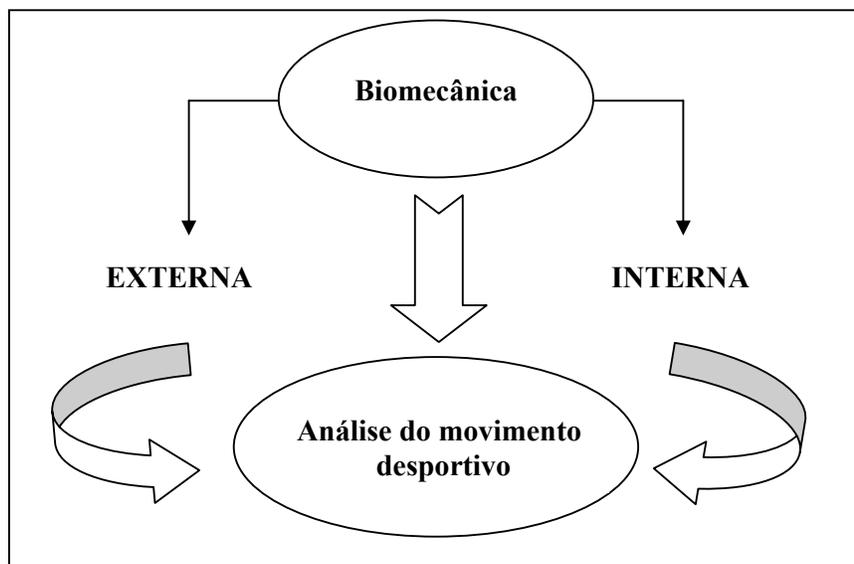
A pesquisa científica tem desempenhado ao longo dos anos um papel de suma importância no desenvolvimento da compreensão e melhoria das ações inerentes a prática desportiva. Nesta busca sempre muito rigorosa, pretende a ciência aproximar-se cada vez mais da verdade através de métodos que proporcionem um controle, uma sistematização, uma revisão e uma segurança maior do que possuem outras formas de saber não científicas (Cervo e Bervian, 1983).

A Biomecânica utiliza leis da física e conceitos de engenharia para descrever o movimento em sistemas biológicos tais como segmentos corporais, e as forças que agem nessas partes do corpo durante atividades corporais laborais e desportivas. Tendo como base a mecânica, a fisiologia e a anatomia funcional, a biomecânica apresenta-se como excelente método para análise do movimento humano (Hall, 2000).

Hay (1978), descreve a biomecânica como sendo a ciência que estuda as forças internas e externas que atuam no corpo humano e os efeitos produzidos por essas forças. Ou seja, a biomecânica dedica-se ao estudo das ações dos diversos tipos de corpos, quer sejam partículas, corpos rígidos ou articulados e a interação entre o corpo e o meio que o envolve.

A Figura 2.1, representa as áreas de estudo da biomecânica, onde a interna, investiga forças que são geradas internamente por estruturas musculares, tendões, ligamentos, ossos e articulações. Estes por sua vez estão intimamente relacionados à *performance* do movimento e as forças mecânicas produzidas pelo sistema locomotor. O método mais comum utilizado para a determinação do momento articular é a diferenciação numérica dos dados do movimento e sua subsequente aplicação em equações do movimento para o cálculo do momento, no qual caracteriza a solução para o problema da dinâmica inversa (Amadio, 2000). Já a biomecânica externa, representa aqueles parâmetros de determinação quantitativa e ou qualitativa referente as mudanças de lugar e posição do

corpo humano em movimentos, com auxílio de medidas descritivas cinemáticas e dinâmicas (Amadio, 1996).



**Figura 2.1.** Representação das áreas de estudo da biomecânica, interna e externa.

Por se tratar de uma disciplina com alta dependência de resultados experimentais, é premente que a biomecânica apresente grande preocupação com seus métodos de medição (Amadio, 1996).

Em síntese, a biomecânica deve deter-se sobre a funcionalidade mecânica dos órgãos, aparelhos e sistemas dos seres vivos, sobre a sua cargabilidade mecânica, sobre os limites da sobrecarga e da lesão e sobre os fatores que afetam a *performance*, incluindo a desportiva e, portanto, envolvendo o treino em si mesmo, os meios auxiliares de treino, o equipamento desportivo e a técnica desportiva (Vilas-Boas, 2001).

### **2.3.1. Biomecânica da natação**

Partindo desta premissa, a área da biomecânica aplicada a natação como fonte de pesquisas é inequívoca e busca constantemente pelo aprimoramento das técnicas em NPD.

O desenvolvimento futuro de acordo com Vilas-Boas (1991), da capacidade de rendimento desportivo deve ser procurado à custa, principalmente, de um incremento da eficiência do processo de treino, isto é, de uma relação entre os exercícios de treino propostos, o efeito pretendido e as prioridades de preparação de cada nadador, passando, assim, da quantidade para a qualidade do treino (Vilas-Boas, 1991b). Assim, depois de uma fase considerada de quantidade, passamos para uma outra, onde um melhor rendimento está associado a uma melhor estruturação do treino, bem como a uma mais adequada relação entre este e as características dos nadadores.

Desta forma, o futuro do treino e da elevação da capacidade de rendimento desportivo dos nadadores passa pela integração, na prática, dos progressos já operados e a operar na tecnologia aplicada e no conhecimento científico da modalidade, do treino e da avaliação do treino e do nadador, vertentes que cada vez mais importa desenvolver (Vilas-Boas, 1991b).

### **2.3.2. Abordagens científicas da biomecânica aplicada à natação**

Os estudos relacionados à investigação em NPD de acordo com informes da literatura, não têm mais de um século. Dentre os autores pioneiros destacamos os seguintes: Dubois-Reymond (1905 1927); Houssay (1912); Liljestrand e Stenstrom (1919); Amar (1920); Hill (1924); Cureton (1930) e Karpovich (1933).

Entretanto, os maiores progressos nos domínios do conhecimento e do desenvolvimento tecnológico aplicado à investigação biomecânica dos nadadores ocorreu só depois de 1970, quando da realização do primeiro Simpósio Internacional de Biomecânica e Medicina da Natação no mesmo ano em Bruxelas, repetindo-se de quatro em quatro anos, cuja IX versão foi realizada em junho de 2002 em St. Etienne – França.

O Congresso de Medicina da F.I.N.A., que teve sua primeira edição no ano de 1969, em Londres, repetindo-se regularmente até os dias de hoje (Clarys, 1994), e mais a publicação regular do *Journal of Swimming Research*. Estes,

efetivamente têm dado sua contribuição para o desenvolvimento nesta área da investigação.

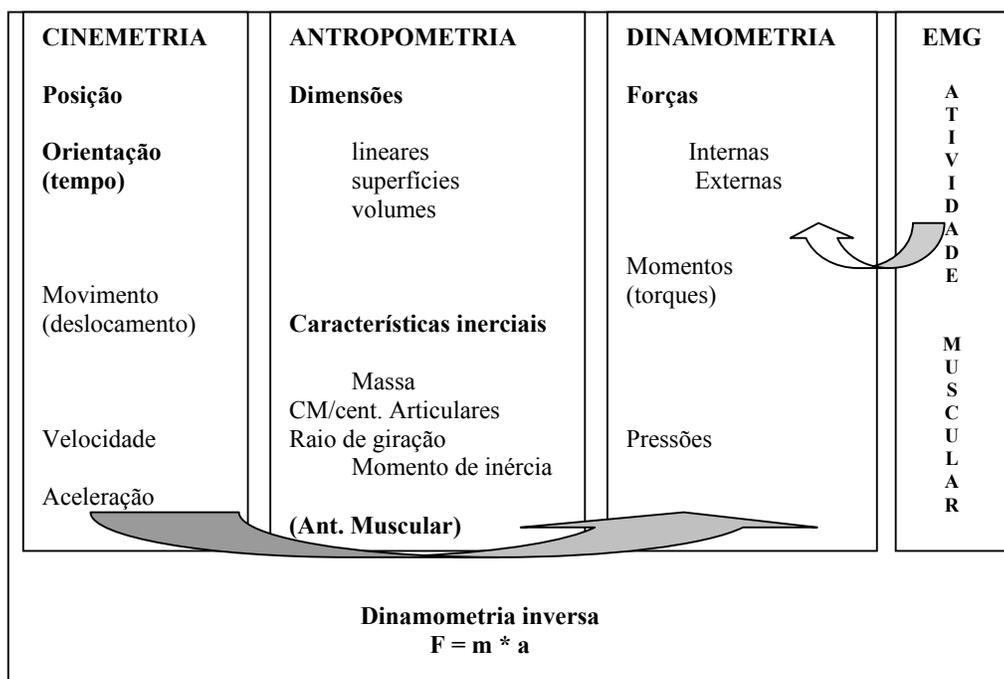
Em relação ao progresso do estudo da biomecânica aplicada à natação, este sempre estará efetivamente ligado ao progresso tecnológico desenvolvido concomitantemente e posto a disposição da comunidade científica que investiga a natação, devidamente adaptados às suas particularidades.

De acordo com Amadio (1996 e 2000) e Baumann (1995), os métodos de medição utilizados pela biomecânica para abordar as diversas formas de movimento são: a Cinemetria, a Dinamometria, a Antropometria e a Eletromiografia, apresentados na Figura 2.2. Assim, o movimento poderá ser descrito e modelado matematicamente, permitindo uma melhor e mais apurada compreensão dos mecanismos internos reguladores e executores do movimento do corpo humano (Amadio, 2000).

#### **2.3.2.1. Cinemetria**

A cinemetria consiste em um conjunto de métodos que busca medir os parâmetros cinemáticos do movimento, estando interessada na descrição de como um corpo se move, não se preocupando em explicar as causas desses movimentos. A cinemetria é composta por procedimentos de natureza basicamente ótica, onde as medidas são realizadas através de indicadores indiretos obtidos através de imagens. A importância da precisa mensuração dos parâmetros cinemáticos refere-se a utilidade que estes apresentam em todos os cálculos subsequentes para a dinâmica (Amadio, 1996).

A cinemetria é o registro do gesto técnico através de foto, radiografia, estroboscópio, cinema e vídeo. Atualmente, o processo mais utilizado é através da gravação em vídeo, por ter a principal vantagem de proporcionar imagens de alta qualidade *frame a frame*, um menor custo com material de registro, maior facilidade em manutenção periódica e maior facilidade de digitalização automática.



**Figura 2.2.** Métodos de medição utilizados pela biomecânica (adaptado de Baumann, 1995).

Marcos históricos definem a evolução da cinemetria, de acordo com o Quadro 2.2 adaptado de Amadio (1996).

**Quadro 2.2.** Apresenta as etapas evolutivas da cinemetria (adaptado de Amadio, 1996).

Método	Autor
Cronofotografia para análise da marcha humana	Weber (1836)
Fotografias múltiplas	Marey (1873, 1888, 1895) e Capozzo et al. (1992)
Introduzindo as investigações cinematográficas	Lumière (1895) e Rasch (1977)
Fotogrametria instrumental e analítica	Braune e Fischer (1895 – 1901) e Capozzo (1992)
Análises fotográficas de animais e de movimentos humanos	Muybridge (1955)

Dentre os processos de análise cinemática, temos os estudos bidimensionais (2D) e os estudos tridimensionais (3D). Os estudos 2D caracterizam-se pelo registro do gesto técnico em um dado plano, enquanto que as análises 3D

utilizam no mínimo duas câmeras com registro simultâneo de planos distintos de um mesmo gesto técnico.

Segundo Bartlett (1997), há vantagens e desvantagens na opção entre utilizar os estudos bidimensionais e os tridimensionais, estas diferenças são apresentadas no Quadro 2.3.

**Quadro 2.3.** Diferenças entre as vantagens e desvantagens na utilização dos estudos 2D e 3D, adaptado de Bartlett (1997).

Bidimensionais	Tridimensionais
Menor quantidade de equipamento utilizado, sendo mais econômico.	Maior quantidade de equipamentos utilizados, sendo mais dispendioso.
Permite a análise somente do plano filmado.	Permite a análise em vários planos e ângulos.
Há necessidade de menos procedimentos na digitalização.	O movimento a analisar, aproxima-se mais da realidade.
Facilidade em estabelecer relações entre os diversos parâmetros a analisar.	Possibilita reconstruir vistas similares da execução, mesmo que não sejam diretamente observáveis pelas câmeras.
Os problemas metodológicos na reconstrução das imagens são menores.	Há necessidade de procedimentos metodológicos mais complexos, na sincronização de imagens e sua reconstituição.

Apesar das vantagens que as análises bidimensionais são possuidoras, no que se refere a custos com equipamentos, necessidade de menos procedimentos de digitalização, maior facilidade em estabelecer relações entre os diversos parâmetros a serem analisados e menores problemas de ordem metodológica em relação à reconstrução das imagens, as análises tridimensionais segundo Hay (1988), possibilitam reconstruir imagens similares as da execução, em decorrência de todas as técnicas de NPD envolverem movimentos tridimensionais. Entretanto, mesmo que não sejam observáveis pela câmera estas análises serão permitidas de vários ângulos e planos, significando que as análises 3D revelarão informações mais completas do gesto técnico estando assim mais próximas da realidade como faz referência Bartlett (1997).

Os estudos cinemáticos na NPD centram-se basicamente nas questões relacionadas com as variações da velocidade de nado por ciclo gestual, a trajetória dos movimentos, a velocidade de deslocamento e a aceleração de diversos segmentos corporais e do próprio centro de gravidade. Assuntos estes inerentes as variáveis em estudo neste trabalho.

### **2.3.2.2. Dinamometria**

A dinamometria é o processo que visa à medição de todos os tipos de forças, bem como da distribuição de pressão (Amadio, 1989; 1996). Deste modo, poderíamos quantificar um conjunto de grandezas dinâmicas associadas ao movimento humano.

Dentre as primeiras referências ao mecanismo de produção de força propulsiva em natação, destacam-se os primeiros trabalhos da década de 30 (Cureton, 1930). Realizando estudos no domínio da hidrodinâmica propulsiva dos animais aquáticos, Cureton (1930) e posteriormente autores como Counsilman (1968), assumiram que a propulsão conseguida pelo nadador era decorrente diretamente da 3ª lei de Newton, a Lei da Ação e Reação. As primeiras representações da braçada de crawl, dão conta da legitimidade deste princípio em que, caso o nadador conseguisse orientar diretamente para trás toda a sua ação propulsiva, então a componente orientada para frente da força de reação seria ampliada.

Entretanto, os pressupostos referidos anteriormente, não consideravam pelo menos na sua real expressão, o efeito da deformabilidade da água e a não estabilização antero-posterior do apoio dos segmentos propulsivos (Vilas-Boas, 1991a).

O mecanismo propulsivo antes descrito ficou conhecido por teoria do arrasto propulsivo, sendo aceito que a estabilização antero-posterior dos segmentos propulsivos seria tanto mais elevada quanto mais elevada fosse a intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento dos segmentos propulsivos. Esta orientação para diante e permitindo contrariar a ação da

força de arrasto efetivamente oposta à translação do nadador, passou a designar-se por força de arrasto propulsivo (cf. Vilas-Boas 1991a).

Se o sucesso de um nadador é determinado pela sua habilidade em gerar força propulsiva reduzindo a resistência frontal (Toussaint e Beek, 1992), para nadar a uma velocidade constante um nadador tem que gerar força propulsiva efetivamente igual em magnitude, a força de arrasto. Na seqüência destas constatações foi sugerida a teoria da força ascensional propulsiva para a explicação do mecanismo de produção de força propulsiva pelo nadador. A teoria em questão assume que a mão, o pé e eventualmente o antebraço possuem características geométricas que lhes permitem ter um comportamento hidrodinâmico especial, funcionando da mesma forma que a asa de um avião ou a pá de uma hélice, a que chamamos de aerofólios (Vilas-Boas 1991a).

A investigação utilizando a plataforma de força é comumente utilizada em estudos sobre a marcha, saltos, estabilogrametria, estudos estes que medem, fundamentalmente, a força de reação do solo e o ponto de aplicação desta força. Em aplicação na NPD à avaliação da força propulsiva do nadador foi determinada através dos estudos de Schram (1958 - 1959), o qual desenvolveu trabalho por registro dinamométrico em seco não traduzindo satisfatoriamente a posição de nado.

Dos métodos dinamométricos mais comuns, o nado estacionário designado por *thethered swimming*, tem sido muito utilizado em avaliações e controle de treino, bem como na investigação da biomecânica em natação. Entretanto, ao se utilizar este método comparando dois nadadores ou duas técnicas em um mesmo nadador, torna-se difícil identificar as razões biomecânicas que estão sob as diferenças eventualmente registradas. Em contrapartida, tem uma grande vantagem na facilidade de operacionalização quando da realização deste procedimento, pois requer fundamentalmente um transdutor de força, um cabo de ligação preferencialmente sem elasticidade e uma estrutura que permita minimizar a obliquação do cabo (Vilas-Boas, 1993; Alves e Vilas-Boas, 1997).

O sistema descrito por Alves e Vilas-Boas (1997) constitui uma versão mais sofisticada do sistema mais simples de implementar. O transdutor de força é fixo no bloco de partida e um cabo de aço que pode estar ligado ao transdutor através de um elo de borracha, servindo para minimizar o efeito mecânico da brusca extensão do cabo. O cabo é ligado ao nadador por meio de um cinto abdominal, com ou sem suspensórios. Na outra extremidade do sistema, o transdutor é ligado a uma placa de conversão A/D ligada a um computador, que permite misturar o sinal do transdutor com o sinal vídeo de uma câmara subaquática, importado através de uma placa de vídeo. Desta forma torna-se possível visualizar simultaneamente o gesto técnico e a força propulsiva produzida exportando os dados para um gravador de vídeo.

Embora a tarefa de medir diretamente força propulsiva seja extremamente difícil, Hollander et al. (1986) desenvolveram um sistema para medir a ação do arrasto ativo, a força propulsiva e a contribuição dos membros superiores e inferiores, chamado *MAD-System* (sistema dinamométrico para avaliação do arrasto ativo do nadador) que registrava a força propulsiva aplicada ao movimento subaquático da mão por meio de um simulador da ação do crawl, que consiste na determinação da força média que o nadador exerce sobre um conjunto de transdutores de força montados sequencialmente ao longo da piscina e sobre os quais o nadador apoia as suas mãos para nadar a uma velocidade constante.

A força horizontal exercida sobre o sistema, necessária para permitir o deslocamento a uma velocidade constante, é considerada igual em intensidade à força de arrasto ativo a que o nadador se submete ao nadar a essa mesma velocidade. Entretanto, tratando-se de um dispositivo que recorre à utilização de uma solução propulsiva que requer instalações específicas ou mesmo adaptadas para a sua implementação, requerendo meios de registro de parâmetros intermediários de avaliação com custo dispendioso e de difícil operacionalização, não permite assim a sua fácil utilização.

A distribuição de pressões entre as superfícies palmar e dorsal da mão, bem como a condição de estimar esta diferença, também se constitui como uma forma de avaliação da ação propulsiva. Assim sendo, a barometria poderá proporcionar informações relevantes à capacidade propulsiva de um nadador.

A determinação da pressão sobre superfícies propulsivas do nadador foi tentada por Van Hanen e Rijken (1975), Chollet et al. (1988) e Svec (1982) para os membros superiores e por Chollet (1990) e Tourny (1992) para os membros superiores e inferiores (Chollet et al., 1989b) na técnica de peito.

Para a realização desse experimento foram utilizados transdutores de pressão colocados no centro das superfícies consideradas, os quais foram sendo progressivamente miniaturizados (Vilas-Boas, 1991a).

Van Tilborgh e Persyn (1984) utilizaram um sistema que consiste num pequeno tanque com água sobre o qual se encontra suspensa uma plataforma dotada de sensores de força. O nadador deitado em decúbito ventral sobre a plataforma realiza um trajeto motor na água, as forças a que fica sujeito seu corpo são captadas pela plataforma e traduzidas graficamente num dos monitores que se encontra à sua frente. O segundo monitor apresenta a imagem vídeo captada pela câmara imersa.

Chollet et al. (1988), procurando superar as limitações do aparelho usado por Persyn (1984), desenvolveram um sistema alternativo em que o registro das forças exercidas perpendicularmente à superfície palmar da mão através de sensores montados sobre palas flexíveis. Este mesmo dispositivo foi utilizado posteriormente nos pés dos nadadores de peito (Chollet et al., 1989b).

Os diversos métodos descritos na literatura para determinação objetiva da força propulsiva em natação, são apresentados em síntese no Quadro 2.4 concebido por Vilas-Boas (1993).

**Quadro 2.4.** Métodos de determinação da força propulsiva em natação (Vilas-Boas, 1993)

Método	Autores
Determinação de P através da carga adicional mínima requerida para a obtenção de uma velocidade de translação nula ( $V=0$ ) com esforço máximo.	Hussay (1912); Cabri et al. (1988)
Determinação de P somando o valor de D para uma dada velocidade ( $V>0$ ) à força propulsiva adicional (P+) que o nadador tem que desenvolver para vencer uma resistência adicional ( $D+ = P+$ ) nadando àquela velocidade (constante). Determinação de P subtraindo à intensidade de força de arrasto passivo a uma dada velocidade ( $V>V_{máx.nado}$ ) a intensidade da força requerida para o rebocar nadando à mesma velocidade.	Alley (1952)  Thrall (1960)
Determinação de P a velocidade constante, assumindo $P=D$ e calculando D por extrapolação para $VO_2=0$ com base na reta de regressão entre o $VO_2$ e a carga adicional positiva ou negativa a que se sujeita o nadador. Determinação de P a velocidade constante, assumindo $P=D$ e calculando D por extrapolação para $V=0$ com base na reta de regressão entre os valores de V e de $D+$ e $D-$ registrados através de uma coluna móvel que se desloca a V superior ou inferior à velocidade de nado.	Di Prampero et al. (1974); Holmer (1975, 1983); Rennie et al. (1975); Pendergast et al. (1977) Kemper et al. (1976); Clarys (1979)
Determinação de P a velocidade constante através do <i>MAD-System</i> .	Hollander et al. (1986b); Hollander et al. (1988); Toussaint et al. (1988)
Aproximação a P por registro dinamométrico em seco.	Schram (1958 – 1959)
Aproximação à variação por ciclo de P através da determinação da variação da pressão exercida sobre a superfície palmar da mão ao longo do ciclo motor.	Belokovsky (1971); Svec (1982); Chollet et al. (1988)
Determinação de P através da variação do gradiente de pressões estabelecido entre as superfícies palmar e dorsal da mão ao longo do ciclo motor.	Persyn (1984); Loetz et al. (1988); Tourny (1992)
Determinação analítica da variação intracíclica de P envolvendo direção do trajeto motor, velocidade e posição relativa das superfícies e as suas propriedades hidrodinâmicas.	Shleihauf (1979); Wood (1979); Berger et al. (1995)

### 2.3.2.3. Antropometria

Entende-se por antropometria, o ramo das ciências biológicas que tem por objetivo o estudo dos caracteres mensuráveis da morfologia humana e a sua variação nas populações. O método antropométrico baseia-se na mensuração sistemática e na análise quantitativa das variações dimensionais do corpo humano. A análise dos dados antropométricos absolutos, relativos e transformados, designa-se análise de perfis. Estes podem ser utilizados com finalidades de representação, de comparação e de predição (Sobral, 1985).

A antropometria busca, portanto, modelos que possam ser utilizados para representar o corpo humano. Para isso é necessário obter medidas médias

de densidade corporal por segmentos, assim como o tamanho e proporção média dos segmentos corporais.

Ao estudarmos o corpo humano constituído por diversos segmentos corporais, estamos a dividi-lo em diversos corpos rígidos. Cada um destes corpos comporta-se como um corpo mecanicamente homogéneo e independente. Entretanto, ao estudarmos o corpo humano como um conjunto de corpos rígidos, estamos a considera-lo como um corpo articulado. Cada segmento anatómico transmite ao segmento adjacente a respectiva energia mecânica e o somatório das várias parcelas resulta num corpo articulado.

Segundo Abrantes (1997), a análise de um sistema biomecânico envolve a integração simultânea destes dois tipos de corpos mecânicos, sendo o corpo humano estudado simultaneamente como um corpo rígido e articulado. Quando suas ações são consideradas como um todo na respectiva interação com o meio físico envolvente, é considerado como um corpo rígido, cuja soma final é responsável pelas alterações no apoio fixo através do trabalho intersegmentar realizado simultaneamente pelos diversos corpos rígidos que o compõem. Caso contrário, é considerado como um corpo articulado.

A determinação de dados relativos a distribuição da massa e densidade, centro de gravidade, centro de massa e dos momentos de inércia segmentares, considerados como caracteres mensuráveis da morfologia humana, são fundamentais para a análise do movimento humano. Algumas destas medidas foram inicialmente determinadas diretamente através do estudo com cadáveres, outras utilizando volumes segmentares em conjugação com tabelas de densidade e outras técnicas mais modernas ainda, tais como a tomografia axial computadorizada e a ressonância magnética nuclear, utilizando ecógrafos que reproduzem imagens da secção transversal dos segmentos analisados.

Dentre os modelos antropométricos biomecânicos, temos os de segmentação e os matemáticos. Um dos mais importantes estudos de modelo de segmentação realizado com cadáveres (n=6), foi obtido por Chandler et al. (1975). Apresenta equações de regressão para estimar o peso corporal de

alguns segmentos corporais que compõem o corpo articulado inicialmente definido e permite também a localização do respectivo Centro de Gravidade (CG) de cada um desses segmentos. Com o objetivo de complementar os dados obtidos através do método de segmentação e dos vários modelos conhecidos, as investigações mais recentes utilizam procedimentos matemáticos de modelação do corpo humano para estudar o movimento.

A grande vantagem deste modelo, é que em vez da determinação experimental das propriedades inerciais, o corpo humano pode ser representado através de um modelo matemático. Um dos primeiros investigadores a utilizar este procedimento foi Hanavan (1964, 1966). O corpo humano foi representado por 15 sólidos geométricos simples de densidade uniforme (esferas, cilindros e cones). A grande vantagem deste modelo é que requer apenas algumas medidas antropométricas simples (comprimento e circunferência dos segmentos) para personalizar o modelo e, através de equações de regressão usadas para calcular o peso de cada segmento, é possível prever os CG e os momentos de inércia de cada segmento corporal. Baseado ainda nos mesmos procedimentos, Hatze (1980) desenvolveu um novo modelo, mais detalhado, para representar o corpo humano. O corpo humano foi dividido em 17 segmentos corporais e foram utilizadas 242 medidas antropométricas para melhor caracterizar cada um dos segmentos. Este modelo permite ainda diferenciar dados obtidos entre homens e mulheres, ajustando a densidade dos diversos segmentos de acordo com um indicador especial de adiposidade subcutânea, estando preparado ainda para alterações relacionadas com a morfologia corporal, tal como em estados de obesidade e gravidez, permitindo também estudos com crianças.

O avanço tecnológico deu desenvolvimento ao tratamento de imagens por computador. O envolvimento do *scanner* (ecografia) em análises do segmento corporal permite a determinação da densidade e das coordenadas dos segmentos corporais afetados pela radiação. A utilização deste procedimento em combinação com algumas medidas antropométricas realizadas por Zatsiorsky e Seluyanov (1983) em 100 homens adultos e

através de equações de regressão estimaram alguns parâmetros segmentares como a massa, CG e momentos de inércia de vários segmentos corporais.

#### **2.3.2.4. Eletromiografia**

A eletromiografia (EMG) refere-se ao registro elétrico da ação muscular ou de grupos musculares, representados graficamente (Correia et al., 1993). Fontes históricas afirmam que os primeiros pesquisadores a utilizar análise eletromiográfica foram: Croone (1664); Galvani (1791); Dubois Reymond (1849) e Duchene (1849). Este registro elétrico caracteriza-se pela detecção e armazenamento de uma corrente elétrica com origem nas alterações eletroquímicas (sódio e potássio) a partir do potencial de repouso e potencial de ação das fibras musculares.

A EMG constitui uma técnica privilegiada no estudo do movimento humano, utilizando-se atualmente duas formas diferentes na obtenção dos sinais eletromiográficos: EMG de Profundidade e EMG de Superfície (Correia et al., 1993).

Inicialmente, o registro e análise de potenciais de ação muscular aparecem associados a estudos de natureza clínica, através de eletrodos de profundidade, colocados no interior do músculo a estudar e em contato direto com as fibras musculares (Correia et al., 1993). Este processo, além das consequentes sensações dolorosas e derrames intramusculares que geralmente ocorrem na introdução dos eletrodos, provocam de certa forma perturbações no comportamento motor natural, onde o deslocamento ocorrido nestes pela contração muscular especialmente nas contrações produzidas em ações amplas e potentes, configura-se em outra das limitações deste tipo de registro (Basmajian et al., 1985). Entretanto, quando queremos conhecer as características dos potenciais de ação das unidades musculares individuais, bem como dos processos de coordenação intramuscular, a EMG de profundidade é aquela que nos apresenta melhores resultados (Correia et al., 1993).

Por necessidade de estudar a atividade muscular no movimento humano em condições as mais próximas possíveis das naturais, foi desenvolvido a EMG de superfície, evitando assim, sensações intramusculares durante a coleta e que representasse a atividade total do músculo de forma mais abrangente. A recomendação da utilização da EMG de superfície é feita por Basmajian e De Luca (1985), para utilização em áreas como o estudo cinesiológico e neurofisiológico dos músculos superficiais, a relação com a força e outros parâmetros biomecânicos.

Segundo De Luca (1997), há fatores intrínsecos e extrínsecos que afetam o sinal eletromiográfico. Os intrínsecos são as características fisiológicas, anatômicas e bioquímicas do músculo e os extrínsecos estão associados com a estrutura dos eletrodos e a sua colocação na superfície da pele, sobre o músculo. Portanto, nos estudos com EMG, o espaçamento entre os eletrodos, a sua localização e orientação, a amplificação realizada, a filtragem de possíveis interferências causadas pelo envelhecimento do equipamento, pela própria rede elétrica, os implementos mecânicos usados, a instabilidade do equipamento de registro, a obtenção de sinais de outros músculos que não apenas aquele que se pretende estudar (*crosstalk*), são fatores de fundamental importância que devem ser observados a fim de obter-se uma leitura fidedigna. De acordo com o mesmo autor, existem três grupos de aplicações a considerar no uso da EMG de superfície, no campo da biomecânica: (i) tempo de ativação dos músculos; (ii) relação do sinal EMG/Força; (iii) utilização do sinal EMG como índice de fadiga.

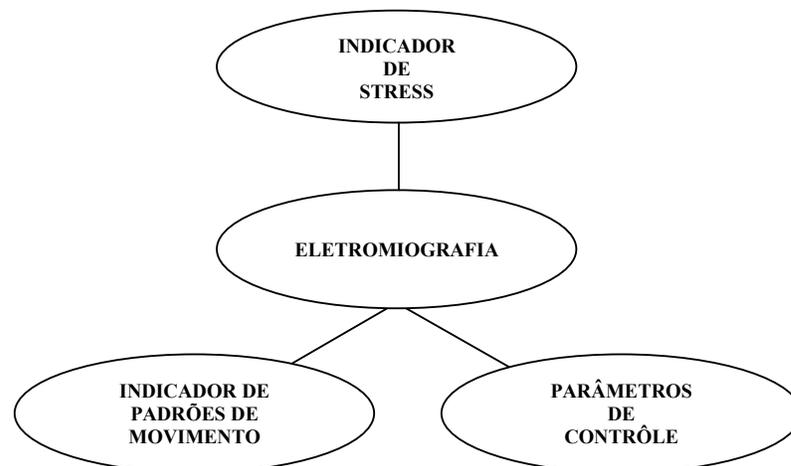
Araújo et al. (1995), constataram que, para grandes músculos superficiais, de fácil apalpação e inserção em pequena área óssea, a técnica de colocação dos eletrodos no ponto médio entre as inserções apresenta uma aquisição qualitativa e quantitativamente mais adequada para os estudos, tendo ainda a vantagem de ser uma técnica menos trabalhosa. Afirma ainda que, o fator fundamental na determinação de uma técnica ideal para a localização dos eletrodos, é a própria certeza de que aquele determinado ponto coincida na pele, a uma região do próprio músculo analisado.

Para Thomas et al. (1999), existem diversas áreas onde a EMG pode ser aplicada, dentre as quais o desporto. Através do aparecimento da EMG, começou-se a formar conceitos mais precisos da função muscular. Os estudos com a EMG trouxeram uma melhor compreensão sobre a participação dos músculos nos vários movimentos dos segmentos corporais.

Correia et al. (1993), fazem referências que estudos EMGs realizados, principalmente nas áreas que estudam a relação entre EMG, a força e as alterações da EMG em contrações com instalação de fadiga, possibilitam a validação da utilidade do sinal mioelétrico em aplicações múltiplas. Dentre eles, referem-se a estudos de coordenação, análise da participação muscular no movimento articular, avaliação da função muscular no gesto desportivo, no controle do treino e da recuperação.

Para Amadio e Duarte (1996), a utilização da EMG tem como propósitos fundamentais os elementos referidos na figura 2.3.

Diferentes estudos têm sido realizados com EMG em NPD, propiciando condições de conhecer a dinâmica de determinados músculos durante a fase propulsiva do corpo na água. Os trabalhos de pesquisa desenvolvidos na natação necessitam de uma profunda elaboração em seu protocolo devido aos possíveis ruídos encontradas pela aquisição do sinal no meio aquático.



**Figura 2.3.** Diagrama representativo das aplicações da EMG em biomecânica (adaptado de Amadio, 1985).

Segundo Clarys (1983), o padrão muscular de um movimento em natação é um elemento importante, não podendo esta informação ser obtida através de deduções anatômicas funcionais.

Devido às diferentes propriedades físicas do meio aquático, as avaliações realizadas numa piscina, sofrem influências mecânicas diferentes daquelas oriundas de uma avaliação desenvolvida no meio terrestre (Amadio et al., 1999).

O primeiro estudo EMG conhecido para analisar os movimentos aquáticos em nadadores adultos foi realizado por Ikai, Ishii e Miyashita, em 1964 citado por Clarys (1992), usando eletrodos de superfície. Neste estudo, foram descritos 15 padrões musculares em 14 indivíduos diferentes, comparando-se os resultados da EMG de nadadores universitários com os de nadadores olímpicos, mostrando a importância dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, grande dorsal, deltóide e grande peitoral.

Em 1976, Tokuyama, Okamoto e Kumamoto (citado por Oka et al., 1972 e Okamoto e Wolf, 1970), desenvolveram estudos EMGs dos movimentos padrão em natação, em crianças e jovens nos estilos de Peito, Costas e Crawl, fazendo uso também de eletrodos de superfície. Neste estudo ficou comprovada a importância do *feedback* EMG, no processo de aprendizagem do nadador.

Piette e Clarys (1979), fizeram à época, referência de dois métodos distintos utilizados pela comunidade científica, para registrar os potenciais de ação dos músculos debaixo da água. Um deles trata de uma combinação de eletrodos de superfície e cabos de transmissão, enquanto o outro é uma combinação de eletrodos de superfície e um transmissor telemétrico. Segundo as mesmas referências, apesar das exigências eletrônicas adicionais, e das limitações que o registrador de canais apresenta, o segundo método, aparentemente é aquele que menos dificulta os movimentos do nadador.

Clarys (1983) faz referência de que muitos dos estudos EMG realizados em natação, foram desenvolvidos com atividade muscular superficial utilizando eletrodos de superfície, permitindo também ao investigador explicar mais

precisamente o comportamento mioelétrico no decurso de várias atividades aquáticas.

### **2.3.3. Estudos cinemétricos relacionados à variação intracíclica da velocidade do nado**

Dependendo do estilo utilizado a variação de economia motora parece depender, em grande parte, da flutuação da velocidade intracíclica. A uniformidade na distribuição das ações propulsivas ao longo do ciclo gestual representa um fator de eficiência de nado fundamental (Alves, 1996).

Em Natação Pura Desportiva, a *performance* está diretamente relacionada à capacidade do nadador em produzir uma máxima energia e de transferi-la para vencer as resistências criadas ao deslocamento. A utilização desta energia é utilizada não somente para a produção de força propulsiva, mas também para a sincronização global e alinhamento corporal durante as fases de menor efeito propulsivo do movimento.

No desenvolvimento de um ciclo motor, as intensidades das forças de arrasto e propulsiva variam constantemente, uma vez que as ações motoras são mais ou menos descontínuas e a posição relativa dos segmentos corporais é constantemente modificada. Desta maneira, 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, 1998).

O ideal seria encontrar a possibilidade de nadar a uma velocidade constante, o que não é possível, pois o ciclo de nado está sistematicamente a mudar (Ungerechts, 1988). A sucessão de impulsos propulsivos que aceleram o corpo e por outro lado também o freiam, estão associados ao intervalo de tempo em que um impulso propulsivo termine até que outro se inicie, sofre assim o corpo uma desaceleração devido à ação da força de arrasto. Nas ações de aceleração e desaceleração o nadador tem que realizar trabalho para reacelerar a massa de seu corpo, processo este que acarreta em um considerável dispêndio de energia.

Consistindo numa sucessão de impulsos propulsivos que aceleram o corpo e negativamente o freiam. 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, de forma a reduzir tanto quanto possível o dispêndio energético necessário para vencer as forças de inércia que lhe estão associadas (Vilas-Boas, 1987).

Para um corpo de massa  $m$ , a aceleração  $a$  que se sujeita em cada fase é dependente, de acordo com a Segunda Lei do Movimento de Newton, da intensidade do impulso resultante  $a$  que o corpo está sujeito. Quanto mais intensa for a força propulsiva média e menos intensa a força de arrasto média, mais elevada será a velocidade média. Entretanto, quanto mais importantes forem as variações intracíclicas das intensidades da força propulsiva efetiva ( $P$ ) e da força de arrasto hidrodinâmico ( $D$ ) que não sejam reciprocamente compensadas, mais variáveis serão as intensidades dos impulsos resultantes por fase e mais acentuadas serão as variações da velocidade de nado por ciclo gestual (Vilas-Boas, 1991a).

### **2.3.3.1. A utilização de métodos de determinação das variações da velocidade de nado por ciclo gestual**

A análise das variações de velocidade dentro de um ciclo completo de nado apresenta algumas informações sobre as diferentes fases deste ciclo que contribuem para o deslocamento do nadador. Estas variações de velocidade são o resultado das ações de aceleração e desaceleração do corpo ocasionado pelo movimento propulsivo e as resistências criadas pelo seu deslocamento.

O estudo das variações intra cíclicas da velocidade de nado é tido como sendo o método que permite interpretar melhor a mecânica do nado e mais relevantes informações fornece para a avaliação do treino e controle do desenvolvimento da técnica de nadadores (Maglischo et al., 1987).

Costill et al. (1987), referendaram que esta perspectiva se baseia no fato deste tipo de análise proporcionar uma apreciação simultânea das repercussões cinemáticas da propulsão e do arrasto hidrodinâmico por fase do ciclo gestual. Esta determinação das funções características de variação com o tempo da velocidade de deslocamento dos nadadores de mais alto nível poderão constituir um importante referencial para a avaliação da técnica dos nadadores de nível menos evoluído.

Em decorrência do real interesse e do elevado potencial informativo das variações intracíclicas da velocidade horizontal de nado, vários são os métodos propostos para a sua monitorização, os quais podem dividir-se em duas grandes categorias: (i) os que monitorizam as variações da velocidade da anca ou de outro ponto anatômico e (ii) os que determinam as variações da velocidade do centro de gravidade (CG) do nadador.

No Quadro 2.5 são apresentados, em síntese, os métodos de determinação das variações da velocidade de nado por ciclo gestual, concebido por Vilas-Boas (1993).

Os métodos que monitorizam as variações da velocidade da anca ou de outro ponto anatômico são, regra geral, de mais fácil operacionalização e permitem fornecer rapidamente informações ao treinador e nadador. Permitem até mesmo fornecer informações em tempo real.

Segundo Vilas Boas (1993), os “*speedmeters*”, “*swim meters*” ou dispositivos similares envolvendo a ligação mecânica do nadador ao dispositivo, são estudos que estão relacionados com as variações cíclicas da velocidade de deslocamento e, apresentaram como conclusões, a relação existente entre o perfil de variação intracíclica da velocidade de um nadador e a eficiência em natação. Já as pesquisas com acelerometria, apresentaram a análise da evolução de parâmetros biomecânicos, ou seja, as variações intracíclicas da velocidade de nado sobre o gasto energético (Vilas-Boas, 1993). O registro da variação da resistência elétrica da água, consiste, fundamentalmente, no registro fotográfico, em exposição permanente, do rastro de dispositivos de emissão rítmica de luz a frequência conhecida colocado na cintura do

nadador (Vilas-Boas, 1992 e 1993) e posterior modelação matemática das distribuições de velocidade/tempo obtidas.

**Quadro 2.5.** Métodos de determinação das variações da velocidade de nado por ciclo gestual (Vilas-Boas, 1993).

Método	Autores
<p><b>Métodos mecânicos (monitorização das variações de velocidade de um ponto anatômico fixo):</b> Método direto utilizando "speedmeters", "swim meters" ou dispositivos similares, envolvendo a ligação mecânica do nadador ao dispositivo.</p> <p>Acelerometria</p> <p>Registro da variação da resistência eléctrica da água.</p>	<p>Karpovich(1930); Karpovich e Karpovich(1970); Miyashita (1971); Bober e Csabanski (1975); Persyn et al. (1975); Kornecki e Bober (1978); Valiant et al. (1982); Adams et al. (1983); Persyn et al. (1984); Costil et al. (1987); Craig et al. (1988); Tourny (1992); Tourny et al. (1982)</p> <p>Holmer (1979); Valiant et al. (1981)</p> <p>Loetz et al. (1988)</p>
<p><b>Método direto com dispositivos ambulatórios de medição:</b> "Swim speed recorders". "Capsula de velocidade".</p>	<p>Kent e Atha (1975 a, b); Manley e Atha (1992); Hahn e Krug (1992); Zschorlich (1990) Boicev e Tzvetkov (1975)</p>
<p><b>Métodos envolvendo processamento de imagem:</b> <b>Método fotográfico</b> Registro do traçado luminoso intermitente de um ponto anatômico fixo.</p> <p><b>Método cinematográfico ou vídeo</b> Monitorização da velocidade de um ponto anatômico fixo.</p> <p><b>Monitorização da velocidade do centro de gravidade.</b></p>	<p>Reichle et al. (1981 a, b ); Loetz et al. (1988); Vilas-Boas e Fernandes (1991); Reischle (1992); Vilas-Boas (1992a e 1993)</p> <p>Miyashita (1974); Barthels e Adrian (1975); Persyn et al. (1979); Klauck et al. (1990); Ohmichi e Hizume (1990); Ungerechts (1988, 1992)</p> <p>McElroy e Blanksby (1976); Pherson (1978); Mason et al. (1986); Costill et al. (1987); Maglischo et al. (1987); VanTilborgh et al. (1988); Colman et al. (1989); Mason et al. (1989); Colman e Persyn (1991); Troup (1991 a, b); Mason et al. (1992); Persyn et al., (1992)</p>

Métodos fotográficos com registro do traçado luminoso intermitente de um ponto anatômico fixo foram utilizados por Reischle et al. (1981); Loetz et al. (1988); Vilas Boas e Fernandes (1991); Reischle (1992); Vilas-Boas (1992 a) e (Vilas-Boas, 1993).

Desde 1979, Motycka estuda a evolução da velocidade do nadador e sua técnica, utilizando uma associação de medidas e dados de informática. Para registrar a velocidade do nado é utilizado um método de medida eletromecânico confiável. Este aperfeiçoamento fez com que o nadador atado

ao aparelho pudesse percorrer toda à distância da prova sem ser freado, realizando praticamente um tempo igual ao da competição. O dispositivo permite realizar as medidas da velocidade, da trajetória e da aceleração do nadador tanto nadando completo ou apenas com braçadas ou pernadas. Tudo isso é registrado por um gráfico direto dos valores medidos e mais um registro paralelo em fita magnética. O resultado da fita magnética passa pelo computador e graças a um programa desenvolvido para este fim, os registros da velocidade serão reais.

Os trabalhos apresentados particularmente a partir de 1974, de Schleihauf (1978), (Schleihauf et al., 1983 e 1988) onde utilizaram a informática para obter imagens tridimensionais de movimento dos braços em natação. Os de Colman e Persyn (1989) mostraram que as amplitudes das variações durante certas fases da braçada são ligadas à performance. Em 1997, Chollet e Tourny a partir dos trabalhos de 1992 (Tourny, Chollet et al.) estudaram os registros das variações de velocidade entre o corpo e o nível da anca dos nadadores avaliados.

Observamos que os protocolos de registro de velocidade são comparáveis entre todos os autores. Este fato fica devidamente caracterizado quando analisamos os trabalhos desenvolvidos por Costil, Maglischo, Richardson (1992), apresentando, por exemplo, um dispositivo utilizado por Costill, Lee et al. D'Acquisto (1987) os quais montaram um sistema informatizado, baseado na velocidade, onde o vídeo tem um coeficiente de correlação a 0,95 com o digitalizador do filme que por seu lado chegaram a conclusão de que a variação intracíclica de um nadador torna-se um indicador da sua habilidade técnica, sendo assim um fator de eficiência do nado a distribuição mais uniformemente possível das ações propulsivas ao longo do ciclo gestual.

O processo de desenvolvimento de um atleta reflete 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 cardiovasculares e musculares (resistência geral e específica). A vantagem de ser econômico ao nadar consiste então,

num duplo efeito: menor custo energético em intensidades submáximas de esforço e uma velocidade máxima de nado superior o que implica, em situação de competição, na instalação mais tardia da fadiga (Alves, 1996).

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

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 (1998), para quem, as variações de velocidade intracíclica são desaconselháveis, uma vez que exigem que o nadador vença as forças de inércia, bem como a resistência hidrodinâmica.

Persyn e Colman (1989) confirmam esta correlação, comparando a precisão de análise do vídeo em relação ao filme 16 mm. A digitalização das imagens permite medir a velocidade a todo o momento do ciclo. Verificamos mais uma vez esta comparação, quando analisamos o dispositivo de registro das variações de velocidade, preconizado por Chollet, Tourny et al. (1997).

Ungerechts (1988, 1992), em estudo utilizando a monitorização da velocidade de um ponto anatômico fixo, sugeriu que a diminuição das variações intracíclicas da velocidade horizontal do nadador deveriam ser uma prioridade a ser considerada no sentido da melhoria da mecânica de nado. As variações de velocidade intracíclica são desaconselháveis, porque exigem do nadador a necessidade de vencer as forças de inércia, bem como a resistência hidrodinâmica (Vilas-Boas, 1998).

O referencial da aceleração intracíclica de um nadador revela onde o nadador utiliza ações propulsivas efetivas para impulsionar-lhe para frente e de qual forma a hidrodinâmica é utilizada para reduzir o arrasto. Por seu lado este

referencial da variação intracíclica da velocidade, indica o resultado da propulsão do movimento do nadador.

Este estudo referente à variação intracíclica da velocidade de nado passa a ser um instrumento indispensável para realizar interpretações sobre a mecânica de nado, fornecendo informações para a avaliação do treino 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 de ciclo gestual (Vilas-Boas, 1998).

### **2.3.3.2. Variação intracíclica da velocidade horizontal da anca vs. centro de gravidade ao longo de um ciclo de nado**

Percebe-se claramente que ainda não se chegou a uma conclusão em relação a questão de qual método é mais eficaz para propósitos relativos à avaliação do treino e da capacidade técnica individual. Apesar de alguns investigadores já terem procurado dar uma resposta definitiva a esta particularidade, o que percebemos claramente é que os resultados ainda continuam controversos e intrigantes.

A variação intracíclica da velocidade dos nadadores tem sido determinada através do estudo do movimento da anca e através do movimento do centro de gravidade.

Segundo Maglischo et al. (1987), do ponto de vista dinâmico, o cálculo mais correto será o que utiliza o movimento do centro de gravidade. O investigador percebe que o nadador está perdendo força propulsiva durante uma determinada fase da braçada quando a curva do centro de gravidade exhibe um decréscimo da velocidade de deslocamento. Além disso, a velocidade do centro de gravidade permite comparar os diferentes estilos e entre os vários nadadores.

Entretanto, a demora e a dificuldade na obtenção de resultados através do movimento do CG, tem levado alguns autores a optarem pelo movimento da

anca na elaboração de seus estudos, em decorrência de requerer a utilização de meios e métodos de processamento informático de imagem, que ainda hoje para muitos constitui uma grande dificuldade ter acesso e disponibilidade para adquirir tais equipamentos.

A utilização do movimento da anca apresenta uma grande vantagem se a velocidade de avanço da anca e a do centro de gravidade apresentam uma relação elevada. Neste caso, seria necessário digitalizar apenas um ponto de referência, em contrapartida aos vinte e um pontos geralmente utilizados para calcular a posição do CG. Como resultado, o intervalo de tempo entre o recolhimento dos dados e a comunicação dos resultados será largamente reduzido (Maglischo et al., 1987).

Segundo Maglischo et al. (1987), a velocidade de deslocamento da anca poderá ser utilizada como instrumento para avaliar problemas no decorrer de um ciclo, uma vez que as curvas de deslocamento do CG e da anca apresentam um padrão semelhante. Entretanto, os mesmos autores fizeram referência de que a velocidade da anca não é uma medida que reflete a verdadeira velocidade de nado, pois apesar da anca e do CG apresentarem umas curvas onde ambas tendem a acelerar e desacelerar aproximadamente ao mesmo tempo, o CG 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.

Estudos realizados por Mason et al. (1992), fizeram referência a importância da utilização do CG do nadador para avaliar os perfis de velocidade e da aceleração, uma vez que o movimento padrão do CG reflete o verdadeiro movimento de todo o corpo do nadador. Ainda Maglischo et al. (1987), referiram-se que este é o método mais rigoroso utilizado para verificar eficiência propulsiva de nadadores. Entretanto, Persyn et al. (1992) realizando monitorização da velocidade do centro de gravidade encontraram que as variações cíclicas da velocidade de deslocamento implicam elevados

custos energéticos, causando assim um fator limitante do desempenho do corpo em deslocamento.

No desenvolvimento desta temática, Costill et al. (1987) encontraram diferenças significativas em algumas fases do ciclo de nado para as técnicas de peito e borboleta. 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 peito e borboleta (Vilas-Boas, 1997).

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, bem como o acentuado nível de interatividade que proporciona, facilitando o rápido fornecimento de *feedbacks* aos nadadores e treinadores (Vilas-Boas, 1997).

#### **2.4. A técnica no contexto do alto rendimento desportivo**

A investigação científica vem desempenhando um papel crescente no quadro do entendimento do fenómeno desportivo, notadamente no que diz respeito à compreensão dos fatores limitadores do rendimento competitivo (Vilas-Boas, 1998).

Através do treinamento técnico, o estilo de cada desportista se vai ajustando e sendo moldado com o objetivo de se promover uma execução técnica próxima do padrão mecânico ideal para cada sujeito.

Este aprimoramento da técnica deve ser prioritariamente desenvolvido com nadadores jovens e continuado com os nadadores mais experientes através do treinamento. Esta afirmação nos dá a certeza de que a técnica deve estar presente em todas as etapas da vida desportiva do nadador. A preparação do nadador de alto rendimento na atualidade é bastante complexa e requer a coordenação de vários componentes importantes para a consequente obtenção do máximo rendimento.

Segundo Alves (1996), conhecimentos amplos, profundos e detalhados das características do movimento específico são requisitos para uma intervenção eficaz do técnico. Dessa forma, em qualquer disciplina desportiva existe um padrão técnico geralmente aceito como o ideal servindo de modelo técnico, o qual tentará ser reproduzido na preparação para a competição.

#### **2.4.1. A técnica no desporto, diferentes concepções e terminologia**

Várias são as áreas desportivas de conhecimento científico que intervêm no desenvolvimento do conceito de técnica desportiva dentre as quais: a Biomecânica, a Pedagogia, a Psicologia e a Fisiologia. Elas definem, respectivamente, as relações entre a técnica e as leis da física, os processos de aprendizagem, os processos cognitivos e os processos biológicos.

A conceituação geral de “técnica desportiva” corresponde a um conjunto de procedimentos utilizados para executar uma habilidade motora desportiva, ou a habilidade e destreza com que se executa um movimento desportivo. Assim, a possibilidade de execução e a capacidade de realizar uma tarefa motora corretamente são as duas direções do conceito de técnica (Arellano, 1990). Para um melhor entendimento desse conceito, apresentamos no Quadro 2.6, a definição de técnica segundo diversos especialistas em alto rendimento.

As definições nos mostram que a técnica tem tudo a ver com o que entendemos por modelo técnico ideal, ou com a própria intenção de execução deste modelo. Para Arellano (1990), neste segundo caso, a técnica não tem por que ser necessariamente perfeita, dependendo do momento do processo de aprendizagem ou treinamento em que se encontre o sujeito.

Nas definições podemos também observar a relação da técnica com outros conceitos do rendimento desportivo: economia de esforço, ritmo, cadeias sensoriais, capacidade física, habilidade motora, orientação a um objetivo, etc. Todos eles podem incidir na técnica, como podem incidir em outros aspectos do rendimento, fazendo da técnica uma parte indivisível do todo que

é o rendimento desportivo, ou seja, não há como dissociar o alto rendimento sem a “presença maciça” da técnica.

#### **2.4.2. Importância da técnica no rendimento desportivo**

É verdadeiramente inquestionável a importância e o peso que um bom desempenho técnico tem em termos de rendimento desportivo. A técnica é, aliás, um procedimento adequado e econômico para a obtenção de um resultado de excelência (Bompa, 1983).

Segundo Grosser (1992), os componentes relacionados ao rendimento desportivo constituem-se de: (i) condições técnicas (coordenação e habilidade motriz); (ii) condições físicas (resistência, força e velocidade); (iii) condições básicas (talento, constituição e saúde); (iv) condições psicológicas (motivação e força de vontade); (v) condições externas (material, treinador e ambiente) e (vi) tática. A figura 2.4. apresenta os fatores que influenciam o rendimento desportivo (Grosser, 1992).

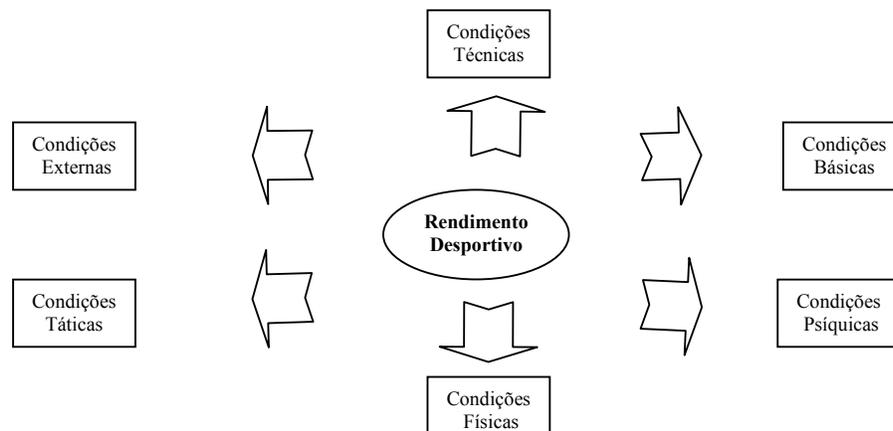
A técnica desportiva desempenha em natação, um papel da maior importância, até mais do que em outras modalidades desportivas individuais cíclicas e fechadas. Para Vilas-Boas (1998), esta importância decorre de: (i) do meio especial em que se desenvolve a ação motora e que determina formas específicas de definição mecânica dos apoios imprescindíveis à locomoção; (ii) da necessidade do sujeito se preocupar com as questões relativas à resistência oposta ao seu deslocamento pelo meio envolvente e (iii) das dificuldades acrescidas de avaliação do gesto e prescrição de correções.

Para Vilas-Boas (1993), a especificidade do meio em natação parece determinar que a técnica desempenhe um papel ainda mais importante que em outras modalidades. Também Grosser e Neumaier (1986), valorizam a importância da técnica no rendimento desportivo, enfatizando que uma má técnica reduz as possibilidades de um melhor desempenho de um desportista em excelente condição física, do mesmo modo que uma má condição física condiciona significativamente o desempenho técnico.

**Quadro 2.6.** A definição de técnica, na concepção de diversos autores.

AUTORES	DEFINIÇÃO
Welford, 1969	Sinónimo de habilidade motora ou ação organizada e coordenada, que envolve a totalidade das cadeias sensoriais e os mecanismos centrais ou motores.
Ozolín, 1970	É a realização consciente e orientada dos movimentos e ações do desportista, dirigidos a consecução de um determinado efeito nos exercícios, relacionados com o desenvolvimento de esforços voluntários e musculares, com a observação de um determinado ritmo e com a utilização e superação das condições do meio exterior.
Ozolín, 1970	É a técnica aperfeiçoada ou o modo mais racional e efetivo de realização dos exercícios.
Fidelus, 1972	É uma maneira de executar uma determinada tarefa pela tática, considerando o nível de desenvolvimento da capacidade motora e mental do desportista.
Hay e Reid, 1982	É a maneira pela qual os movimentos componentes de uma habilidade motora são executados.
Bompa, 1983	É a maneira de executar um exercício físico da forma mais perfeita, gastando menos energia para conseguir um resultado.
Grosser e Neumaier, 1986	Modelo ideal de um movimento desportivo, definido pelos conhecimentos científicos e experiências práticas.
Grosser e Neumaier, 1986	Realização do movimento ideal ao que se aspira.
Harre, 1987	Capacidade de um desportista empregar de modo económico e ótimo sua capacidade física.
Donskoy e Zatsiorsky, 1988	Se denomina efetividade do domínio da técnica de um ou outro desportista, ao grau em que esta se aproxima de uma variante mais racional.
Kreighbaum e Barthels, 1990	Quando um tipo particular de uma habilidade motora é executada.
Bompa, 1990	Entende-se como um modelo ideal de um movimento relativo a uma disciplina desportiva
Arellano, 1990	conjunto de procedimentos utilizados para executar uma habilidade motora desportiva, ou a habilidade e destreza com que se executa um movimento desportivo.
Starosta, 1991	Forma de executar um exercício desportivo.
Grosser et al., 1991	Desde a perspectiva teórica da ação, o movimento desportivo é um processo complexo e orientado em um objetivo.

Assim sendo, comprova-se a importância de uma interação contínua entre os fatores biomecânicos e fisiológicos para podermos analisar a performance em natação.



**Figura 2.4.** Ilustração dos fatores que influenciam o rendimento desportivo (adaptado de Grosser, 1992).

### 2.4.3. Importância da técnica em natação pura desportiva

Qualquer nadador cujo deslocamento aquático se torne mais facilitado, onde o emprego de uma mecânica eficiente faça-se presente por meio de uma técnica de aproveitamento máximo de energia, obtendo com isso um rendimento máximo propulsivo, inquestionavelmente obterá vantagem em relação a aqueles que não se preocupam em buscar na técnica o meio mais eficaz de alcançar expressivos resultados.

Como poder avaliar a técnica empregada pelo nadador, buscando um melhor aproveitamento do nado? Esta é uma indagação que fazemos todos os dias e sempre está a nos faltar a resposta. Por este e outros fatos é que nos envolvemos em novos empreendimentos na busca incessante por projetar um dispositivo que nos conceda a possibilidade desta avaliação de forma imediata e precisa.

Esta afirmação fica evidenciada quando observamos nadadores que elevam sua velocidade pensando com isso alcançar grandes vantagens e por conta disso criam mais fricção e turbulência aumentando seu arrasto. O efeito da velocidade no arrasto hidrodinâmico é tão potente que o dobro da velocidade de progressão irá quadruplicar o arrasto.

Sendo o nadador um corpo que se auto propulsiona, quer a força de arrasto, quer a força propulsiva são determinadas por variáveis antropométricas e técnicas. Apesar da inequívoca importância das primeiras, parece ser verdade que a técnica desempenha um papel preponderante no quadro de otimização mecânica da locomoção aquática (Craig, 1984; Holmér, 1983).

A técnica é tanto mais adequada mecanicamente quanto mais intensa for a força propulsiva que proporciona, menos intensa a força de arrasto que determina e menos pronunciadas as variações de ambas ao longo de cada ciclo gestual (Vilas-Boas e Fernandes, 1991).

Infelizmente, parece ser difícil identificar as diferenças biomecânicas que determinam que um nadador seja mais eficiente do que outro, ou que justifiquem que um mesmo nadador seja agora mais ou menos eficiente do que antes (Costill et al., 1987).

Poderíamos para tanto concluir que a importância da técnica em natação tem uma dupla finalidade: (i) dominar o meio e (ii) otimizar a coordenação entre os movimentos geradores de propulsão (Castañón, 1996).

#### **2.4.4. Fases de desenvolvimento técnico na natação**

A relevância do treino da técnica em natação tem sido relegada por diversos segmentos da natação, notadamente entre aqueles que supostamente, deveriam dar ênfase ao processo ensino-aprendizagem, pois trabalham na formação do nadador de amanhã.

Evidentemente que ao longo das diferentes fases da carreira de um nadador o desenvolvimento técnico vai passar por diferentes estágios, onde o tempo dedicado ao seu treino vai ser diverso, sem que isso represente uma diminuição ou aumento da importância desta componente.

A aprendizagem e posterior desenvolvimento de qualquer movimento não se produzem de forma instantânea. Somente com a repetição do exercício e com o esforço mental contínuo se obtêm progressos na coordenação motriz.

Para Meinel e Schnabel (1984), cit. por Castañón (1996) e Campaniço, (1999) na perspectiva de organizar os objetivos do treino com as medidas e procedimentos adequados, para cada idade existem parâmetros de referência distintos. Segundo os autores mencionados, existem três etapas durante este processo que podemos distinguir: (i) aprendizagem; (ii) domínio e (iii) consolidação.

Outros autores apresentam propostas muito semelhantes, como é o caso de Platonov (1987) e Weineck (1983) que dividem em quatro as etapas de assimilação do gesto técnico: 1) etapa de formação dos conhecimentos elementares; 2) estado de execução perfeita da ação motora; 3) estado de obtenção da formação do hábito motor e 4) estado de aquisição da variabilidade.

Estas quatro etapas têm uma correspondência às faixas etárias a que se dirigem. No percurso destas etapas o nadador vai evoluir numa fase inicial onde apenas tem capacidade para esboçar uma primeira representação do movimento, recebendo informação de carácter geral e onde coloca toda a sua atenção nas estruturas elementares da sua ação motora. Em seguida tem de passar por uma fase onde tem de prestar atenção à eliminação de todos os movimentos inúteis, inclusive as tensões musculares excessivas. Como desenvolvimento seguinte, inicia a introdução de controle de aspectos como a frequência gestual, distância de ciclo, aplicação de força, etc., atingindo assim um estado de estabilidade das ações motoras.

Na medida em que consolida a estrutura do movimento, aparecem os traços marcantes do hábito motor: automatismo e estabilidade. Neste momento, deve-se trabalhar a técnica sobre o efeito de diferentes estados funcionais. Mesmo que seja desaconselhado a sua execução em estados de grande fadiga pois estaria a comprometer o gesto motor, acreditamos que esta referência não seja de todo verdadeira pois assim, estaríamos a negar a possibilidade de um nadador finalizar uma prova de grande dispêndio de energia, fora dos padrões técnicos aconselhados. Finalmente, o nadador atinge a fase onde deve desenvolver um trabalho técnico similar as possíveis

condições de serem encontradas no desenvolver de uma competição. A esta altura deverá estar apto a ter a capacidade de um controle sobre a técnica que lhe proporcione condições de uma adaptação individual da mesma (Platonov, 1993).

#### **2.4.5. Relevância da avaliação da técnica para o desempenho do nadador**

Para Vilas-Boas (1998), a técnica ideal parece não ser facilmente definível, segundo o autor, todos nos apercebemos de que vários campeões, apesar das acentuadas tangências que patenteiam nas suas técnicas de nado, nadam efetivamente de forma diferente. É exatamente aquele toque de individualidade que levou muitos autores a referirem-se à noção de “estilo” individual, que muitos foram concretizando como a expressão final de adaptação dos grandes princípios da técnica “teórica” à especificidade morfo-funcional do sujeito. Esta adaptação individual ao modelo técnico, é uma adequação em função das características pessoais do sujeito (antropométricas, nível de qualidades físicas, etc.) que cumprem com o princípio da racionalidade.

Em alguns casos as modificações podem chegar a ser tão grandes que o estilo pode ser considerado como uma nova técnica. Um dos exemplos mais claros foi a aparição do estilo *Fosbury* no ano de 1968, onde a adaptação realizada por um desportista é usada pela maior parte dos saltadores em altura na atualidade. Outro exemplo, desta feita realizado na natação, é a utilização da saída *Grab Start*, pelo nadador americano Gary Hall no ano 1972, idealizada por J. Counsilman com o objetivo de fazer deslocar o CG do nadador para frente, pois o mesmo tinha um tempo de reação muito lento e assim poderia obter uma melhor largada.

Estas considerações nos conduzem a elaboração de uma estrutura com aspectos mais decisivos do conhecimento fundamental e do desenvolvimento tecnológico aplicados ao estudo da técnica em natação. Assim, abordaremos

a seguir aspectos pertinentes a observação, avaliação e controle necessários a uma melhor compreensão sobre o treino da técnica.

#### **2.4.5.1. A observação**

A observação está associada a todas as tarefas humanas. Em desporto, assume características particulares face aos objetivos e contexto onde se desenrola a ação. Aparece tanto associada a intervenção do professor como do praticante, revelando-se para ambos, uma competência particular. Em natação são inúmeras as metodologias que a referem, quer enquanto instrumento utilizado para maximizar o processo ensino-aprendizagem, quer pela objetividade que introduz aos processos de otimização do desempenho desportivo (Campaniço e Anguera, 1998).

De acordo com Sarmiento (1987), a observação significa olhar e examinar com atenção, perceber, avaliar; isto é, implica que se veja num sentido específico, que se efetue um juízo de valor sobre o que se observa. Em desporto, a observação é considerada uma competência particular associada ao processo de análise e avaliação do movimento. Para o autor, a observação depende ainda do conhecimento específico, experiência e contexto de realização. Por sua vez, todo o processo é dependente de fatores intrínsecos ao próprio indivíduo como informações proprioceptivas, capacidades cognitivas, entre outros. Necessariamente, estes fatos obrigam-nos a aceitar a existência de diferenças individuais no decurso da observação dos comportamentos motores, mas também as semelhanças na reprodução dos mesmos.

Anguera (1988), em uma análise mais objetiva, refere-se ao fato de que observar depende da interação de três elementos fundamentais: (i) percepção; (ii) interpretação e (iii) conhecimento prévio. Como nenhuma observação pode ser considerada perfeita, devido às distorções “sistemáticas”, ou “assistemáticas”, introduzidas pelos erros dos próprios observadores e dos procedimentos em causa, percebe-se claramente, que

nem todo o conhecimento de que dispomos é adequado, ou suficiente para os desempenhos observacionais.

Na água, a possibilidade de observação é limitada. Isto deve-se a fatores como a refração da luz na superfície da água, as ondas, a turbulência ou em alguma das vezes a sua má visibilidade. As características particulares de execução das técnicas em NPD fazem com seja sempre difícil ter uma imagem global da execução, evidenciando-se ser mais difícil avaliar a qualidade das ações subaquáticas do que dos movimentos fora da água.

#### **2.4.5.1.1. Observação sistemática ou estruturada**

A observação sistemática é assim descrita porque utiliza instrumento para a avaliação de dados ou fenómenos observados, permitindo tornar o ato consciente, intencional, previsível, controlável e eficaz. Também designada por estruturada, planejada e controlada, pois poderá assumir um caráter científico desde que seja formulado um plano de pesquisa, seja planejada sistematicamente, haja um registro metódico de dados e esteja sujeita a processos de validação (Campaniço e Anguera, 1998).

Quando integrada no estudo da otimização do rendimento desportivo, particularmente na análise do sistema de gestos, permite alcançar um conjunto de objetivos importantes na percepção do movimento realizado, destacando pontos críticos e as respectivas relações de interdependência, de modo a propiciar novas soluções e reformar as estratégias adaptadas. Desta forma deverão ser evidenciados os seguintes aspectos: (i) o que deve ser observado; (ii) como deve ser observado e (iii) quais os fatores a observar. Estas são as questões chave deste processo de observação, onde procura-se isolar as características do movimento mais relevantes para o estudo, procurando-se hierarquizar e ordenar os componentes críticos para tornar a observação mais pertinente, segundo o modelo conceitual que sustenta a análise.

Um aspecto relevante na aplicação dos sistemas e métodos na observação estruturada em natação, é a dependência que existe entre a aplicação e o

nível desportivo dos indivíduos em estudo. Entretanto, este fato coloca problemas a nível da metodologia científica, dado que o número restrito de observações nos conduz muitas vezes, a um prognóstico reservado, encontrando resultados condicionados e pouco discriminativos, ocasionando um baixo poder de generalização, não traduzindo o real valor da informação processada (Montepetit e Carzola, 1985).

De acordo com Chollet (1990), a observação sistemática rege-se por três princípios fundamentais: caminhar do geral para o particular; dirigir a observação para as componentes críticas do movimento e observar com rigor a partir de referenciais objetivos.

Persyn e Vervaecke (1974) desenvolveram fichas de observação para a natação onde se subdivide o movimento em quatro setores de observação: (i) as trajetórias dos segmentos propulsivos; (ii) a posição do corpo e dos vários segmentos do ponto de vista do equilíbrio dinâmico da técnica; (iii) o ritmo e (iv) a sincronização entre os vários segmentos que constituem o mecanismo gestual global.

#### **2.4.5.1.2. Observação qualitativa**

O desenvolvimento tecnológico permite hoje em dia utilizar sistemas de captação e reprodução de imagens de modo rápido e eficaz. Assim, a observação diferida ou qualitativa utilizando o vídeo permite ao treinador, aprofundar a avaliação feita diretamente, utilizando os mesmos meios operacionais de organização da informação (Alves, 1996). Esta observação feita a partir do vídeo permite a observação repetida da mesma execução, facilitando a detecção das características do movimento partindo do todo para as suas particularidades.

Este tipo de meio de observação, enquadra-se no seio dos sistemas observacionais que proporcionam a análise e avaliação do nível de otimização dos gestos desportivos. Em natação a análise qualitativa é associada a detecção e análise de erros técnicos (Alves, 1995; Sarmiento, 1987; Reischle, 1986; Persyn, 1981).

Os sistemas observacionais, em pesquisa científica sobre observação qualitativa dos movimentos desportivos, têm-se diversificado e, progressivamente, aumentado o seu grau de objetividade, utilizando protocolos específicos, fixados em critérios sólidos e por uma utilização de instrumentos mais sofisticados, como o vídeo. Assim, é que, por ocasião do I Congresso Internacional de Ciências do Desporto, realizado em 1999 na FCDEF-UP, foi apresentado o artigo Avaliação controlo e aconselhamento de nadadores pré-juniores: resultados finais do protocolo FCDEF-UP/ANNP (Fernandes et al., 1999).

A avaliação técnica do referido artigo consistiu na análise qualitativa do registro vídeo de imagens subaquáticas, tendo sido baseada em critérios objetivos e subjetivos previamente estabelecidos e sistematizados em fichas de observação para cada técnica de nado. Para tanto foram escolhidos dois observadores seguindo padrões sugeridos por Higgins (1977), o qual sugere que para o observador alcançar a competência na observação do movimento é imperativo que tenha uma compreensão dos movimentos inerentes à situação global, tal como a imagem da destreza em causa.

#### **2.4.5.2. Avaliação e controle**

Quando a avaliação assenta em critérios válidos e objetivos é considerada ferramenta útil pela generalidade dos que trabalham com o desporto, e têm assumido um papel importante na condução do trabalho diário dos técnicos desportivos.

Avaliação, controle e aconselhamento do treino, designada simplesmente por controle de treino (CT), constitui-se desde há alguns anos, como um aspecto fundamental do processo de treino em NPD (Vilas-Boas, 1998a).

O que é CT, para que serve, o que é importante avaliar e controlar, como e quando realizar esse controle e avaliação? Estas são perguntas que sistematicamente os treinadores de nível e preocupados com o desenvolvimento de sua equipe se fazem ao preparar sua planificação anual.

Vilas-Boas (1989b), define CT como sendo o complexo de tarefas inerentes à avaliação do estado de desenvolvimento dos pressupostos de rendimento desportivo e, portanto, também do resultado e adequação dos exercícios e programas de treino. Já Landry (1977), de uma forma mais abrangente, refere-se ao CT como sendo a arte de observar, medir e aconselhar o atleta para que obtenha maior eficácia.

Baseando-nos nas perspectivas de Vilas-Boas (1989a), podemos afirmar que a avaliação de nadadores e o controle de treino, constitui hoje em dia, uma tarefa fundamental do processo de treino, possibilitando aos treinadores e equipas técnicas: (i) detectar sujeito de um grande potencial; (ii) orientar os jovens para as atividades que melhor se adequam às suas capacidades; (iii) conhecer o estado atual de treino e desenvolvimento do atleta; (iv) avaliar os efeitos do treino; (v) conhecer as vantagens e as dificuldades do atleta em relação à referida modalidade; (vi) recolher informações sobre o estado de saúde do atleta; (vii) objetivar, confirmando ou não, as impressões subjetivas resultantes da observação contínua do atleta; (viii) verificar a adequação do planeamento do treino; (ix) verificar sistematicamente, o melhor ou pior desenvolvimento de uma capacidade particular; (x) seguir longitudinalmente os progressos relacionados ao processo de treino; (xi) detectar eventuais falhas e insuficiências no processo de treino e validar novos procedimentos; (xii) realizar o perfil das principais capacidades do nadador e (xiii) prognosticar o desempenho desportivo do futuro.

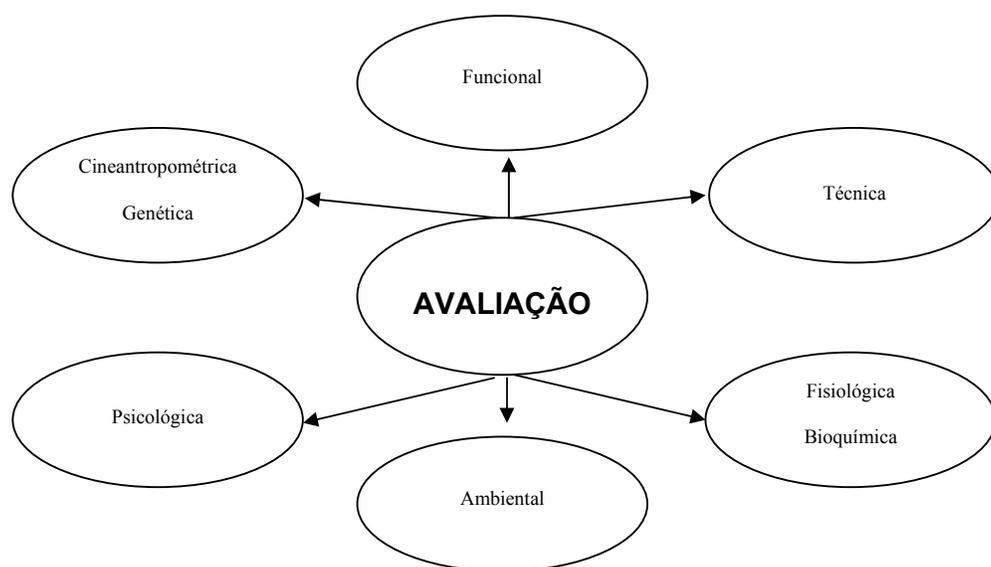
O que é considerado importante controlar e avaliar para a obtenção de sucesso no planeamento, na opinião de Cazorla (1984), constitui-se no cumprimento de 5 etapas, a saber: (i) análise da tarefa e estabelecimento de uma tipologia dos fatores a avaliar; (ii) escolha ou criação dos instrumentos de medida mais adequados; (iii) organização na recolha de dados, (iv) tratamento dos dados recolhidos e (v) síntese e interpretação do conjunto de resultados.

Como controlar e avaliar, assume uma importância muito grande na estruturação de um programa em qualquer modalidade desportiva. A escolha

ou desenvolvimento dos instrumentos de medida mais adequados poderão ser mais ou menos sofisticados; no entanto, estes deverão sempre ser pertinentes, válidos e fiáveis.

Dentre os tipos de testes susceptíveis de serem utilizados para CT segundo Pereira (1995), destacam-se os programas de teste laboratoriais e de terreno. No entanto, Alves (1996) cita o fato de que em natação a simulação efetiva do gesto técnico específico é praticamente impossível de ser realizada em situação laboratorial, portanto, os testes de terreno são a única solução, apesar da dificuldade existente em isolar e controlar as variáveis do envolvimento e alguns dos fatores de prestação.

Segundo Cazorla (1984), merecem distinção dois tipos de avaliação, a diagnóstica e a somativa, consoante o momento em que se situam. A avaliação diagnóstica deverá situar-se no início da época de treino, de forma a traduzir o estado de desenvolvimento dos fatores influenciadores do rendimento específico da modalidade, possibilitando programar mais eficazmente o trabalho planejado. Relativamente as avaliações que se realizam ao longo da época de treino são denominadas avaliações somativas. A complementaridade entre estes dois tipos de avaliação mede a eficácia de um programa de natação.



**Figura 2.5.** Ilustração dos diversos tipos de domínios em um programa de avaliação.

Partindo do pressuposto que, a condição de alcançar resultado expressivo em quaisquer das modalidades desportivas requer todo um desenvolvimento e planificação de uma temporada, o treinador deverá saber onde os critérios de avaliação deverão estar contemplados no sentido de apresentar, no início meio e fim, o *feedback* a seus nadadores, englobando avaliações nos domínios apresentados na Figura 2.5.

## **2.5. Aprendizagem motora**

Como área de estudo, a aprendizagem motora procura explicar os processos internos associados com a prática ou com a experiência, que conduzem a um ganho relativamente permanente na capacidade da prestação motora. O estudo do comportamento motor deve ser abordado numa perspectiva ecológica, considerando sempre essa modificação como produto da interação do indivíduo com o meio envolvente (Vasconcelos, 2001).

Para Schmidt e Wrisberg (2001), a aprendizagem motora é um conjunto de mudanças nos processos internos associados com a prática ou com a experiência, que determina a capacidade de um indivíduo para realizar uma determinada tarefa motora. O nível de aprendizagem motora de um indivíduo aumenta com a prática e é frequentemente inferido pela observação de estados relativamente estáveis da performance motora da pessoa. Habilidade motora é o termo utilizado para expressar o grau de proficiência alcançado na realização da tarefa.

A habilidade motora pode ser definida como ação complexa e intencional envolvendo toda uma cadeia de mecanismos sensório, central e motor que, mediante o processo de aprendizagem tornou-se organizada e coordenada de tal forma a alcançar objetivos predeterminados com máxima certeza (Whiting, 1975).

A cadeia de mecanismos sensória e central, responsável pelos movimentos voluntários, está organizada de maneira hierárquica ao longo do sistema nervoso, cujos componentes principais são:

a) Área pré-motora na qual se distingue, (i) o córtex pré-motor cuja principal função é a preparação dos movimentos, o controle da postura, o controle visual do movimento e a rápida correção dos movimentos ante novos estímulos sensoriais e (ii) a área motora suplementar, cuja função ainda não é bem conhecida; b) Área motora ou córtex motor primário, que se situa no córtex cerebral, por trás da área pré-motora. A sua função consiste em otimizar o movimento, selecionando os distintos músculos que intervêm no referido movimento (Noth, 1992); c) O cerebelo, estrutura subcortical com uma matriz neuronal uniforme, cuja principal função está relacionada com a aprendizagem e execução de todos os programas motores do corpo, tanto voluntários como reflexos (Noth, 1992). Também compara e corrige o ato motor previsto com o que está realmente a ser realizado (Badillo e Ayestaran, 1995); d) Gânglio basal, que está formado por cinco núcleos e supõe-se que consiste em coordenar a contração e relaxamento dos músculos agonistas e antagonistas implicados na realização dos movimentos, evitando os tremores ou o movimento irregular (Fox, 1981); e) A medula espinhal que se encontra no nível inferior da hierarquia do SNC, em conjunto com o tronco cerebral, é o local onde se situam todos os motoneurónios (Noth, 1992), cujas funções são: (i) integrar as ordens provenientes dos centros superiores do SNC com os provenientes dos músculos; (ii) transmitir informação proveniente do músculo aos centros superiores e (iii) modular a atividade dos motoneuronios.

A integração sensorial é o processo pelo qual o cérebro organiza informações, de modo a dar uma resposta adaptativa adequada, organizando assim, as sensações do próprio corpo e do ambiente de forma a ser possível o seu uso eficiente.

### **2.5.1. Conceitos e fundamentos**

Na busca de uma definição do que seja desenvolvimento motor, um conceito é central: o de mudança. Haywood (1993) propõe que o desenvolvimento motor corresponde a um processo de mudanças no comportamento que se inicia na concepção e que continua até o final da vida do indivíduo. As mudanças são de

natureza qualitativa e quantitativa, implicando a aquisição de habilidades de orientação, locomoção e manipulação.

Atualmente, o desenvolvimento motor é entendido como um processo em que se alternam estados de estabilidade e instabilidade em direção a uma maior complexidade (Magill, 1999; Schmidt e Wrisberg, 2001). Num dado momento, o comportamento resulta da combinação de diferentes subsistemas cuja taxa de mudança é diversa. As alterações em alguns desses subsistemas, podem desencadear alterações macroscópicas no sistema, levando a modificações qualitativas na organização do comportamento.

O desenvolvimento motor concretiza-se com a experiência do indivíduo no seu ambiente (Manoel, 1999). A experiência canaliza uma série de processos desde o nível genético até ao social, resultando na organização do comportamento orientado ao contacto do indivíduo com o seu meio. Há, portanto, uma cadeia de influências recíprocas entre o nível genético e o celular, da célula para o órgão e desse para o comportamento (Manoel, 1999). Dessa forma, a identificação dos efeitos dessa interação sobre os componentes das habilidades motoras em indivíduos que estariam supostamente em diferentes níveis de desenvolvimento, pode fornecer contribuições que auxiliem na compreensão da aprendizagem motora de uma forma geral e em particular no meio aquático.

As habilidades motoras podem ser vistas de duas vertentes: a primeira como tarefas motoras, tais como arqueirismo, jogar sinuca ou o ato de descarnar uma caça, e nessa perspectiva podem ser classificadas ao longo de um número de dimensões ou de acordo com características proeminentes (Schmidt e Wrisberg, 2001); a segunda considera que as habilidades também podem ser vistas como sendo níveis de proficiência, ou seja, as características que distinguem o executante de alto nível do de baixo nível (Schmidt e Wrisberg, 2001).

Manoel e Connolly (1997) propõem que um dos aspectos importantes para o desenvolvimento é a construção de estruturas cognitivas, como sub-rotinas, programas motores, esquemas; – entidades que, de alguma forma,

responsabilizam-se pela organização e produção de padrões de movimento. Dentro dessa concepção parte-se do pressuposto de que a maturidade de habilidades básicas não se refere a uma forma específica de execução, mas à capacidade de elaborar um programa de ação para atingir um objetivo de forma competente (Manoel, 1994).

Gallahue (1982) afirma que a sequência de desenvolvimento motor, desde o nascimento até uma idade superior aos 7 anos, é tida como universal e invariante, pois todo o ser humano passa pelas mesmas fases e na mesma ordem, ocorrendo a progressão segundo a velocidade de desenvolvimento específico de cada indivíduo. Esta concepção teórica é conhecida como a teoria dos estágios, baseando-se no modelo de desenvolvimento cognitivo de Piaget (1964). Estas etapas correspondem aos estágios de desenvolvimento da criança, desde o nascimento até a adolescência. Assim, as mudanças observáveis de estágio a estágio deverão ser entendidas como uma reconstrução do sistema nervoso, em que cada mudança de estágio não será mais que a substituição de um programa neural obsoleto, por um mais atual (Robertson, 1978). Em outras palavras, a passagem de um determinado estágio para outro, representa a passagem de um nível rudimentar, para um nível superior de execução.

O modelo de desenvolvimento das habilidades motoras onde sistematicamente encontramos maior apoio e referências parece ser o de Gallahue (1982). A representação dessa contextualização encontra-se ilustrada no Quadro 2.6, onde o autor cita os movimentos reflexos como primeiro estágio, característicos dos recém-nascidos, a seguir nos estágios médios são contemplados os movimentos rudimentares, como o engatinhar e marchar, e os movimentos fundamentais, por exemplo, correr, saltar ou lançar. Finalmente, temos os movimentos desportivos.

As características para classificar tarefas, segundo Schmidt e Wrisberg (2001), incluem a forma como o movimento é organizado, a importância relativa dos elementos cognitivos e o nível da previsibilidade ambiental envolvendo a performance da habilidade. Assim, a classificação pela organização da tarefa,

diz respeito à maneira como o movimento é organizado. Quando as habilidades são classificadas pela importância relativa aos elementos motores e cognitivos na performance da tarefa, o que determina o sucesso, é a qualidade do próprio movimento. Entretanto, as habilidades classificadas pelo nível de previsibilidade ambiental, consideram até que ponto o ambiente é estável e previsível durante o desempenho, na realização dessas tarefas. Esta classificação será abordada mais detalhadamente no item 5.1 deste capítulo

**Quadro 2.6.** Modelo de desenvolvimento das habilidades motoras (adaptado de Gallahue, 1982).

<b>Faixa etária</b>	<b>Movimentos</b>
0 – 1 ano	Reflexos
0 – 2 anos	Rudimentares
2 – 7 anos	Fundamentais
> 7 anos	Desportivos

Schmidt e Wrisberg (2001) apontam que, sob muitos aspectos, os conceitos de aprendizagem e performance motora são difíceis de se distinguir. A medida em que alguém tenta realizar uma tarefa motora, demonstra algum nível de performance. Quando falamos sobre habilidades motoras, estamos falando sobre movimentos que são executados com uma meta ambiental desejada em mente. Entretanto, há algumas diferenças básicas entre os conceitos de aprendizagem e performance motora. Enquanto a performance é sempre observável e influenciada por muitos fatores (por exemplo: motivação, fadiga, condição física), a aprendizagem é um processo interno que reflete o nível de capacidade de performance do indivíduo, podendo ser avaliado por demonstrações de performance relativamente estáveis.

Segundo Tani (2002), a aprendizagem motora, em sua essência, envolve uma repetição de movimentos em que há participação e exploração de todos os mecanismos, visando a melhor maneira de se alcançar o objetivo. Quando esses mecanismos se tornam altamente coordenados, resultando em uma padronização espacial e temporal de movimentos, de tal forma a alcançar o

objetivo com eficiência, diz-se que habilidade motora ou ação habilidosa foi adquirida.

### **2.5.2. Categorias das habilidades motoras**

Diversos termos na literatura sobre aprendizagem motora estão relacionados ao conceito de habilidades motoras. Por exemplo, movimento e ação. Cada termo é usado de um modo específico e por isso é necessário compreendê-los e utilizá-los corretamente.

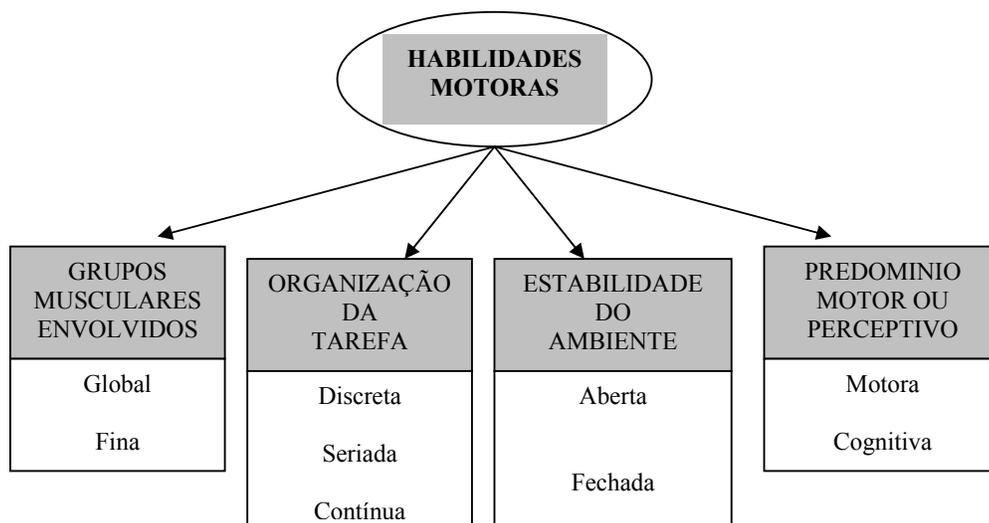
Conforme foi mencionado, o termo habilidade é empregado para designar uma tarefa com uma finalidade específica a ser atingida, e isso é obtido mediante a execução de movimentos voluntários do corpo e/ou dos membros. O termo ação é usado muitas vezes como sinônimo de habilidade mas diferente de movimento. Na realidade, o que define a ação é o objetivo ou a meta a ser alcançada.

A classificação de habilidades motoras determina que características das habilidades são similares às de outras habilidades. Para cada sistema, a característica é subdividida em duas categorias, que representam pontos extremos de um contínuo em vez de categorias dicotômicas. Essa abordagem do contínuo permite que uma habilidade seja classificada em termos de qual categoria sua característica é mais semelhante, em vez de obrigar que a característica se enquadre exclusivamente em uma categoria (Magill, 2000).

Uma característica que descreve a maioria das habilidades motoras é a dimensão da musculatura envolvida para executá-las. Atividades como caminhar, saltitar, nadar, não exigem como acionadores primários, grupos de músculos das mesmas dimensões que os utilizados para habilidades como tocar piano e costurar. A Figura 2.6 apresenta os diferentes tipos de habilidades motoras de acordo com os diferentes critérios de classificação (Magill, 1989).

Através da utilização de diferentes critérios – dimensões dos grupos musculares envolvidos (global e fina), ponto inicial e final do movimento

(discreta, seriada e contínua), estabilidade do ambiente (aberta e fechada) e predomínio motor ou perceptivo (motora e cognitiva) envolvidos na realização de uma ação - é possível elaborar uma classificação de habilidades motoras útil para o processo ensino – aprendizagem.



**Figura 2.6.** Ilustração dos diferentes tipos de habilidades motoras no processo ensino-aprendizagem (adaptado de Magill 2000; Schmidt e Wrisberg, 2001).

**Habilidade motora global.** Para atingir os objetivos da habilidade motora global, tais como andar, correr, saltar, lançar, trepar, apanhar, ou seja, as chamadas habilidades motoras fundamentais, as pessoas necessitam utilizar os grandes grupos musculares que são mobilizados como um todo para a realização de movimentos que, requerem menor precisão. Por outro lado, uma boa coordenação é imprescindível para a boa execução destas ações (Magill, 2000; Vasconcelos, 2001; Schmidt e Wrisberg, 2001).

**Habilidade motora fina.** Estas são as habilidades que se situam na outra extremidade do contínuo de classificação, por requererem controle motor muito apurado com a ação de pequenos grupos musculares de grande precisão. Especificamente, aqueles envolvidos na coordenação óculo-manual que exigem um alto grau de precisão nos movimentos das mãos e dedos. Ações

como desenhar à mão livre, digitar, pintar e costurar são exemplos dessas habilidades. Entretanto, mesmo que os grandes grupos musculares possam estar envolvidos nesta ação, serão os músculos de grande precisão que primariamente estarão envolvidos para atingir o objetivo da tarefa (Magill, 2000; Vasconcelos, 2001; Schmidt e Wrisberg, 2001).

**Habilidade motora discreta.** É aquela em que a característica da habilidade exige do indivíduo um movimento com um ponto inicial e um final claramente definidos (Magill, 2000; Vasconcelos, 2001; Schmidt e Wrisberg, 2001). O ato de ligar e desligar interruptores de luz ou lançar uma bola representam ações dessa natureza. Habilidades com essas características representam a base de muitas modalidades desportivas, tornando-se peças fundamentais neste domínio (Vasconcelos, 2001).

**Habilidade motora seriada.** Em determinadas situações o indivíduo consegue ordenar diversos movimentos discretos em uma série ou sequência. Quando isso ocorre, a habilidade é considerada seriada (Magill, 2000; Vasconcelos, 2001; Schmidt e Wrisberg, 2001). A ação de tocar piano ou acionar o pedal de embreagem de um carro, por exemplo, caracterizam bem esta habilidade, pois cada ato dessa série da ação é diferente, pois começa e termina em posições claramente definidas. As habilidades seriadas são consideradas como um grupo de habilidades discretas ligadas entre si de modo a constituírem uma nova habilidade mais complexa (Vasconcelos, 2001). Nesta habilidade cada fase é simultaneamente um estímulo e uma resposta. Distinguem-se bem das discretas porque os movimentos possuem maior duração e cada um deles retém no seu interior um início e um fim discretos (Vasconcelos, 2001).

**Habilidade motora contínua.** Estas são as habilidades organizadas por movimentos repetitivos e contínuos, com a sequência de ações fluindo por vários minutos, em que o indivíduo, para ordenar a sua ação, realiza atos repetitivos ou ritmados em uma sequência temporal (Magill, 2000; Schmidt e

Wrisberg, 2001; Vasconcelos, 2001). Nadar, correr e, pedalar representam estas ações, as quais requerem controle de movimentos de forma aparentemente simples, mas que envolvem um alto grau de complexidade. É importante que se diga que é o executante ou algum agente externo, e não a habilidade por si própria, que determinam o início e fim da tarefa (Vasconcelos, 2001).

**Habilidade motora fechada.** No contexto dessa habilidade, as condições ambientais são estáveis e previsíveis (Magill, 2000; Vasconcelos, 2001; Schmidt e Wrisberg, 2001), enquanto o indivíduo realiza a ação, ou seja, o ambiente e o objeto sobre os quais se age não mudam durante o desempenho da habilidade. Na verdade, o objeto espera pela ação do indivíduo. Atirar uma flecha em um alvo estático, ou atingir uma bola de golfe na primeira tacada são exemplos dessa habilidade, onde o indivíduo pode iniciar a ação quando estiver pronto para isso e realizar a tarefa de acordo com a sua vontade (Schmidt e Wrisberg, 2001).

**Habilidade motora aberta.** Diferentemente da habilidade anterior, esta é desempenhada em um ambiente instável e imprevisível, onde o objeto ou o contexto variam durante o desempenho da habilidade, determinando quando começa a ação (Magill, 2000; Schmidt e Wrisberg, 2001; Vasconcelos, 2001). Para realizar com sucesso uma habilidade dessas, o indivíduo deve agir de acordo com a ação do objeto ou das características de alteração do ambiente, o qual está em contínua modificação temporal e espacial (Vasconcelos, 2001). Rebater uma bola de tênis ou caminhar no campo representam bem essa habilidade, pois os indivíduos desempenham cada uma dessas habilidades em um ambiente que varia temporal e/ou espacialmente.

**Habilidade essencialmente motora.** Em uma habilidade dessa natureza, a determinante principal do sucesso é a qualidade do próprio movimento (Schmidt e Wrisberg, 2001). A percepção e as decisões seguintes sobre os

movimentos a executar são praticamente ausentes. Por exemplo, o saltador em altura sabe exatamente o que fazer (saltar sobre o sarrafo). A questão está em que movimentos têm de ser executados corretamente e eficazmente de forma a ser atingida a máxima altura (Vasconcelos, 2001; Schmidt e Wrisberg, 2001).

**Habilidade essencialmente cognitiva.** A natureza do movimento não é particularmente importante, mas será sim a qualidade da decisão sobre quais movimentos executar. Temos o exemplo do xadrez onde não importa se as peças são mexidas de forma lenta ou rápida. O importante é saber que peça mover, e para onde movê-la a fim de maximizar as chances de vitória (Vasconcelos, 2001; Schmidt e Wrisberg, 2001).

Enquanto uma habilidade motora enfatiza, principalmente, o como fazer, uma habilidade cognitiva enfatiza o que fazer. Esse sistema de classificação, como os demais, é um contínuo, pois não existem habilidades exclusivamente motoras ou cognitivas (Vasconcelos, 2001). Portanto, a abordagem mais apropriada para classificar as habilidades, de acordo com esse sistema, é a de considerar o grau com o qual os elementos cognitivos e elementos motores contribuem para o êxito da meta a ser alcançada (Schmidt e Wrisberg, 2001).

Abordar a aprendizagem motora procurando explicar os processos internos, associados com a prática ou com a experiência, que conduzem a um ganho relativamente permanente na capacidade da prestação motora, consubstancia o suporte para o entendimento acerca da utilização de *feedback* no treinamento técnico. Neste capítulo os assuntos a serem abordados referem-se a uma série de questões que os profissionais do movimento devem considerar ao fornecer *feedback* instrutivo, como qual tipo de *feedback* deve ser fornecido, quanto de informação deve ser incluído no *feedback*, o grau de precisão com que deve ser fornecido o *feedback* e a frequência com que este *feedback* deve ser emitido.

## 2.6. Importância da informação na aprendizagem

A palavra informação é precisamente conceituada na Teoria da Informação (TI).

A informação é uma redução de incerteza, oferecida quando se obtém resposta a uma pergunta (Shannon, 1975). A incerteza refere-se à quantidade de respostas possíveis que conhecemos, apesar de não sabermos qual delas é a verdadeira. Para definir informação é necessário conhecer-se o tamanho da ignorância, inclusive, a dimensão da classe das respostas possíveis.

À resposta correta, aquela que reduz a incerteza, pode ser atribuída uma probabilidade que varia de 0 (resposta impossível) a 1 (já é conhecida previamente). Quanto maior a probabilidade de ocorrência da resposta correta, menor será sua redução de incerteza e vice-versa.

A informação é proporcional ao número de alternativas que elimina e também o é em relação ao que não transmitiu, mas poderia ter transmitido.

Os sinais mais frequentes são os mais prováveis e os mais esperados, portanto, reduzem menos incerteza e transmitem menos informação; ao contrário, os eventos mais raros são os menos esperados e, portanto, reduzem mais incerteza e transmitem mais informação.

Necessário se faz descrever o papel que a informação tem de importante na aprendizagem, para o melhor entendimento do capítulo referente ao *feedback*.

A informação é um elemento básico na aprendizagem motora. Isto, se considerarmos que é uma maneira eficaz de corrigir erros, desde que o aluno conheça qual é a repercussão que certas decisões terão em sua resposta.

É lógico pensar que os tipos de administração de informação dependerão inicialmente da origem das próprias fontes de informação. Tratar-se-ia de dividir a informação entre a que procede do próprio indivíduo e a que é proveniente do exterior a ele (Schmidt, 1988).

### 2.6.1. Recepção da informação

A teoria da informação tem como ponto de partida a idéia de algo que transmite uma mensagem e de algo que a recebe. Mas há também a fonte de informação que gera a mensagem, um transmissor (traduz a mensagem em forma de sinal – codificação do sinal), um canal de transmissão e um receptor que aceita a mensagem e a decodifica para o destinatário. Há, porém, um item inevitável, uma série de atividades que tendem a interromper, distorcer ou de outra forma interferir com a mensagem durante a transmissão, influências perturbadoras, ruídos (Waddington, 1979).

A maneira pela qual chega a informação (*input*) ao sistema, constitui um momento chave sem o qual não é possível seu funcionamento e com ele o controle e aprendizagem do movimento. Esta informação existe no meio externo em forma de energia física, incluindo os suportes físicos do sistema, tais como os músculos e os segmentos ósseos. Esta energia física atua sobre os diversos receptores sensoriais do organismo, os quais transformam a energia física em impulso nervoso (transdução) e, portanto, em informação utilizável pelo sistema (Oña et al., 1999). Por exemplo, os órgãos visuais transformam a energia luminosa em impulsos nervosos para que o organismo os possa utilizar, reconhecendo-os, organizando-os e preparando uma ação motora concreta.

A sensação é o nome que tem recebido da psicologia esse processo primário de transformação de energias. A qualidade de cada sensação depende do tipo de receptor ou nervo sensorial que se excita e não da classe de energia estimulada.

A percepção encontra-se muito relacionada com a sensação e constitui um processo de recepção que implica em uma organização da informação em grau superior à sensação. Assim, a percepção significa unicamente um passo a mais na elaboração do impulso nervoso pelas áreas de associação do córtex cerebral. É uma atividade do indivíduo que vai além da ordenação passiva do que foi recebido do exterior.

Os sistemas ligados à percepção são: (i) vestibular proprioceptivo; (ii) somatosensorial e (iii) práxia; estes sistemas estão interligados/inter-relacionados para a promoção de um bom desempenho motor e emocional.

O sistema vestibular tem como funções: (i) dar consciência e apreciação da posição da cabeça no espaço; (ii) o equilíbrio; (iii) direcionar o olhar através de movimentos compensatórios dos olhos em resposta a movimentação da cabeça; (iv) a postura; (v) contribuir para a base neurológica do desenvolvimento da movimentação; (vi) dar a base para o controle de alerta, atenção e regulação emocional; (vii) dar a base hipotética do desenvolvimento da coordenação motora bilateral e de funções relacionadas ao planejamento motor e (viii) prover a base interna requerida para os mecanismos do controle motor.

O sistema somatosensorial envolve tanto a exterocepção quanto a propriocepção. A exterocepção envolve a sensação de tato, dor e temperatura através dos receptores da pele. Já a propriocepção envolve a sensação de posição e movimento via receptores dos músculos, tendões e articulações.

A propriocepção é uma função das terminações aferentes dos músculos e tendões que mensuram com quanta força os músculos estão contraídos e a rapidez com que estão sendo alongados, respondendo mais à movimentação ativa. Esta informação é usada para regular a atividade motora em andamento e guiar a execução de outras tarefas motoras no futuro.

A práxia, corresponde à habilidade humana que requer esforço consciente, envolvendo a capacidade do cérebro para conceituar, organizar e dirigir interações com sentido no meio ambiente.

Os diferentes tipos de receptores sensoriais estão diferenciados entre si por sua especialização no tipo de energia física que são capazes de receber e transformar. Assim, para Oña et al., (1999), existem três classes de receptores: (i) interoceptores, que informam do estado de nossos órgãos internos; (ii) exteroceptores, que informam da estimulação externa ao organismo; e (iii) propioceptores, que informam da postura e do movimento do próprio corpo.

Seu desenvolvimento, assim como as relações com os distintos tipos de energia se pode observar no Quadro 2.7.

Entre os exteroceptores, a visão é a que maior importância tem para as condutas motoras, particularmente para seu controle durante as fases iniciais da aprendizagem de habilidades motoras.

**Quadro 2.7.** As diferentes classes de receptores sensoriais, tipos de estímulos e órgão a que estão relacionados (adaptado de Onã et al., 1999).

Classe de receptores	Tipos de estímulos	Órgãos
Interoceptores	Pressão	Órgãos internos Vasos sanguíneos Terminações nervosas
Exteroceptores	Luz, som, temperature	Estimulação externa  Olho, ouvido, tacto
Propioceptores	Equilíbrio, aceleração	Postura e movimento Vestibulares Músculos, tendões, ossos

### 2.6.2. A informação na ação desportiva

Estando a informação relacionada com o movimento, será igualmente importante considerar se esta informação pode servir ao professor, ou treinador, no sentido de intervir sobre a conduta do seu orientando, conduzindo-o ao êxito em sua ação desportiva.

A informação pode ser dada através de: (i) instrução; (ii) demonstração e (iii) procedimentos de orientação. As instruções constituem uma característica de quase todas as situações formais de ensino. Os profissionais do movimento, normalmente, oferecem-nas de forma verbal, embora possam também ser escritas (Magill, 1998; Schmidt e Wrisberg, 2001).

As instruções também podem oferecer aos aprendizes informações sobre o que eles poderiam esperar quando estiverem realizando a habilidade. Quando o instrutor utiliza a instrução verbal para fornecer informações sobre o

desempenho de uma habilidade motora, precisa chamar a atenção do aprendiz para os aspectos importantes desta habilidade (Magill, 1998). Entretanto, algumas vezes as instruções são difíceis de serem transmitidas de forma oral. Nestes casos, o instrutor fornece informações em forma de demonstração, que é o processo pelo qual os aprendizes adquirem a capacidade para agir observando a performance dos outros (Schmidt e Wrisberg, 2001).

Sob inúmeros aspectos, muitas de nossas aprendizagens de movimento acontecem como resultado da reprodução do que vimos. Observar a ação antes de tentar reproduzi-la, resultará em o aprendiz adquirir mais informação em menos tempo, do que obteria através de uma explicação verbal da habilidade (Magill, 1998; Schmidt e Wrisberg, 2001).

Uma vez que a demonstração de como realizar uma habilidade envolve observação visual por parte do aprendiz, este papel da visão na aprendizagem, é, sem dúvida, motivo constante de avaliação para poder compreender como o sistema visual está envolvido na aquisição e desempenho de habilidades. Entretanto, há habilidades em que a demonstração visual é menos eficiente para a aprendizagem que outras formas de demonstração. Como exemplo, se considerarmos uma habilidade em que a meta seja mover-se segundo um certo critério de tempo de movimento, para esse tipo de habilidade segundo Magill (1998), uma forma de demonstração auditiva parece funcionar melhor.

Os procedimentos de orientação são utilizados para direcionar física, verbal ou visualmente os aprendizes na execução da tarefa com o intuito de reduzir erros ou afastar o medo dos indivíduos de realizar movimentos considerados perigosos. Estes meios de orientação, variam amplamente em diferentes situações. Alguns, oferecem ao aprendiz somente um pequeno auxílio, tal como, quando um fisioterapeuta fala ao paciente durante uma reabilitação de um movimento. Outros são muito mais restritivos e invasivos. Por exemplo, um professor poderia auxiliar um aprendiz na realização de um mortal para frente na ginástica, com objetivo de oferecer segurança à sua realização. Há também muitos auxílios mecânicos que restringem fisicamente os padrões de movimento dos indivíduos, tais como rodas suplementares colocadas nas

bicicletas quando as crianças estão aprendendo a pedalar (Schmidt e Wrisberg, 2001).

Segundo Oña et al., (1999), tradicionalmente tem-se dividido a informação em dois tipos: a que se gera antes da ação desportiva e a que se produz como resultado da própria ação.

A informação inicial é aquela informação que se produz previamente à realização do movimento em forma de demonstração ou instrução verbal e serve de referência ao indivíduo para a sua execução. Este tipo de informação, tem sido denominado de informação inicial de referência. Sua grande importância está em poder auxiliar a estabelecer os objetivos da própria ação. Do seu conteúdo dependerá se o executante será capaz de se orientar adequadamente em relação a tarefa e que potencialmente tenha recursos suficientes para que a possa realizar com êxito. Em razão disto, deve-se ter um conceito amplo do que significa este correto estado prévio à realização do movimento. O indivíduo não só deve estabelecer os objetivos adequadamente mediante uma correta informação referente à tarefa antes da ação. Desta maneira aspectos perceptivos, atencionais, motivacionais e pensamento devem estar implicados.

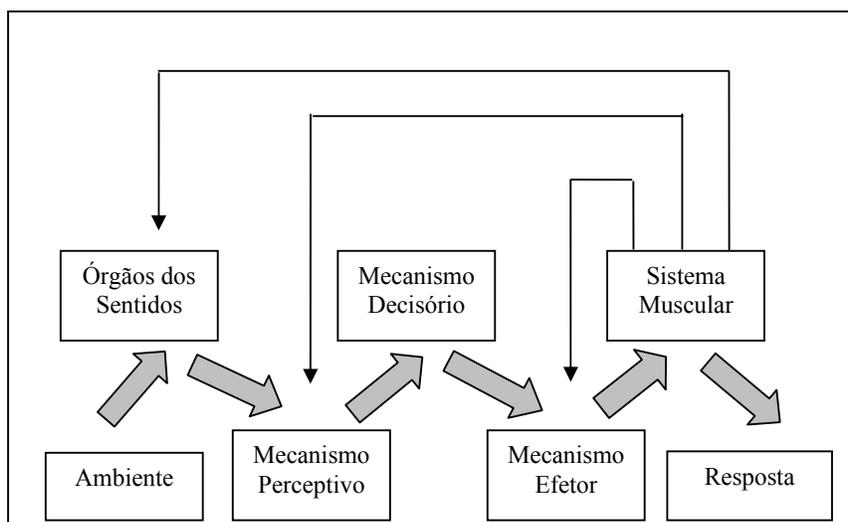
Para Oña et al., (1999), os objetivos também devem dar um suporte de informação completa ao executante para que não se produza ambigüidade alguma sobre o que se requer. Muitas vezes tem-se restringido esta informação a uma série de verbalizações do treinador, mas isso pode ser modificado fazendo uso de recursos os mais diversos, tais como: modelo visual usando um companheiro de equipe, uma imagem de vídeo, etc.

### **2.6.3. A informação como resultado da ação**

A informação que se produz como resultado da ação é de grande utilidade para o controle do movimento. Este tipo de informação tem sido denominado de *feedback*. Seu principal papel centra-se no controle da ação quando é utilizada para ser comparada com os objetivos e reprogramação de execuções futuras.

Ele é muito importante na aprendizagem de ações motoras e trará diferentes consequências dependendo das suas características.

O indivíduo que realiza qualquer ação, sempre que sua ativação, atenção e motivação sejam adequadas para a concretização dos objetivos, buscará na informação relativa a ação que acaba de realizar um elemento fundamental que lhe fará chegar à consecução das metas propostas. O controle desta informação será, portanto, básico para intervir no processo de aprendizagem. A partir destes pressupostos é apresentado na Figura 2.7 (Marteniuk, 1976), os vários estágios que ocorrem entre o estímulo e a resposta, com a informação tornando-se disponível para um próximo estágio de processamento.



**Figura 2.7.** Estágios de processamento que ocorrem entre o estímulo e a resposta, tornando-se a informação disponível para o próximo estágio de processamento (adaptado de Marteniuk, 1976).

No contexto de uma informação estar relacionada a uma ação simples, a informação inicial servirá de referência ao indivíduo para que este possa realizar a ação, a seguir será efetuada uma avaliação desta ação e tem-se um *feedback* da mesma para o processo retornar ao início. Entretanto, se esta informação estiver relacionada a uma ação complexa, após o processo ter fornecido um *feedback*, este voltará a ação, para assim poder dar continuidade a uma nova elaboração da ação a ser desenvolvida pelo indivíduo.

### **2.7. Feedback: Importância no treinamento técnico**

*Feedback*, ou retroinformação, é uma informação sensorial que indica algo sobre o estado real do movimento, ou seja, descreve ao indivíduo como ele está a desempenhar uma habilidade.

O fator essencial para o desenvolvimento e êxito de qualquer programa de treinamento, está centrado inicialmente no aspecto didático. Não é suficiente ter os objetivos claramente definidos e conhecer quais conteúdos são mais adequados e indispensáveis, sem ter em conta algumas considerações do tipo didático que assegurem o aproveitamento do treinamento por parte do aprendiz, aluno ou atleta.

A maneira de oferecer informação, o meio adequado, sua quantidade, sua qualidade e o momento oportuno para o fazer, dependerá da fase de aprendizagem em que se encontra o aluno. Tendo isto em conta, na primeira fase da aprendizagem a informação deve ser orientada no sentido de oferecer uma ideia global da técnica e sua estrutura básica. Centrar a atenção do aluno nos aspectos prioritários, limitando as explicações adicionais. Com demonstrações e descrições verbais, sempre em consonância com o nível de compreensão do aluno, será transmitido a informação mais efetiva. Em uma fase mais avançada, a informação deve ser mais detalhada e dirigida a dois objetivos: por um lado desfazer noções errôneas sobre o modelo técnico e, por outro, precisar determinados aspectos do modelo, sendo de grande valia as explicações do tipo causa – efeito (Castañón, 1996).

Assim, fica claro que a um iniciante ou esportista, para conseguir alcançar os objetivos previstos, é fundamental estar bem informado. O *feedback* contribui para reduzir a incerteza do indivíduo no que diz respeito às sensações produzidas pela ação ou ao resultado efetivamente obtido. A quantidade de informação, assim processada, depende da complexidade intrínseca do *feedback* e do conhecimento prévio do indivíduo, que resulta da experiência (Godinho e Mendes, 1996).

Neste estudo, fazemos referência aos *feedbacks* sensoriais, àquelas informações que têm origem interna do tipo visual, cinestésico e acústico.

Entretanto, o fato de um nadador receber *feedbacks* sensoriais, não quer dizer que o mesmo avaliará com precisão suas próprias execuções. Neste sentido, faremos referência ao "*feedback*" suplementar que tem origem externa, advindo do técnico, instrumentos de medição e meios audiovisuais (Perez, 1994).

### **2.7.1. Categorias de *feedback***

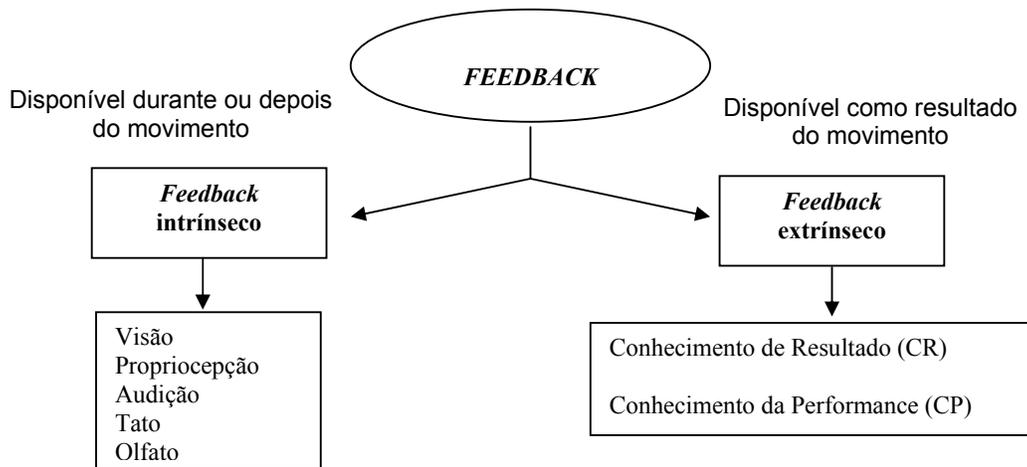
Quando um indivíduo desempenha uma habilidade motora, existem várias fontes de informação sobre o resultado de uma ação ou sobre o que causou esse resultado. Uma dessas fontes consiste no próprio sistema de *feedback* sensorial da pessoa. Essa fonte de informação envolve os diversos componentes do sistema sensorial e deve ser considerado durante e depois do desempenho de uma habilidade (Magill, 1998).

Segundo esse autor, uma outra fonte de informação está fora do próprio sistema de *feedback* sensorial da pessoa. O *feedback* provém de uma fonte externa ao praticante. Esse tipo de *feedback* é sempre acrescentado ao *feedback* fornecido pelo próprio sistema sensorial da pessoa e é conhecido como *feedback* extrínseco ou aumentado (Magill, 1998). Assim, é conveniente pensar em duas fontes de *feedback* relacionadas ao desempenho de uma habilidade, uma interna e outra externa.

Os diferentes tipos de *feedback* relacionados à aprendizagem e ao desempenho de habilidades motoras são apresentados na Figura 2.8. de forma a mostrar uma sequência básica para melhor compreensão.

#### **2.7.1.1. *Feedback* intrínseco**

No desenvolvimento de uma habilidade motora, gera-se automaticamente grande quantidade de informação durante sua realização, em que o indivíduo é capaz de obter a informação por si mesmo, ou seja, através de diversos receptores sensoriais - auditivos, visuais, como também dos táteis e proprioceptivos.



**Figura 2.8.** Ilustração dos diferentes tipos de *feedback* relacionados à aprendizagem e ao desempenho de habilidades motoras (adaptado de Magill, 1998 e Schmidt e Wrisberg, 2001).

Para Magill (1998), um aspecto - chave de qualquer teoria de controle motor é o papel desempenhado pela informação sensorial no controle da ação. Receptores sensoriais localizados em várias partes do corpo fornecem essa informação. Os dois tipos mais importantes são a propriocepção e a visão. Tanto o sistema proprioceptivo quanto o sistema visual, entram em funcionamento enquanto uma ação é executada. Sem a informação sensorial fornecida por esses dois sistemas sensoriais, provavelmente teríamos uma dificuldade maior para executar tarefas mesmo que relativamente simples.

Esta retroinformação relacionada com a atividade desenvolvida, é também importante para a postura e o movimento em si mesmo, graças ao suporte locomotor e vestibular.

Os diversos receptores do aparelho locomotor, chamados cinestésicos, permitem detectar as modificações na atividade muscular. Assim, existe grande quantidade destes receptores situados em todas as articulações, o que permite perceber a localização e orientação dos distintos segmentos corporais. Esta informação se complementa com as que proporcionam os receptores musculares e tendinosos que, sensíveis às mudanças de dimensão e força, percebem o alongamento, encurtamento, contração ou extensão das estruturas em que estão situados, informando os aspectos como a amplitude, direção,

velocidade e força com que se desenvolve o movimento. A seguir, serão descritos sinteticamente, os diversos receptores do aparelho locomotor.

### Fatores periféricos

A informação sobre as características do estado muscular é basicamente gerida pelo sistema nervoso periférico, que é constituído por uma variedade de receptores especializados, de interneurónios inibitórios, de grupos de fibras sensoriais aferentes e motoneurónios.

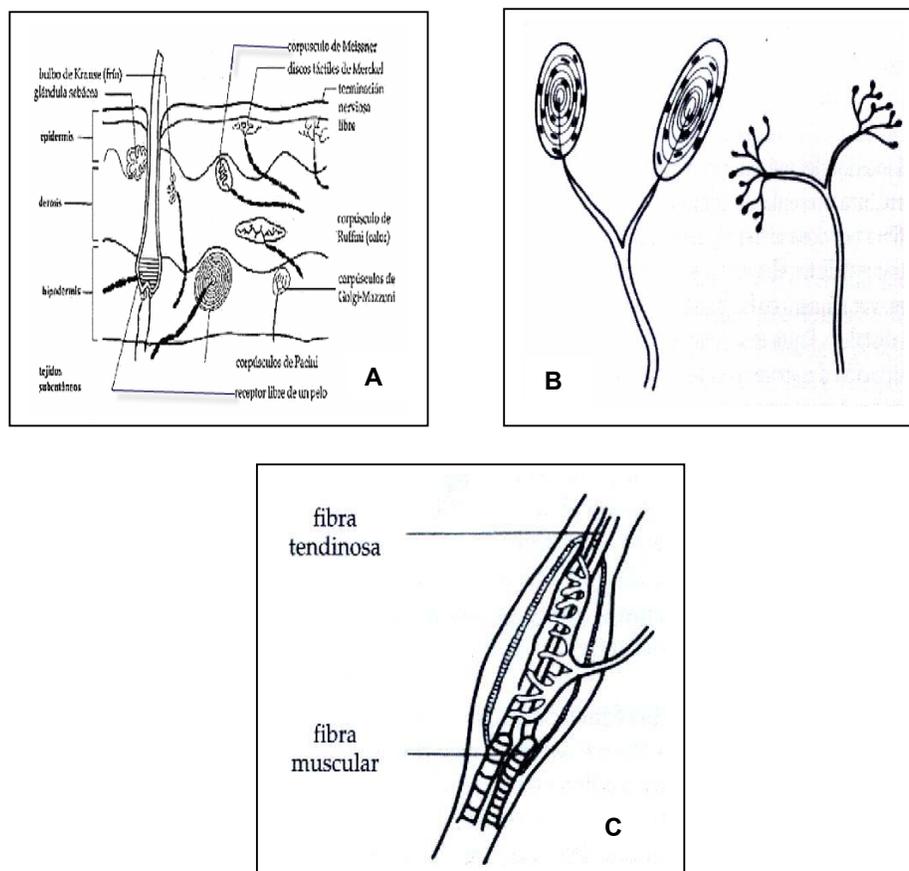
Para além destas estruturas, os mecanismos de *feedback* periférico envolvem uma outra entidade denominada de *motoneuron pool* (MP).

O MP deve ser pensado como um agregado de neurónios que controla a função de um músculo, ou grupo muscular, que possui uma função similar no comportamento articular (Basmajian e De Luca, 1985).

### Receptores

Facilmente percebemos que os receptores periféricos são imprescindíveis no controle da actividade muscular. Existe uma variedade de receptores especializados apresentados na Figura 2.9, localizados ao nível do músculo, tendões, articulações e pele, que fornecem ao sistema nervoso informação sobre o estado de tensão e velocidade de contração desenvolvida pelo músculo, bem como sobre a posição articular.

Dentre os diversos receptores, os fusos musculares e os órgãos tendinosos de *Golgi* (OTG), são os mais determinantes no controle periférico da actividade das unidades motoras (Latash, 1998).

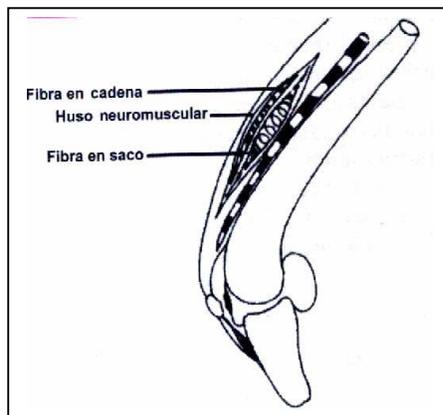


**Figura 2.9.** Receptor da pele (A); receptores articulares (B) e receptor tendinoso (C) (adaptado de Oña et al., 1999).

### Fusos Musculares

O fuso muscular (Figura 2.10), consiste numa cápsula com forma fusiforme e está fixo a extremidades de fibras musculares. Estas cápsulas estão dispostas paralelamente às fibras musculares o que lhe permite a monitorização das alterações de comprimento do músculo. O fuso é constituído basicamente por duas grandes categorias de fibras intrafusais (*bag* e *chain*) e possuem características de contração idênticas às fibras musculares (Latash, 1998). As fibras intrafusais possuem dois tipos de terminações sensoriais: - terminação primária, cujos axónios pertencem ao grupo “Ia” das fibras aferentes e; terminação secundária cujos axónios pertencem ao grupo II. Estas terminações sensoriais têm como função transmitir informação sobre o estiramento do

músculo e a velocidade de estiramento. As terminações nervosas do fuso muscular são altamente sensíveis a pequenas alterações do comprimento do músculo, particularmente se essas alterações ocorrem a frequências elevadas.

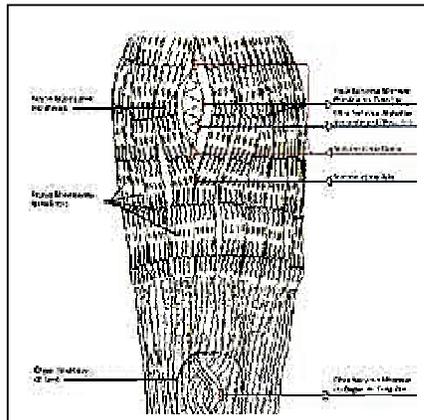


**Figura 2.10.** Fuso muscular (adaptado de Oña, A. et al., 1999).

### Órgãos tendinosos de Golgi (OTG)

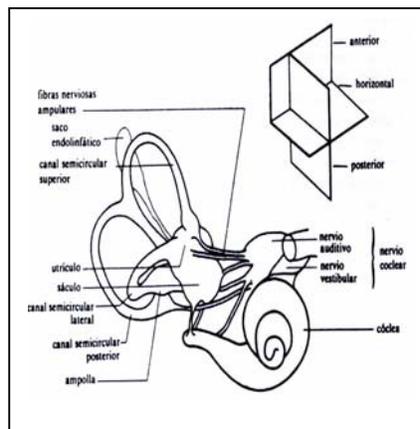
O controle de movimentos voluntários requer informações não só sobre o estiramento do músculo, mas também sobre a tensão muscular desenvolvida. Os órgãos tendinosos de *Golgi* (Figura 2.11) estão situados nas aponevroses e são sensíveis à deformação mecânica dos tendões provocada pela contração muscular. A deformação mecânica dos tendões aumenta à medida que a força muscular também aumenta, o que significa que os OTG são sensíveis à tensão muscular desenvolvida em cada instante.

Contrariamente aos fusos musculares estes proprioceptores não são enervados. A informação sensorial detectada pelos OTG é transmitida ao SNC através do grupo de fibras nervosas aferentes Ib. O grupo de fibras aferentes Ib, provenientes dos OTG, possui uma importante função no que se refere a inibição recíproca.



**Figura 2.11.** Orgãos Tendinosos de Golgi (adaptado de Oña, A. et al., 1999).

Para além dos receptores supracitados, existem outros que também ajudam a controlar a actividade muscular, no entanto, pouco se sabe sobre as suas funções e conexões com o sistema nervoso (Basmajian e De Luca, 1985; Latash, 1998). Por outro lado, os receptores vestibulares (Figura 2.12), situados no ouvido interno, informam sobre a posição da cabeça e seus movimentos, pois estão relacionados com as modificações da postura e do equilíbrio.



**Figura. 2.12.** Receptores vestibulares (adaptado de Oña et al., 1999).

O *feedback* exteroceptivo, fornece informação sobre o envolvimento do ambiente, proporcionando uma informação sobre a interação do corpo com o meio exterior. A visão, sem dúvida, é a principal responsável pela informação

sensorial e desempenha uma função relevante na definição da estrutura física do movimento. A visão também informa sobre o referencial relativo aos objetos de envolvimento, proporcionando a base para a antecipação e posterior sucesso.

Na aprendizagem o *feedback* intrínseco é fundamental, pois depende muitas vezes da efetiva condição do indivíduo em detectar, perceber e empregar a informação sensorial relevante para alcançar o êxito no desenvolvimento de uma habilidade motora. Entretanto, é necessário aprender a interpretar essa informação intrínseca para poder assim permitir identificar os erros durante a execução, com o objetivo de melhorar o movimento.

Ao desenvolver uma habilidade, a informação proprioceptiva está presente a todo momento, mesmo assim, nem sempre o indivíduo está consciente da presença desta informação e por isso não é capaz de interpretá-la corretamente. Em muitas ocasiões, ele só é capaz de perceber e discernir se sua execução foi correta, graças a um mecanismo aprendido para detectar seus próprios erros de execução. O *feedback* intrínseco, portanto, está fortemente vinculado à percepção dos erros de forma autônoma.

As informações cinestésicas, percebidas simultaneamente à realização do movimento, permitem um controle do mesmo na medida em que são uma indicação a ser utilizada de início e nas ações futuras (Chollet, 2003).

Apesar de o organismo estar concebido para perceber esta completa combinação de entradas sensoriais, a percepção da trajetória do movimento pode ver-se afetada em função do modo em que se produz o movimento: ativa ou passivamente, de forma orientada ou conduzida. Geralmente, nas fases iniciais da aprendizagem, o treinador manipula certas condições do aprendiz com a intenção de guiá-lo em sua execução ou retardar a duração do movimento para facilitar a aprendizagem e a aquisição de determinada habilidade. Entretanto, esta manipulação pode afetar significativamente as sensações cinestésicas do movimento. Assim sendo, a manipulação pode ser útil nas primeiras fases da aprendizagem, desde que acompanhada de uma conscientização do movimento.

### 2.7.1.2. *Feedback* extrínseco

Ao se procurar aprender uma atividade física, muitas perguntas e dúvidas irão surgindo ao longo do processo. Provavelmente, pelo fato de o iniciante não ter se saído muito bem em suas primeiras tentativas. Quando tentou melhorar, várias foram as perguntas que alguém teve de responder para que pudesse ajudá-lo a melhor entender o que estava sendo feito de errado e o que seria necessário aprender para melhorar seu desempenho, embora houvesse a possibilidade destas dúvidas serem tiradas por si próprio. À medida que diferentes tentativas eram possibilitadas durante a aprendizagem, foi ficando bastante claro que teria sido economizado tempo e energia se houvesse a possibilidade em obter esta resposta por intermédio de um instrutor.

No contexto do processo ensino - aprendizagem, o *feedback* extrínseco desempenha dois papéis no processo de aprendizagem de habilidades: (i) facilitar a obtenção da meta da habilidade e (ii) motivar o praticante a continuar se esforçando em direção a meta.

Como o *feedback* extrínseco fornece informação sobre o sucesso da habilidade em andamento, ou que acabou de ser completada, a pessoa pode determinar se o que ele está fazendo é apropriado para desempenhar corretamente a habilidade. Desta maneira, poderá ajudá-lo a atingir a meta da habilidade mais rapidamente ou mais facilmente do que atingiria sem uma informação externa (Magill, 1998; Schmidt e Wrisberg, 2001).

É importante mostrar que o *feedback* extrínseco pode ser fornecido em instantes distintos, ou seja, se a informação for dada enquanto o movimento está em andamento ela é chamada de *feedback* concomitante. Se ele é fornecido depois de a habilidade ter sido desempenhada, é chamado de *feedback* extrínseco terminal.

Dependendo da tarefa e da meta da aprendizagem, os indivíduos podem estar aptos a melhorar a sua performance com base apenas no *feedback* intrínseco. De qualquer forma, é observado em muitas das vezes que os melhoramentos tornam-se difíceis ou quase impossíveis, sem o *feedback* extrínseco (Schmidt e Wrisberg, 2001).

### 2.7.2. Funções do *feedback* extrínseco

O *feedback* extrínseco, como informação suplementar, complementa a informação a qual obtém o indivíduo por si próprio ao realizar uma habilidade. Entretanto, a informação externa pode facilitar, prejudicar ou não ter efeito no processo de aprendizagem (Magill, 1998). O *feedback* extrínseco centra-se no processamento da informação e, portanto, tem uma clara função de informar ao indivíduo sobre o resultado de seu gesto motor. Evidentemente que devemos ter em conta que o *feedback* extrínseco tem implícitas outras funções das meramente informativas.

De uma forma ampla são três as funções atribuídas a informação extrínseca: (i) de guia; (ii) associativa e (iii) motivacional (Magill e Wood, 1986; Schmidt, 1988).

Como função de guia na aprendizagem, o *feedback* extrínseco proporciona informação sobre como foi realizada a execução. Esta informação seria empregada para procurar modificar as execuções posteriores e conseguir com elas uma maior precisão, otimizando a atuação com relação aos objetivos previstos (Pieron, 1992). Esta função de guia facilita a rápida e correta aquisição de uma habilidade. Entretanto, não se deve abusar do *feedback* extrínseco, pois caso venha a ser empregado constantemente na aquisição de uma tarefa, pode provocar no indivíduo uma dependência de modo que, quando pretender executar uma habilidade sem receber a informação, seus erros tendem a aumentar.

A visão cognitiva do *feedback* extrínseco como processo associativo é mais recente e está mais aceita (Schmidt, 1975; Salmoni et al., 1984). Assim, a informação recebida se associa com os parâmetros específicos de estruturas cognitivas, tais como esquema e programa motor (Schmidt, 1975) e traço perceptivo e de memória (Adams, 1971) que definem o desempenho da habilidade para controlar a execução do movimento. Na perspectiva de uma função motivacional o *feedback* extrínseco é usado para modificar a percepção que a pessoa tem de sua própria capacidade de executar uma habilidade. A motivação do praticante ao continuar se esforçando em direção a meta,

apresenta-se quando há uma procura em comparar seu próprio desempenho com o desempenho da meta. Há uma necessidade do praticante decidir entre continuar tentando atingir a meta, mudar a meta, ou parar de desempenhar a atividade.

Essa é uma forma eficiente de motivar o indivíduo a continuar a perseguir a meta de uma tarefa ou o desempenho de uma habilidade. Segundo Magill (1998), as evidências que confirmam a eficiência motivacional desse tipo de *feedback* verbal provém de pesquisas relacionadas à auto-eficácia e ao desempenho de habilidades. Por isso, o *feedback* extrínseco pode influenciar na decisão da pessoa em persistir no desempenho de uma habilidade.

### **2.7.3. Precisão do *feedback* extrínseco**

Na perspectiva que se refere ao tipo de informação que o *feedback* extrínseco deve conter, sendo a sua finalidade ajudar a corrigir os erros, este tipo de informação deve oferecer uma precisão efetiva, tanto ao se tratar de conhecimento de resultado (CR), como ao se referir ao conhecimento da performance (CP) (Schmidt e Wrisberg, 2001).

A precisão corresponde a modificações que podem acontecer na exatidão em se fornecer a informação. A precisão do *feedback* relaciona-se com o grau de aproximação da informação fornecida com a performance real.

Quando começam a praticar, os aprendizes cometem erros tão grandes que a informação sobre o tamanho exato destes simplesmente não importa (Magill e Wood, 1986). Entretanto, em um nível elevado de habilidade, os indivíduos podem extrair mais benefícios de um *feedback* um pouco mais detalhado porque eles querem fazer ajustes mais precisos em seus movimentos.

Segundo Schmidt e Wrisberg (2001), além da informação direcional, os treinadores poderiam também dar aos aprendizes *feedback* sobre a magnitude de seus erros. Onde o erro constante (EC) é o desvio relacionado à quantidade e à direção do resultado do movimento de uma pessoa, relativo a algum valor-alvo. Erro constante médio, representa o desvio médio dos resultados de uma

série de tentativas de movimento. Dos dois aspectos mais importantes do EC, a informação direcional é mais importante do que a informação da magnitude. Na realidade, o *feedback* sobre a magnitude é de pouca utilidade para os indivíduos, a menos que eles também sejam informados sobre a direção de seus erros (Schmidt e Wrisberg, 2001).

Entretanto, controvérsias ainda persistem sobre o conteúdo do *feedback* extrínseco, se a informação a ser transmitida para o aprendiz, deve estar relacionada com os erros cometidos ou com os aspectos corretos do desempenho. A resposta a essa pergunta é difícil de ser dada, primeiramente, por causa dos diferentes papéis que o *feedback* pode desempenhar no processo de aquisição da habilidade. Quando está sendo fornecido informações sobre erros, o *feedback* extrínseco está desempenhando papel informativo para facilitar o aperfeiçoamento da habilidade. Por outro lado, quando o *feedback* que está sendo fornecido diz ao indivíduo o que ele fez corretamente, passa a desempenhar um papel motivacional (Magill, 1998; Schmidt e Wrisberg, 2001). Assim, é recomendável fornecer tanto a informação baseada nos erros cometidos, quanto no desempenho correto durante a prática. Tudo indica que a questão realmente se resume na proporção ideal de cada tipo de informação.

O *feedback* extrínseco pode ser qualitativo, quantitativo ou ambos. Se o *feedback* extrínseco envolver um valor numérico relacionado à magnitude de alguma característica do desempenho, ele é denominado de *feedback* extrínseco quantitativo. Ao contrário, se a informação que se refere à qualidade das características de desempenho, não se preocupa com valores numéricos associados a ele, é chamado de *feedback* extrínseco qualitativo.

Quanto à questão sobre se a informação qualitativa é melhor do que a informação quantitativa para a aprendizagem de habilidades, esta não pode ser uma resposta em que uma exclua a outra. Segundo Magill (1998) e Schmidt e Wrisberg (2001), profissionais que se dedicam ao ensino das habilidades motoras, frequentemente fornecem informações quantitativas não - verbais associadas a formas qualitativas.

A determinação de que tipo de informação é melhor, depende da etapa de aprendizagem do aprendiz, bem como da dificuldade da tarefa (Guadaynoli e Lee, 2004). Na etapa inicial da aprendizagem as pessoas prestam atenção basicamente na informação qualitativa, mesmo que disponham da informação quantitativa. A seguir, a informação quantitativa passa a ser mais importante, porque ela permite que os aprendizes refinem a ação para torná-la mais efetiva na obtenção da meta da ação (Magill, 1998; Schmidt e Wrisberg, 2001).

#### **2.7.4. Quantidade de *feedback***

Um dos problemas associados às instruções verbais é que elas podem conter muito pouca informação, ou informação demasiada, e não fornecer ao aprendiz a informação necessária para atingir a meta da habilidade. As instruções verbais são frases curtas e concisas que servem para: (i) chamar a atenção das pessoas para a informação reguladora relevante no desempenho da habilidade ou (ii) um recurso imediato para os elementos do padrão de movimento das habilidades que estão sendo desempenhadas (Schmidt e Wrisberg (2001).

A quantidade de informação a ser proporcionada a um indivíduo sobre o resultado de sua execução pode ser muito variável: escassa, praticamente nula, suficiente, abundante ou excessiva. Para tanto, deverá também estar em consonância com o tipo de tarefa a ser desenvolvida, o grau de aprendizagem e a idade do indivíduo.

As instruções verbais e a demonstração são inegavelmente os meios mais comumente utilizados para comunicar às pessoas, como desempenhar habilidades motoras. Entretanto, ao serem apresentadas as instruções verbais, deverá ser levado em conta que as pessoas têm capacidade limitada para assimilar a informação recebida. Isso significa dizer que estas informações devem ser moderadas, pois é fácil sobrecarregar a pessoa com instruções sobre o desempenho de uma habilidade (Schmidt e Wrisberg, 2001).

Segundo Magill (1998), sobre os limites da capacidade de atenção, pode-se esperar que um principiante tenha dificuldades em prestar atenção em mais

que uma ou duas instruções sobre o que deverá fazer, pois terá que dividir sua atenção entre lembrar-se das instruções e desempenhar a habilidade.

Ao fornecer *feedback* para o desenvolvimento de uma tarefa, o instrutor poderá considerar qual característica do movimento do aprendiz é fundamental para o seu aperfeiçoamento, restringindo o seu *feedback* para aquela característica. Uma vez que o aprendiz tenha dominado a referida característica, o instrutor pode fornecer informação transitória sobre a próxima considerada como a mais importante.

### **2.7.5. Frequência do *feedback***

A frequência do fornecimento de *feedback* é uma questão que está relacionada à quantidade de *feedback* que é ministrada (Schmidt e Wrisberg, 2001).

Partindo-se da premissa de que mais não significa sempre melhor, com relação à questão “quão frequente”, o *feedback* pode ser visto de duas formas (Schmidt e Wrisberg, 2001). Uma delas envolve a frequência absoluta que corresponde ao número total de apresentações de *feedback* dadas para uma série de tentativas. Por outro lado, a frequência relativa do *feedback*, refere-se à proporção das tentativas executadas para as quais o *feedback* é dado, igual à frequência absoluta dividida pelo número de tentativas executadas e multiplicada por 100 (para se chegar a uma porcentagem).

Em geral, aumentar a frequência absoluta do *feedback* aprimora a aprendizagem. Isto é especialmente verdadeiro para aprendizes que não podem detectar seus próprios erros em razão de não poderem ver ou sentir o resultado, ou porque o resultado precisa ser computado de uma outra forma. Entretanto, há de se observar a questão pertinente ao fato dessa frequência ser tão acentuada que possa criar uma dependência no indivíduo, o que levaria o treinador a reduzir gradualmente a frequência relativa ao fornecimento de *feedback*, até retirá-lo inteiramente sem diminuir a performance do aprendiz. Se, por alguma razão, a proficiência da performance decair, o treinador pode dar *feedback* novamente, para trazer a performance do aprendiz de volta ao nível desejado.

### 2.7.6. Conhecimento de resultados (CR)

A categoria de *feedback* extrínseco conhecida como conhecimento de resultados, consiste em informação apresentada externamente sobre o resultado do desempenho de uma habilidade ou sobre a obtenção da meta do desempenho. Entretanto, em algumas situações, o CR não descreve o resultado do desempenho, mas simplesmente informa se o praticante atingiu a meta de desempenho. Isto ocorre quando algum dispositivo externo fornece um sinal indicando se a ação foi executada com êxito ou não (Magill, 1998).

A relevância deste tipo de *feedback* tem sido bastante questionada. Considerado a princípio como informação imprescindível para a aprendizagem, Schmidt (1988) negou posteriormente sua utilidade, entendendo que nenhum tipo de *feedback* era imprescindível para a aprendizagem e que o *feedback* intrínseco, em muitas ocasiões, é suficiente do ponto de vista informacional, podendo ser o CR dispensável ou redundante.

Sendo o CR redundante, o desportista, por seu próprio *feedback* intrínseco é capaz de reconhecer autonomamente sua adequação ao objetivo. Isto faz com que a informação que outra pessoa possa proporcionar ao desportista sobre o resultado de sua atuação seja idêntica a que ele obteve por si mesmo, não beneficiando a aprendizagem.

A importância dessa informação dependerá, portanto, do tipo de habilidade que se pretenda adquirir. Independentemente de que esta provenha do próprio indivíduo por seu mecanismo de *feedback* intrínseco, ou que provenha do exterior em forma de conhecimento dos resultados.

Para que a aprendizagem ocorra, o indivíduo deve usar CR no sentido de que a próxima resposta seja diferente das anteriores, ele deve usar o traço perceptivo (memória de movimentos passados) em relação ao CR, e ajustar sua resposta na próxima tentativa. Com o passar do tempo, quando o erro diminui e o traço perceptivo se solidifica, o indivíduo precisa apenas reconhecer o movimento em curso como tendo erro zero ao combiná-lo com o traço perceptivo. Ele pode agora ignorar o CR porque na tentativa continua seu movimento até que encontre o traço perceptivo e, quando isso ocorre, sabe a

resposta correta. Mais do que ser capaz de ignorar CR o indivíduo pode aprender sem CR. O traço é fortalecido ainda mais com a prática. Aqui a aprendizagem é denominada de reforço subjetivo (estágio motor, em que o comportamento passa de consciente a automático) (Adams, 1971).

No início do processo de aprendizagem, quando poucas respostas foram praticadas, a distribuição é vaga e o CR é usado para ajustar o fortalecimento da resposta em relação a uma referência incerta. Erros iniciais são uma função dessa referência indistinta. Ao longo da prática, o sistema vai ficando resistente aos processos de esquecimento. Entretanto, quando o indivíduo não é capaz de reconhecer por si próprio o grau de adequação ao objetivo previsto, o CR adquire grande importância, fazendo-se quase imprescindível para a melhora da aprendizagem. Pode suceder que o indivíduo perceba os possíveis erros e acertos em sua execução, porém desconheça que o resultado final conseguido equivale com o que se tinha como prioridade. Este é o caso dos desportos ou habilidades em que o tempo ou a pontuação são os fatores determinantes do rendimento em relação aos objetivos pretendidos.

### **2.7.7. Conhecimento da performance (CP)**

A segunda categoria de *feedback* extrínseco é o conhecimento de performance. Trata-se de informação sobre as características do movimento responsáveis pelo resultado do desempenho (Schmidt e Wrisberg, 2001). O ponto importante é que o CR e o CP se diferenciam conforme a informação se refira a um ou outro aspecto do desempenho. Além de ser fornecido verbalmente, o CP algumas vezes chamado de *feedback* cinemático, pode ser fornecido de várias outras formas não-verbais. Por exemplo, as imagens de vídeo são um método popular de mostrar o sucesso obtido pela pessoa no desempenho de uma habilidade. O vídeo permite que a pessoa veja o que ela realmente fez durante o desempenho que levou ao resultado obtido.

À medida em que um treinador fornece CP a um atleta, estará a fazê-lo sobre a cinemática (padrão ou velocidade) do movimento. Observe que CP, diferente do CR, não indica necessariamente algo sobre o nível do resultado.

Preferencialmente, o CP informa os indivíduos sobre a qualidade do movimento que eles estão produzindo (Schmidt e Wrisberg, 2001). Algumas das mais importantes semelhanças e diferenças entre CR e CP estão resumidas no Quadro 2.8.

**Quadro 2.8.** Comparação entre o CR e o CP através de suas diferenças e semelhanças (adaptado de Schmidt e Wrisberg, 2001).

Conhecimento de Resultados (CR)	Conhecimento da Performance (CP)
<b>Semelhanças</b>	
Verbal ou verbalizáveis	
Extrínseco	
Pós-resposta	
<b>Diferenças</b>	
Informação sobre o resultado em termos de meta ambiental	Informação sobre a produção ou padrão do movimento (cinemática)
Frequentemente redundante com o <i>feedback</i> Intrínseco intrínseco	Normalmente distinto do <i>feedback</i>
Mais útil em laboratório	Mais útil em tarefas do mundo real

Uma outra forma de fornecer CP, que está se tornando cada vez mais difundido à medida que os *softwares* se tornam mais acessíveis, é mostrar aos praticantes as características cinemáticas geradas por computador, do desempenho que acabara de completar (Magill, 1998). Assim, o *feedback* sensorial é aumentado para informar ao indivíduo sobre o que ele fez durante o desempenho da habilidade levando-o àquele resultado.

Certamente, uma função importante do *feedback* extrínseco é a de fornecer aos indivíduos informações a respeito do progresso que eles estão fazendo, estimulando-os a continuarem seus esforços para alcançar seus objetivos (Schmidt e Wrisberg, 2001). A motivação é fortemente ligada ao alcance da meta. Manter os aprendizes informados sobre os seus respectivos progressos normalmente estimula um esforço ainda maior durante a prática das tarefas.

A abordagem do *feedback* em um contexto da sua importância no treinamento técnico traduz-se em considerar e procurar explicar os diversos tipos de *feedback*, na sua contextualização relacionadas às funções, precisão, quantidade, frequência, conhecimento de resultado e conhecimento da performance, procurando dar um suporte para o entendimento na abordagem do capítulo seguinte

## **2.8. Controle motor por *biofeedback***

O uso de parâmetros cinemáticos e cinéticos assim como outras formas de *feedback* favorecem a aquisição das habilidades motoras em determinadas situações por qualquer pessoa (Chollet, 2003). Ao concordar com esta afirmação, podemos precisar que o praticante de atividade física ou desportiva, se pretender melhorar a eficácia de sua apresentação terá que controlar o resultado. Os meios para este controle podem ser obtidos através de um observador (professor ou treinador), pelo próprio indivíduo utilizando um sistema de ajuda – por exemplo um vídeo, ou quando é capaz de garantir esse auto – controle sem um sistema intermediário.

### **2.8.1. Retroalimentação mediante *biofeedback***

A partir das diferentes análises das definições de *biofeedback* (Brown e Gerardin, 1978; Basmajian, 1979, cit. Chollet, 2003), considera-se que o *biofeedback* é um procedimento, ou uma técnica, que utiliza sensores e instrumentos na maioria das vezes eletrônicos, com o objetivo de tornar perceptíveis determinados eventos mediante a manipulação dos sinais captados, sendo assim, um método de auto-controle da aprendizagem motora sem intermediário, disponível em tempo real ou seja, durante a execução do movimento ou tarefa.

Segundo Corraze (1987), a técnica do *biofeedback* consiste em tornar possível o controle de uma variável psicológica proporcionando informação sobre seus efeitos. Ele considera o *biofeedback* como um *feedback* artificial. Assim, é

verificado que o sistema nervoso central, em condições normais, não percebe os efeitos das variáveis fisiológicas, tendo de ser dado por meios artificiais ao indivíduo que quer estar informado.

Chollet (2003), para traduzir *biofeedback*, usa o termo “circuito fechado retroativo”, que na realidade corresponde ao circuito fechado biológico externo, a fim de aceitar uma conotação relativamente reduzida de conceito. Esta tradução revela como centrais os processos fisiológicos internos e inconscientes, assim como o apoio dado por um equipamento artificial, o qual libera informações não disponíveis normalmente.

### **2.8.2. Características do *biofeedback***

O *biofeedback* é um processo que não se pode realizar sem ajuda de instrumentos específicos. Estes não têm que ser necessariamente complicados, pois, assim sendo, a sua complexidade implicaria em dificuldades de interpretação. É evidente que o princípio do *biofeedback* deve responder a considerações de um rendimento global. Entretanto, por definição, o princípio do *biofeedback* estabelece uma relação entre o aparelho e o indivíduo através das modalidades sensoriais. Assim, existem tantas modalidades em *biofeedback* como modalidades sensoriais aptas para receber um *feedback*.

Outra característica do *biofeedback*, segundo Chollet (2003), é que ele está relacionado com a percepção de informações anteriormente inacessíveis, e tornam-se perfeitamente acessíveis ao se fazer uso de um equipamento compatível com o objetivo antes pretendido. Sendo estas informações quase imperceptíveis, com a sua amplificação mediante um instrumento de *biofeedback*, irão permitir um melhor aproveitamento e assimilação do que antes passava despercebido. Entretanto, o caráter objetivo destas informações estará estritamente relacionado com as qualidades de fidedignidade e fiabilidade do aparelho empregado.

Finalmente, de acordo com o mesmo autor, um dos pontos centrais relacionados ao *biofeedback* reside na responsabilidade que o indivíduo passa a ter no sentido de que somente ele, será o responsável direto em receber a

informação fornecida pelo aparelho e aceitar que esta informação venha a modificar seu comportamento em relação à habilidade pretendida.

O conhecimento dos resultados facilita a aprendizagem, fornecendo ferramentas para a sua ocorrência. O *biofeedback* utiliza esta informação recebida, que tanto pode ser terapêutica quanto educativa, e a fornece ao indivíduo, que se comprometerá a utilizá-la, ou não.

### **2.8.3. Especificidade do *biofeedback***

É importante reafirmar que o grande número de receptores do corpo humano, embora sendo imprecisos individualmente, proporciona uma informação global exacta. No entanto, a referida informação não permite uma análise específica de cada uma das componentes da tarefa.

Os progressos tecnológicos relativos dos parâmetros fisiológicos (eletrocardiograma, eletroencefalograma, etc.) permitem executar técnicas que tornam perceptíveis informações que antes não o eram. Na perspectiva de Chollet (1986b), as técnicas do *biofeedback* têm sua originalidade e novidade no seguinte conjunto de pontos: (i) critérios de avaliação objetivos; (ii) retorno da informação durante a tarefa; (iii) consideração de um rendimento global; (iv) percepção de informações anteriormente inacessíveis e (v) uma atividade real do sujeito, já que o material por si só, não resolve nenhum problema.

Torna-se importante precisar que o uso de *biofeedback* é somente um meio e não um objetivo em si, pois o objetivo é utilizá-lo, sem ficar dependente dele.

### **2.8.4. Sistemas de *biofeedback* e a motricidade desportiva**

O *biofeedback* envolve a utilização de instrumentos para fornecer informações sobre processos fisiológicos e biomecânicos envolvidos no desempenho de uma habilidade. Segundo Magill (1998) e Chollet (2003), após ter sido utilizado em índices de parâmetros fisiológicos, o interesse passou a ser direcionado para as atividades motoras, tendo estas aplicações sido centradas inicialmente em atividades de relaxamento muscular ou diminuição da tensão. Mediante a

eletromiografia foram realizados trabalhos com objetivo de reeducação motriz, mas isto quando diante de indivíduos com uma disfunção, os quais geralmente não têm consciência de seus movimentos.

Logo, o interesse destas técnicas experimentais apareceu em trabalhos relacionados com a aprendizagem de habilidades motoras, com as atividades físicas e desportivas.

A problemática referente ao circuito fechado bioretroativo com respeito às práticas desportivas se ilustra mediante trabalhos que tenham consequências no rendimento indireto e direto. Citados por Chollet (2003) temos, por exemplo, os seguintes trabalhos: (i) Dewitt (1980) utilizou o *biofeedback* para que jogadores tivessem consciência de suas reações fisiológicas a fim de diminuir a tensão. Foram observados com este estudo efeitos positivos em jogadores de futebol e basquetebol; (ii) Daniels e Landers (1981) usaram o *biofeedback* para o treinamento de tiro com fuzil. Os resultados demonstraram uma melhora e também uma melhor estabilidade no rendimento dos atiradores testados; (iii) Gauthier (1985) comparou a eficácia de controle do movimento através de *biofeedback* em uma tarefa de aprendizagem do remador, através do método convencional por indicação verbal. Os resultados apresentaram a superioridade da técnica na aprendizagem convencional em dois aspectos do movimento do remador.

### **2.9. Biofeedback como suporte para nadadores**

Se considerarmos a ideia de que o domínio técnico pode ser melhorado pelo auto-controle das ações motoras de nadadores, utilizando um dispositivo de *biofeedback*, onde este sistema, seja adaptável a cada indivíduo, respeitando a natureza da tarefa, e possibilitando a partir da interação homem aparelho, a evolução técnica, estaremos diante da perspectiva de promover e alcançar resultados de grande relevância para o rendimento técnico.

Belokowsky (1971), para estudar o controle de velocidade do *crawl*, utilizou um sensor de pressão colocado na mão que permite analisar as variações da força durante o nado. Entretanto, as informações registradas somente podiam ser

analisadas após o evento, portanto, não as utilizavam imediatamente. Devemos salientar que o objetivo deste trabalho foi, realizar um estudo biomecânico das variações da força da mão do nadador, ficando caracterizado que este estudo não teve uma função pedagógica.

Svec (1982) utilizou o mesmo tipo de instrumento. Porém, desta vez, o real interesse foi orientado para o nadador, que utilizou o dispositivo como meio de evolução podendo controlar seus progressos. A informação obtida foi transmitida a um registrador gráfico colocado na borda da piscina e, portanto, não permitiu *feedback* em tempo real.

Van Tilborgh e Persyn (1984) registraram as forças propulsivas, as forças laterais e a pressão da mão em uma situação experimental. O nadador se posicionava sobre uma plataforma e colocava o braço na água a fim de criar movimentos de braçada correspondente a suas ações propulsivas da qual se avaliavam todos os movimentos das curvas correspondentes ao mesmo instante em que o nadador podia visualizar a informação através de um vídeo sobre seu trajeto motor.

O real interesse desta metodologia é que o retorno desta informação era em tempo real. Entretanto, havia um inconveniente em relação a metodologia utilizada pelo fato da resposta repousar em uma situação artificial, pois, o ombro do nadador não estava submerso e o corpo não sofria resistência criada pelo deslocamento, já que estava sobre a plataforma.

A seguir, Chollet et al. (1988) e Chollet (2001), criaram um dispositivo que consistia em placas que se fixavam nas mãos do nadador, providas de sensores de pressão, de gerador de som e de uma fonte de energia elétrica. As pressões motoras eram medidas através de sensores com calibrações ajustáveis à capacidade de cada nadador. A informação obtida era transmitida aos sensores acústicos colocados nos ouvidos do nadador e assim podia desenvolver o nado sem qualquer constrangimento. O experimento consistiu em comparar os resultados obtidos por meio deste dispositivo com os obtidos com ajuda de um material tradicional (placas neutras). Foram observadas diferenças significativas entre o grupo experimental e o grupo testado,

demonstrando assim um melhor rendimento propulsivo dos nadadores que se beneficiaram do sistema de circuito fechado bioretroativo externo. Os autores concluíram que este dispositivo ajudou os nadadores a manter a contagem e a velocidade das braçadas, pois sem ele os nadadores teriam diminuído essas características ao longo da distância nadada.

### 3. OBJETIVOS E HIPÓTESES

#### 3.1. Objetivo Geral

Desenvolver e estudar a utilidade na aprendizagem motora e no treino da técnica em Natação Pura Desportiva (NPD), de um sistema "*biofeedback*" que reforce a capacidade individual de percepção do resultado da execução de um gesto técnico, com base no perfil da variação intracíclica da velocidade de um ponto anatômico (anca).

#### 3.2. Objetivos Específicos

Para a concretização do objetivo geral enunciado, os objectivos específicos do presente estudo são os seguintes:

1. Desenvolver, com base velocimétrica, um sistema de "*biofeedback*" para o treino da técnica de nadadores que disponibilize, em tempo real e em tempo diferido útil, o perfil de variação intracíclica da velocidade de um ponto anatômico (anca) do corpo do nadador.
2. Validar o sistema velocimétrico comparando os respectivos resultados com os obtidos através de avaliação cinemétrica 2D e através de outras soluções velocimétricas.
3. Sincronizar e editar o sinal do sistema em conjunto com imagens de vídeo do nadador, de forma a obter resultados imediatamente após a execução.
4. Analisar comparativamente os resultados proporcionados por cinco programas de treino da técnica, distinguidos pela implicação de diferentes meios de *feedback* da execução: (1) apenas informação proporcionada pelo treinador; (2) informação proporcionada pelo treinador, reforçada por informação velocimétrica imediatamente após a execução; (3) informação proporcionada pelo treinador, reforçada por informação velocimétrica sincronizada com imagens de duplo meio, apresentadas imediatamente após a execução; (4) informação proporcionada pelo treinador, reforçada por informação velocimétrica imediatamente após a execução e por

informação velocimétrica acústica concomitante de elevada frequência; (5) informação proporcionada pelo treinador, reforçada por informação velocimétrica imediatamente após a execução e por informação velocimétrica acústica concomitante de baixa frequência.

### 3.3. Hipóteses

De acordo com os objetivos definidos anteriormente, formulamos as seguintes hipóteses:

1. O desenvolvimento do dispositivo de avaliação velocimétrica permite a avaliação das variações intracíclicas da velocidade de um ponto anatômico pelo pesquisador.
2. Os resultados proporcionados pelo dispositivo velocimétrico são similares aos proporcionados por avaliação cinemétrica videogramétrica 2D ou 3D e por outros meios velocimétricos.
3. Os resultados velocimétricos podem ser sincronizados com registros vídeo de duplo meio e imediatamente disponibilizados ao nadador e treinador após a execução.
4. A utilização do dispositivo de *feedback* influi na qualidade dos processos de aprendizagem motora associados ao efeito agudo do treino da técnica de nado, sendo tanto maior essa influência quanto mais elevada a quantidade e frequência da informação proporcionada.

## **4. METODOLOGIA**

A exposição da metodologia seguida neste estudo obedecerá a uma estrutura particular. Numa primeira fase apresentaremos um conjunto de estudos exploratórios que nos permitiram desenvolver, validar e progressivamente otimizar o principal instrumento a que recorreremos para o estudo nuclear desta dissertação. Na segunda fase descreveremos o material e métodos utilizados nesse estudo.

### **4.1. Estudos exploratórios**

O primeiro grande problema com que nos confrontamos no nosso estudo consistiu na (in) disponibilidade de um dispositivo de avaliação biomecânica da técnica de nado que reunisse um importante conjunto de requisitos:

- (i) que avaliasse um parâmetro discriminante da qualidade técnica;
- (ii) que esse parâmetro possuísse um elevado grau informativo acerca da biomecânica do nado;
- (iii) que a avaliação preenchesse os requisitos de validade e fidelidade imprescindíveis;
- (iv) que o processo de avaliação pudesse ser rápido; tão rápido que pudesse, inclusive, proporcionar informação em tempo real.

Optou-se, como parâmetro biomecânico nuclear, por estudar as flutuações intracíclicas da velocidade do nadador, parâmetro que, como analisamos aprofundadamente na revisão da literatura, consiste num dos mais discriminantes (se não o mais discriminante) da capacidade técnica de um nadador e do detalhe da respectiva biomecânica. Isto porque:

- (i) acelerações positivas ou negativas traduzem predominâncias circunstanciais, respectivamente, da ação propulsiva ou do arrasto hidrodinâmico; (ii) variações do impulso resultante (e, portanto, da aceleração) estão normalmente associadas às diferentes fases do encadeamento gestual que designamos por técnica desportiva, permitindo, assim, a segmentação do

ciclo e a sua análise temporal detalhada e (iii) a maior ou menor variação da velocidade por ciclo está associada, individualmente, a maiores ou menores custos energéticos da locomoção aquática.

Para se avaliar as flutuações intracíclicas da velocidade do nadador recorre-se habitualmente, como estudámos antes no capítulo de revisão da literatura, a métodos predominantemente mecânicos ou essencialmente imagiológicos. Os primeiros monitorizam normalmente a variação da velocidade de um ponto anatômico de referência, habitualmente a anca, ou a cintura do nadador; os segundo permitem também o mesmo estudo, mas proporcionam complementarmente (e essencialmente, diríamos) a possibilidade de se estudar a cinemática do CG e, por isso, ter acesso às verdadeiras repercussões e/ou exigências mecânicas da inércia do nadador.

A principal controvérsia em torno do recurso a um ou outro destes dois tipos de procedimentos centram-se nos seguintes aspectos: (i) a monitorização da cinemática do CG é teoricamente mais válida, mas sobra a discussão em torno da adequação dos modelos antropométricos biomecânicos e do rigor dos processos de digitalização dos centros articulares, para se poder afirmar inequivocamente a sua superioridade relativamente ao estudo de um ponto anatômico fixo; (ii) mesmo que uma vez afirmada a superioridade da cinemática do CG, resta a importante questão da capacidade de fornecimento de informação em tempo útil (no nosso caso em tempo real) quando se recorre a sistemas de processamento biomecânico de imagem, especialmente em meio aquático, onde a digitalização automática está longe de atingir o refinamento já conseguido em ambiente laboratorial seco.

Da revisão da literatura realizada antes, pareceu-nos claro que a opção por velocimetria mecânica seria razoável para os fins a que nos propúnhamos; não é incontornavelmente menos própria do que a cinemática do CG e é capaz de proporcionar resultados imediatamente disponibilizados e, por isso, com elevado potencial de interatividade com o processo de aprendizagem/treino.

Todavia, ao realizarmos esta opção confrontamo-nos com o fato de, no mercado especializado, existirem muito poucos dispositivos disponíveis e,

muito menos a preços razoáveis, sobretudo se se considerar a acessibilidade de argumentos de validade.

Neste quadro optamos por uma sequência de ações: (i) adquirir um sistema velocimétrico disponível comercialmente no Brasil; (ii) testá-lo, verificando da sua capacidade discriminativa, da sua validade e fiabilidade, especialmente comparando os resultados que proporcionava com o que era esperado através da análise da literatura, numa primeira fase e, depois, comparando-os também com dados similares decorrentes de cinemática videogramétrica de um ponto anatômico similar, ou do CG; (iii) desenvolvê-lo e adequá-lo, em *software* e *hardware*, às nossas necessidades e (iv) integrá-lo num sistema mais vasto de fornecimento de *feedback* ao nadador (e ao treinador), durante a execução, e/ou imediatamente após a mesma.

Estas ações são descritas pormenorizadamente em continuação, no que designamos por Estudos Exploratórios (1 a 3) e, depois, no ponto consagrado à descrição do Material e Métodos do nosso estudo principal. O dispositivo que acabou por ser utilizado resultou, então, de uma sucessão de versões que foram sendo desenvolvidas com vista a: (i) melhorar as condições mecânicas de desempenho do equipamento; (ii) melhorar a eletrônica implicada, tornando-o mais rápido mas também mais confiável; (iii) melhorar o *software* dedicado e (iv) otimizar a sua validade.

No primeiro estudo mostramos como, partindo de um dispositivo rudimentar disponível no mercado, desenvolvermos um equipamento com frequência de aquisição suficiente para retratar as curvas de variação intracíclica da velocidade do nadador de peito com aparente validade ecológica.

No segundo estudo verificámos a validade da velocimetria mecânica desenvolvida no primeiro estudo por comparação com velocimetria imagiológica videogramétrica da anca e do Centro de Gravidade (CG) na técnica de borboleta. Para este estudo, porém, implementou-se o *hardware* através do recurso a um leitor ótico, em alternativa ao sistema eletromagnético que serviu de base ao sistema utilizado no primeiro estudo.

No terceiro estudo procedeu-se a uma análise similar da validade velocimétrica do sistema, mas desta feita para a técnica de peito. A avaliação de ambas as técnicas simultâneas nos três primeiros estudos teve como fundamento a intenção de centrar nelas o estudo final; todavia, mais tarde optou-se por centrar os principais esforços deste trabalho na avaliação da técnica de peito. Para esta terceira etapa exploratória decidiu-se desenvolver a eletrônica do equipamento de suporte (velocímetro) através do recurso a um microprocessador, de maneira a tornar mais rápida a comunicação da informação, especialmente entre o sensor de velocidade e o *display* gráfico no computador. Esta ação foi determinante para a futura implementação do sistema integrado de imagem e velocimetria em tempo real para coadjuvar o processo de aprendizagem / treino.

#### **4.1.1. Estudo Exploratório 1**

##### **4.1.1.1. Introdução**

Na literatura dedicada é possível encontrar-se a descrição de vários esforços desenvolvidos no sentido de desenvolver sistemas de velocimetria mecânica do nadador, tais como os *Speedmeters* (Craig et al., 1988; Costill et al., 1987; Tourny, 1992) e os *Swim speed recorders* (Manley e Atha, 1992; Hahn e Krug, 1992).

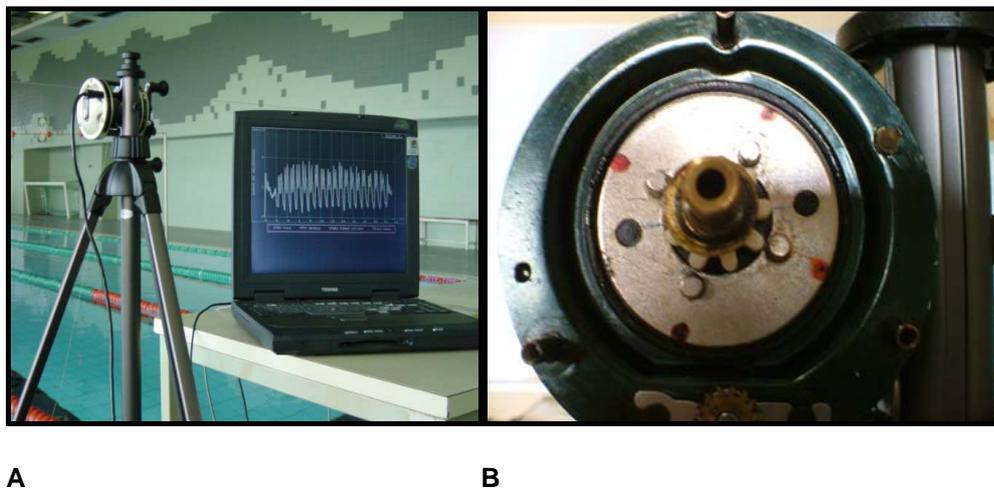
No Brasil, no final dos anos noventa foi disponibilizado comercialmente um velocímetro mecânico por cabo para o estudo da cinemática de nadadores, baseado num instrumento inicialmente desenvolvido para ciclistas. Tratava-se do “Impulsor”, versão 1.0, de Leszeck Szmuchrowski (Pussield et al., 2000). O sistema consiste num *hardware* (velocímetro) e um *software* que, alegadamente, proporcionam, durante a recolha de dados, a observação do traçado da variação da velocidade de nado em função do tempo –  $V(t)$  – em tempo real, e quando da análise após os dados já recolhidos, uma leitura de fácil compreensão e que atribuiria um valor acrescentado à simples observação e avaliação qualitativa de imagens vídeo para a avaliação da técnica do nadador.

O objectivo deste estudo exploratório consistiu em analisar os resultados proporcionados pelo equipamento referido e desenvolvê-lo de tal forma que o “output” fosse, no mínimo, similar ao esperado com base no estado da arte.

#### 4.1.1.2. Metodologia

##### 4.1.1.2.1. Características do “Impulsor”

O equipamento consiste de um carroto instrumentado, fixado a um tripé utilizando uma linha do tipo *fireline*, sem elasticidade (Figura 4.1.A e 4.1.B). Esta linha, é fixada ao nadador por meio de um pequeno prendedor à altura da anca (cintura pélvica), sendo desenrolada à medida que o nadador se desloca numa distância de 25m.



**Figura 4.1.A** - “Impulsor”, versão 1.0, de Leszeck Szmuchrowski (Pussield et al., 2000), na sua configuração original e **4.1.B** – Implementado com 4 elementos magnéticos.

O carroto tinha 0,1m de perímetro e estava dotado, numa primeira fase, de um elemento magnético. Este elemento magnético permite que o velocímetro, comunicando com a porta paralela de um computador através do sinal ACK, registre, no tempo, a ocorrência de cada desenrolamento de 0.1m de fio, uma vez que em cada giro altera, à sua passagem pelo interruptor de laminas fixado na blindagem do carroto (abrindo-o, ou fechando-o), o estado ACK. O sinal

ACK é capturado por um PC a uma frequência adequada (atualmente a 1000 Hz) e processado através de um *software* dedicado desenvolvido em linguagem C, correndo em sistema operativo DOS. O deslocamento era traduzido em velocidade por derivação da posição em ordem ao tempo, sendo esta representada graficamente durante o evento. O *software* permitia a visualização da curva à medida que ia sendo determinada, a sobreposição de curvas de ensaios sucessivos, bem como a cronometragem do evento completo (25m), o cálculo da respectiva velocidade média e máxima, o tempo decorrido até à obtenção da velocidade máxima e duração da velocidade máxima.

Estas características do equipamento permitiam um desenrolamento de fio correspondendo a 250 voltas do carreto (250 leituras de posição) em cada percurso de 25m. Se se aceitar um tempo médio de 18s a cada 25m, estaríamos, portanto, face a um equipamento que operaria aproximadamente a 14Hz de frequência de amostragem, apesar de, no *software* (versão original), um dos campos anunciar uma frequência de aquisição de 1000Hz!

Numa segunda fase optou-se por quadruplicar a capacidade de amostragem do dispositivo, tendo-se adicionado mais três elementos magnéticos colocados cada um com um afastamento de 45° relativamente ao anterior. Nesta configuração (Figura 4.1B), passou a proporcionar 1000 leituras por cada 25m nadados, o que para uma duração média de 18s de duração por percurso, favorecia uma frequência de amostragem da ordem dos 56Hz.

Dadas as limitações do *software* inicial, especialmente no concernente à apreciação de resultados pontuais quaisquer, foi solicitado pessoalmente ao seu criador uma versão mais elaborada, que facilitasse a disponibilização de listagens de dados em ASCII. Com base nestas passou a proceder-se, já na versão implementada de *hardware*, à exportação, *a posteriori*, dos resultados para Matlab 6.5, onde se desenvolveu uma rotina para processamento da curva. Nesta eram determinados os pontos notáveis (inflexões ou deflexões – derivada zero) e registrados os respectivos momentos de ocorrência e respectivos valores de V. Esta rotina permitia ainda determinar a velocidade

média de cada fase (definida por dois pontos notáveis sucessivos), a respectiva duração ( $\Delta t$ ) e, naturalmente, a aceleração média ( $a$ ) em cada intervalo  $\Delta t$  considerado (parâmetros que não utilizaremos neste Estudo 1).

#### 4.1.1.2.2. Procedimentos

Os primeiros testes realizados com o dispositivo foram conduzidos inicialmente para proceder a uma primeira apreciação da validade e calibração do velocímetro. Para isto, utilizamos um corredor de 25m de comprimento, devidamente aferido, onde fizemos caminhar um sujeito (51 anos de idade, 178cm de altura, 75kg de peso) a três velocidades livremente escolhidas: baixa, média e rápida. Para cada velocidade o sujeito realizou 3 repetições. O indivíduo encontrava-se ligado ao velocímetro, ao mesmo tempo que o seu tempo era cronometrado por três operadores experientes ao passar pelos marcadores de referência de início e final da distância. Foi utilizado um cronómetro digital *Seiko* com aproximação aos centésimos de segundo. Foi-nos possível analisar o tempo e velocidade alcançada pelo sujeito e compará-la com os registos obtidos pelo velocímetro.

Uma segunda avaliação foi realizada numa piscina de 25m, 6 pistas e 2.0m de profundidade, coberta e aquecida. Recorreu-se a uma amostra de conveniência constituída por dois nadadores, um do gênero masculino e outro do gênero feminino. Ambos os nadadores eram treinados e de nível desportivo nacional, participando regularmente nas provas de peito dos campeonatos nacionais de Portugal. O nadador tinha 17 anos de idade, 178cm de altura e 75kg de peso, enquanto que a nadadora tinha 15 anos de idade, 157cm de altura e 51kg de peso. Ambos os nadadores participaram voluntária e informadamente no estudo. Cada recolha, para cada sujeito, constou de um percurso de 25m em velocidade tão aproximada quanto possível a 50% do melhor resultado técnico obtido pelo nadador em prova de 200m na técnica de peito.

De cada ensaio foi recolhido o traçado velocidade/tempo correspondente à totalidade do percurso de 25m disponibilizado pelo velocímetro (Figura 4.1 A).

Este traçado foi apreciado qualitativamente procurando-se perceber até que ponto é que os registros obtidos correspondiam aos traçados normalmente obtidos e publicados para a técnica de peito: traçados bimodais com dois máximos similares, um mínimo inicial próximo de zero e um mínimo intermediário superior à meia altura do registro (Vilas-Boas, 1993; Vilas-Boas e Ferreira da Silva, 1993) – Figura 4.2. Foram ainda analisados quantitativamente os pontos notáveis (máximos e mínimos) da função  $V(t)$ , tendo sido calculados os respectivos valores médios (e desvios padrão), por indivíduo, da velocidade ( $V$ ) e do tempo ( $t$ ) relativizado à duração do ciclo ( $T$ ). Para cada sujeito foram analisados os 10 ciclos intermediários dos registrados ao longo do percurso de 25m. Os pontos notáveis considerados foram: (i) mínimo absoluto do ciclo, correspondente às ações de recuperação (Ponto 1); (ii) velocidade máxima associada à ação dos membros inferiores (Ponto 2); (iii) mínimo intermediário associado à transição entre as ações dos membros inferiores e superiores e/ou ao deslize (Ponto 3); (iv) segundo máximo da velocidade associado à ação dos membros superiores (Ponto 4).

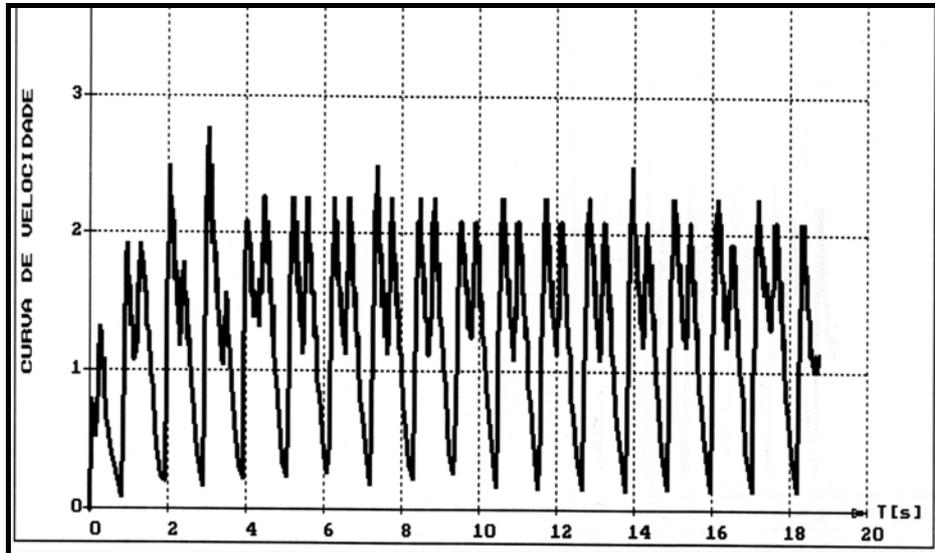


Figura 4.2. Exemplo de um registro gráfico de um percurso de 25m peito.

A análise estatística dos dados consistiu numa simples abordagem exploratória descritiva, utilizando o programa Microsoft Excel 2000. Foram utilizados os parâmetros mais comuns de tendência central (média) e de dispersão (desvio

padrão). Quando explorado o estudo das diferenças de meias recorreu-se ao *t-test de Student*. Em todos os procedimentos foi adotado um nível de significância de 95% ( $\alpha = 0.05$ ), sendo referido sempre que se verifique um nível de significância de 99%.

#### 4.1.1.3. Apresentação e discussão dos resultados

No Quadro 4.1 são apresentados os resultados relativos aos primeiros testes de velocimetria em seco.

Constatou-se que não existiram diferenças nos valores da velocidade média em 25m de corrida plana em seco quando comparados os registros por velocimetria e por cronometragem direta a qualquer das três velocidades estudadas. O fato de, complementarmente, não se revelar uma tendência consistente para qualquer dos métodos proporcionar resultados inferiores ou superiores, reforça a noção de que, aparentemente, o velocímetro em estudo permite avaliar corretamente a velocidade média em períodos de avaliação da ordem dos 5s de duração. Resta saber, porém, se a frequência de aquisição que permite é suficiente para retratar a curva  $V(t)$  do nadador, para além da respectiva velocidade média num período alargado.

**Quadro 4.1.** Valores médios e respectivos desvios padrão da velocidade de corrida plana em seco ( $m.s^{-1}$ ), determinada por velocimetria e por cronometragem manual direta. Diferenças de média com significado estatístico ( $p < 0.05$ ) são assinaladas com \*.

	Velocidade baixa	Velocidade média	Velocidade alta
Velocimetria	1.305 ± 0.197	1.811 ± 0.335	2.245 ± 0.346
Cronometragem	1.264 ± 0.165	1.748 ± 0.276	2.197 ± 0.312

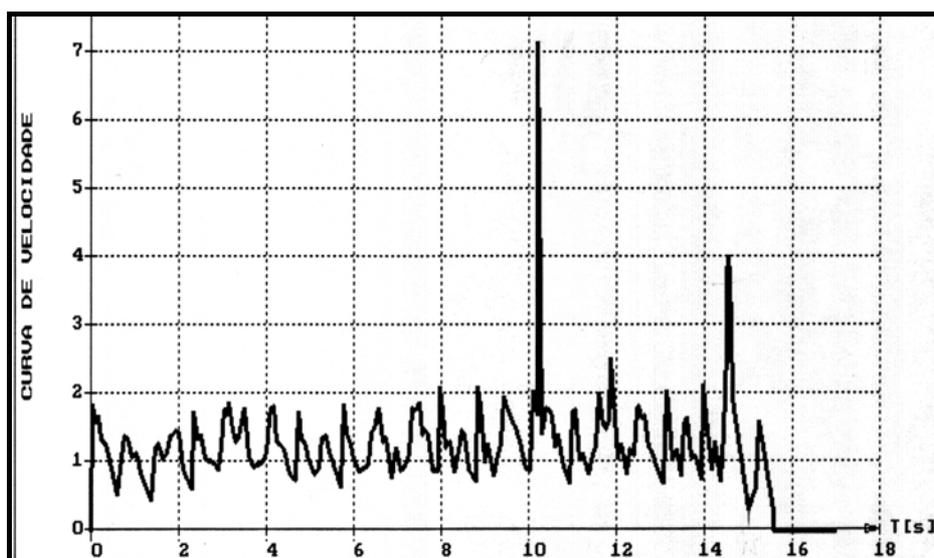
A análise qualitativa dos registros  $V(t)$  sobre 25m de teste permitiu perceber que, na sua primeira configuração, o velocímetro dificilmente proporcionava traçados consistentes com o estado da arte a respeito da cinemática do corpo, sobretudo se o executante se aproximasse mais das velocidades de

competição. Na Figura 4.3 apresentamos um exemplo típico dos registros obtidos com o velocímetro de primeira geração (aproximadamente 14Hz), onde se pode constatar um afastamento importante relativamente ao esperado.

Da análise da Figura 4.3 percebe-se que, apesar de aparentemente válido para a determinação da velocidade média em períodos de avaliação relativamente longos, para fenómenos de ciclicidade mais frequente, como o ciclo de nado em peito, ou os episódios notáveis dentro do ciclo de peito, a capacidade de amostragem do dispositivo tinha de ser aumentada.

Utilizando uma frequência de amostragem similar (15Hz), Vilas-Boas (1993) optou por sobrepor dois ciclos extremos sobre um ciclo central de uma sequência de três ciclos de peito, somando ou subtraindo aos instantes de início de cada ciclo os valores médios do seu período numa tentativa de reduzir a variabilidade do sinal adquirido.

Constatou-se que o ciclo de nado apresenta variações com frequências mais elevadas do que 15 Hz, logo pelo teorema geral da amostragem é necessário uma frequência de amostragem de pelo menos o dobro para que tenhamos uma leitura correta do evento.



**Figura 4.3.** Exemplo de um registro gráfico de um percurso de 25m peito obtido com o velocímetro de primeira geração, com reduzida capacidade de amostragem.

Foi por este fato que optámos por quadruplicar a frequência do sinal do velocímetro, juntando mais três elementos magnéticos no perímetro do carreto. Foi decidido não ir mais longe dados os riscos de “*cross talk*”.

Na Figura 4.2, em contrapartida, servimo-nos já de um registro do velocímetro de segunda geração, com uma frequência de amostragem sensivelmente quadruplicada e muito próxima do que é habitual para o processamento cinemático de imagens vídeo convencionais ( $2 \times 25 = 50\text{Hz}$ ). Pode verificar-se que os registros são francamente aderentes ao esperável, sugerindo uma elevada validade aparente. Apesar disso, o recurso a sensores electromagnéticos, especialmente se bastante próximos no espaço, poderá constituir um dos pontos fracos do dispositivo, exatamente por poderem apresentar influências recíprocas espúrias que, por inconvenientes, deverão ser evitadas tão insistentemente quanto possível. Pensamos, evidentemente, que este deverá consistir num dos vetores preferenciais de evolução do equipamento.

No Quadro 4.2, observamos os resultados (média e desvio padrão) de  $V$  e  $t$  em cada um dos pontos notáveis da função  $V(t)$ , obtidos pelos nadadores masculino e feminino estudados.

**Quadro 4.2.** Resultados (média  $\pm$  desvio padrão) obtidos por um nadador masculino e outro feminino, nos pontos notáveis (máximos e mínimos) da função velocidade ( $V$ ) / tempo ( $t$ ), designados de pontos 1, 2, 3, 4 e 5. Os valores de  $t$  são relativizados à duração de cada ciclo ( $T$ ). \* - significativamente diferente entre sujeitos; ° - significativamente diferente do ponto 1; • - significativamente diferente do ponto 2; ♦ - significativamente diferente do ponto 3.

Gênero		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5(1)
Feminino	t	0	0.096 $\pm$ 0.001	0.467 $\pm$ 0.043	0.647 $\pm$ 0.006	1
	V	0.172 $\pm$ 0.027	2.592 $\pm$ 0.160°	0.943 $\pm$ 0.091•	1.539 $\pm$ 0.140°♦	0.172 $\pm$ 0.027
Masculino	t	0	0.060 $\pm$ 0.005*	0.434 $\pm$ 0.006	0.513 $\pm$ 0.005*	1
	V	0.155 $\pm$ 0.023	3.009 $\pm$ 0.200°*	0.963 $\pm$ 0.150°•	2.685 $\pm$ 0.160°♦*	0.155 $\pm$ 0.023

A análise dos resultados permite verificar que: (i) a variável velocidade apresenta os seus valores mais elevados durante a ação dos membros inferiores, quer para o sujeito masculino, quer para o feminino, apesar da diferença relativamente à braçada no sujeito masculino, sugerindo um maior aproveitamento propulsivo desta ação; (ii) a velocidade na recuperação aproxima-se assinalavelmente de zero nos dois gêneros, com tendência para se manter superior no sexo feminino, apesar de sem significado estatístico; (iii) o mínimo intermediário aproxima-se de metade da amplitude de variação de V; (iv) quando comparamos os dois gêneros destaca-se o valor mais elevado da velocidade no masculino, seja a velocidade máxima obtida durante a ação dos membros inferiores, ou durante a ação dos membros superiores, ou mesmo o mínimo intermediário; (v) também é visível uma maior variabilidade da velocidade durante a pernada no masculino, apresentando um desvio padrão superior; (vi) o tempo, em percentagem de T, necessário para atingir a velocidade máxima associada à pernada e à braçada é menor no sujeito do sexo masculino, sugerindo uma potência muscular superior, quer dos membros inferiores, quer dos membros superiores.

Na generalidade, estes resultados aproximam-se tendencialmente dos anteriormente publicados, em especial, nas respectivas proporções, apesar de menos em valores absolutos (confrontar Quadros 6.2 e 6.3). Neste caso, merece especial referência os valores médios muito elevados obtidos para o máximo de V associado à ação dos membros inferiores em ambos os sujeitos e à ação dos membros superiores no sujeito masculino. Todavia, o reduzido percentual de T a que ocorre o máximo de V associado à ação dos membros superiores constitui também um resultado inesperado. Normalmente os resultados apontam para percentuais superiores a 70%T, enquanto que os valores que obtivemos se situam entre 50 e 65%T (confrontar Quadro 6.1).

#### **4.1.1.4. Conclusões**

Deste Estudo Exploratório 1 foi possível retirar as seguintes conclusões relevantes:

- (i) O “Impulsor”, versão 1.0, de Leszeck Szmuchrowski (Pussield et al., 2000), na sua configuração original, mostrou-se insuficiente para discriminar satisfatoriamente a cinemática intracíclica de execuções sucessivas de ciclos da técnica de nado de peito, apesar de ser capaz de avaliar satisfatoriamente eventos com variações cíclicas mais lentas ou de menor amplitude (25m de corrida, por exemplo), bem como a velocidade média de execuções com vários ciclos sucessivos;
- (ii) Uma vez implementado com o quádruplo da sua capacidade de amostragem, tornou possível a discriminação de uma cinemática intracíclica com características muito próximas da anteriormente descrita na literatura para a técnica de peito (bimodal, máximo de  $V$  associado à ação dos membros inferiores, mínimo absoluto próximo de zero) e coerente na diferenciação entre gêneros;
- (iii) Soluções de *software* complementar permitiram o reconhecimento automático de pontos notáveis e o registro dos respectivos valores de  $V$ ,  $t$ ,  $\Delta t$  e aceleração por fase;
- (iv) Apesar dos progressos registrados, foram notados alguns detalhes sugestivos da necessidade de ulterior implementação do dispositivo, especificamente no que concerne ao sistema de detecção da posição (minimizando as possibilidades de *cross talk*), da frequência de aquisição (se possível aumentando-a) e processamento de sinal (desenvolvendo-o nas suas virtualidades e melhorando-o nas suas características), de maneira a conseguirem-se resultados mais válidos e fiáveis.

## 4.1.2. Estudo Exploratório 2

### 4.1.2.1. Introdução

Depois de, no Estudo Exploratório 1, se ter procedido à implementação do velocímetro Leszeck Szmuchrowski através da adição de 3 sensores de posição no carroto, passando assim a 4 sensores (o que levou a capacidade de

aquisição à ordem dos 1000 pontos por 25m, quadruplicando-se a resolução da transdução dos deslocamentos, com claros reflexos na curva de velocidade), foi possível obter uma resolução na ordem de 65 pontos por ciclo da técnica de peito, proporcionando, dessa forma, uma melhor definição da curva  $V(t)$  por ciclo.

Esta solução tecnológica aperfeiçoada, sugeriu-nos a possibilidade de partir para uma abordagem quantitativa mais robusta, explorando ao mesmo tempo a validade do dispositivo e a sua utilidade na avaliação de outra técnica de natação pura desportiva.

Todavia, a continuada reflexão acerca das possibilidades de aprimoramento do dispositivo levaram-nos a ensaiar novas soluções de detecção da posição do carroto, principalmente tentando a substituição do sensor electromagnético por um leitor ótico, semelhante ao de um “*mouse*” de computador. Com esta evolução tentou-se minimizar os possíveis efeitos de “*cross talk*” do sistema anterior.

O objectivo deste Estudo Exploratório 2 consistiu na avaliação da validade das curvas de variação intracíclica da velocidade de nado do borboleta, em ambos os gêneros e a diferentes velocidades, determinadas por velocimetria mecânica por cabo através da terceira geração do velocímetro, tomando por referência a cinemetry videogramétrica de um ponto anatômico fixo (anca) e do Centro de Gravidade (CG).

#### **4.1.2.2. Metodologia**

Para este Estudo Exploratório 2 foi utilizada a terceira versão do velocímetro mecânico por cabo, a qual resultou da substituição do sensor electromagnético descrito anteriormente por um leitor ótico. Na Figura 4.4 apresentamos um exemplo dos registros obtidos, em peito, com esta nova tecnologia após exportação para Matlab 7.0.

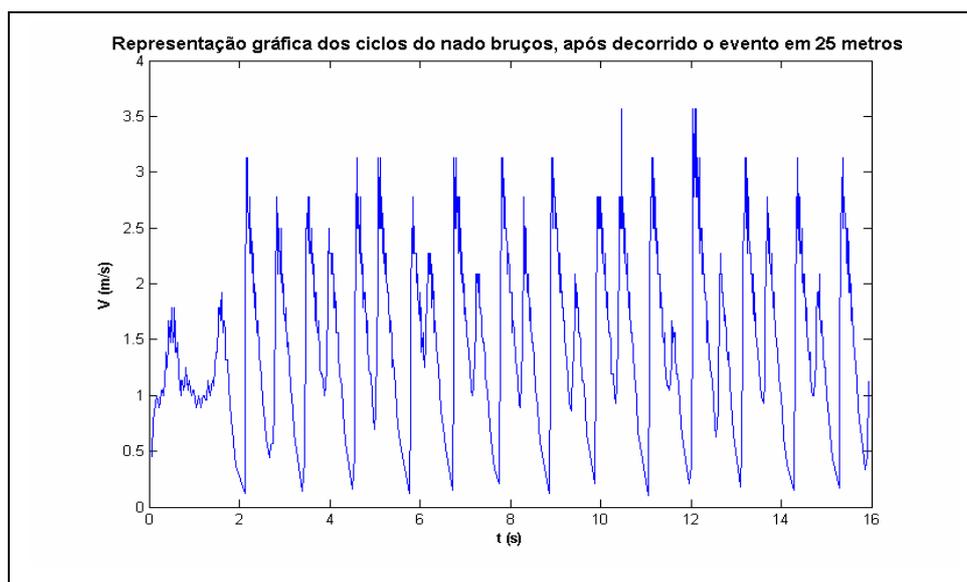


Figura 4.4. Exemplo dos registros obtidos com sensor ótico em 25m peito.

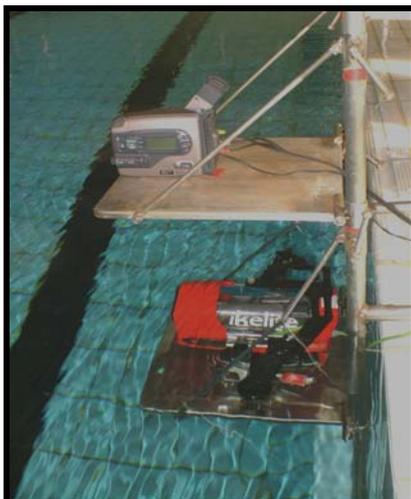
A validação da qualidade de dados obtida pelo velocímetro foi realizada através da respectiva comparação com a variação intracíclica da velocidade da anca e do CG, fazendo-se uso da videogrametria.

Recorreu-se, para tal, ao método de registro de imagens de duplo meio desenvolvido por Vilas-Boas et al. (1997). A sincronização imagens/velocímetro foi realizada através de um *LED*, visível na câmara exterior, ligado no início de cada percurso de nado com o *start* do velocímetro.

O sistema (Figura 4.5) consiste na combinação (mistura) de imagens provenientes de duas câmeras de vídeo (*JVC-GR-SX1*, SVHS), uma colocada em imersão (caixa estanque dedicada de marca *Ikelite Underwater Systems*) com a objetiva a 0.2m de profundidade e a segunda em emersão, com a objetiva 0.2m acima da superfície da água. As câmeras foram fixadas na parede lateral da piscina através de um suporte especialmente concebido para o efeito, a cerca de 10.5m do plano sagital de deslocamento do nadador.

Os eixos óticos de ambas as câmeras foram colocados de forma convergente para o plano de deslocamento do nadador, de tal forma que se tornasse possível a reconstrução de uma imagem composta de duplo meio (água / ar). Os efeitos da refração diferenciada dos dois fluidos foram corrigidos

recorrendo-se ao uso do “zoom” da câmera de superfície. O alinhamento e ajuste das dimensões das imagens das duas câmeras foram conseguidos através do recurso a um referencial visual externo, bidimensional (3x3m com 6 pontos notáveis) e por um nadador visível pelas duas câmeras, ambos situados no plano de movimento. As imagens de ambas as câmeras foram exportadas para uma mesa de mistura (*Panasonic Digital AV Mixer WJ-AVE5*) onde foram misturadas utilizando o meio campo inferior da câmera emersa e o meio campo superior da câmera imersa, de tal forma que a linha de separação das duas imagens fosse coincidente com a linha de água. A qualidade do processo era permanentemente monitorizada através de um monitor (*Sony Black Triniton KV-14T1E*). Depois de misturadas as imagens eram exportadas para um gravador vídeo SVHS (*Panasonic AG7350*) onde foram registradas.

**A****B**

**Figura 4.5.** A - Sistema de fixação de câmeras para obtenção de imagens de duplo meio (Vilas-Boas et al., 1997) e B – *output* no monitor de controle da imagem registrada no gravador SVHS.

As imagens foram posteriormente digitalizadas utilizando o sistema de processamento cinemático de imagens *Ariel Performance Analysis System* (Ariel Dynamics Inc.) – APAS. O sistema de calibração utilizado para a

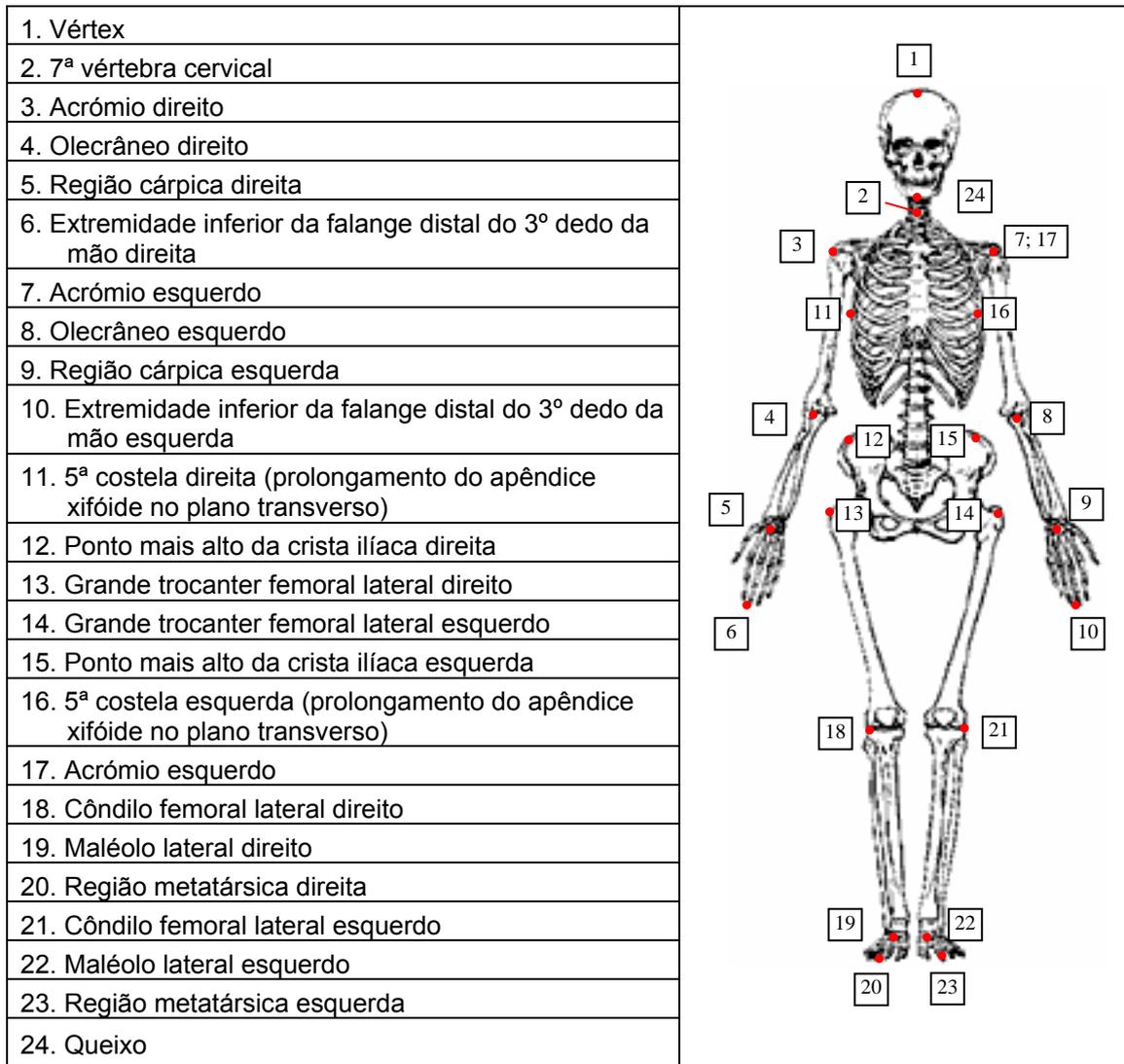
reconstrução das imagens foi também utilizado para calibrar a distância nas imagens digitalizadas, transformando as coordenadas do sistema informático em coordenadas reais através de um fator de conversão. Este sistema de calibração foi registrado durante dois minutos antes da captação de imagens.

A análise de imagens recolhidas, através do APAS, obedeceu à seguinte sequência de procedimentos: (i) conversão das imagens registradas em fita magnética em formato de vídeo para \*.avi; (ii) definição do modelo espacial a adotar em todos os ciclos de nado a analisar - baseado no modelo de Zatsiorsky et al. (1983), adaptado por De Leva (1996) – composto por 24 pontos anatômicos de referência (Figura 6) definindo 14 segmentos corporais, dos quais um, o tronco, articulado em três porções, totalizando 16 segmentos reais; (iii) introdução dos 6 pontos do sistema de calibração das coordenadas de posição (x, y) para o sistema de referência usado e, desta forma, para o nadador digitalizado; (iv) digitalização do ponto de controle (ponto fixo que terá de ser visível em todas as imagens analisadas) e dos 24 pontos anatômicos de referência para cada fotograma de cada ciclo de nado. A frequência de leitura das imagens de vídeo foi de 50Hz.

Procedeu-se, depois, 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* (APAS).

O gráfico da função velocidade / tempo ( $V(t)$ ) do CG, as correspondentes imagens vídeo e a figura de traços, foram posteriormente visualizados em simultâneo para inspeção da respectiva congruência.

A recolha de dados foi realizada numa piscina coberta e com a água aquecida a 27°C. A cuba tem 25m de comprimento por 12.5m de largura (6 raias) e 2.0m de profundidade.



**Figura 4.6.** Pontos anatômicos de referência digitalizados.

A amostra deste estudo foi composta por 7 nadadores, pertencentes à seleção nacional absoluta de natação de Portugal, 3 do gênero feminino e 4 do gênero masculino. Os elementos foram ainda diferenciados quanto à especialidade na técnica de Borboleta, sendo 3 deles considerados como especialistas (Borboleta é o seu primeiro estilo) e quatro não especialistas.

No Quadro 4.3 apresentamos os valores médios e respectivos desvios-padrão da totalidade da amostra e dos grupos constituídos em função do gênero e da sua especialidade.

**Quadro 4.3.** Valores médios ( $\bar{x}$ ) e desvios-padrão (dp) das características físicas dos indivíduos constituintes da amostra, em função do gênero e em função da sua especialidade.

	Idade (anos) $\bar{x} \pm dp$	Peso (kg) $\bar{x} \pm dp$	Altura (cm) $\bar{x} \pm dp$
Amostra total n=7	17.43±1.70		
Feminino n=3	16.13±1.34	56.33±8.10	160.67±12.10*
Masculino n=4	18.40±1.29	68.65±6.56	180.25±1.03*
Especialistas n=3	17.13±2.37		
Não especialistas n=4	17.65±1.38		

\* diferenças estatisticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Os nadadores que constituíram a amostra deste estudo foram informados dos propósitos e dos procedimentos a realizar nesta avaliação, sendo a sua participação voluntária e mediante consentimento informado.

De forma a facilitar o processamento informático das imagens, os nadadores foram marcados nos principais pontos anatômicos de referência (Figura 4.6) com fita adesiva, ou através de traçado de marcador cutâneo de cor preta.

Cada elemento que constituiu a amostra nadou 2 percursos de 25m borboleta, partindo de dentro de água: (i) um percurso a uma velocidade correspondente à sua velocidade média de uma prova de 200m borboleta e (ii) um percurso à velocidade correspondente à de uma prova de 50m. Em cada percurso foram analisados dois ciclos consecutivos, o que fez uma amostra total de 28 ciclos.

Para este estudo foram definidas, como variáveis independentes: (i) o gênero (Feminino - Masculino); (ii) a velocidade de execução ( $V_{200m}$  -  $V_{50m}$ ) e (iii) a especialidade (Especialistas – não Especialistas).

As variáveis dependentes selecionadas foram: (i) o perfil da velocidade de deslocamento do centro de massa do nadador, obtido diretamente pelo APAS; (ii) o perfil da velocidade de deslocamento da anca durante o ciclo de nado,

obtido pela média de velocidade da anca esquerda e anca direita (anca1) e (iii) o perfil da velocidade de deslocamento do ponto anatômico fixo onde se realiza a acoplagem do nadador ao velocímetro (anca2).

Todos os registros obtidos foram normalizados em percentagem da duração total do ciclo (T):  $T = 100\%$ . De forma a obter o perfil de variação intracíclica de velocidade de cada uma das variáveis dependentes para cada um dos nadadores da amostra, foram obtidos 7(8) pontos comuns, com as respectivas coordenadas em  $t$  (%T) e em  $V$  ( $m \cdot s^{-1}$ ): (i) contato inicial das mãos na água ( $vV_{t=0}$ ;  $t=0$ ); (ii) pico de velocidade associado à primeira ação descendente dos membros inferiores (MI) – ( $vV_{máx.1^aMI}$ ;  $tV_{máx.1^aMI}$ ); (iii) pico de velocidade associado à ação descendente dos membros superiores (MS) – ( $vV_{máxAD}$ ;  $tV_{máxAD}$ ); (iv) mínimo de velocidade associado à transição entre a ação descendente e a ação lateral interior dos MS ( $vV_{minAD-ALI}$ ;  $tV_{minAD-ALI}$ ); (v) pico de velocidade associado à ação lateral interior dos MS ( $vV_{máxALI}$ ;  $tV_{máxALI}$ ); (vi) pico de velocidade associado à ação ascendente final dos MS ( $vV_{máxAA}$ ;  $tV_{máxAA}$ ); (vii) velocidade máxima associada à recuperação dos MS ( $vV_{máxREC}$ ;  $tV_{máxREC}$ ) e (viii) novo contacto com as mãos na água para o início do ciclo seguinte ( $vV_{t=100\%}$ ;  $t=100\%$ ).

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o programa de estatística *Statistical Package for Social Sciences for Windows* (SPSS) versão *standard* 10.0.1. (1999) e o programa *Microsoft Excel 2002 for Windows*, versão *SP-2*.

A análise estatística dos dados compreendeu dois blocos: num primeiro bloco realizou-se a análise exploratória e descritiva dos dados e, num segundo bloco, efetuou-se a modelação e a análise inferencial dos mesmos.

No que diz respeito à análise exploratória e descritiva, foram utilizados os parâmetros de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão). Foi também realizado o teste de *Shapiro-Wilk* para confirmar a normalidade da distribuição.

Na análise inferencial, para a comparação das médias das variáveis dependentes por cada variável independente, foi utilizada o teste paramétrico *t-test* de *Student*, bi-caudal para medidas independentes.

A modelação da variação intracíclica de velocidade foi realizada através de regressões polinomiais de grau 6. Foram calculados os respectivos valores de  $r^2$ .

Também se determinou os coeficientes de correlação linear de *Pearson* entre  $viV_{CM}$ ,  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$ , procurando conhecer o grau de associação entre elas.

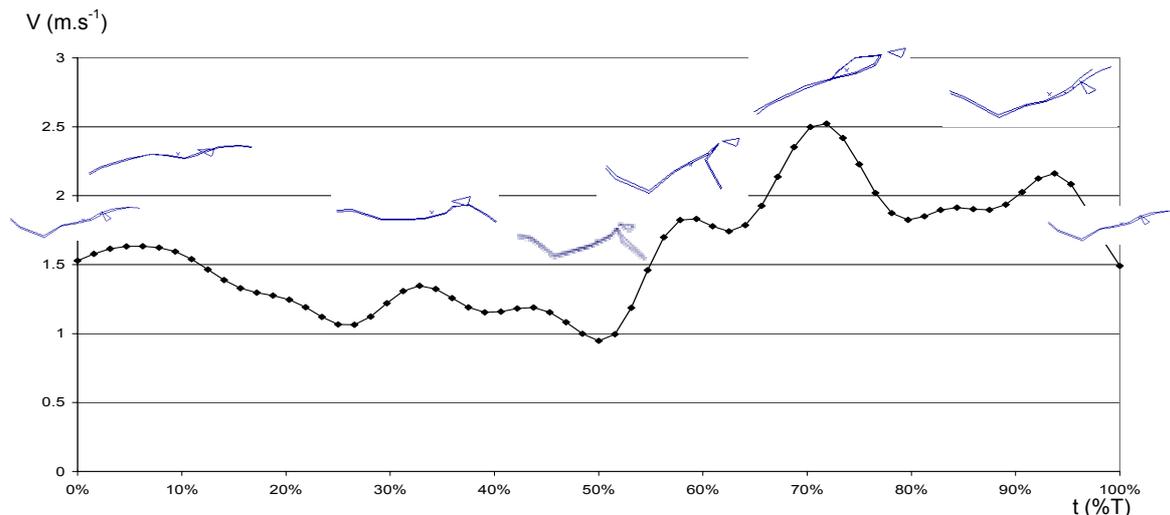
Em todos os procedimentos foi adotado um nível de significância de 95% ( $\alpha=0.05$ ), sendo referido sempre que se verifique um nível de significância de 99%.

#### 4.1.2.3. Apresentação e discussão dos resultados

Na Figura 4.7 é apresentada uma curva  $V(t)$  do CG, ao longo de um ciclo gestual de borboleta, obtida para um nadador representativo da amostra. No momento inicial do ciclo de nado ( $vV_{t=0}$ ), quando da entrada das mãos na água, verificou-se uma velocidade de  $1.53m.s^{-1}$ . O  $vV_{máx.1^aMI}$  ocorreu aos  $t=6.3\%$  com uma velocidade de  $1.63m.s^{-1}$ . O  $vV_{máxAD}$  teve lugar aos  $t=32.8\%$  do ciclo, com uma velocidade de  $1.35m.s^{-1}$ .  $vV_{minAD-ALI}$  ocorreu aos  $t=50.0\%$  com uma velocidade de  $0.95m.s^{-1}$ ;  $vV_{máxALI}$  aos  $t=59.4\%$  com  $1.83m.s^{-1}$ . O  $vV_{máxAA}$  foi aos  $t=71.9\%$  com  $2.52m.s^{-1}$  e o  $vV_{máxREC}$  aos  $t=93.8\%$ , com  $2.16m.s^{-1}$ . No final de ciclo ( $v_{t=100\%}$ ), a velocidade foi de  $1.49m.s^{-1}$ . A velocidade média do nadador foi de  $1.60 \pm 0.409m.s^{-1}$ .

O perfil obtido é similar à generalidade dos registos descritos na literatura (Barbosa, 2000a; Barthels e Adrian, 1975; Colwin, 1997; Costill et al., 1992; Maglischo et al., 1987; Maglischo, 2003; Mason et al., 1990; Sanders, 1996, Schleihauf, 1979; Vilas-Boas et al., 1997), apesar de mostrar um mínimo intermediário ( $t=50\%$ ) menos comum. O valor mais elevado da velocidade é obtido no final da AA, com a combinação da fase descendente da segunda ação dos MI, tal como haviam sugerido Mason et al. (1990), Costill et al. (1992), Vilas-Boas et al. (1997), Colwin (1997), Barbosa (2000a) e Maglischo (2003). No ponto relativo à velocidade máxima durante a recuperação dos MS verificou-se um novo aumento da velocidade demasiado elevado (cf. Fig. 4.7)

para ser considerado “*catch the wave*” (cf. Mason et al, 1990; Colman et al., 1999; Maglischo, 2003). Após a observa o das imagens julgamos que este pico de velocidade do CG se deve   desloca o dos MS do nadador de tr s para a frente e   flexão dos MI que ocorre durante a mesma fase, a oes que promovem o deslocamento para diante do CG relativamente ao tronco do nadador.



**Figura 4.7.** Perfil de varia o intracíclica da velocidade do Centro de Gravidade de um nadador representativo da amostra.

O intervalo de varia o da velocidade do nadador foi de  $1.58\text{m.s}^{-1}$ , valor um pouco superior aos apresentados por Kornecki e Bober (1978) e bastante superior aos referidos por Hahn e Krug (1992) e Sanders (1996).

Com vista   caracteriza o geral da técnica de borboleta, apresentamos no Quadro 4.4 os valores do tempo e velocidade do CG obtidos pela totalidade da amostra (todos os ciclos estudados), para os ciclos correspondentes às velocidades de prova de 200m e de 50m Borboleta, para os grupos de especialistas e de não especialistas e para os sujeitos dos g neros feminino e masculino.

Note-se que o efeito de redu o intermediária da velocidade horizontal, descrito para a curva típica, também se observa para a média da amostra total, para ambas as velocidades e para os diferentes agrupamentos de sujeitos que

ensaiámos. Por fim, toda a cinética da velocidade, para os perfis médios, é muito similar à da curva típica que selecionamos e está, por isso, também de acordo com os resultados disponíveis na literatura (Barbosa, 2000a; Barthels e Adrian, 1975; Colwin, 1997; Costill et al., 1992; Maglischo et al., 1987; Maglischo, 2003; Mason et al., 1990; Sanders, 1996, Schleihauf, 1979; Vilas-Boas, 1997d). De fato, no decurso da AD a velocidade média é ligeiramente inferior à de início de ciclo, diminuindo ainda mais na transição entre a AD e a ALI, tal como é sugerido por Vilas-Boas (1996). Após este decréscimo ocorre o início da fase mais propulsiva do ciclo, com a ALI e a AA, em concordância com Barthels e Adrian (1975), Schleihauf (1979), Mason et al. (1990), Costill et al. (1992), Vilas-Boas (1997d), Colwin (1997), Barbosa (2000a) e Maglischo (2003), embora obtendo valores superiores aos de Mason et al. (1990) e similares aos de Maglischo (2003). Esta discrepância de resultados com os de Mason et al. (1990) poder-se-á dever aos percursos de nado realizados pelos nadadores. No presente estudo os nadadores realizaram dois percursos a velocidades correspondentes das provas de 200m e de 50m, enquanto que para os referidos autores os nadadores nadaram as suas distâncias habituais a ritmo de prova e as imagens só foram obtidas nos últimos 25m, provavelmente em situação de fadiga aumentada.

Nas Figuras 4.8 e 4.9 apresentamos comparativamente os resultados obtidos para as velocidades de prova de 200m e de 50m Borboleta e para os nadadores dos gêneros feminino e masculino, dos valores da velocidade nos pontos notáveis do ciclo considerados e o respectivo modelo polinomial de flutuação intracíclica.

Ao compararmos os valores médios da velocidade do CG para V50m e para V200m, para especialistas e não especialistas e para os gêneros masculino e feminino, percebemos, como pretendíamos e/ou esperávamos, que as primeiras fossem superiores às segunda.

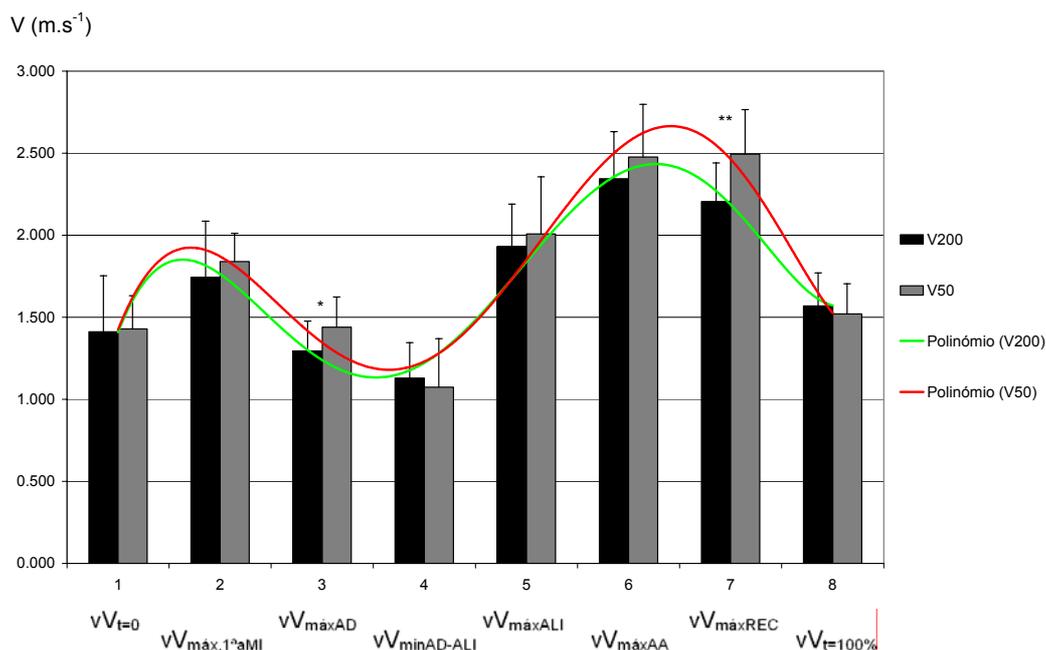
Porém, foi curioso constatar que, com a velocidade média, também cresceu o intervalo de variação no decurso do ciclo, sugerindo, ao contrário de Kornecki e Bober (1978) e Martins-Silva et al. (1999), que as variações intracíclicas da

velocidade em borboleta não diminuem com o crescimento da velocidade média ou com o nível desportivo / especialidade do nadador.

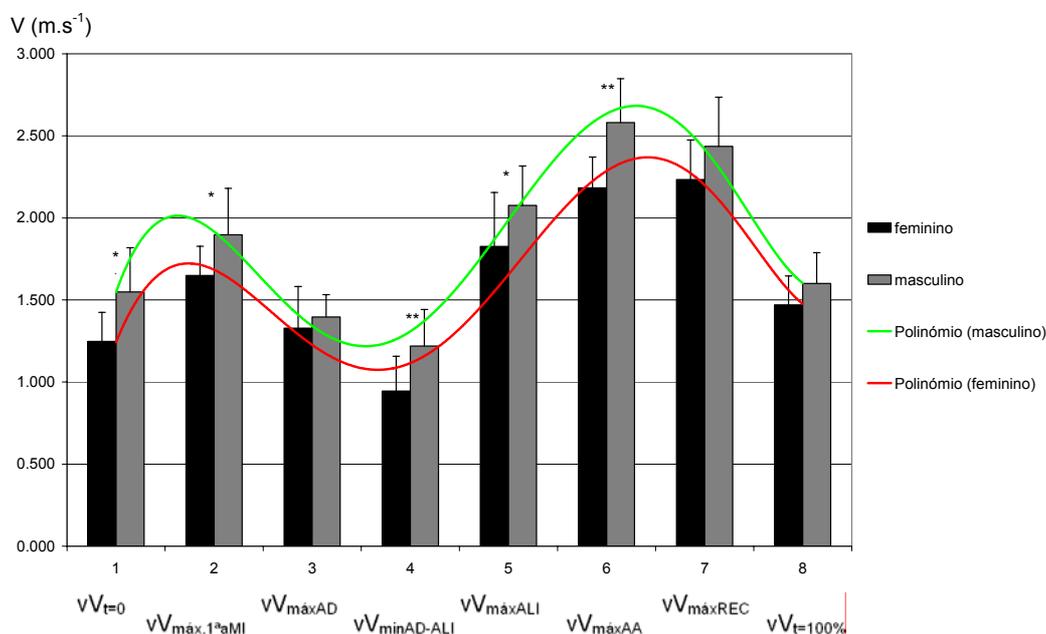
**Quadro 4.4.** Valores médios ( $\bar{x}$ ) e respectivos desvios-padrão (dp) do tempo (t) e velocidade (v) da  $vV_{CM}$ , respectivamente expressos em percentagem da duração total do ciclo e em metros por segundo, em cada ponto notável do ciclo, para a totalidade da amostra (todos os ciclos estudados), para os ciclos correspondentes às velocidades de prova de 200m e de 50m Borboleta, para os grupos de especialistas e de não especialistas e para os sujeitos dos géneros feminino e masculino.

		Amostra total	V200m	V50m	Especialista	Não Especialista	Feminino	Masculino
		(n=28) $\bar{x} \pm dp$	(n=14) $\bar{x} \pm dp$	(n=14) $\bar{x} \pm dp$	(n=12) $\bar{x} \pm dp$	(n=16) $\bar{x} \pm dp$	(n=12) $\bar{x} \pm dp$	(n=16) $\bar{x} \pm dp$
$vV_{t=0}$	t(%)	0	0	0	0	0	0	0
	v ( $ms^{-1}$ )	1.420 $\pm 0.276$	1.412 $\pm 0.341$	1.428 $\pm 0.204$	1.535 $\pm 0.334$	1.334 $\pm 0.191$	1.248 $\pm 0.177$	1.56** $\pm 0.269$
$vV_{máx.1^aMI}$	t (%)	0.072 $\pm 0.018$	0.065 $\pm 0.008$	0.079* $\pm 0.023$	0.073 $\pm 0.023$	0.072 $\pm 0.013$	0.075 $\pm 0.024$	0.07 $\pm 0.014$
	v ( $ms^{-1}$ )	1.792 $\pm 0.270$	1.744 $\pm 0.342$	1.839 $\pm 0.172$	1.845 $\pm 0.335$	1.751 $\pm 0.212$	1.649 $\pm 0.178$	1.898* $\pm 0.283$
$vV_{máxAD}$	t (%)	0.420 $\pm 0.101$	0.453 $\pm 0.097$	0.386 $\pm 0.097$	0.419 $\pm 0.110$	0.420 $\pm 0.098$	0.418 $\pm 0.108$	0.421 $\pm 0.099$
	v ( $ms^{-1}$ )	1.367 $\pm 0.194$	1.295 $\pm 0.183$	1.439* $\pm 0.184$	1.367 $\pm 0.181$	1.367 $\pm 0.209$	1.329 $\pm 0.254$	1.396 $\pm 0.136$
$vV_{minAD-ALI}$	t (%)	0.491 $\pm 0.084$	0.522 $\pm 0.082$	0.461 $\pm 0.076$	0.500 $\pm 0.100$	0.485 $\pm 0.072$	0.493 $\pm 0.083$	0.490 $\pm 0.087$
	v ( $ms^{-1}$ )	1.101 $\pm 0.256$	1.129 $\pm 0.216$	1.073 $\pm 0.296$	1.030 $\pm 0.195$	1.155 $\pm 0.287$	0.945 $\pm 0.212$	1.219** $\pm 0.224$
$vV_{máxALI}$	t (%)	0.615 $\pm 0.060$	0.634 $\pm 0.065$	0.596 $\pm 0.051$	0.629 $\pm 0.064$	0.604 $\pm 0.057$	0.622 $\pm 0.062$	0.609 $\pm 0.061$
	v ( $ms^{-1}$ )	1.970 $\pm 0.303$	1.932 $\pm 0.258$	2.008 $\pm 0.348$	2.069 $\pm 0.298$	1.895 $\pm 0.294$	1.826 $\pm 0.329$	2.077* $\pm 0.24$
$vV_{máxAA}$	t (%)	0.751 $\pm 0.046$	0.755 $\pm 0.054$	0.746 $\pm 0.037$	0.738 $\pm 0.051$	0.760 $\pm 0.041$	0.767 $\pm 0.037$	0.739 $\pm 0.050$
	v ( $ms^{-1}$ )	2.410 $\pm 0.307$	2.344 $\pm 0.288$	2.477 $\pm 0.322$	2.545 $\pm 0.314$	2.309* $\pm 0.268$	2.183 $\pm 0.187$	2.581** $\pm 0.268$
$vV_{máxREC}$	t (%)	0.919 $\pm 0.021$	0.927 $\pm 0.02$	0.911* $\pm 0.019$	0.915 $\pm 0.017$	0.922 $\pm 0.023$	0.916 $\pm 0.022$	0.921 $\pm 0.02$
	v ( $ms^{-1}$ )	2.350 $\pm 0.289$	2.205 $\pm 0.236$	2.495** $\pm 0.27$	2.374 $\pm 0.361$	2.332 $\pm 0.233$	2.235 $\pm 0.241$	2.436 $\pm 0.299$
$vV_{t=100\%}$	t(%)	1	1	1	1	1	1	1
	v ( $ms^{-1}$ )	1.545 $\pm 0.191$	1.570 $\pm 0.201$	1.520 $\pm 0.184$	1.585 $\pm 0.24150$	1.515 $\pm 0.143$	1.471 $\pm 0.176$	1.601 $\pm 0.188$
$\bar{x} \pm dp$	v ( $ms^{-1}$ )	1.744 $\pm 0.514$	1.704 $\pm 0.258$	1.785 $\pm 0.247$	1.794 $\pm 0.282$	1.707 $\pm 0.230$	1.611 $\pm 0.219$	1.845 $\pm 0.238$

\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$



**Figura 4.8.** Histograma representativo dos valores de velocidade do CG em cada ponto notável do ciclo de Borboleta e respectivo modelo polinomial da flutuação intracíclica da velocidade para as velocidades de prova de 200m e de 50m Borboleta. Estão representadas por \* as diferenç s de médias com significado estatístico para  $\alpha=0.05$  e por \*\* para  $\alpha=0.01$ .



**Figura 4.9.** Histograma representativo dos valores de velocidade do CG em cada ponto notável do ciclo de Borboleta e respectivo modelo polinomial da flutuação intracíclica da velocidade para os nadadores dos g neros feminino e masculino. Estão representadas por \* as diferenç s de médias com significado estatístico para  $\alpha=0.05$  e por \*\* para  $\alpha=0.01$ .

Registramos a reduzida incidência de diferenças com significado estatístico nas diferentes análises comparativas realizadas neste estudo (V200 vs. V50; especialistas vs. não especialistas e femininos vs. masculinos), fato imputável à heterogeneidade dos grupos face à sua relativamente reduzida expressão absoluta.

No Quadro 4.5 apresentamos os valores médios ( $\bar{x}$ ) e respectivos desvios-padrão (dp) do tempo (t) e velocidade (v) da  $viV_{CM}$ ,  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$ , em cada ponto notável do ciclo, para todos os ciclos estudados.

Nos apercebemos que os perfis de variação da velocidade da anca, se fossem determinados por cinemática videogramétrica ( $viV_{anca1}$ ), e fossem também determinados por velocimetria mecânica ( $viV_{anca2}$ ), estariam muito similares aos perfis de variação de velocidade do CM. A principal dissemelhança verifica-se durante a recuperação dos MS, a qual, como já foi referido, parece estar relacionada com a “migração intra-corporal” do CG, associada ao deslocamento para diante de segmentos corporais. Em qualquer dos casos os valores de r calculados (Quadro 4.6) apresentaram todos elevado significado estatístico e os valores de  $r^2$  revelaram muito expressivas variâncias explicadas ( $r=0.92$ ,  $r^2=0.85$ , para  $viV_{anca1}$  vs.  $viV_{CG}$  e  $r=0.88$ ,  $r^2=0.77$ , para  $viV_{anca2}$  vs.  $viV_{CG}$ ). Todavia, a associação entre as curvas obtidas pelas duas metodologias cinemáticas utilizadas para a monitorização da velocidade da anca foi muito pronunciada ( $r=0.96$ ,  $r^2=0.91$ ). Os valores obtidos para a correlação entre as cinemáticas da anca e do CG parecem estar de acordo com os apresentados pela literatura (Maglischo et al., 1987; Mason et al., 1990; Barbosa, 2000a).

No Quadro 4.6 apresentamos os valores do coeficiente de correlação linear de Pearson (r) calculados entre as distribuições das velocidades do CG e da anca, determinada pelas duas técnicas cinemáticas. Os intervalos de variação de r foram, para a correlação entre o  $viV_{CM}$  –  $viV_{anca1}$ , entre 0.987 e 0.821, entre  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$  entre 0.994 e 0.903 e entre  $viV_{anca2}$  e  $viV_{CM}$  entre 0.975 e 0.768. A média dos valores de r foi superior na correlação  $viV_{anca1} / viV_{anca2}$ ,

seguida da correlação  $viV_{CM} / viV_{anca1}$ . A média inferior dos valores de  $r$  foi obtida para as correlações entre  $viV_{CM}$  e  $viV_{anca2}$ .

**Quadro 4.5.** Valores médios ( $\bar{x}$ ) e respectivos desvios-padrão (dp) do tempo (t) e velocidade (v) da  $viV_{CM}$ ,  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$ , respectivamente expressos em percentagem da duração total do ciclo e em metros por segundo, em cada ponto notável do ciclo, para a totalidade da amostra (todos os ciclos estudados).

		Velocidade do CG por Videogrametria $viV_{CG}$ (n=28) $\bar{x} \pm dp$	Velocidade da anca por Videogrametria $viV_{anca1}$ (n=28) $\bar{x} \pm dp$	Velocidade da anca por Velocimetria $viV_{anca2}$ (n=28) $\bar{x} \pm dp$
$vV_{t=0}$	t (%)	0	0	0
	v ( $ms^{-1}$ )	1.420 $\pm$ 0.276	1.271 $\pm$ 0.228	1.183 $\pm$ 0.193
$vV_{m\acute{a}x.1^{\circ}aMI}$	t (%)	0.072 $\pm$ 0.018	0.088 $\pm$ 0.018	0.099 $\pm$ 0.024
	v ( $ms^{-1}$ )	1.792 $\pm$ 0.270	1.870 $\pm$ 0.263	1.979 $\pm$ 0.341
$vV_{m\acute{a}xAD}$	t (%)	0.420 $\pm$ 0.101	0.323 $\pm$ 0.094	0.295 $\pm$ 0.083
	v ( $ms^{-1}$ )	1.367 $\pm$ 0.194	1.620 $\pm$ 0.288	1.603 $\pm$ 0.336
$vV_{minAD-ALI}$	t (%)	0.491 $\pm$ 0.084	0.392 $\pm$ 0.095	0.395 $\pm$ 0.070
	v ( $ms^{-1}$ )	1.101 $\pm$ 0.256	1.343 $\pm$ 0.226	1.102 $\pm$ 0.115
$vV_{m\acute{a}xALI}$	t (%)	0.615 $\pm$ 0.060	0.495 $\pm$ 0.074	0.521 $\pm$ 0.046
	v ( $ms^{-1}$ )	1.970 $\pm$ 0.303	1.985 $\pm$ 0.249	1.708 $\pm$ 0.182
$vV_{m\acute{a}xAA}$	t (%)	0.751 $\pm$ 0.046	0.653 $\pm$ 0.078	0.674 $\pm$ 0.069
	v ( $ms^{-1}$ )	2.410 $\pm$ 0.307	2.430 $\pm$ 0.296	2.429 $\pm$ 0.504
$vV_{m\acute{a}xREC}$	t (%)	0.919 $\pm$ 0.021	0.879 $\pm$ 0.063	0.875 $\pm$ 0.051
	v ( $ms^{-1}$ )	2.350 $\pm$ 0.289*	1.842 $\pm$ 0.325	1.548 $\pm$ 0.301
$vV_{t=100\%}$	t (%)	1	1	1
	v ( $ms^{-1}$ )	1.545 $\pm$ 0.191	1.175 $\pm$ 0.158	1.117 $\pm$ 0.109
$\bar{x} \pm dp$	v ( $ms^{-1}$ )	1.744 $\pm$ 0.514	1.695 $\pm$ 0.472	1.580 $\pm$ 0.510

- Significativamente diferente ( $p < 0.05$ ).

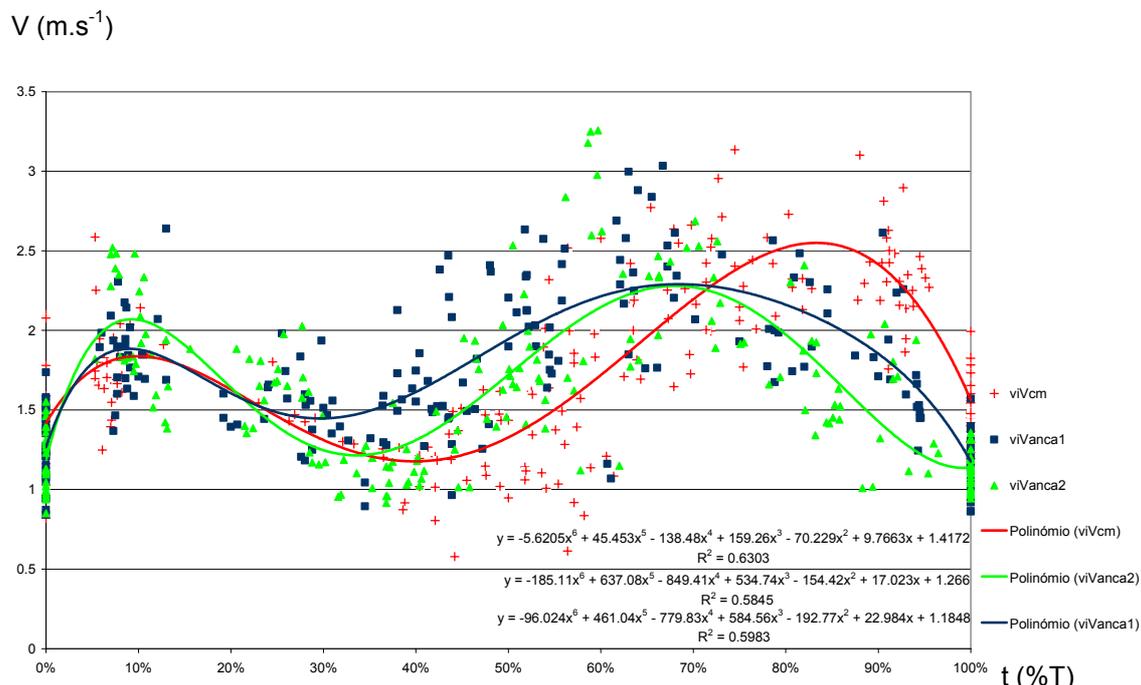
Todas as correlações foram estatisticamente significativas para  $p \leq 0.01$ .

Para uma melhor percepção das correlações entre parâmetros apresentadas, optámos pela apresentação de um gráfico que exprimisse os perfis de variação em estudo (Figura 4.10).

**Quadro 4.6.** Valores do coeficiente de correlação de PearsonTT calculados entre  $viV_{CM}$  e  $viV_{anca1}$ ;  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$  e  $viV_{anca2}$  e  $viV_{CM}$ , por ciclo completo de nado para cada um dos quatro ciclos estudados por cada nadador da amostra.

	$viV_{CM} - viV_{anca1}$	$viV_{anca1} - viV_{anca2}$	$viV_{anca2} - viV_{CM}$
Nadador A	0.916**	0.946**	0.858**
	0.892**	0.956**	0.861**
	0.934**	0.943**	0.844**
	0.916**	0.931**	0.820**
Nadador B	0.948**	0.935**	0.820**
	0.862**	0.916**	0.865**
	0.860**	0.903**	0.900**
	0.821**	0.937**	0.823**
Nadador C	0.889**	0.989**	0.848**
	0.909**	0.974**	0.836**
	0.868**	0.980**	0.801**
	0.822**	0.987**	0.768**
Nadador D	0.915**	0.914**	0.813**
	0.831**	0.949**	0.894**
	0.912**	0.904**	0.896**
	0.966**	0.931**	0.915**
Nadador E	0.962**	0.942**	0.903**
	0.959**	0.935**	0.862**
	0.947**	0.950**	0.872**
	0.932**	0.962**	0.859**
Nadador F	0.954**	0.993**	0.960**
	0.987**	0.982**	0.975**
	0.970**	0.969**	0.934**
	0.973**	0.994**	0.934**
Nadador G	0.959**	0.970**	0.915**
	0.977**	0.961**	0.940**
	0.924**	0.984**	0.901**
	0.965**	0.993**	0.960**
$\bar{x} \pm dp$	0.920±0.049	0.955±0.028	0.878±0.053

\*\* p<0.01



**Figura 4.10.** Diagrama de dispersão referente aos perfis de  $viV_{CM}$ ,  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$ , respectivas funções de regressão polinomial de grau 6 e correspondentes valores do coeficiente de determinação ( $r^2$ ).

Apesar de Mason et al. (1990) terem definido o valor crítico de  $r=0.95$  para aceitarem a associação entre a cinemática do CG e da anca ( $r^2=0.90$ , variância não associada de 10%), pensamos que estes resultados sugerem claramente que o velocímetro que desenvolvemos é válido e confiável, na medida em que espelha muito bem a cinemática da anca determinada por cinemática videogramétrica, para além de evidenciar um elevado potencial para a monitorização da inércia corporal, traduzindo satisfatoriamente a cinemática do CG.

Convém aqui sublinhar que a utilização da cinemática videogramétrica como critério tem por base a possibilidade de permanente controle da aderência do modelo às imagens que reproduzem o deslocamento do nadador. No entanto, não podemos esquecer-nos de que se trata de um processo não isento de erro potencial, seja atendendo às falhas humanas no processo de digitalização, seja atendendo à qualidade das imagens, mormente no que concerne a pontos

anatômicos como a anca e especialmente em circunstâncias de reconstrução de imagens de duplo meio, já que se encontra quase sempre muito próximo da superfície, alternando emersão e imersão e em zona de água normalmente aerizada. A associação entre  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$  diz bem, portanto, da qualidade do velocímetro como instrumento de medida, mas também o procedimento cinemático imagiológico.

Quanto à menor aderência dos resultados da velocimetria mecânica à cinemática do CG pensamos dever destacar que esta pode ser mais resultante do modelo biomecânico do que da menor aderência fenomenológica em si mesma. Isto é: as limitações do modelo antropométrico biomecânico, os erros de digitalização, as dificuldades associadas à imagem e os próprios erros óticos, podem determinar um afastamento da cinemática do CG obtida da real, de tal forma que induza o próprio afastamento da cinemática da anca da do CG para além do afastamento real. Esta é, naturalmente, uma questão que fica por resolver neste estudo, mas que é estimulante enquanto problema para a futura investigação fundamental em Biomecânica. A nossa contribuição, todavia, parece-nos inequívoca: alguma diferença é esperada, mormente em borboleta, já que podemos evidenciar, durante a recuperação, uma especificidade cinemática do CG fenomenologicamente coerente.

#### 4.1.2.4. Conclusões

Dos resultados obtidos no presente estudo, relativamente às  $viV_{CM}$ , podemos retirar as seguintes conclusões:

- (i) Os picos máximos de velocidade num ciclo da técnica de borboleta ocorrem no final da primeira ação dos MI, na ALI, na AA e na recuperação dos MS, independentemente da velocidade de prova, da especialidade técnica do nadador e do gênero;
- (ii) Os nadadores especialistas apresentaram uma velocidade média e uma  $viV_{CM}$  superior, com diferenças significativas em  $vV_{máxAA}$ ;

- (iii) Os nadadores apresentaram valores de velocidade superiores às nadadoras em todos os pontos analisados, assim como uma superior  $viV_{CM}$ . A velocidade dos elementos masculinos foi significativamente superior em  $vV_{máx.1ªaMI}$ ,  $vV_{máxALI}$ ,  $vV_{t=0}$ ,  $vV_{minAD-ALI}$  e  $vV_{máxAA}$ .

No que diz respeito à relação entre resultados provenientes de diferentes instrumentos e métodos cinemáticos, constatou-se uma correlação positiva e significativa de  $viV_{CM}$  com  $viV_{anca1}$  ( $r=0.92$ ), de  $viV_{anca1}$  com  $viV_{anca2}$  ( $r=0.99$ ) e de  $viV_{anca2}$  com  $viV_{CM}$  ( $r=0.88$ ). Estes resultados permitem-nos concluir que a utilização do velocímetro mecânico por cabo, de terceira geração, dotado de leitor ótico, parece justificar-se plenamente no domínio da avaliação da técnica e do aconselhamento do treino, sobretudo se consideramos a simplicidade de procedimentos e meios, para além do rápido fornecimento de *feedbacks* aos nadadores.

### 4.1.3. Estudo Exploratório 3

#### 4.1.3.1. Introdução

Após a realização dos dois primeiros estudos exploratórios foi-nos possível concluir que dispúnhamos de um sistema capaz de medir de forma válida e conconfiável as flutuações intracíclicas da velocidade de nado. Colocava-se agora a questão de saber se, em *hardware* e *software*, o sistema seria o mais adequado para dar resposta às necessidades de rápida disponibilização do sinal, nomeada e especialmente em tempo real, de forma a favorecer o desenvolvimento dos sistemas de *feedback* que pretendíamos implementar.

Efetivamente, na geração disponível do velocímetro, o aumento do rigor da leitura proporcionado pelo leitor ótico não foi acompanhado por uma desejável elevação da velocidade de processamento, de tal forma que a curva  $V(t)$  fosse sendo disponibilizada em tempo real. Percebia-se normalmente um atraso entre a execução e o traçado, que era especialmente mais evidente no final de cada percurso, quando o nadador parava e, no monitor, continuava a notar-se o registro da curva.

Para a finalidade maior do nosso trabalho, porém, tornava-se imprescindível a disponibilização do sinal em tempo real, fosse para proceder à respectiva mistura com as correspondentes imagens de vídeo, fosse para a emissão de *feedback* acústico em tempo real.

Os objetivos deste Estudo Exploratório III foram os seguintes: (i) desenvolver o velocímetro, em *hardware* e *software*, em ordem à elevação da velocidade de aquisição, processamento e disponibilização do sinal; (ii) desenvolver o *software* de forma a facilitar a mais rápida modelação do perfil de variação intracíclica da velocidade do nadador e (iii) verificar a validade dos registros face aos proporcionados por cinematria videogramétrica das flutuações intracíclicas da velocidade horizontal do CG ( $viV_{CG}$ ) e da anca ( $viV_{anca1}$ ) para a técnica de peito.

O último destes objetivos foi subdividido nos seguintes objetivos específicos: (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  $viV_{CG}$  entre gêneros; (iv) obter (e comparar) modelos das variações intracíclicas da velocidade da anca (por processamento de imagem –  $viV_{anca1}$  - e por velocímetria mecânica por cabo –  $viV_{anca2}$ ) para a amostra total e (v) determinar a relação entre  $viV_{CG}$ ,  $viV_{anca1}$ ,  $viV_{anca2}$  para cada ciclo de nado de cada nadador e para a amostra total.

#### **4.1.3.2. Metodologia**

##### **4.1.3.2.1. Características do velocímetro**

Com o objetivo de garantir o desenvolvimento do velocímetro, em *hardware* e *software*, em relação à elevação da velocidade de aquisição, processamento e disponibilização do sinal, foi julgado adequado dotá-lo de um microprocessador (marca Microchip, modelo PIC18LF1320) – Figura 4.11. Com o microprocessador dedicado, não afeto a outras tarefas informáticas como acontecia com o PC quando recebia os dados não interfaceados, o dispositivo passou a reunir condições para enviar para o PC a curva já processada,

obviando a que, às demais tarefas, o PC tivesse ainda de adicionar o processamento do sinal, construindo a curva  $V(t)$ .

Paralelamente procurou-se desenvolver *software* específico para o dispositivo, recorrendo a soluções mais rápidas e de concepção mais intuitiva e fácil de operar. Para tal foi desenvolvido um *software* que permitisse a execução cíclica de uma rotina, sendo este desenvolvido em *LabVIEW*. Isto revelou-se necessário pois este *software* executa, em cada instante, todas as instruções que estiverem disponíveis. Entende-se por uma instrução disponível aquela que se encontra na sequência que está atualmente a ser executada e que não esteja pendente devido à falta de dados de funções anteriores, necessários para a sua própria execução. Na Figura 4.12 apresentamos a página principal desta versão de *software* em *LabVIEW*.



A

B

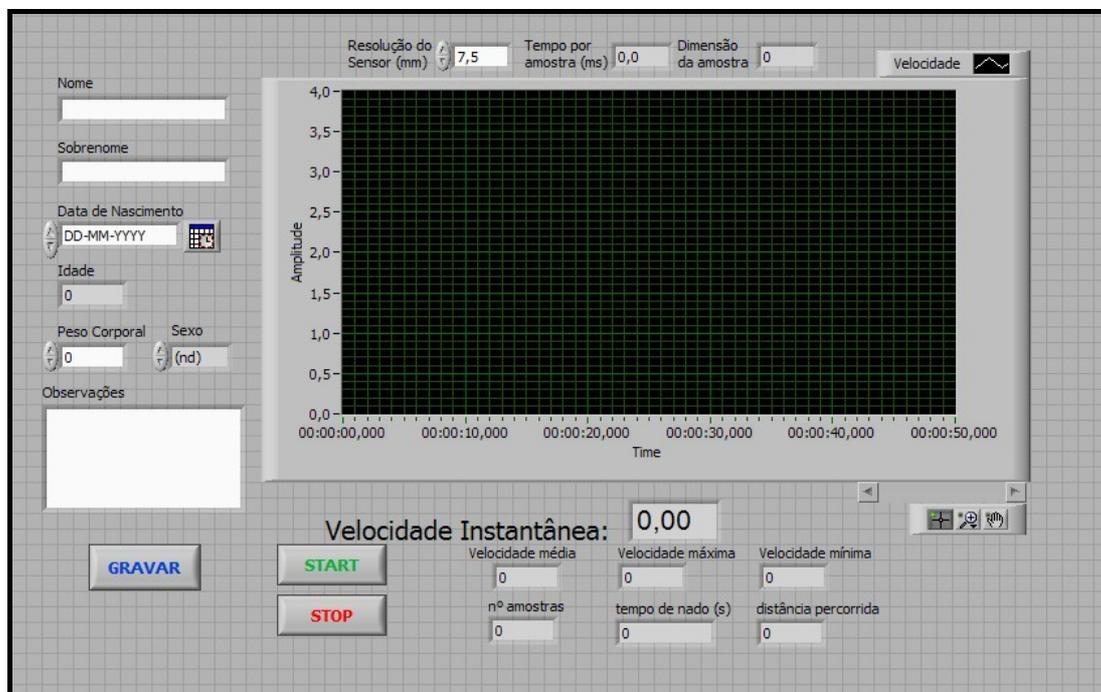
**Figura 4.11.** Quarta geração do velocímetro, onde se nota a acoplagem do leitor óptico (A), já existente na terceira geração (Estudo Exploratório II) e do microprocessador (B).

O programa divide-se em 2 sequências: (i) inserção dos dados pessoais do nadador e (ii) obtenção de dados do ensaio. A primeira corresponde à inserção de dados do nadador (nome; sobrenome; idade; peso; altura; gênero e observações), configurando os ficheiros (Excel – *row data* - Word – relatório - e JPEG – gráfico  $V(t)$  de cada ensaio) necessários ao armazenamento da

informação obtida pelo ensaio e mais algumas configurações que podem ser executadas sem interferir diretamente com o mesmo. O não preenchimento de algum campo de dados implica a não continuidade da execução do programa, ficando assim pendente até à sua complementação.

Preenchidos todos os campos de dados do nadador, serão criados os ficheiros onde será armazenada toda a informação obtida no ensaio, de dois modos distintos:

- (i) Um ficheiro para análise mais profunda, compatível com o *Microsoft Excel*, onde são guardados todos os valores amostrados de velocidade, ao longo de todo o ensaio, sendo também incluída toda a informação sobre o nadador (dados pessoais);
- (ii) Em outro ficheiro, é guardado o gráfico de velocidade obtido no ensaio e as informações mais importantes resultantes desse ensaio, como a velocidade média, distância percorrida, etc.



**Figura 4.12.** Exemplo da primeira página do *software* dedicado ao velocímetro desenvolvido em *LabVIEW*.

Com estes dois ficheiros devidamente guardados em memória (existe verificação de erros de escrita de ficheiros para disco), realiza-se a segunda sequência, que consiste na obtenção de dados do ensaio propriamente dito.

Nesta etapa, existe um ciclo que é executado enquanto o ensaio não acabar, por indicação dada por *STOP*. Esse ciclo vai calculando o valor da velocidade e desenha o gráfico  $V(t)$  à medida que os dados do sensor vão chegando à porta paralela. Dentro deste ciclo é feita então a aquisição dos dados da porta (vindos do sensor), calculada a respectiva velocidade instantânea, que é então desenhada no gráfico e armazenada em *array* (vector) temporário para a posterior gravação em disco. O tempo de leitura deste ciclo é de 50 ms o que implica no gráfico de velocidades ser obtido com uma resolução de 20 pontos por segundo.

Emitida a ordem com o comando de *STOP*, fica caracterizado o fim do ensaio. As instruções seguintes podem então ser executadas.

Um bloco seguinte refere-se ao cálculo de alguns valores relevantes ao ensaio, tais como: velocidade máxima, mínima, tempo de nado, distância percorrida e outras semelhantes. Estando estes valores disponíveis, é efetuada a escrita de dados para ficheiro. Aqui, a execução divide-se em duas partes simultâneas: uma de escrita de valores para análise posterior em ficheiro csv, compatível com qualquer folha de cálculo e outra diz respeito à introdução no ficheiro de relatório (html) dos valores relevantes calculados anteriormente, assim como a inserção nesse ficheiro de análise mais básica dos ensaios da imagem com o gráfico, que contém a curva de velocidade instantânea obtida pelo nadador no ensaio efetuado. Após a escrita nos ficheiros desta informação, o programa termina, estando pronto para a execução de um novo ensaio.

#### **4.1.3.2.2. Procedimentos**

Para proceder à verificação da validade dos registos face à cinemetry videogramétrica para a técnica de peito utilizou-se a nova geração do velocímetro antes descrita sobre uma amostra de 10 nadadores, 7 do género feminino e 3 do género masculino.

No Quadro 4.7 apresentamos os valores médios e respectivos desvios-padrão, da idade, peso e altura para cada um dos grupos constituídos em função do gênero, bem como a média e desvio padrão da idade para a amostra total.

**Quadro 4.7.** Valores médios e respectivos desvios-padrão, da idade, peso e altura dos sujeitos que integraram a amostra e dos subgrupos constituídos em função do gênero.

	Idade (anos) $\bar{x} \pm dp$	Peso (kg) $\bar{x} \pm dp$	Altura (cm) $\bar{x} \pm dp$
Amostra total n=10	18.3 ± 2.945		
Feminino n=7	18 ± 2.516	59.07 ± 6.483	1.66 ± 0.042
Masculino n=3	19 ± 4.358	68.9 ± 12.374	1.73 ± 0.055

Os sujeitos que participaram de forma voluntária no estudo, mediante consentimento informado, eram todos nadadores treinados, mas de diversos níveis desportivos, experiência e habilidade específica na técnica de peito.

Foi explicado previamente, todo o protocolo experimental a ser desenvolvido no decorrer da avaliação com o objetivo de deixar os nadadores devidamente familiarizados com o equipamento a ser utilizado durante o evento.

A recolha de dados foi realizada numa piscina coberta e aquecida a 27°C. A cuba tem 25m de comprimento por 12.5m de largura (6 pistas) e 2.0m de profundidade.

Tendo em vista o processamento informático das imagens recolhidas, os elementos da amostra foram marcados nos principais pontos anatômicos de referência a serem digitalizados, com fita adesiva e/ou marcador de cor preta Figura 4.13.

Os nadadores foram marcados na região cárpica, olecrânio, côndilo femoral, região tíbio-társica, articulação escápulo-umeral e grande trocânter femoral (os dois últimos com marcador de cor preta), do seu plano sagital esquerdo.



**Figura 4.13.** Nadador com as principais marcações anatômicas de referência para digitalização.

Cada nadador realizou, partindo de dentro de água, um percurso de 25m peito à velocidade máxima, acoplado ao velocímetro já descrito. Um dos nadadores, o nadador 4, realizou dois percursos, que se consideraram ambos, dado o já reduzido número de indivíduos da amostra. Cumpre-nos sublinhar que, neste particular, a segunda repetição do mesmo sujeito foi considerada, para efeitos estatísticos, como se fosse um novo elemento.

O dispositivo de medida é um velocímetro mecânico por cabo, que consiste numa bobina fixada num tripé, utilizando uma linha *fireline*, sem elasticidade, fixada à cintura do nadador por um pequeno prendedor à altura da anca, que se desenrola à medida que o nadador se desloca ao longo dos 25m. Um leitor ótico, fixado à bobina, capta o movimento de desenrolamento do carreto, enviando-o para um microprocessador que, depois de construir a função  $V(t)$ , a exporta para o computador.

Os percursos realizados por cada nadador foram também registrados em vídeo, no plano sagital, recorrendo a instrumentação e metodologia similares às descritas para o Estudo Exploratório II. Algumas especificidades

metodológicas, porém, levaram-nos a descrever novamente os procedimentos, mesmo incorrendo no risco de replicação de alguma informação.

A sincronização entre os registros vídeo e os registros velocimétricos foi efetuada por contagem dos ciclos de nado a partir do momento em que os nadadores iniciavam o teste e fazendo coincidir os momentos correspondentes ao final da recuperação dos MI, com perda máxima de velocidade horizontal de deslocamento.

Para o registro vídeo recorreu-se a uma solução de duplo meio descrita inicialmente por Vilas-Boas (1997d). Foram utilizadas duas câmeras (*JVC GR-SX1 SVHS* e outra *JVC GR-SXM 25 SVHS*) colocadas num suporte especial de duas prateleiras, situado numa das paredes laterais da piscina, a 12.5m da parede testa. Uma das câmeras encontrava-se completamente submersa, 0.2m abaixo da superfície da água, dentro de uma caixa estanque (*Ikelite Underwater Systems*), a outra, colocada num suporte mais elevado, estava colocada 0.2m acima da superfície da água. A primeira registrava as ações abaixo da superfície da água, sendo que a segunda, registrava as ações efetuadas pelo nadador acima da superfície da água. O suporte das câmeras encontrava-se colocado a 10.5m do plano sagital de deslocamento do nadador. Os eixos óticos de ambas as câmeras foram colocados de forma convergente para o plano de deslocamento do nadador, de tal forma que se tornasse possível a reconstrução de uma imagem composta de duplo meio (água / ar). Os efeitos da refração diferenciada dos dois fluidos foram corrigidos recorrendo-se ao uso do “zoom” da câmera de superfície. O alinhamento e ajuste das dimensões das imagens das duas câmeras foram conseguidos através do recurso a um referencial visual externo, bidimensional (3 x 3m com 6 pontos notáveis) e a um nadador visível pelas duas câmeras, ambos situados no plano de movimento.

A sincronização e compilação das imagens obtidas pelas duas câmeras numa única imagem, foi conseguido em tempo real, através do recurso a uma mesa de mistura de vídeo (*Panasonic Digital AV Mixer WJ-AVE5*). A imagem compilada era 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 (Vilas-Boas, 1997d) – Figura 4.5.

A imagem misturada foi registrada em fita magnética por um gravador de vídeo (*Panasonic AG 7350 SVHS*), para onde as imagens eram exportadas. Este procedimento permitiu um registro do movimento de nado em estudo num plano perpendicular ao eixo de deslocamento do nadador.

Precedendo a captação de imagens, foi registrado durante dois minutos um objeto de calibração bidimensional de forma retangular plana, constituído por 6 pontos de calibração. A sua colocação na trajetória do deslocamento do nadador, teve como objetivo, possibilitar a posterior calibração e transformação das coordenadas do sistema informático em coordenadas reais.

A análise de imagens recolhidas foi realizada através do sistema de processamento cinemático de imagens vídeo *Ariel Performance Analysis System* da *Ariel Dynamic Inc.* (APAS) e obedeceu à seguinte sequência de procedimentos: (i) conversão das imagens registradas em fita magnética em formato de vídeo para \*.avi; (ii) definição do modelo espacial a adoptar em todos os ciclos de nado a analisar, baseado no modelo antropométrico biomecânico de Zatsiorsky et al. (1983), adaptado por De Leva (1996), composto por 13 pontos anatômicos de referência; (iii) introdução dos 6 pontos de calibração, através da digitalização de pontos da estrutura metálica já referida, 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) digitalização do ponto de controle (ponto fixo que terá de ser visível durante todo o período de filmagem) e dos 13 pontos anatômicos para cada fotograma de cada ciclo.

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 registros elaborados com o gráfico da velocidade do CG, o registro vídeo e a figura de traços, foram posteriormente visualizados para inspeção visual de alguma desconformidade.

Os dados recolhidos a partir do velocímetro foram filtrados a 80Hz, através de um *software* desenvolvido em *MatLab* (versão 6.1) – Anexo 1. Sendo a seguir extraído o ciclo de nado respectivo ao obtido por processamento de imagem.

Para este estudo foi definida como variável independente, o gênero e o dispositivo/parâmetro cinemático. Foram definidas como variáveis dependentes: (i) o perfil da velocidade de deslocamento do CG do nadador, obtido diretamente pelo APAS; (ii) o perfil da velocidade de deslocamento da anca (anca1) durante o ciclo de nado, obtido pelo APAS e (iii) o perfil da velocidade de deslocamento do ponto anatômico fixo onde se realiza a conexão do nadador com o velocímetro mecânico por cabo (anca2).

Os registros obtidos foram normalizados temporalmente a  $T=1$  (100%), correspondendo o momento inicial à recuperação dos MI com perda máxima de velocidade a  $T=0$ , sendo a subsequente ação motora semelhante coincidente com  $T=1$ . Para obtenção do perfil de variação intracíclica das variáveis dependentes, foram obtidos 6 pontos notáveis comuns aos diferentes ciclos realizados pelos vários nadadores, com as coordenadas  $t$  (0-1) e  $V$  ( $m.s^{-1}$ ). Os pontos notáveis em questão estão sistematizados no Quadro 4.8.

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

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 da distribuição.

**Quadro 4.8.** Pontos notáveis (definíveis pelas coordenadas  $t$  e  $v$ ) do ciclo gestual de peito, definidos com base na função  $V(t)$ .

Abreviatura	Unidades	Variável
$vV_{t=0}$	$t = 0$ $v$ (m.s <sup>-1</sup> )	Valor do tempo no início do ciclo Valor da velocidade no início do ciclo
$vV_{\text{máx aMI}}$	$t$ (0-1) $v$ (m.s <sup>-1</sup> )	Valor do tempo no pico máximo de velocidade associado à ação dos MI Valor da velocidade no pico máximo de velocidade associado à ação dos MI
$vV_{\text{minIC}}$	$t$ (0-1) $v$ (m.s <sup>-1</sup> )	Valor do tempo no mínimo de velocidade entre ALI MI e ALI MS Valor da velocidade no 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) $v$ (m.s <sup>-1</sup> )	Valor do tempo no pico máximo de velocidade da ação dos MS Valor da velocidade no pico máximo de velocidade da ação dos MS
$vV_{t=1}$	$T=1$ $v$ (m.s <sup>-1</sup> )	Valor do tempo no final do ciclo Valor da velocidade no final do ciclo

Efetuuou-se a análise inferencial dos dados numa fase posterior para a comparação das variáveis dependentes, sendo utilizado o teste paramétrico *t de Student*, bicaudal para medidas independentes. Foram também determinados os coeficientes de correlação de *Pearson* ( $r$ ) e os Coeficientes de Determinação ( $r^2$ ) entre  $viV_{CG}$ ,  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$ , para pesquisar o grau de associação entre variáveis. A modelação dos perfis de flutuação intracíclica da velocidade foi ensaiada por regressão polinomial de grau 4. O nível de significância adotado para todos os procedimentos foi de 95% ( $\alpha=0.05$ ), mencionando-se um nível de significância de 99% ( $p \leq 0.01$ ) na sua ocorrência.

#### 4.1.3.3. Apresentação e discussão dos resultados

##### 4.1.3.3.1. Perfil de variação intracíclica da velocidade do CG na técnica de peito ( $viV_{CG}$ )

No gráfico da Figura 4.14 apresentamos a  $viV_{CG}$  de um nadador representativo da amostra, dando-nos uma perspectiva dos dados obtidos e possibilitando uma melhor compreensão da natureza dos mesmos.

Nos pontos de referência, o nadador obteve os seguintes registros: (i)  $t=0$ , que corresponde à máxima perda de velocidade pela recuperação dos MI,  $V=0.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (ii) valor de  $1.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  de velocidade máxima em  $t=0.3\text{s}$ ; (iii) um registro de velocidade mínima entre as ações mais propulsivas de  $1.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (iv)  $1.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  como resultado da ALI dos MS e (v) um valor de  $0.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  em  $t=1$ .

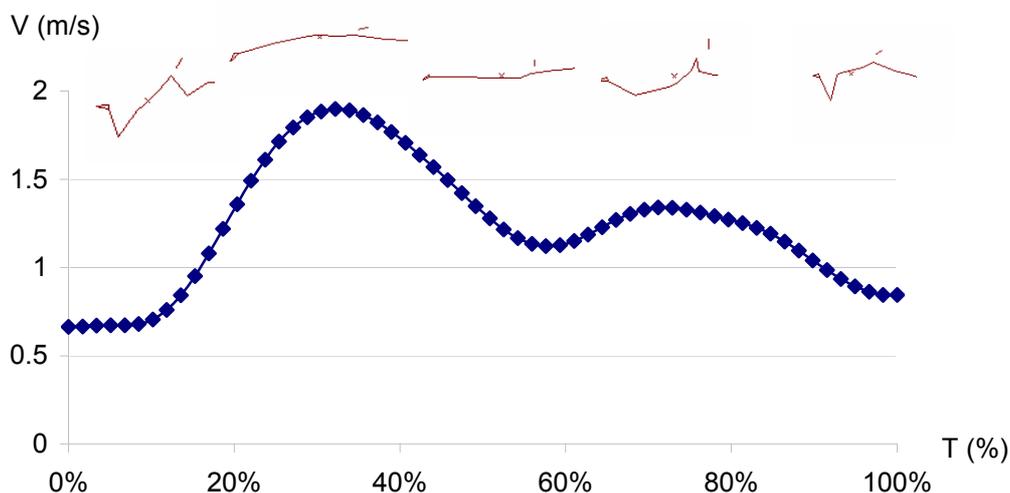
Podemos verificar para o momento inicial  $t=0$ , uma velocidade mínima de  $0.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , correspondente à máxima perda de velocidade como resultado da recuperação dos MI. Esta constatação é conforme ao descrito por Miyashita (1974); McElroy e Blanksby (1976) e Yutaka et al. (2004).

Em consequência da ação propulsiva dos MI, especialmente da ALI, a velocidade aumenta, registrando o seu pico mais elevado de todo o ciclo. Esta constatação não está 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 como consequência da ação propulsiva dos MS. Porém, os valores da velocidade neste ponto da ação dos MI ( $1.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) o que está de acordo com Bober e Czabanski (1975), Craig et al. (1988), D'Aquisto et al. (1988) e Yutaka et al. (2004). Podendo este fato estar relacionado com a amostra em questão ou com a metodologia utilizada.

Depois do primeiro máximo, ficou patente um decréscimo da velocidade, tal como descrito por Craig et al. (1988); D'Aquisto et al. (1988) e Maglischo (2003). Este é decorrente da ação de deslize por parte dos nadadores e ao posicionamento dos MS para preparação da sua ALI, ação esta frenadora. Este estado passivo e de exposição de área ao deslocamento demora para o nadador em questão  $0.4\text{s}$ , separando desta forma as duas ações 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 ação propulsiva dos MS, resulta um segundo pico de velocidade, que, como supracitado, não é mais elevado do que o dos M, e registra uma velocidade de  $1.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Esta velocidade é alcançada durante a ALI dos MS e é acompanhada pelo impulso do tronco para frente. O ciclo termina com a nova recuperação

dos MI e sua colocação ótima para sua fase propulsiva, de que resulta um novo decréscimo da velocidade de deslocamento.



**Figura 4.14.** Perfil da flutuação intracíclica da velocidade do centro de gravidade de um nadador de peito. A velocidade é expressa em  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  e o tempo foi normalizado a T.

Deve-se salientar que a diferença temporal entre as duas ações mais propulsivas do ciclo corresponde a um intervalo de 0.4s. A velocidade média para este ciclo de nado foi de  $1.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  com um desvio padrão de  $\pm 0.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

O Quadro 4.9 ilustra os valores do tempo e velocidade obtidos para a totalidade da amostra nos pontos de referência estudados.

Todos os dados expressam uma similaridade ao exemplo exposto anteriormente, sendo de registrar que as médias de velocidade máxima da ação dos MI é superior à dos MS. Realçamos também o registro médio de  $0.6 \pm 0.09 \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  entre as duas ações mais propulsivas do ciclo de nado, ALI de MS e MI, respectivamente, com perdas de velocidade até valores médios de  $0.91 \pm 0.209 \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**Quadro 4.9.** Valores do tempo (t) e velocidade (v) obtidos para a totalidade da amostra nos pontos de referência estudados.

		Feminino	Masculino
$vV_{t=0}$	t	0	0
	v	$0.6 \pm 0.09$	$0.7 \pm 0.08$
$vV_{\text{máx aMI}}$	t	$0.3 \pm 0.05$	$0.3 \pm 0.04$
	v	$1.6 \pm 0.16$	$1.7 \pm 0.15$
$vV_{\text{minIC}}$	t	$0.5 \pm 0.11$	$0.6 \pm 0.03$
	v	$0.9 \pm 0.09$	$0.9 \pm 0.40$
dif tempo	t	$0.5 \pm 0.06$	$0.5 \pm 0.14$
$vV_{\text{máx aMS}}$	t	$0.8 \pm 0.08$	$0.8 \pm 0.10$
	v	$1.4 \pm 0.14$	$1.4 \pm 0.09$
$vV_{t=1}$	t	1	1
	v	$0.6 \pm 0.07$	$0.7 \pm 0.15$
v média $\pm$ desvio padrão	v	$1.0 \pm 0.44$	$1.1 \pm 0.46$
Coeficiente de variação		0.44	0.45

A totalidade da amostra evidenciou valores mais elevados de velocidade em consequência da ALI dos MI  $1.60 \text{ m.s}^{-1}$ , 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  $1.391 \text{ m.s}^{-1}$  derivada da ALI dos MS, é também inferior à alcançada pelos mesmos autores. O registro de velocidade da ALI dos MI é superior à velocidade da ALI dos MS, e 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, registrou-se um decréscimo de velocidade de  $1,60 \text{ m.s}^{-1}$  para  $0.91 \text{ m.s}^{-1}$ , o que se traduz numa quebra acentuada para

valores também próximos de 0. O intervalo de tempo em que ocorre o registro mencionado é em média de 0.51s.

A velocidade média traduzida pela totalidade da amostra é de  $1.04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 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).

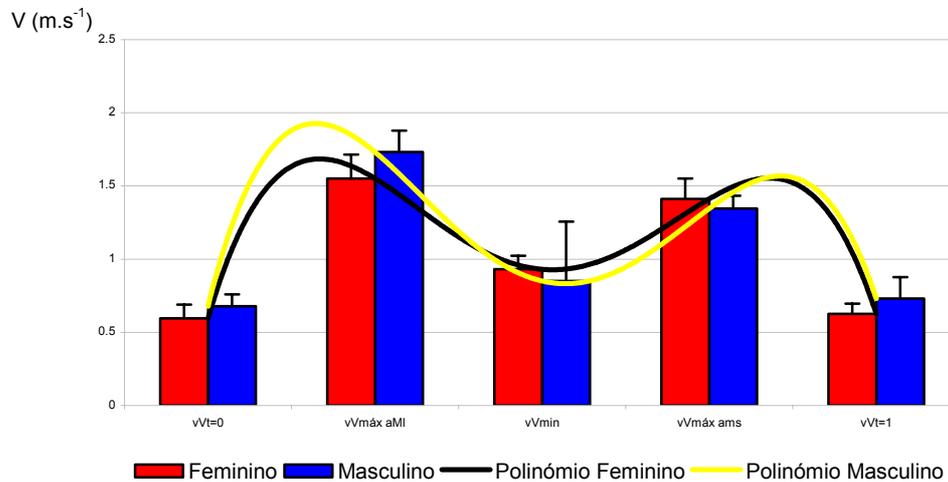
Os intervalos de tempo entre ALI dos MI e ALI dos MS são aproximados aos obtidos por Tourny et al. (1992), Craig et al. (1988) e Kent e Atha (1975) e D'Acquisto et al. (1988).

Quando nos reportamos aos dados em função do gênero, percebemos algumas diferenças que permitem retirar conclusões relevantes. Naturalmente, os valores médios da velocidade alcançados pelos dois gêneros foram distintos, com valores superiores para os nadadores ( $1.07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) e inferiores para as nadadoras ( $1.02 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). A fim de facilitar a leitura dos dados, construímos a Figura 4.15, que expressa o perfil da  $viV_{CG}$ , em função do gênero, entre os diferentes pontos de referência e correspondente modelação através de uma função polinomial de grau 4.

Podemos também verificar da nossa análise ao Quadro 4.9, que as diferenças mais significativas ocorrem em  $vV_{\text{máx aMI}}$  com valores médios de  $1.55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  para o gênero feminino e  $1.731 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  para o gênero masculino. Observa-se uma maior aceleração por parte do gênero masculino nesta fase do ciclo. Esta supremacia pode dever-se à restrição dos MI em alcançar velocidades máximas, adicionada ao fato de terem de iniciar a sua ação 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 ação dos MI significativa. Podem também ser sincronizados para suceder à ação 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 gênero feminino e uma conseqüente menor perda de velocidade o que está de acordo com os

resultados obtidos por Takagi et al. (2004), com resultados evidentes de velocidade da ação dos MS superiores para este gênero.



**Figura 4.15.** Perfil da  $vV_{CG}$  para ambos os gêneros, na técnica de peito, entre os diferentes pontos de referência e a função polinomial de grau 4 que melhor se ajusta à distribuição.

O pico de velocidade mencionado ocorre num menor espaço de tempo, ou seja, a ação propulsiva no gênero feminino ocorre mais rápido do que no gênero 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 registrar uma perda de velocidade mais acentuada que as nadadoras, fato este que está, em nossa perspectiva, relacionado com o maior intervalo de tempo entre as duas ações registrado para os nadadores. Estes têm uma fase de deslize mais demarcada (0,53s), que resulta numa perda mais acentuada de velocidade em oposição aos valores de 0,49s do gênero feminino. Esta perda não é no entanto compensada com uma ALI dos MS da qual resultam valores de velocidade inferiores ( $1,35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) relativamente ao gênero feminino ( $1,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

As nadadoras não registram invariavelmente valores de velocidade inferiores aos nadadores como descrito por Mantley e Atha (1992). Os valores  $1.55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $vV_{\text{máx aMI}}$ ) e  $0.93 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $vV_{\text{minIC}}$ ) registrando uma variação de  $0.62 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  para as nadadoras. Já os nadadores registram valores de variação entre  $1.73 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $vV_{\text{máx aMI}}$ ) e  $0.85 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $vV_{\text{minIC}}$ ) num intervalo de variação de  $0.88 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Os nadadores evidenciam uma maior variação de velocidade e com perdas de velocidade mais acentuadas.

#### **4.1.3.3.2. Comparação dos resultados obtidos por meios cinemétricos diferentes**

Quando estudamos os perfis de variação da velocidade referentes ao ponto anatômico fixo – anca1 –, os resultados obtidos para a nossa amostra expressos no Quadro 4.10 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.

Nota-se que a velocidade média foi inferior à registrada pelo CG, assim como, a grande diferença entre valores de velocidade para  $T=1$ .

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 4.10 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, referente à ALI dos MI ( $2.08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), é o mais elevado até aqui registrado.

As correlações foram, em média, inferiores, quando se relacionaram  $viV_{\text{anca2}}$  e  $viV_{\text{CG}}$ , com valores de associação entre variáveis de  $r = 0.775 \pm 0.111$ .

Salientamos que valores relativamente reduzidos de  $r$  ocorreram em casos particulares da amostra e não na sua globalidade, destacando-se o caso do nadador 4, com valores de  $r = 0.535$  para a correlação entre a  $viV_{\text{anca1}}$  e a  $viV_{\text{CG}}$

e de  $r = 0.536$  para a calculada entre  $viV_{anca2}$  e  $viV_{CG}$ . Todos os restantes elementos e em todas as correlações pesquisadas obtiveram graus de associação estatisticamente significativos ( $p \leq 0.05$ ) e, na maioria dos casos, mesmo muito significativos ( $p \leq 0.01$ ).

**Quadro 4.10.** Valores médios ( $\bar{x}$ ) e respectivos desvios-padrão (dp) do tempo (t) e velocidade (v) da  $viV_{CM}$ ,  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$ , respectivamente expressos em percentagem da duração total do ciclo e em metros por segundo, em cada ponto notável do ciclo, para a totalidade da amostra (todos os ciclos estudados).

		Velocidade do CG  $viV_{CG}$ (n=11) $\bar{x} \pm dp$	Velocidade da anca por Videogrametria  $viV_{anca1}$ (n=11) $\bar{x} \pm dp$	Velocidade da anca por Velocimetria  $viV_{anca2}$ (n=11) $\bar{x} \pm dp$
$vV_{t=0}$	t=0	0	0	0
	v ( $m \cdot s^{-1}$ )	$0.62 \pm 0.094$	$0.16 \pm 0.105^*$	$0.16 \pm 0.082^*$
$vV_{m\acute{a}x\ aMI}$	t (0-1)	$0.28 \pm 0.048$	$0.25 \pm 0.051$	$0.15 \pm 0.031^{\blacksquare}$
	v ( $m \cdot s^{-1}$ )	$1.60 \pm 0.174$	$1.85 \pm 0.166$	$2.08 \pm 0.269$
$vV_{minIC}$	t (0-1)	$0.55 \pm 0.091$	$0.52 \pm 0.096$	$0.47 \pm 0.105$
	v ( $m \cdot s^{-1}$ )	$0.91 \pm 0.209$	$0.87 \pm 0.195$	$0.10 \pm 0.196$
dif tempo	t (0-1)	$0.51 \pm 0.082$	$0.53 \pm 0.124$	$0.57 \pm 0.057$
$vV_{m\acute{a}x\ aMS}$	t (0-1)	$0.78 \pm 0.082$	$0.78 \pm 0.109$	$0.72 \pm 0.053$
	v ( $m \cdot s^{-1}$ )	$1.39 \pm 0.124$	$1.53 \pm 0.217$	$1.70 \pm 0.249$
$vV_{t=1}$	T=1	1	1	1
	v ( $m \cdot s^{-1}$ )	$0.66 \pm 0.102$	$0.15 \pm 0.149^*$	$0.14 \pm 0.113^*$
$\bar{x} \pm dp$	v ( $m \cdot s^{-1}$ )	$1.14 \pm 0.442$	$0.91 \pm 0.776$	$1.02 \pm 0.878$

\* Significativamente diferente do CG;  $\blacksquare$  significativamente diferentes de  $viV_{anca1}$  ( $p < 0.05$ ).

A fim de facilitar uma melhor compreensão do comportamento dos perfis de variação de toda a amostra em estudo, apresentamos na Figura 4.16 os

polinómios de grau 4 para  $viV_{anca1}$ ,  $viV_{CG}$  e  $viV_{anca2}$  com os respectivos valores de  $r^2$ .

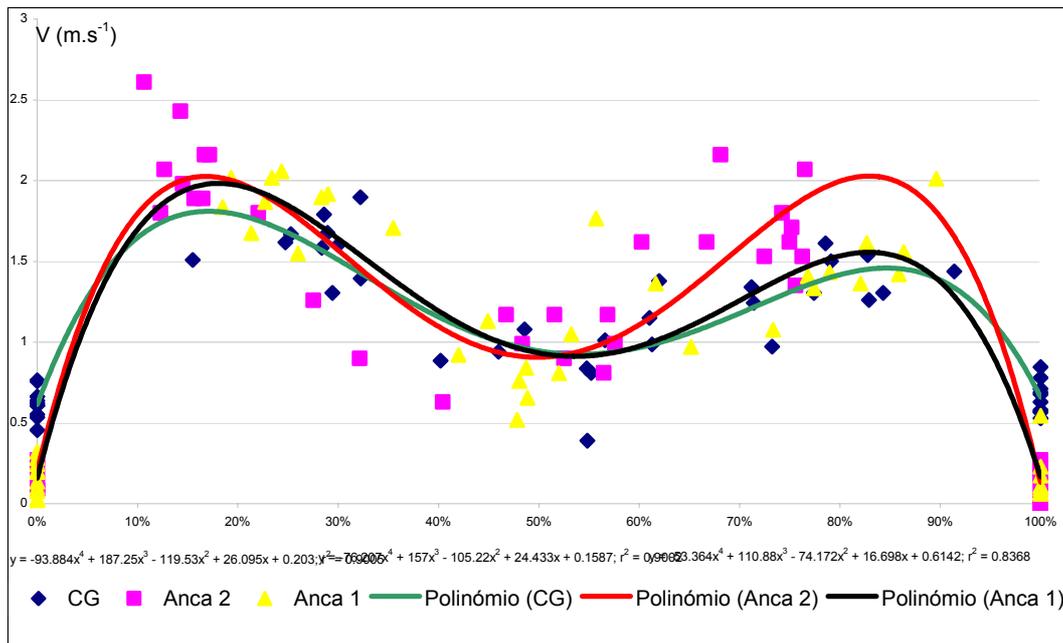
O grau de associação entre  $viV_{anca1} - viV_{anca2}$  foi, em todos os casos, bastante elevado, o que era de esperar pois se referem ao mesmo ponto anatômico (ou a pontos anatômicos muito próximos), atendendo a que o velocímetro é referenciado a uma zona coincidente com a anca. Pelos mesmos motivos não se estranha que as menores associações tenham ocorrido tanto para a  $viV_{anca1} - viV_{CG}$  como para  $viV_{anca2} - viV_{CG}$ .

Os resultados parecem estar de acordo com a literatura (Maglischo et al., 1987), apesar de termos obtido correlações menos elevadas do que as reportadas pelos autores citados. Todavia, os valores de  $r$  obtidos parecem-nos de forma a considerarmos o velocímetro mecânico por cabo estudado, como um meio válido e confiável para o estudo da cinemática do nadador de peito.

**Quadro 4.11.** Valores do coeficiente de correlação de Pearson calculados entre  $viV_{CM}$  e  $viV_{anca1}$ ;  $viV_{anca1}$  e  $viV_{anca2}$  e  $viV_{anca2}$  e  $viV_{CM}$ , por ciclo completo de nado para cada um dos quatro ciclos estudados por cada nadador da amostra.

	$viV_{anca1} - viV_{CG}$	$viV_{anca2} - viV_{CG}$	$viV_{anca1} - viV_{anca2}$
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

\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$



**Figura 4.16.** Diagrama de dispersão e polinômios correspondentes aos perfis de variação no tempo (expresso em percentagem de T) de  $vi_{CG}$ ,  $vi_{anca1}$  e  $vi_{anca2}$  de toda a amostra em estudo. São também apresentados os valores de  $r^2$ .

A primeira análise a retirar do Quadro 4.10, que expressa o grau de associação entre os valores dos diferentes registros obtidos, direciona a nossa atenção para a elevada relação entre  $vi_{anca1} - vi_{anca2}$  ( $r = 0.960$ ). Esta relação é justificada pela referência ao mesmo ponto anatômico, ou proximidade entre pontos de referência, uma vez que é ao nível da anca (cintura) que está localizado o ponto de fixação do velocímetro.

Salienta-se que as menores associações ocorrem tanto para a  $vi_{anca1} - vi_{CG}$  como para  $vi_{anca2} - vi_{CG}$ .

Os dados parecem estar de acordo com a literatura (Maglischo et al., 1987) apesar de termos obtido relações menos expressivas. Este fato, em nosso entender, deve-se à particularidade do estilo de peito. McElroy e Blanksby (1976), num estudo acerca das variações intracíclicas da velocidade em peito, 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.

Da mesma maneira, 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  $anca1/anca2$ . No entanto, foram obtidas relações para  $p \leq 0.01$ .

Consideramos, assim, que as curvas obtidas são tradutoras da eficiência externa dos nadadores. Este fato 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 ações propulsivas do nadador, como os deslocamentos dos segmentos em relação à direção de nado. Esta linha de raciocínio justifica as diferenças nos resultados obtidos para os parâmetros  $viV_{anca1} - viV_{CG}$  e  $viV_{anca2} - viV_{CG}$ . Podemos também justificar as diferenças registradas 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 fato de sermos confrontados com valores de associação elevados para a maioria da amostra.

Uma justificativa para esta ocorrência pode estar na realização de movimentos ativos dos MS e MI, com aumentos de velocidade consideráveis para o CG, não sendo registrados pela anca, uma vez que os segmentos corporais podem influenciar em algumas fases, a velocidade do CG, relativamente nas ações mais propulsivas dos segmentos supracitados.

Referente aos valores obtidos para  $viV_{anca1} - viV_{anca2}$ , podemos considerar que o velocímetro reflete o perfil  $viV_{anca1}$ . As diferenças, embora pouco significativas advêm de algum desfasamento temporal, ou mesmo de uma necessidade de otimização do velocímetro. Convém no entanto referir 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 fato, está a possibilidade de, em movimentos de grande aceleração, o velocímetro registrar 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 freie o suficiente para expressar o deslocamento.

Existe também a possibilidade de uma incompleta extensão do fio, como consequência de ações motoras mais fortes, prejudicar a avaliação da fase subsequente. Este fato aliado à descontinuidade da técnica de peito e ao registro de uma diferença maior em termos temporais entre as duas fases de maior aceleração, parece ganhar alguma justificativa. Assim sendo, alguns problemas mecânicos podem estar então a interferir 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.

#### 4.1.3.4. Conclusões

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

Em nosso entender e com base nos resultados obtidos, a utilização do velocímetro é recomendável no domínio da avaliação da técnica e do aconselhamento do treino para a técnica de peito. 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.

Referente às  $viV_{CG}$ , dos resultados obtidos concluímos que:

- (i) a curva velocidade/tempo do CG revela modelos muito similares à curva velocidade/tempo da anca1 e anca2, mas com flutuações menos extremas;
- (ii) o ciclo gestual da técnica de peito é caracterizado por dois períodos de desaceleração e dois períodos de aceleração;
- (iii) o valor mínimo da velocidade do CG corresponde à fase de recuperação;
- (iv) a velocidade de nado aumenta rapidamente durante a fase propulsiva da ação dos MI, alcançando o seu primeiro pico;
- (v) o valor máximo da velocidade do CG durante a ação dos MI é superior do que o atingido durante a ação dos MS;
- (vi) a velocidade diminui durante a fase de deslize / transição entre as ações propulsivas dos MI e dos MS, até ao início desta última;
- (vii) a velocidade aumenta novamente até ao seu valor mais alto no seu segundo pico, durante a fase da ação propulsiva dos MS;

- (viii) os nadadores parecem caracterizar-se por um maior intervalo de tempo entre as duas ações mais propulsivas, resultando numa perda de velocidade mais acentuada que as nadadoras;
- (ix) os nadadores atingem velocidades médias totais mais elevadas que as nadadoras;

Relativamente à relação entre parâmetros:

- (x) 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  $viV_{anca1} - viV_{anca2}$  ( $r=0.960 \pm 0.023$ ).

## 4.2. Material e Métodos

Neste capítulo descreveremos a metodologia do projeto central deste estudo, que procurou desenvolver e avaliar um sistema de *feedback* com conhecimento de resultados (CR) para o treino da técnica em natação, o qual se desenvolveu segundo as seguintes etapas:

- (i) desenvolvimento de um velocímetro com leitor ótico;
- (ii) desenvolvimento de rotinas informáticas que facilitassem a rápida disponibilização de parâmetros caracterizadores do modelo técnico do nadador;
- (iii) verificação da validade dos registos (validação com sistemas cinemáticos 2D do movimento do CG e da anca do nadador);
- (iv) desenvolvimento de sistemas de transmissão da informação, seja em tempo real (áudio), seja em tempo diferido, conjugado com a imagem vídeo e
- (v) verificação da utilidade do sistema para o treino de nadadores.

A generalidade das primeiras etapas já foram descritas e analisadas nos Estudos Exploratórios que acabamos de apresentar. Agora iremos descrever a versão final do velocímetro e do respectivo *software*, o processo de validação

final do dispositivo, bem como todo o desenho do estudo consagrado à ponderação da sua utilidade para a avaliação e aconselhamento do treino de nadadores na técnica de peito.

#### **4.2.1. Descrição e caracterização geral da amostra**

A amostra foi constituída por 50 nadadores juvenis, juniores e seniores, 25 do sexo feminino e 25 do sexo masculino, originários de 5 clubes filiados na mesma associação regional de Natação.

Os nadadores eram todos nadadores treinados, mas de diversos níveis desportivos, experiência e habilidade específica na técnica de peito.

Foram constituídos 5 grupos homogêneos no que respeita a idade, gênero e coeficiente de variação da velocidade em relação à velocidade média (CV). Nestas variáveis não foram encontradas diferenças significativas entre os 5 grupos ( $p < 0.05$ ).

O CV da velocidade por ciclo na técnica de peito foi determinado em pré-teste recorrendo ao velocímetro e à metodologia que depois se especificará.

No Quadro 4.12 são apresentados os valores médios e respectivos desvios-padrão da idade, peso e altura, por gênero, em cada um dos grupos.

As idades dos nadadores que constituíram a amostra estavam compreendidas entre os 13 e os 32 anos para o gênero feminino, para uma média que variou, entre grupos, de  $15.5 \pm 1.72$  e  $21.7 \pm 7.37$  anos. Para o gênero masculino as idades estavam entre 14 e 28 anos, para uma média que variou de  $17.4 \pm 3.16$  a  $20.7 \pm 4.37$  anos. O peso corporal variou, para o gênero feminino, entre os 38 e os 67 kg, em média variando, entre grupos, de  $51.5 \pm 7.71$  kg a  $57.2 \pm 8.04$  kg. Para o gênero masculino o peso estava entre 47 e 91 kg, para uma média que variou, entre grupos, de  $60.2 \pm 12.64$  kg a  $71.6 \pm 11.49$  kg. As alturas estavam compreendidas, para o gênero feminino, entre 1.44 e 1.81 m, com um valor médio que oscilou entre  $1.60 \pm 0.09$  m e  $1.70 \pm 0.10$  m. Para o gênero masculino a altura variou entre 1.63 e 1.93 m, com um valor médio que variou, entre grupos, de  $1.70 \pm 0.13$  m a  $1.76 \pm 0.06$  m.

**Quadro 4.12.** Caracterização geral dos grupos de sujeitos que constituem a amostra - média e desvio padrão da idade (anos), peso (kg) e altura (m) -, bem como dos subgrupos feminino e masculino de cada grupo.

Grupo	Gênero	Idade (anos) $\bar{x} \pm dp$	Peso (Kg) $\bar{x} \pm dp$	Altura (m) $\bar{x} \pm dp$
01	F	16.5±2.82	57.2±8.04	1.61±0.05
	M	18.4±5.70	60.2±12.64	1.70±0.13
	Total	17.4±4.13	-	-
02	F	15.5±1.72	52.4±8.25	1.63±0.04
	M	20.7±4.37	70.9±7.17	1.76±0.06
	Total	18.1±3.92	-	-
03	F	17.4±3.90	55.3±9.00	1.70±0.10
	M	17.4±3.16	63.9±10.82	1.70±0.60
	Total	17.4±3.19	-	-
04	F	16.1±3.26	51.5±7.71	1.60±0.09
	M	19.0±3.20	66.5±5.16	1.73±0.03
	Total	17.5±3.23	-	-
05	F	21.7±7.37	55.5±6.98	1.64±0.04
	M	18.0±1.69	71.6±11.49	1.74±0.04
	Total	19.8±5.12	-	-

Após consentimento formal dos clubes e dos nadadores, todos os nadadores que constituíram a amostra participaram de forma voluntária, tendo-lhes sido explicado previamente o protocolo experimental a ser desenvolvido.

#### **.4.2.2. Caracterização desportiva**

A distribuição da amostra do estudo pelos diferentes grupos experimentais foi elaborada a partir da realização de um pré-teste com a participação de 70 nadadores, realizado uma semana antes da avaliação final.

Para tornar a amostra o mais homogênea possível, os nadadores foram selecionados por conveniência, a partir do gênero, do tempo aos 200 m peito, do tempo aos 25 m peito e do CV da velocidade de nado num ciclo gestual da

mesma técnica de nado. As características desportivas da amostra estão descritas no Quadro 4.13.

**Quadro 4.13.** Caracterização geral dos grupos de sujeitos que constituem a amostra - média e desvio padrão do coeficiente de variação (CV), tempo aos 200 m (s) e tempo aos 25 m peito (s) -, bem como dos subgrupos feminino e masculino de cada grupo.

Grupo	Gênero	CV $\bar{x} \pm dp$	Tempo 200 (s) $\bar{x} \pm dp$	Tempo 25 (s) $\bar{x} \pm dp$
01	F	0.396±0.04	189.0±20.32	23.00±2.35
	M	0.377±0.11	173.4±12.56	21.60±1.36
	Total	0.409±0.05	181.2±11.03	22.30±0.99
02	F	0.397±0.02	180.2±7.22	22.76±0.79
	M	0.379±0.12	155.4±8.56	19.18±1.37
	Total	0.413±0.05	167.8±17.54	20.97±2.53
03	F	0.402±0.04	178.0±17.20	22.40±2.06
	M	0.372±0.11	175.6±11.37	21.80±1.47
	Total	0.402±0.04	174.6±4.81	21.70±0.99
04	F	0.423±0.05	175.6±11.37	21.80±1.47
	M	0.397±0.12	166.4±11.61	20.80±1.17
	Total	0.429±0.06	171.0±6.51	21.30±0.71
05	F	0.387±0.05	181.4±16.49	21.80±1.47
	M	0.370±0.11	157.6±5.22	19.20±1.33
	Total	0.401±0.05	169.5±16.83	20.50±1.84

O CV da velocidade por ciclo em peito dos nadadores que constituíram a amostra, para o gênero feminino, estava compreendido entre 0.345 e 0.492, para uma média que variou, entre grupos, de 0.387±0.05 e 0.423±0.05, enquanto que o gênero masculino estava entre 0.344 e 0.519, para uma média que variou entre grupos de 0.370±0.11 e 0.397±0.12.

O tempo de prova aos 200 m peito variou entre os 156 s e os 210 s. Em média, variou entre grupos desde 175.6±11.37 s a 189.0±20.32 s para o gênero feminino, enquanto que para o gênero masculino estava entre os 147 s e 190 s, variando dentre grupos, em média, de 155.4±8.56 s a 175.6±11.37 s. Os

melhores tempos aos 25 m peito variaram entre 21.00 s e 26.00 s, com um valor médio variando entre grupos de  $21.80 \pm 1.47$  s e  $23.00 \pm 2.35$  s para o gênero feminino e entre 17.05 s e 24.00 s, com um valor médio variando de  $19.18 \pm 1.37$  s a  $21.80 \pm 1.47$  s para o gênero masculino.

A constituição dos grupos homogêneos foi conseguida da seguinte forma: hierarquizaram-se os 70 nadadores femininos e masculinos participantes num pré-teste por ordem crescente de CV. Depois, os nadadores foram distribuídos pelos grupos, de 1 a 5 e de 5 a 1, em alternância de gêneros e em valor crescente de CV dentro de cada gênero, até perfazer 10 nadadores por grupo.

#### **4.2.3. Caracterização do envolvimento**

A aplicação do protocolo, tendo em vista a recolha dos dados, decorreu em dias sucessivos, no período compreendido entre as 09:00 e as 13:00 (manhã) e entre as 15:00 e as 19:00 (tarde). A recolha de dados foi realizada em piscina de 25 m de comprimento por 12.5 m de largura (6 raias) e 2.0 m de profundidade, coberta e aquecida, com água a 27°C. A variação da temperatura da água e da temperatura ambiente foi desprezível no período de testagem.

#### **4.2.4. Procedimentos**

Os nadadores que constituíram a amostra, nadaram partindo de dentro da água, sem utilizarem, após o impulso na parede testa, a braçada “filipina”.

A amostra de 50 nadadores foi distribuída em cinco grupos homogêneos (quanto a gênero e CV da velocidade) de dez nadadores.

Cada um dos cinco grupos foi avaliado na seguinte situação de aprendizagem:

Procurar minimizar as flutuações de velocidade da anca num ciclo, nadando 25 m à velocidade média da prova de 200 m peito (regulada por "*pacer*" visual no fundo da piscina), ao longo de 5 tentativas avaliadas

de 15 em 15 mn e distribuídas no decorrer de uma (1) hora de aprendizagem.

Os grupos foram sujeitos, durante a situação de aprendizagem, a diferentes tipos de informação, tendo sido diferenciados da seguinte forma:

1º GRUPO – os nadadores só recebiam informação do treinador;

2º GRUPO – os nadadores recebiam informação do treinador e do *output* (curvas) de um velocímetro;

3º GRUPO – os nadadores recebiam informação do treinador; informação biomecânica sofisticada (curvas de velocímetro, vídeo de duplo meio e curva média de flutuação intracíclica da velocidade);

4º GRUPO – os nadadores recebiam informação do treinador, *feedback* concomitante acústico de alta frequência (ciclo a ciclo) e informação biomecânica sofisticada (curvas de velocímetro, vídeo de duplo meio e curva média de flutuação intracíclica da velocidade) e

5º GRUPO – os nadadores recebiam informação do treinador, *feedback* concomitante acústico de baixa frequência (de dois em dois ciclos) e informação biomecânica sofisticada (curvas de velocímetro, vídeo de duplo meio e curva média de flutuação intracíclica da velocidade).

#### 4.2.5. Material utilizado

O material utilizado visou a recolha de dados cinemáticos e de aprendizagem motora:

- 1 Velocímetro
- 1 Software LabVIEW
- 2 Câmeras de vídeo SVHS comum, com lentes zoom (JVC GR-SX1 SVHS)
- 1 Câmera de vigia subaquática (B/W *Submergible Camera* - AC 230V)
- 1 Suporte para sistema de imagens vídeo de duplo meio
- 2 Mesas de mistura digital AV (Panasonic WJ - AVE55), e (WJ - AVE5)

- 1 PC portátil (Toshiba PSA60E)
- 1 Gravador de vídeo (Panasonic AG 7350 SVHS)
- 1 Monitor (Sony Color Triniton UO 1444).
- 1 Placa emissora acoplada a porta áudio do velocímetro
- 2 Receptor digital (Roadstar AM/FM TRA - 2221D)
- 1 Referencial visual externo de forma retangular plana
- 1 Tripé
- 1 GBK Pacer
- 1 Charriot com carril
- 2 Cronômetros digitais com aproximação às centésimas de segundo marca *Seiko* com cronofrequencímetro de base 3.

#### 4.2.5.1. Velocímetro

O velocímetro utilizado nesta fase do estudo constituiu um desenvolvimento da versão apresentada no Estudo Exploratório III. Tratou-se, de novo, de um dispositivo recorrendo a um microprocessador que reforçasse a capacidade de processamento dedicado do PC.

Um computador pessoal, apesar de ter um processador extremamente rápido, não tem uma competência específica. Normalmente, o processador corre um sistema operativo que tem de dividir o seu tempo de processamento por múltiplas atividades. Esta característica faz de um PC habitual, com um sistema operativo atual, uma máquina incapaz de se constituir num elemento de conversão analógico/digital de elevada frequência, através da amostragem de sinais da porta paralela. A qualidade dessa amostragem apresenta-se inferior aos nossos requisitos (traduzir com fiabilidade a grandeza  $V(t)$ ).

Assim, o desenvolvimento do velocímetro, passou pela realização de um sistema eletrónico que, tal como o descrito no Estudo Exploratório III, funcionasse como placa de aquisição e conversão A/D pelo recurso a um microprocessador, condicionando sinal para um posterior processamento, garantindo assim precisão e rigor nos valores base a serem tratados pelo PC.

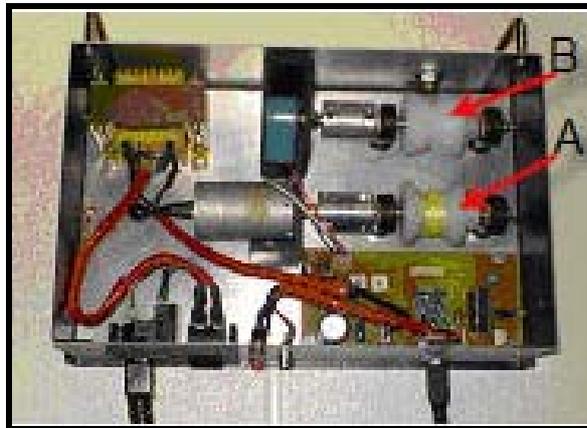
O velocímetro apresentado na Figura 4.17, consiste num dispositivo de medição da velocidade de desenrolamento de um fio que o nadador leva preso na cintura pélvica, à altura da anca, com um sensor incremental rotativo com resolução de 500 pontos por volta e um motor de freio que garante que a inércia de todo o sistema seja insignificante, mantendo o fio permanentemente esticado. Relativamente ao dispositivo descrito no Estudo Exploratório III, a principal inovação deste velocímetro consiste no recurso a um sensor incremental rotativo, em alternativa ao leitor ótico. A segunda alteração relevante prende-se com o freio do carreto, que permite manter o fio permanentemente esticado. A terceira inovação decorre do fato do carreto cuja rotação é medida não estar sujeito ao efeito da acumulação de cabo enrolado no seu diâmetro.

Assim, como pode ser visto na Figura 4.18, o fio está enrolado na roldana A que está acoplada ao motor. O fio passa pela roldana B que tem um diâmetro útil fixo, implicando que o codificador incremental que está acoplado a esta, gere um número de impulsos constante a cada volta de desenrolamento do fio. Esta diferença entre este e os demais velocímetros antes desenvolvidos, está na utilização das duas roldanas, onde a leitura que é realizada pelo codificador incremental (roldana B) é relativa a uma unidade de desenrolamento constante.

Para o sistema funcionar corretamente é necessário que os valores sejam lidos e processados, numa primeira etapa, muito rapidamente, ou seja, com precisões temporais da ordem dos microsegundos ( $\mu\text{s}$ ). Para assegurar essa característica, optou-se por conceber um circuito baseado num microcontrolador capaz de gerir interrupções de uma fonte externa. A escolha recaiu para um microcontrolador da marca PIC da *Microchip*, uma vez que estes integrados têm múltiplas funcionalidades, bem como um consumo energético reduzido. Para ficar de reserva algum poder de cálculo, a opção de escolha foi por um *PIC18LF1320*. Para comunicar com o PC foi utilizado um conversor de comunicação série para USB da marca *FTDI*. Assim, torna-se possível utilizar uma porta USB do PC, obtendo também alimentação para o circuito.



**Figura 4.17.** Aspecto exterior do velocímetro.



**Figura 4.18.** Mecanismo interno do velocímetro, apresentando em detalhe as roldanas A e B.

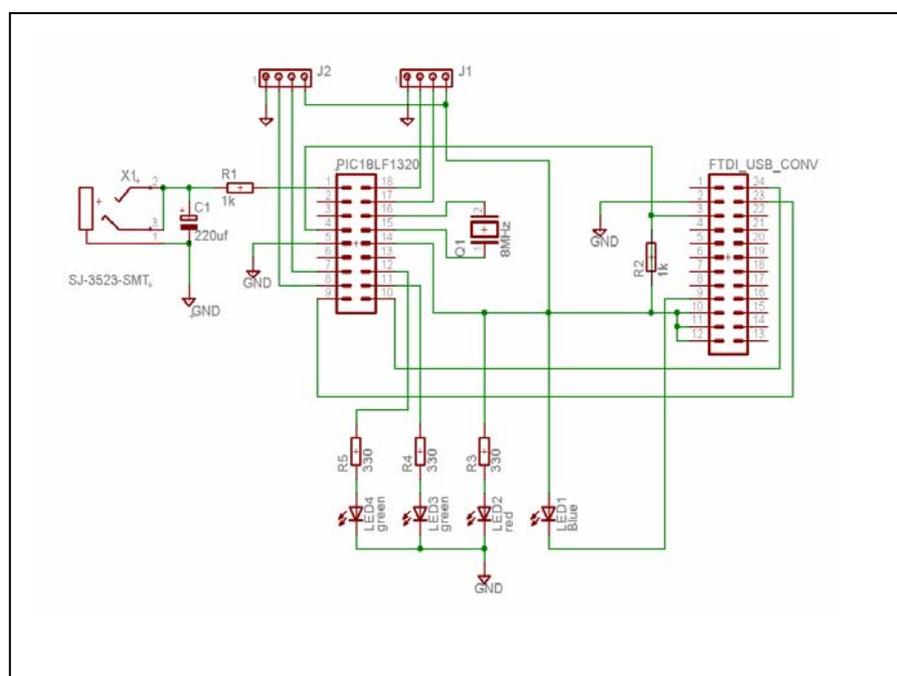
Como forma de dar um rápido *feedback* para o utilizador sobre o estado do aparelho, foram instalados *leds*.

Uma saída áudio foi também instalada, para inclusão do sistema de *biofeedback* ao nadador e treinador. O diagrama do circuito pode ser analisado a seguir na Figura 4.19.

Como se pode verificar pelo diagrama da Figura 4.19, o *hardware* deste sistema é muito simples. O integrado *PIC18LF1320* funciona como cérebro de todo o sistema. Ele conta o número de impulsos na porta J1, ligada diretamente ao codificador incremental, e descodifica também o sentido de rotação do eixo do carroto. Através da porta J2, ele pode receber ordens de *start* e *stop* da contagem, bem como enviar um sinal *trigger* para outros sistemas, que consiste num sinal de tensão elétrica nula, quando o sistema está em repouso, e de 5 V, quando o sistema se encontra a medir. O mesmo integrado é também responsável por comunicar com o PC através do conversor para USB. O integrado controla também os *leds* indicativos do estado do sistema.

Devido às exigências energéticas do motor do freio, toda a alimentação deste é suportada por uma fonte de alimentação independente do computador. É pretendido que o motor tenha dois comportamentos. Num estado permanente o motor deve manter um binário constante de forma a manter o fio esticado. Ao

pressionar o botão b1, ele deve criar um binário superior de forma a enrolar o fio bem esticado, pois verificou-se, quando das versões anteriores (Estudos Exploratórios no capítulo), ser esta uma condição fundamental para o bom funcionamento do sistema, no sentido de eliminarmos a inércia proveniente do desenrolar do carro de forma excessiva provocado pela ação de altas velocidades.



**Figura 4.19.** Esquema geral do circuito eletrônico do velocímetro de 4ª

Este novo sistema eletrônico, mais inteligente, em vez de enviar diretamente os impulsos provenientes do sensor incremental para a porta paralela, calcula a velocidade instantânea através da contagem do número de impulsos por unidade de tempo e envia pela ligação USB esses dados para o PC.

#### 4.2.5.1.1. Teste comparativo com radar de velocidade

Nos estudos exploratórios antes apresentados verificamos a validade da velocimetria mecânica por cabo para a avaliação cinemétrica de nadadores,

nomeada e especialmente nas técnicas descontínuas, onde se percebem flutuações mais acentuadas da velocidade dentro de um ciclo.

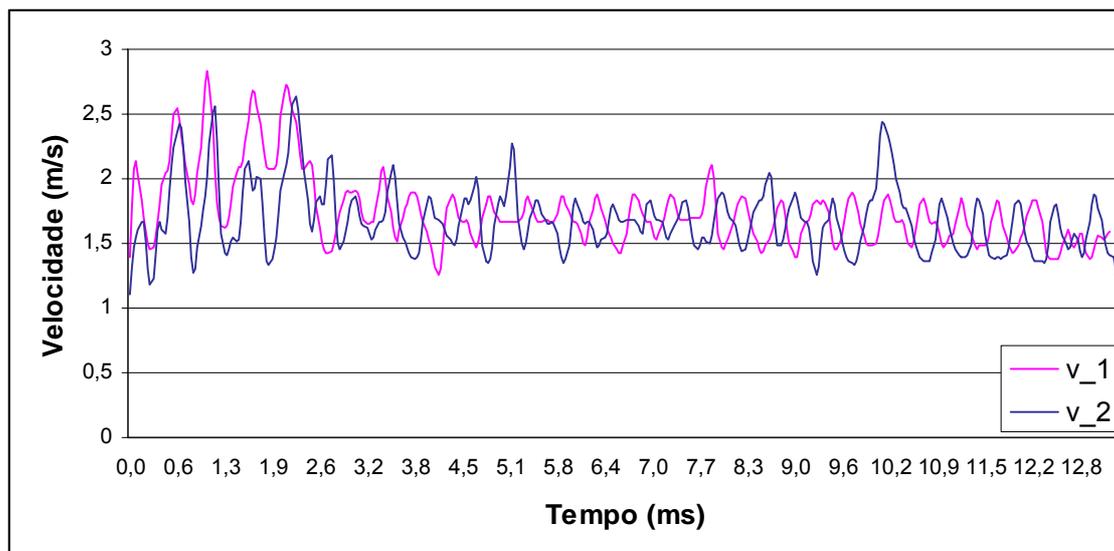
Apesar das diferenças introduzidas no velocímetro entre a versão descrita no estudo exploratório III e a agora utilizada terem sido no sentido de elevar a sua funcionalidade e rigor, não quisemos deixar de também para esta, proceder a ensaios de validação.

Numa tentativa de avaliar o desempenho da última versão do velocímetro e analisar a sua eficácia, efetuou-se um teste comparativo de medição com um radar de velocidade. O velocímetro e o radar foram usados para medir a velocidade de locomoção de um sujeito ao longo de 25 m num corredor. O fio do velocímetro foi fixado na cintura, altura para a qual foi também apontado o radar. Uma célula fotoelétrica foi usada para acionar o registro de velocidade do radar de modo sincronizado com o início da medição do velocímetro. Assim, logo que o sujeito puxa o fio do velocímetro interrompe também o feixe luminoso da célula.

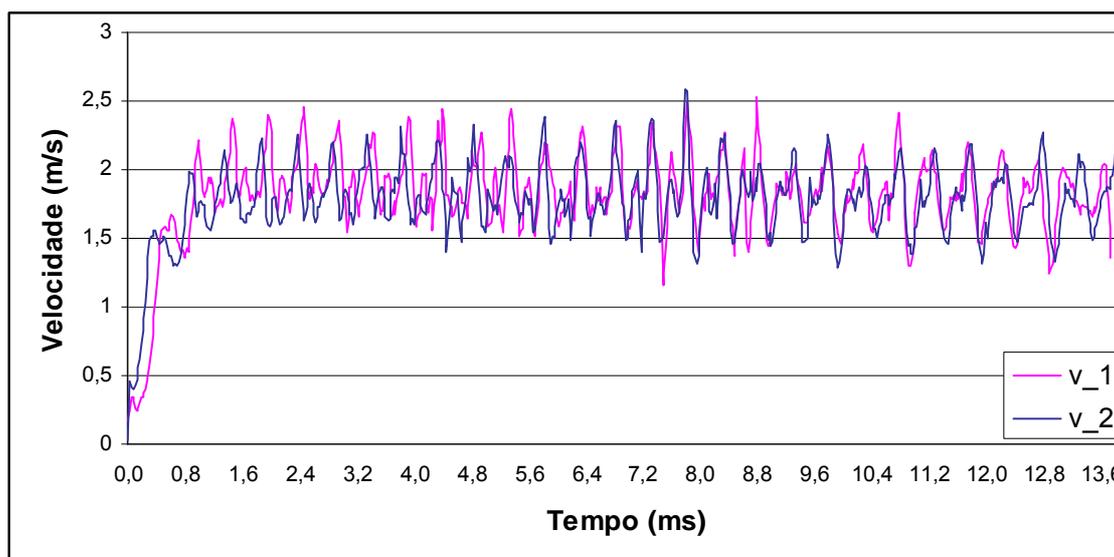
Na Figura 4.20 ilustram-se duas medições da velocidade de locomoção do sujeito efetuadas com o radar e, na Figura 4.21, as medições dos mesmos eventos com o velocímetro.

Nestes ensaios comparativos verificaram-se atrasos de cerca de 0,4 ms e 0,2 ms, para o 1º e 2º ensaio respectivamente, entre o início do registro do radar e o do velocímetro. Além disso, a cadência de amostragem dos sinais é diferente: de 31,25 Hz para o radar e de 50 Hz para o velocímetro.

Após compensação do atraso relativo e re-amostragem do sinal do radar para 50 Hz, constata-se haver concordância entre as flutuações de ambas as medições, como é visível nos gráficos das Figuras 4.22 e 4.23.



**Figura 4.20.** Velocidades de locomoção medidas com radar.



**Figura 4.21.** Velocidades de locomoção medidas com velocímetro.

Determinaram-se ainda as velocidades médias e desvios-padrão para cada caso, os coeficientes de variação, os erros relativos entre as médias e os erros quadráticos médios das  $n_s$  amostras pela expressão:

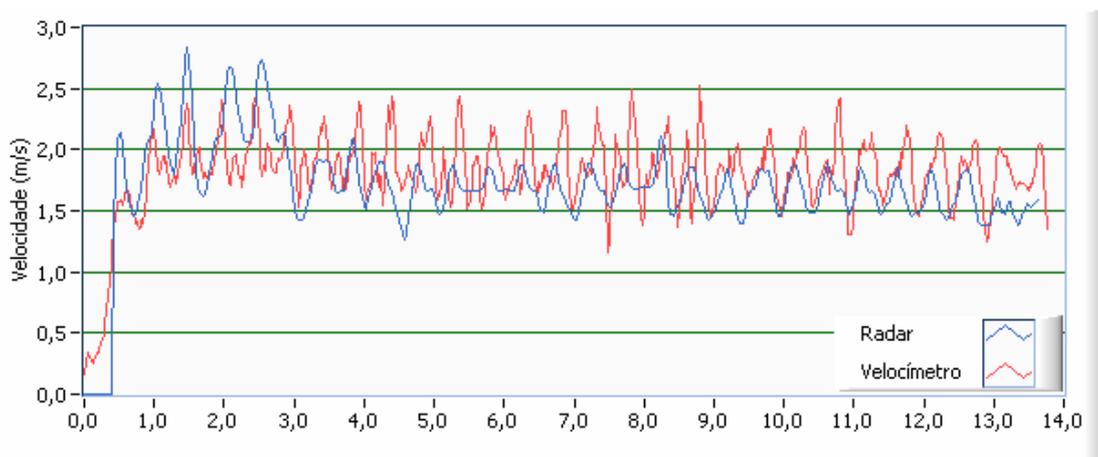
$$e_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n_s} \sum_i (x_{1i} - x_{2i})^2} \quad (4.1)$$

entre as duas medições  $x_1$  e  $x_2$ , que se apresentam no Quadro 14. Os desvios são reduzidos e os erros perfeitamente aceitáveis e dentro dos limites teóricos, como veremos posteriormente.

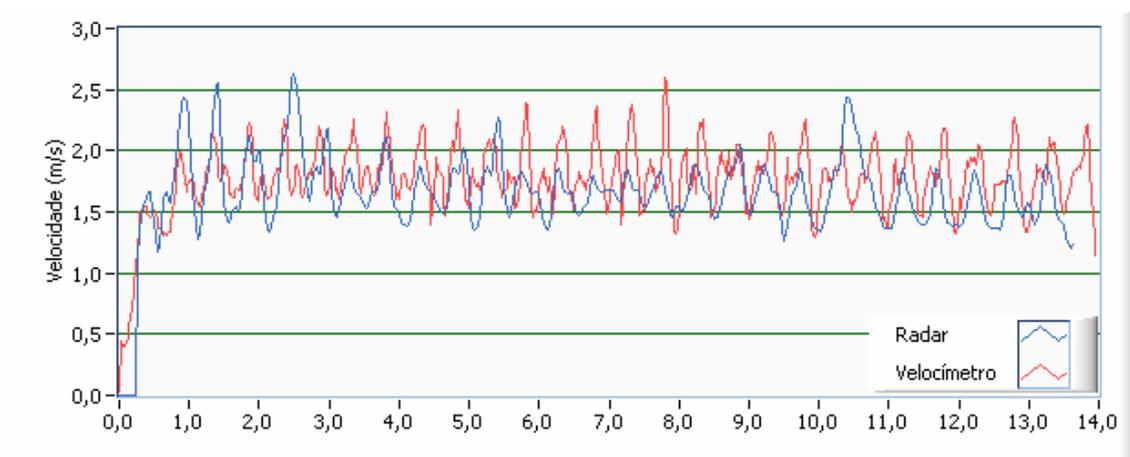
Referimos que o radar disponível apresenta erros elevados para este tipo de aplicação (da ordem de  $0,58 \text{ m.s}^{-1}$ ), particularmente prejudicial nas baixas velocidades. Conclui-se, por isso, que para a aplicação em causa, o velocímetro construído apresenta uma melhor qualidade de medição do que o radar de velocidade.

**Quadro 4.14.** Estatísticas das medições de velocidade em dois ensaios com velocímetro e radar. São apresentados os valores médios ( $\bar{x}$ ) e correspondentes desvios padrão (dp), os coeficientes de variação (CV), os erros relativos ( $e_r$ ) e os erros quadráticos ( $e_{rms}$ ).

Ensaio	Radar			Velocímetro			$e_r$	$e_{rms}$
	$\bar{x}$	dp	CV	$\bar{x}$	dp	CV		
1	1,748	0,276	0,158	1,812	0,335	0,185	3,5%	0,327
2	1,681	0,259	0,154	1,774	0,283	0,159	5,3%	0,305



**Figura 4.22.** Comparação das medições entre radar e velocímetro para o 1º ensaio.



**Figura 4.23.** Comparação das medições entre radar e velocímetro para o 2º ensaio.

#### 4.2.5.1.2. Análise de erros de medição do velocímetro

O velocímetro construído mede a velocidade a partir de um codificador incremental de movimento rotativo. O fio, puxado pelo nadador, faz rodar o carreto de diâmetro fixo  $d$  acoplado ao codificador, gerando um número inteiro de impulsos  $N$  por cada volta completa. O deslocamento linear é, por isso, obtido a partir do perímetro do carreto com uma resolução  $\Delta x$  dada por:

$$\Delta x = \frac{\pi d}{N}. \quad (4.2)$$

Conseqüentemente, a velocidade obtém-se de:

$$v = \frac{n \Delta x}{\Delta t}, \quad (4.3)$$

sendo  $n$  o número de impulsos contados durante o intervalo mínimo de medição  $\Delta t$ .

Os impulsos do codificador não são evidentemente gerados de modo sincronizado com o funcionamento do micro-controlador, dando origem a um erro de contagem de mais ou menos um impulso no intervalo  $\Delta t$ . Por outro lado, o funcionamento do micro-controlador realiza-se à frequência de um oscilador de quartzo cujo período  $T$  determina a resolução do intervalo de medição  $\Delta t$ , estando ainda sujeito aos desvios na frequência do oscilador.

O erro relativo de medição de velocidade tem, portanto, as seguintes contribuições: uma resultante do erro de contagem de impulsos, outra resultante de imprecisões mecânicas nas dimensões do carreto e do codificador incremental e outra resultante de erros no intervalo de medição.

Admitindo uma aproximação em série de Taylor de 1ª ordem, o erro relativo de medição  $\varepsilon_v$  obtém-se (Campilho, 2000):

$$\varepsilon_v = \sum_i \left| \frac{\partial v}{\partial x_i} \frac{x_i}{v} \right| \varepsilon_{x_i}, \quad (4.4)$$

em que  $x_i$  representa cada uma das variáveis independentes e  $\varepsilon_{x_i}$  representa o seu erro relativo. Após simplificação, para a expressão da velocidade, o erro relativo de medição combinado resulta em:

$$\begin{aligned} \varepsilon_v &= \varepsilon_n + \varepsilon_{\Delta x} + \varepsilon_{\Delta t} + \varepsilon_T \\ &= \frac{1}{n} + \frac{\Delta d}{d} + \frac{T}{\Delta t} + \frac{\Delta T}{T}. \end{aligned} \quad (4.5)$$

De acordo com as especificações para o velocímetro construído, utilizou-se um oscilador de quartzo com frequência de 8 MHz ( $T = 0,125 \mu\text{s}$ ) e desvio de  $\Delta T/T = 10^{-6}$ ; um intervalo de medição  $\Delta t = 20 \text{ ms}$  e um diâmetro do carreto  $d = 25 \text{ mm}$ , cujas imprecisões mecânicas  $\Delta d$  não excedem 0,1 mm, obtendo-se:

$$\varepsilon_v = \frac{1}{n} + 4,00725 \times 10^{-3}. \quad (4.6)$$

Verifica-se, assim, que o erro relativo de medição é essencialmente devido ao erro de contagem de impulsos para as velocidades de nado de interesse.

No gráfico da Figura 4.24 representa-se a variação do erro relativo de medição com a velocidade de nado. Verifica-se que este diminui com o aumento da velocidade e, para valores de velocidade de nado superiores a  $0,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , é inferior a 10 %. Acima de uma velocidade de  $3,93 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , o erro de medição será dominado pelas imprecisões mecânicas e de medição temporal do velocímetro.

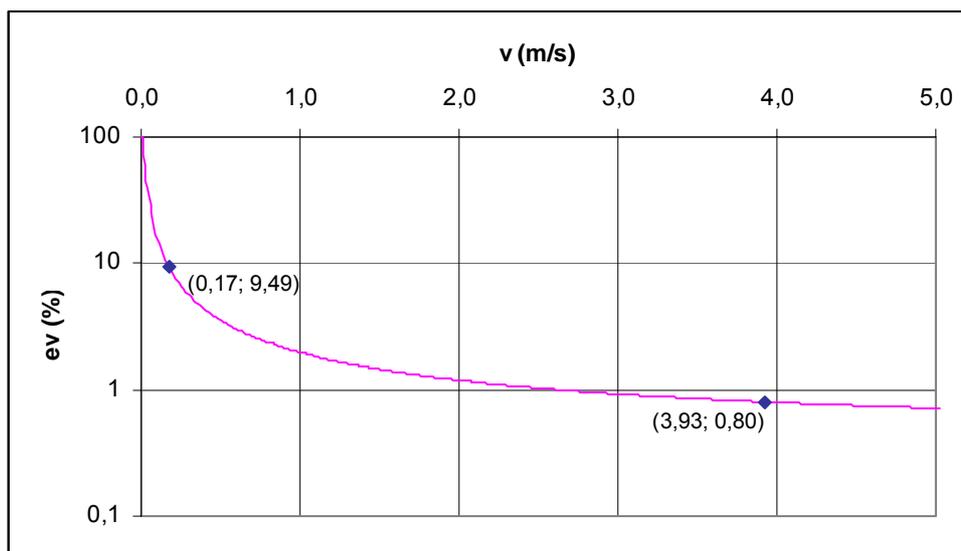


Figura 4.24. Erro relativo de medição.

#### 4.2.5.2. Software

Para controlar as operações velocimétricas realizadas através do velocímetro antes descrito, foi criado um suporte informático em *LabVIEW*, que permite efetuar duas operações: (i) inserção dos dados pessoais do nadador e (ii) obtenção de dados do ensaio.

A primeira operação, corresponde à inserção de dados do nadador – Figura 4.25 (nome, sobrenome, idade, peso, altura, gênero e observações) –, configurando os ficheiros necessários ao armazenamento da informação obtida pelo ensaio e mais algumas configurações que podem ser executadas sem interferir diretamente com o mesmo. Esta verificação, pela lentidão de preenchimento de dados e por não ser necessário um tempo de resposta baixo, ao contrário do que acontece durante a segunda operação, é realizada com uma taxa lenta, 2 vezes por segundo.

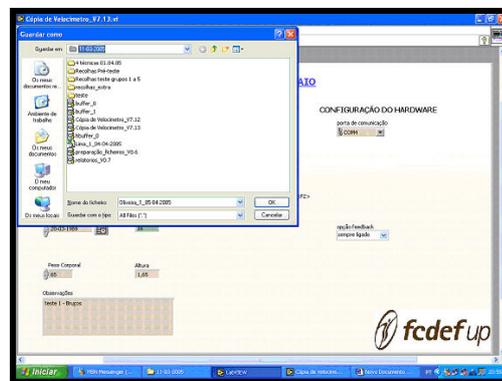
O não preenchimento de algum campo de dados implica a não continuidade da execução do programa, ficando assim pendente até à sua finalização.

Preenchidos todos os campos de dados do nadador, serão criados os ficheiros onde será armazenada toda a informação obtida no ensaio (Figura 4.26), de dois modos distintos:

- Um ficheiro para análise mais profunda, compatível com o *Microsoft Excel*, onde são guardados todos os valores amostrados das coordenadas do gráfico de velocidade ao longo de todo o ensaio, valores do ciclo típico (velocidades dos pontos notáveis, tempo e acelerações) e também está incluída toda a informação sobre o nadador (dados pessoais).
- Em outro ficheiro é guardado o gráfico  $V(t)$  obtido no ensaio e as informações mais importantes resultantes desse ensaio, como a velocidade média, desvio padrão, coeficiente de variação, distância percorrida, tempo de nado e observações adicionais.



**Figura 4.25.** Página de configuração do ensaio.



**Figura 4.26.** Criação de ficheiros.

Com estes dois ficheiros devidamente criados, realiza-se a segunda operação, que consiste na obtenção de dados do ensaio propriamente dito (Figura 4.27).

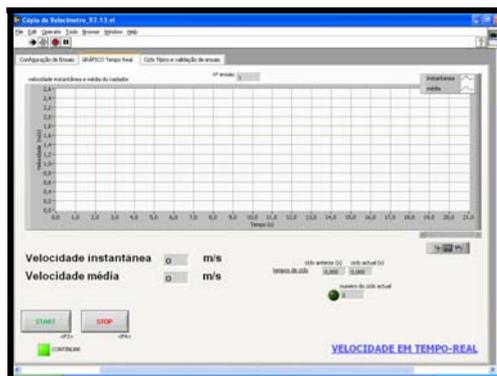


Figura 4.27. Sistema pronto para início de registro de ensaio.

Esta etapa é iniciada com o comando dado por *START*, ou pressionando na tecla F3. Existe ainda a possibilidade desta ordem ser dada por um sinal de disparo externo. Durante esta etapa, o valor da velocidade é desenhado no gráfico, à medida que os dados do sensor vão chegando à porta USB. Dentro deste ciclo é realizada, então, a aquisição dos dados da porta (vindos do sensor), calculadas as respectivas velocidades instantânea e média, que são desenhadas no gráfico, sendo a primeira armazenada em vector temporário para a posterior gravação em disco. A frequência de leitura do velocímetro é de 20 ms, o que implica um gráfico de velocidades com uma resolução de 50 pontos por segundo. O registro termina por indicação dada por *STOP*, ou pressionando na tecla F4, que deve ser acionada no fim do ensaio Figura 4.28.

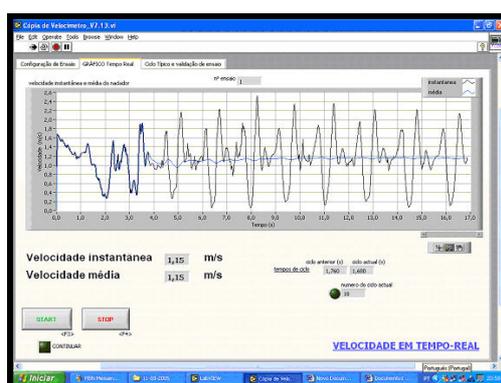
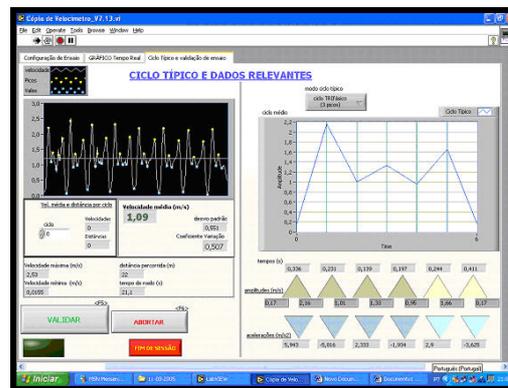


Figura 4.28. Curva gráfica de velocidade de todo um ensaio, apresentando os pontos referentes às ações sucessivas de membros inferiores, superiores e recuperação.

Uma outra possibilidade que foi programada é relativa ao ciclo de aquisição de dados parar automaticamente quando são recebidos dez valores consecutivos de velocidade zero. As operações seguintes podem, então, ser executadas.

A operação seguinte refere-se ao cálculo de alguns valores relevantes ao ensaio tais como: ciclo típico, tempo, velocidade nos pontos notáveis e acelerações (Figura 4.29).



**Figura 4.29.** Gráfico do ciclo típico médio, apresentando o tempo, amplitudes e aceleração.

Esta foi, sem dúvida, outra grande inovação em relação aos velocímetros que desenvolvemos antes (Estudos Exploratórios I a III). Assim a designamos, pois permite ao investigador, moldar a curva típica de todo o ensaio, optando por definir se a técnica do nado em estudo (peito) apresenta curvas bimodais ou trimodais. A partir de uma janela de dois limiares (superior e inferior) – janela esquerda (fundo negro) da Figura 4.29 -, dirigimos o cursor para cima (linha castanha) e para baixo (linha azul), até definirmos todos os pontos máximos e mínimos relevantes para a construção do ciclo típico de todo o ensaio. Nos permite ainda, escolher qual ciclo desejamos analisar de forma mais detalhada e, para isso, é tão somente necessário escolher o número do ciclo desejado.

Outra inovação, consiste em obtermos de forma automática, a partir da velocidade média, e do desvio padrão, o coeficiente de variação.

Estando estes valores disponíveis, é efetuada a escrita de dados para ficheiro. Aqui realizam-se duas operações simultâneas. Uma de escrita automática de

um relatório com os valores relevantes calculados anteriormente, assim como a inserção da imagem com o gráfico, que contém a curva da velocidade instantânea obtida pelo nadador no ensaio efetuado, enquanto que a outra diz respeito à escrita dos valores de velocidade instantânea para análise posterior em ficheiro csv (*Comma Separated Values*), compatível com qualquer folha de cálculo. Após a escrita nos ficheiros desta informação, o programa avisa o utilizador que o ensaio acabou. Entretanto, o programa continua em execução, estando pronto para o registro de um novo ensaio.

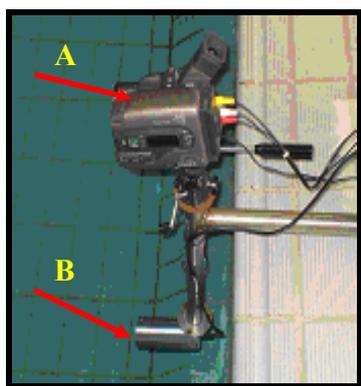
#### **4.2.5.3. Sistema duplo meio**

O sistema de captação de imagens vídeo de duplo-meio, consiste num *upgrade*, para imagens em *follow up*, do sistema imagiológico de duplo-meio descrito por Vilas-Boas et al. (1996) para o registro de imagens de nadadores deslocando-se na interface ar/água. Este sistema foi utilizado para obter imagens sincronizadas com os resultados velocimétricos em tempo real (Figuras 4.30, 4.31 e 4.32) e consiste numa câmara de vídeo SVHS comum, com lentes zoom (*JVC GR-SX1 SVHS*), e uma câmara de vigia subaquática (*B/W Submergible Camera - AC 230V*). Ambos os eixos óticos das câmeras foram mantidos perpendicularmente ao eixo de deslocamento do nadador e ligeiramente convergentes entre si para garantir a reconstrução da imagem de duplo-meio.

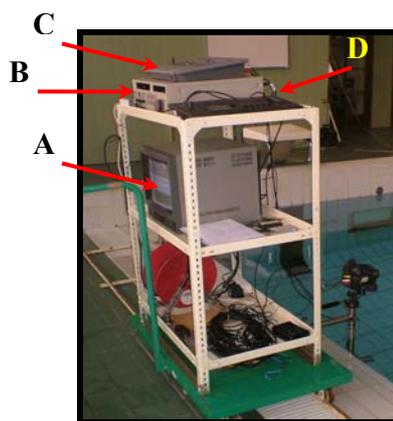
O par de câmeras foi ajustado e alinhado através de um referencial visual externo, de forma retangular plana, e por um nadador visível pelas duas câmeras, colocados no plano do movimento, para que a linha de separação das duas imagens coincidissem com a linha da água. As imagens das duas câmeras foram depois integradas num mesmo visor através de uma mesa de mistura digital AV (*Panasonic WJ - AVE55*), ao mesmo instante em que uma outra mesa de mistura digital AV (*Panasonic WJ - AVE5*) recebia o sinal vídeo do PC portátil (*Toshiba PSA60E*) com a imagem gráfica do velocímetro. Após a mistura, as imagens eram recebidas por um gravador de vídeo (*Panasonic AG*

7350 SVHS) onde foram registradas em fita magnética SVHS, já devidamente sincronizadas.

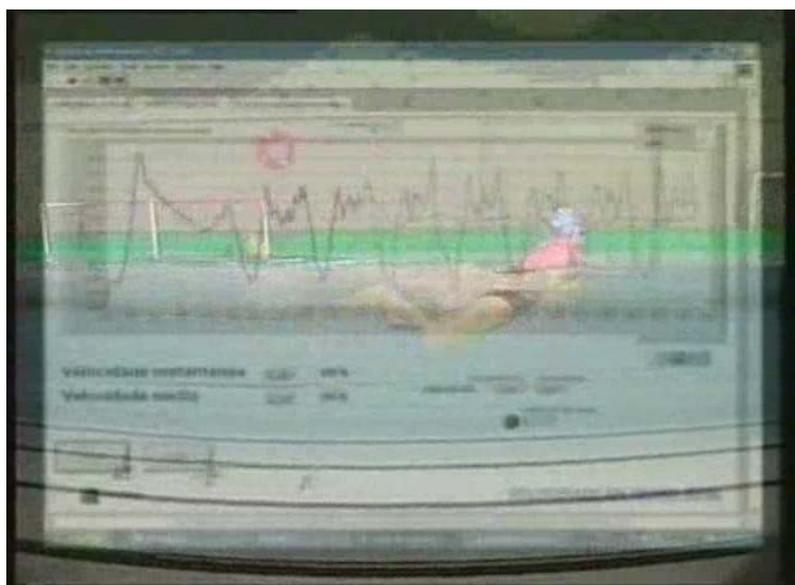
As imagens, ao mesmo instante de sua captação, eram apresentadas em um monitor (*Sony Color Triniton UO 1444*) ao operador das imagens/vídeo, para em seguida serem apresentadas ao treinador e nadador.



**Figura 4.30.** Sistema duplo meio, consistindo de uma câmera de superfície com lentes zoom - *JVC GR-SX1 SVHS* (A) e uma câmera *Submergible Câmera-AC 230V* (B).



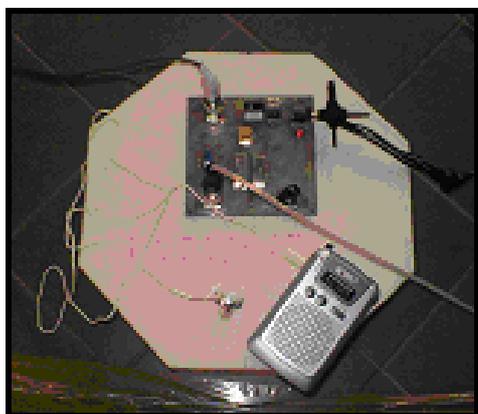
**Figura 4.31.** Sistema duplo meio integrado: A monitor *Sony Color Triniton UO 1444*; B gravador de vídeo *Panasonic AG 7350 SVHS*; C mesa de mistura *Panasonic digital AV WJ - AVE55*; D mesa de mistura *Panasonic digital AV WJ - AVE5*.



**Figura 4.32.** Imagem duplo meio sincronizada com o sinal gráfico do velocímetro, em tempo real.

#### 4.2.5.4. Sistema acústico

O sistema de disponibilização para o nadador e treinador, em tempo real, do sinal velocimétrico acústico de frequência variável é composto a partir de uma placa emissora, acoplada à porta áudio do velocímetro. O emissor de FM utilizado (desenvolvido pela FEUP-UP) é de baixa potência e curto alcance, pelo que não interfere com as emissões radiofónicas (Figura 4.33). O sinal é captado por um, ou mais, receptores digitais (*Roadstar AM/FM TRA-2221D*) - Figura 4.34 – e é recebido pelo nadador e/ou pelo treinador por meio de um auricular (Figura 4.35). Este, no caso do nadador, é impermeabilizado através de um “tampão” auricular de silicone.



**Figura 4.33.** Placa emissora e receptor.



**Figura 4.34.** Receptor e auricular.



**Figura 4.35.** Auricular colocado e impermeabilizado.

No caso do nadador, o receptor é colocado, dentro de um saco plástico vedado, por baixo da touca.

O sistema integrado emitia um sinal acústico concomitante à execução, a cada ciclo (grupo 4), ou a cada dois ciclos (grupo 5), de acordo com o especificado no protocolo. A seleção da frequência de emissão do sinal acústico caracterizador da função  $V(t)$  (todos os ciclos, a cada dois ciclos, ou outra) é previamente realizada em *software*, existindo uma caixa específica para o efeito.

O sinal acústico emitido variava de acordo com a velocidade desenvolvida pelo nadador durante a execução do ciclo de nado, assemelhando-se ao ruído de uma motocicleta com o motor a trabalhar a diferentes rotações; mais rotações, maior velocidade. Desta forma, quando escutado pelo nadador e/ou pelo treinador, o sinal acústico traduzia-se em uma informação suplementar acerca das consequências do gesto técnico proporcionada a ambos. Desta maneira, o nadador poderia, durante a execução, controlar melhor as repercussões dos seus movimentos, enquanto que o treinador poderia recolher informação através da qual poderia interagir, *a posteriori*, de maneira precisa, ao apresentar a seu nadador, opções para a melhoria do respectivo gesto técnico e critérios objectivos de ponderação da evolução da respectiva capacidade circunstancial de execução.

#### 4.2.5.5. Câmera externa superior

Uma câmara de vídeo SVHS comum, com lentes zoom (JVC GR-SX1 SVHS) (Figura 4.35) foi instalada a uma altura de 4.0m acima do nível da piscina, com o objectivo de captar as imagens externas do nadador que estava a ser avaliado, a fim de podermos, no final da recolha, contar o número de ciclos realizados e determinar a frequência gestual (FG) e a distância percorrida por ciclo (DC). Este procedimento nos permitiu, a partir do número de ciclos, tempo em que ocorreu o evento e velocidade média ( $V$ ), obtermos o índice de ciclo (IC), através das expressões:

$$V = DC * FG \quad (4.7)$$

e

$$IC = DC * V \quad (4.8)$$



**Figura 4.36.** Colocação da câmera externa.

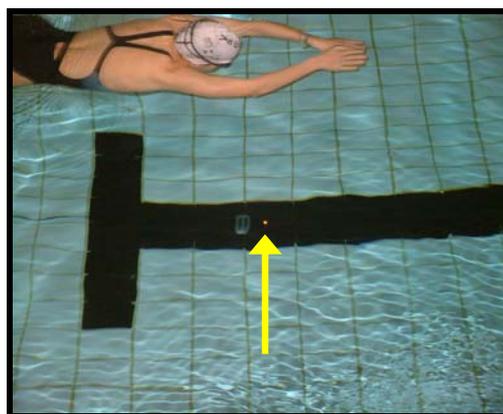
#### 4.2.5.6. GBK Pacer

O sistema de regulação visual externa da velocidade de nado (Figuras 4.37 e 4.38), colocado no fundo da piscina, é constituído por um conjunto de lâmpadas colocadas em linha, que acendem sequencialmente a intervalos de tempo pré-programados num ordenador, de acordo com a velocidade de nado pretendida. Trata-se de um sistema desenvolvido pela *GBK-Electronics, Aveiro Portugal*, na sua versão TAR 1.1.

Esta ferramenta foi fundamental para que pudéssemos manter o nadador a uma velocidade constante durante a realização das cinco avaliações, equivalente a ele nadar 25m à velocidade média de nado em competição para o melhor tempo em 200m peito.



**Figura 4.37.** Unidade de programação do GBK Pacer.



**Figura 4.38.** Nadadora em posição de deslize, acompanhando o primeiro sinal luminoso do Pacer.

O dispositivo emite um conjunto de sinais acústicos preparatórios do início de cada percurso, que conduzem ao sinal de partida convencional. Simultaneamente a este é acesa a primeira lâmpada, colocada no fundo, mas encostada à parede frontal de partida. Depois inicia-se o acendimento sequencial com um intervalo temporal entre lâmpadas correspondente ao afastamento entre ambas e à velocidade de deslocamento pretendida para o nadador.

#### **4.2.6. Procedimentos associados ao tratamento estatístico**

Para o tratamento estatístico dos dados recorremos ao *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), versão 13 e ao *Excel for Windows*, versão 2002.

Os dados foram inicialmente tratados através de uma abordagem descritiva, utilizando medidas de tendência central (normalmente a média) e de dispersão (desvio padrão), máximo, mínimo, intervalo de variação e coeficiente de variação.

A normalidade das distribuições foi avaliada pelo teste Kolmogorov-Smirnov/Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste Levene

Para análise inferencial recorreu-se ao *t-test* de *Student* para o estudo de diferenças de médias entre dois grupos, e para as situações onde foram necessário comparações entre 3 ou mais grupos, utilizou-se ANOVA.

## **5. RESULTADOS**

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos no nosso estudo.

Numa primeira fase apresentaremos os resultados que nos permitem caracterizar a técnica de peito executada pelos nadadores que avaliámos em cada grupo. Neste particular começaremos pela análise dos parâmetros caracterizadores do ciclo gestual na sua globalidade (T, DC, V média, CV mín e IC) para, depois, analisarmos as características “internas” do ciclo, abordando variáveis como os sucessivos pontos notáveis do ciclo, quer referente a velocidade, quer a tempo, a duração das fases definidas por cada um desses pontos notáveis e a correspondente aceleração. Todas estas variáveis foram extraídas do momento de avaliação em que cada nadador obteve o valor mínimo do coeficiente de variação (CV) da velocidade em relação à velocidade média, assumindo-se essa como a execução mais correta, mecanicamente falando, conseguida por cada sujeito.

Após caracterizarmos a técnica de peito dos sujeitos estudados, deter-nos-emos na análise da variação dos indicadores biomecânicos da execução técnica ao longo do protocolo de treino técnico dos diferentes grupos experimentais.

### **5.1. Caracterização da técnica de peito dos nadadores testados**

#### **5.1.1. Parâmetros gerais caracterizadores do ciclo gestual**

Neste ponto apresentaremos os resultados relativos aos parâmetros caracterizadores do ciclo gestual na sua globalidade. Esses parâmetros são a duração total média do ciclo (T), a distância média percorrida por ciclo (DC), a velocidade média do ciclo (V), o respectivo coeficiente de variação (CV) e o índice de ciclo médio (IC). Todas estas variáveis foram extraídas do momento de avaliação em que cada nadador obteve o valor mínimo do coeficiente de variação (CV) da velocidade em relação à velocidade média, assumindo-se essa como a execução mais correta, mecanicamente falando, conseguida por cada sujeito. Uma síntese destes resultados é apresentada no Quadro 5.1.

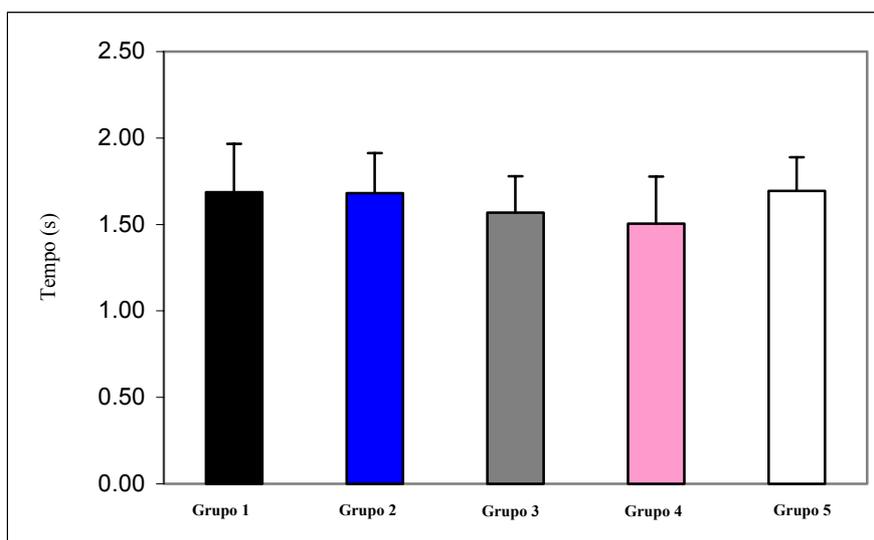
**Quadro 5.1.** Valores médios e respectivos desvios padrão, por grupo experimental, dos parâmetros caracterizadores do ciclo gestual na sua globalidade: duração total média do ciclo (T), a distância média percorrida por ciclo (DC), a velocidade média do ciclo (V), o respectivo coeficiente de variação (CV) e o índice de ciclo médio (IC). Todas as variáveis foram extraídas do momento de avaliação em que cada nadador obteve o valor mínimo do coeficiente de variação (CV) da velocidade em relação à velocidade média.

Grupos	Parâmetros				
	CV min.	DC(m)	IC(m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	T(s)	V(m.s <sup>-1</sup> )
<b>1</b> $\bar{X}$	0.409	1.527	1.502*	1.686	0.933* <sup>o</sup>
dp	0.045	0.275	0.275	0.280	0.094
<b>2</b> $\bar{X}$	0.413	1.567	1.709	1.681	1.043
dp	0.050	0.206	0.336	0.232	0.092
<b>3</b> $\bar{X}$	0.402	1.451 <sup>o*</sup>	1.477* <sup>o</sup>	1.569	0.937*
dp	0.038	0.173	0.277	0.209	0.120
<b>4</b> $\bar{X}$	0.429	1.414 <sup>o*</sup>	1.417* <sup>o</sup>	1.504	0.936*
dp	0.062	0.111	0.172	0.273	0.077
<b>5</b> $\bar{X}$	0.401	1.646	1.820	1.694	0.980
dp	0.049	0.229	0.397	0.196	0.096

<sup>o</sup> diferença estatisticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 2.

\* diferença estatisticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) para grupo 5.

Na Figura 5.1 apresentamos um histograma comparativo dos valores médios de T obtidos para cada um dos cinco grupos em estudo.



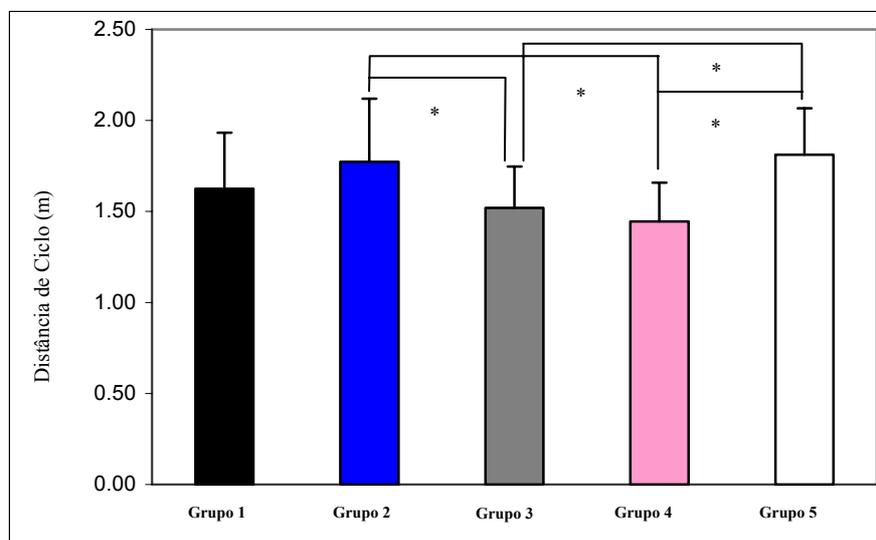
**Figura 5.1.** Histograma comparativo dos valores médios da duração do ciclo gestual - T - (e respectivos desvios padrão) obtidos para cada um dos cinco grupos em estudo.

Da análise da Figura 5.1 constata-se que os valores médios de T se encontram compreendidos entre 1.50 s e 1.69 s. Não se observaram diferenças entre os cinco grupos avaliados.

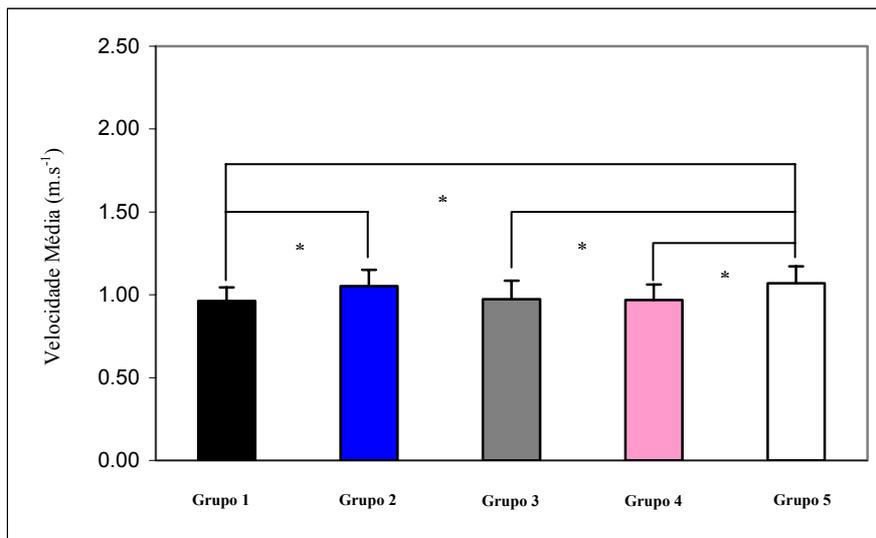
Os valores médios, por grupo, da distância percorrida por ciclo (DC), são apresentados na Figura 5.2. Percebe-se, desta vez, uma menor homogeneidade entre os grupos no que se refere a este parâmetro, com os valores médios registrados para os Grupos 3 e 4 a revelarem-se inferiores aos registrados para os grupo 2 e 5, mas não se distinguindo entre si, nem do Grupo 1.

Os valores médios de DC situaram-se entre 1.41 m e 1.65 m.

Combinando os valores de DC e T obtêm-se os valores da velocidade média por ciclo (V). Estes são apresentados, para cada grupo de nadadores, na Figura 5.3.



**Figura 5.2.** Histograma comparativo dos valores médios da distância percorrida por ciclo - DC - (e respectivos desvios padrão) obtidos para cada um dos cinco grupos em estudo. \* representa diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0.05$ ).



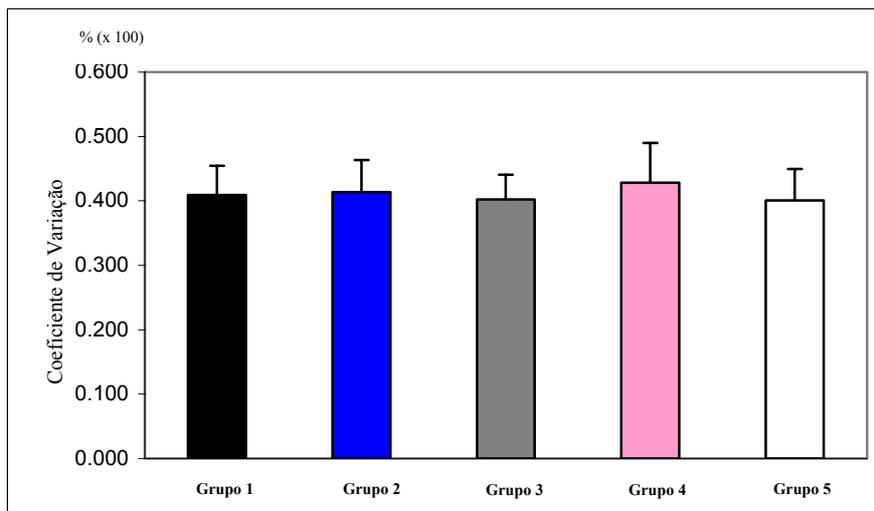
**Figura 5.3.** Histograma comparativo dos valores médios da velocidade - V - (e respectivos desvios padrão) obtidos para cada um dos cinco grupos em estudo. \* representa diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

Relativamente à velocidade média por ciclo (V) perceberam-se também algumas diferenças entre grupos, sendo de realçar, fundamentalmente, os distanciamentos relativos dos Grupos 1 e 5; o primeiro, por defeito, distinguindo-se do Grupo 2 e do Grupo 5 e o segundo (Grupo 5), por excesso, distinguindo-se ainda dos Grupos 3 e 4. Os valores médios de V estiveram compreendidos entre  $0.93 \text{ m.s}^{-1}$  e  $1.04 \text{ m.s}^{-1}$ .

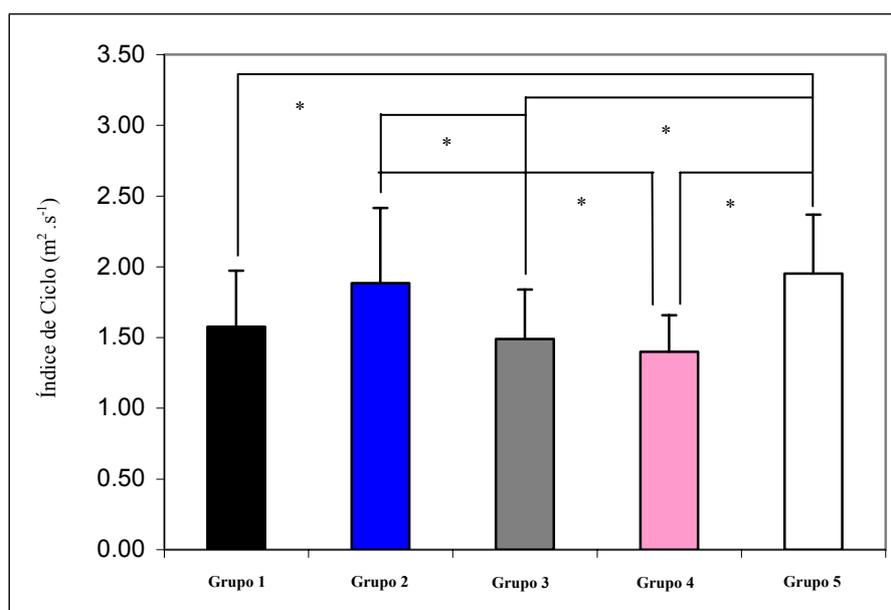
Na Figura 5.4 apresentamos os valores médios por grupo (e respectivos desvios padrão), do coeficiente de variação (CV) da velocidade em relação à velocidade média, medida que selecionamos para expressar as variações intracíclicas da velocidade.

Da análise da Figura 5.4 constata-se que os valores médios de CV variaram entre 0.40 e 0.43, sem qualquer diferença com significado estatístico entre os grupos.

Combinando as variáveis V e DC, através da determinação do seu produto, obtém-se o índice de ciclo (IC). Os valores médios e respectivos desvios padrão deste parâmetro, obtidos para cada um dos grupos, são apresentados no histograma da Figura 5.5.



**Figura 5.4.** Histograma comparativo dos valores médios do coeficiente de variação - CV - da velocidade em relação à velocidade média (e respectivos desvios padrão), obtidos para cada um dos cinco grupos em estudo.



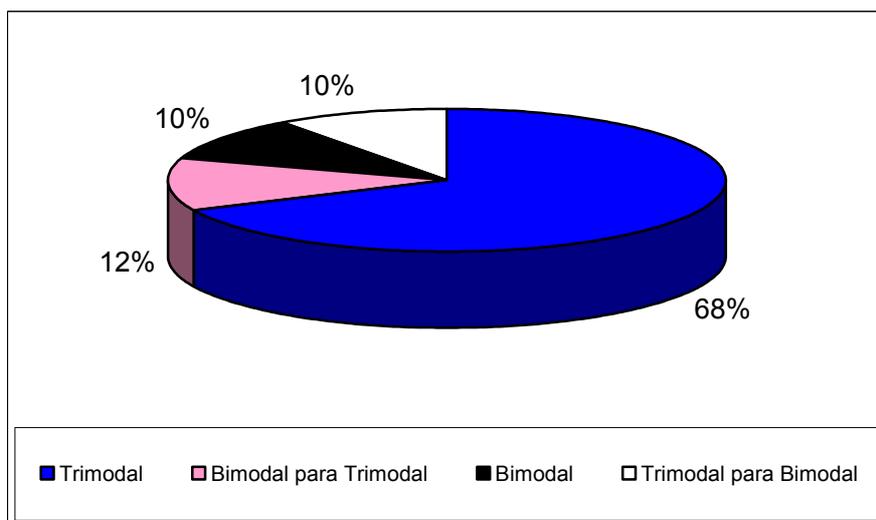
**Figura 5.5.** Histograma comparativo dos valores médios do índice de ciclo - IC - (e respectivos desvios padrão) obtidos para cada um dos cinco grupos em estudo. \* representa diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

É interessante notar que, relativamente ao IC, o Grupo 5 se distingue de todos os demais, com exceção para o Grupo 2, registrando sempre valores estatisticamente superiores. Entretanto o Grupo 2, que apresentou valores médios semelhantes aos do Grupo 5, distinguiu-se apenas dos grupos 3 e 4,

não revelando diferenças também em relação ao Grupo 1. Para esta variável e entre os grupos testados, os valores médios variaram entre 1.41 e 1.82 m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>.

### 5.1.2. Características “internas” do ciclo

A análise dos ciclos típicos de todos os nadadores obtidos em todas as repetições de 25m realizadas, mostrou que a esmagadora maioria eram ciclos com variação trimodal da velocidade em função do tempo, ao invés dos mais tradicionais ciclos com duas modas (bimodais). Dos 50 nadadores estudados em 250 avaliações, 68% (N=34) foram sempre executantes de ciclos trimodais típicos ao longo das 5 avaliações, 10% foram sempre executantes de ciclos bimodais e 22% oscilaram, ao longo das 5 avaliações a que foram sujeitos, de perfil bimodal para trimodal, ou *vice versa* (Figura 5.6).



**Figura 5.6.** Distribuição percentual do número de nadadores executantes típicos de ciclos trimodais ou bimodais e daqueles que oscilaram entre um e outro perfil ao longo das cinco avaliações a que foram sujeitos (N=50).

Dada a variabilidade interindividual (e intraindividual) de modelos de  $V(t)$  e mediante a necessidade de standardização para posterior processamento estatístico dos dados referentes à estrutura interna do ciclo, optámos por

converter todos num ciclo de estrutura bimodal, através da desconsideração dos pontos notáveis intermediários observados na estrutura trimodal. Foi dessa forma que escoramos a maior parte dos resultados que apresentamos acerca da estrutura “interna” do ciclo e da sua evolução ao longo do processo de treino.

Todavia, uma vez que nos parece de todo relevante a constatação de uma tão expressiva maioria de ciclos de estrutura trimodal, optámos também por, após a caracterização bimodal da técnica, apresentar também as características mais específicas dos ciclos trimodais obtidos para os diferentes grupos. Em qualquer dos casos reportámo-nos sempre ao momento de testagem em que cada nadador obteve o valor mínimo de CV, procedendo-se depois ao cálculo das médias por grupo.

Podemos observar que, no caso da caracterização dos ciclos trimodais, o número de elementos de cada grupo deixou de ser homogéneo. Assim, nos Grupos 1 e 2 foram considerados 5 nadadores, no Grupo 3 foram considerados 8, no Grupo 4 foram 7 e, finalmente, no Grupo 5 foram incluídos 9.

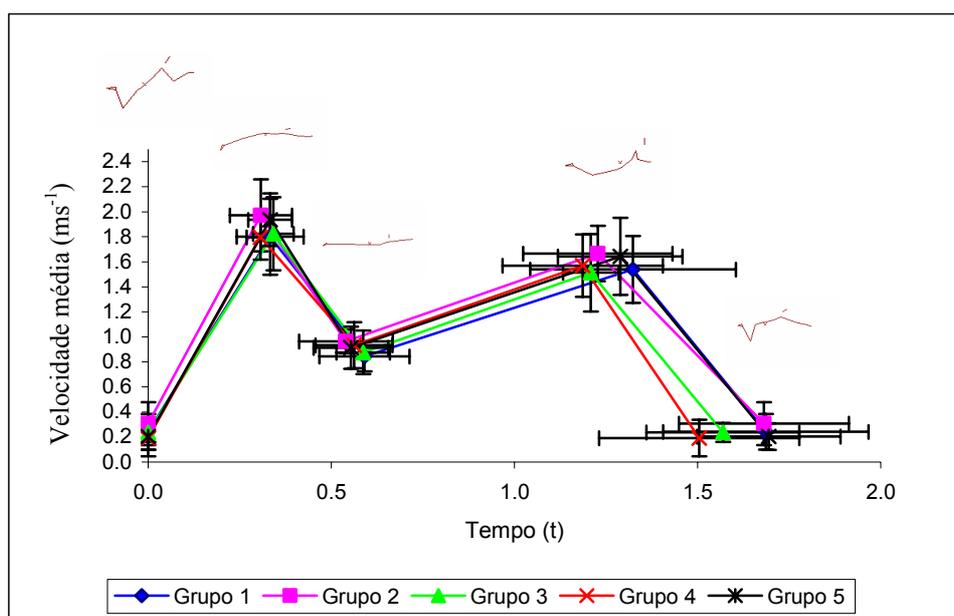
#### **5.1.2.1. Ciclos de variação intracíclica bimodal da velocidade de nado**

O perfil bimodal médio de variação intracíclica da velocidade de nado obtido para cada um dos grupos é apresentado na Figura 5.7.

Detendo-nos na análise da Figura 5.7 percebe-se uma relativa coerência intergrupos no padrão de variação intracíclica da velocidade de nado; isto é, a tendência geral parece ser similar, patenteando-se valores mínimos muito próximo de zero como consequência da recuperação, dois picos associados às ações propulsivas dos membros inferiores (MI) e dos membros superiores (MS) e um mínimo intermediário na transição entre as ações alternadas dos MI e dos MS.

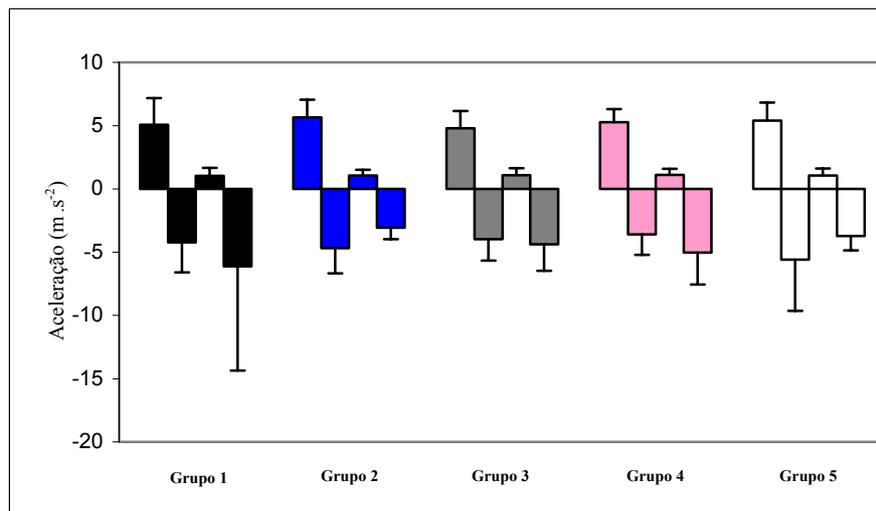
Ainda a respeito dos diferentes perfis apresentados na Figura 5.7, convém destacar o fato de se ter verificado em todos os grupos, nesta circunstância de coeficiente de variação mínimo da velocidade, valores mais elevados da

velocidade associados à ação dos MI e valores menos elevados associados à ação dos MS. Sublinhamos ainda a constatação de que o período de aceleração entre a velocidade mínima e máxima associado à ação dos MI foi tendencialmente inferior, para todos os grupos, ao período de aceleração associado à ação dos MS. A estas ações (dos MI e dos MS) correspondem as fases de aceleração positiva apresentadas na Figura 5.8.



**Figura 5.7.** Diagrama comparativo do perfil bimodal médio de variação intracíclica da velocidade de nado obtido para cada um dos grupos. Não foram registradas diferenças com significado estatístico ( $p < 0.05$ ), seja para os valores de  $v$ , seja para os de  $t$ .

No Quadro 5.2 apresentamos uma sinopse dos valores médios, e respectivos desvios padrão, dos registros de velocidade e tempo que definem cada ponto notável dos perfis bimodais de variação intracíclica da velocidade de nado, bem como os valores de duração e aceleração médias de cada fase definida por esses mesmos pontos notáveis.



**Figura 5.8.** Comparação, entre os grupos experimentais, dos valores da aceleração média calculados por cada fase da técnica de peito definida pelos pontos notáveis da função  $v(t)$ . Não foram registradas diferenças com significado estatístico ( $p < 0.05$ ).

No Quadro 5.3 são apresentados os valores da velocidade e do tempo nos pontos notáveis considerados, normalizados à velocidade média do ciclo e à duração total do ciclo ( $T$ ), respectivamente. São também apresentados os valores normalizados em relação a  $T$  da duração de cada fase.

Na Figura 5.8 nota-se que os valores mais elevados de aceleração, tenderam a observar-se na ação do MI, em todos os grupos. Curiosamente, os valores de aceleração negativa observados durante a recuperação e durante a transição MI/MS (ou deslize) tenderam a ser muito semelhantes em todos os grupos, com valores médios absolutos mais elevados para o deslize no Grupo 5.

Os resultados apresentados no Quadro 5.2 reforçam a ideia anteriormente referida da grande homogeneidade constatada nos parâmetros caracterizadores do ciclo da técnica de peito, quando são comparados os cinco grupos em estudo na circunstância de mínimo CV.

Para os valores absolutos da velocidade ( $v$ ) e tempo ( $t$ ), também apresentados na Figura 5.7, não se registraram diferenças entre grupos, apesar das velocidades médias do ciclo se terem revelado superiores para o Grupo 5 em relação aos grupos 1, 3 e 4 e a do Grupo 2 se ter revelado também diferente da obtida para o Grupo 1.

**Quadro 5.2.** Sinopse dos valores médios (e respectivos desvios padrão - dp) dos registros de velocidade ( $v_1, \dots, v_5$ ) e tempo ( $t_1, \dots, t_5$ ) que definem cada ponto notável dos perfis bimodais de variação intracíclica da velocidade de nado, bem como os valores de duração ( $\Delta t_1, \dots, \Delta t_4$ ) e aceleração ( $a_1, \dots, a_4$ ) médias de cada fase definida por esses mesmos pontos notáveis.

Parâmetros a CV min		Grupo 1	Grupo2	Grupo 3	Grupo4	Grupo5
<b>v1</b>	$\bar{X}$	0.241	0.307	0.237	0.191	0.203
	dp	0.143	0.172	0.077	0.146	0.107
<b>v2</b>	$\bar{X}$	1.800	1.971	1.823	1.795	1.936
	dp	0.305	0.287	0.293	0.177	0.210
<b>v3</b>	$\bar{X}$	0.844	0.964	0.876	0.934	0.913
	dp	0.118	0.094	0.175	0.183	0.167
<b>v4</b>	$\bar{X}$	1.539	1.665	1.512	1.569	1.643
	dp	0.267	0.221	0.308	0.250	0.308
<b>v5</b>	$\bar{X}$	0.241	0.307	0.237	0.191	0.203
	dp	0.143	0.172	0.077	0.146	0.107
<b>V</b>	$\bar{X}$	0.963**	1.051*	0.973**	0.968**	1.070
	dp	0.081	0.100	0.113	0.094	0.101
<b>a1</b>	$\bar{X}$	5.071	5.655	4.777	5.272	5.387
	dp	2.102	1.397	1.357	1.030	1.442
<b>a2</b>	$\bar{X}$	-4.224	-4.682	-3.976	-3.613	-5.600
	dp	2.377	1.997	1.686	1.610	4.047
<b>a3</b>	$\bar{X}$	1.030	1.068	1.083	1.118	1.049
	dp	0.628	0.432	0.565	0.471	0.575
<b>a4</b>	$\bar{X}$	-6.124	-3.075	-4.382	-5.045	-3.727
	dp	8.245	0.895	2.100	2.523	1.137
<b>t1</b>	$\bar{X}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>t2</b>	$\bar{X}$	0.333	0.308	0.342	0.307	0.333
	dp	0.091	0.085	0.055	0.038	0.060
<b>t3</b>	$\bar{X}$	0.591	0.540	0.587	0.562	0.554
	dp	0.130	0.128	0.073	0.105	0.102
<b>t4</b>	$\bar{X}$	1.324	1.228	1.209	1.187	1.289
	dp	0.281	0.204	0.076	0.219	0.170
<b>t5 (=T)</b>	$\bar{X}$	1.686	1.681	1.569	1.504	1.694
	dp	0.280	0.232	0.209	0.273	0.196
<b><math>\Delta t_1</math></b>	$\bar{X}$	0.333	0.308	0.342	0.307	0.333
	dp	0.091	0.085	0.055	0.038	0.060
<b><math>\Delta t_2</math></b>	$\bar{X}$	0.258	0.232	0.245	0.256	0.221
	dp	0.073	0.057	0.058	0.080	0.076
<b><math>\Delta t_3</math></b>	$\bar{X}$	0.733	0.688	0.621	0.624	0.735
	dp	0.191	0.120	0.115	0.174	0.159
<b><math>\Delta t_4</math></b>	$\bar{X}$	0.362	0.453	0.360	0.318 <sup>o</sup>	0.405
	dp	0.160	0.077	0.185	0.120	0.114

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 1.

<sup>o</sup> diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 2.

\*\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 5.

**Quadro 5.3.** Sinopse dos valores médios normalizados (e respectivos desvios padrão - dp) dos registros de velocidade ( $v_1, \dots, v_5$ ) e tempo ( $t_1, \dots, t_5$ ) que definem cada ponto notável dos perfis bimodais de variação intracíclica da velocidade de nado, bem como os valores de duração ( $\Delta t_1, \dots, \Delta t_4$ ) média de cada fase definida por esses mesmos pontos notáveis. A velocidade foi normalizada à velocidade média do ciclo ( $\bar{v}$ ) e o tempo e a duração ao período T.

Parâmetros	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
<b>v1</b> ( $v_1/\bar{v}$ ) $\bar{X}$	0.258	0.291	0.255	0.204	0.207
dp	0.150	0.153	0.087	0.156	0.106
<b>v2</b> ( $v_2/\bar{v}$ ) $\bar{X}$	1.927	1.887	1.952	1.930	1.984
dp	0.248	0.176	0.265	0.258	0.199
<b>v3</b> ( $v_3/\bar{v}$ ) $\bar{X}$	0.912	0.933	0.936	0.994	0.933
dp	0.149	0.138	0.165	0.145	0.155
<b>v4</b> ( $v_4/\bar{v}$ ) $\bar{X}$	1.644	1.598	1.601	1.669	1.668
dp	0.188	0.162	0.140	0.149	0.166
<b>v5</b> ( $v_5/\bar{v}$ ) $\bar{X}$	0.258	0.291	0.255	0.204	0.207
dp	0.150	0.153	0.087	0.156	0.106
<b>t1</b> ( $t_1/T$ ) $\bar{X}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
dp					
<b>t2</b> ( $t_2/T$ ) $\bar{X}$	0.200	0.183	0.220°	0.208	0.196
dp	0.051	0.042	0.038	0.033	0.026
<b>t3</b> ( $t_3/T$ ) $\bar{X}$	0.352	0.320	0.378°***	0.376°	0.328
dp	0.059	0.055	0.053	0.047	0.055
<b>t4</b> ( $t_4/T$ ) $\bar{X}$	0.784	0.729	0.779	0.790°	0.761
dp	0.084	0.042	0.084	0.067	0.056
<b>t5</b> ( $t_5/T$ ) $\bar{X}$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
dp					
<b><math>\Delta t_1</math></b> ( $\Delta t_1/T$ ) $\bar{X}$	0.200	0.183	0.220°	0.208	0.196
dp	0.051	0.042	0.038	0.033	0.026
<b><math>\Delta t_2</math></b> ( $\Delta t_2/T$ ) $\bar{X}$	0.153	0.137	0.158	0.169**	0.132
dp	0.031	0.023	0.039	0.034	0.045
<b><math>\Delta t_3</math></b> ( $\Delta t_3/T$ ) $\bar{X}$	0.431	0.409	0.401	0.413	0.433
dp	0.061	0.041	0.086	0.097	0.075
<b><math>\Delta t_4</math></b> ( $\Delta t_4/T$ ) $\bar{X}$	0.216	0.271	0.221	0.210°	0.239
dp	0.084	0.042	0.084	0.067	0.056

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 1.

° diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 2.

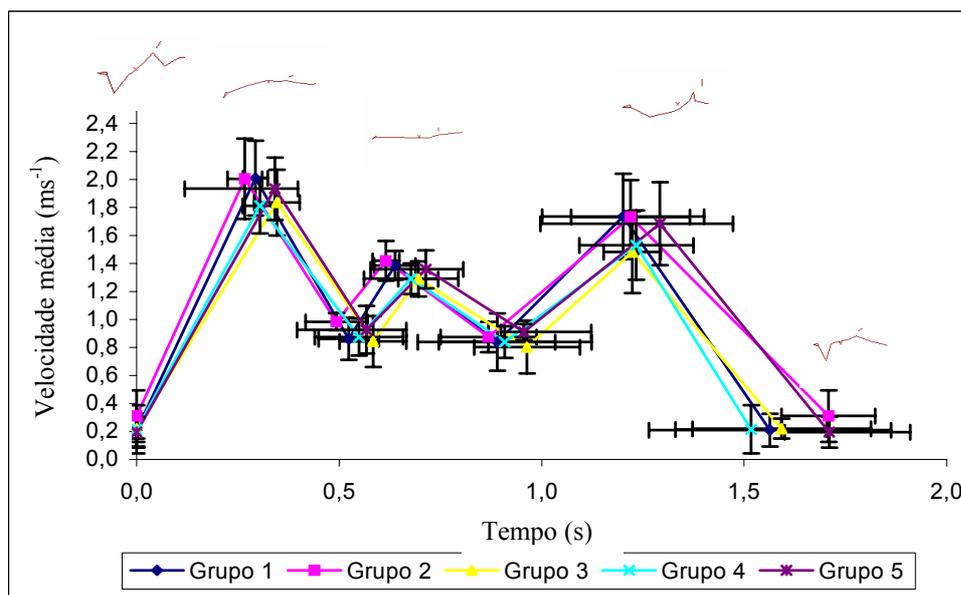
\*\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 5.

Dentre os resultados apresentados no Quadro 5.2, para além das diferenças observadas na velocidade média, apenas a duração da fase associada à recuperação ( $\Delta t_4 = t_5 - t_4$ ) se revelou significativamente inferior no Grupo 4, relativamente ao Grupo 2, os dois grupos que apresentaram valores extremos deste parâmetro.

Da análise dos valores normalizados de  $t$  e  $\Delta t$  (Quadro 5.3), percebem-se já mais algumas diferenças entre grupos, mas em nenhum caso relativamente aos valores normalizados da velocidade nos pontos notáveis de  $v(t)$ . Aqui as diferenças registradas reportam-se fundamentalmente aos grupos 2 e 5, mas sobretudo ao primeiro, decorrendo da precocidade com que se verificou  $t_2$  (máximo de  $v$  associado à ação dos membros inferiores) e consequentemente  $t_3$  e  $t_4$  no Grupo 2, influenciando também  $\Delta t_1$  e  $\Delta t_4$ . Algumas diferenças foram também percebidas relativamente ao Grupo 5, mas menos numerosas.

### 5.1.2.2. Ciclos de variação intracíclica trimodal da velocidade de nado

Na Figura 5.9 é apresentado o diagrama comparativo do perfil trimodal médio de variação intracíclica da velocidade de nado obtido para cada um dos grupos. Trata-se do diagrama equivalente ao apresentado na Figura 7 para o perfil bimodal.



**Figura 5.9.** Diagrama comparativo do perfil trimodal médio de variação intracíclica da velocidade de nado obtido para cada um dos grupos. As diferenças observadas entre grupos com significado estatístico ( $p < 0.05$ ), seja para os valores de  $v$ , seja para os de  $t$ , são assinaladas no Quadro 4.

**Quadro 5.4.** Sinopse dos valores médios (e respectivos desvios padrão - dp) dos registros de velocidade (v1,..., v7) e tempo (t1, ..., t7) que definem cada ponto notável dos perfis trimodais de variação intracíclica da velocidade de nado. São também apresentados os valores da aceleração média (a) calculada para cada fase definida por pares sucessivos de v e t.

Parâmetros CV min		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
<b>v1</b>	$\bar{X}$	0.209	0.311	0.220	0.215	0.195
	dp	0.118	0.185	0.071	0.172	0.110
<b>v2</b>	$\bar{X}$	2.010	2.006	1.837	1.813	1.935
	dp	0.268	0.287	0.235	0.199	0.223
<b>v3</b>	$\bar{X}$	0.861	0.984	0.843	0.875	0.927
	dp	0.151	0.062	0.182	0.132	0.170
<b>v4</b>	$\bar{X}$	1.387	1.421	1.289	1.291	1.359
	dp	0.103	0.142	0.125	0.110	0.136
<b>v5</b>	$\bar{X}$	0.839	0.875	0.803	0.839	0.911
	dp	0.204	0.109	0.188	0.114	0.057
<b>v6</b>	$\bar{X}$	1.736	1.733	1.482	1.532	1.685
	dp	0.305	0.264	0.292	0.247	0.296
<b>v7</b>	$\bar{X}$	0.209	0.311	0.220	0.215	0.195
	dp	0.118	0.185	0.071	0.172	0.110
<b>V</b>	$\bar{X}$	1.036	1.091 <sup>o</sup>	0.956	0.969	1.029
	dp	0.093	0.084	0.109	0.078	0.088
<b>a1</b>	$\bar{X}$	6.220	6.355	4.762*	5.296	5.259
	dp	1.434	1.064	0.991	1.187	1.468
<b>a2</b>	$\bar{X}$	-5.392	-4.813	-4.340	-4.147	-5.502
	dp	2.201	1.906	1.624	1.546	4.280
<b>a3</b>	$\bar{X}$	6.518	4.170	8.946	3.816	11.939
	dp	6.327	1.843	12.259	2.129	18.052
<b>a4</b>	$\bar{X}$	-2.548	-2.404	-7.817	-2.827	-7.461
	dp	1.253	0.972	17.793	2.036	14.115
<b>a5</b>	$\bar{X}$	3.303	2.475	4.008	3.038	8.687
	dp	2.053	0.420	3.418	2.963	14.359
<b>a6</b>	$\bar{X}$	-6.026	-2.979	-4.366	-5.370	-3.762
	dp	4.874	1.016	2.123	2.748	1.201
<b>t1</b>	$\bar{X}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>t2</b>	$\bar{X}$	0.293	0.267**	0.347*	0.304	0.341
	dp	0.030	0.043	0.056	0.043	0.057
<b>t3</b>	$\bar{X}$	0.524	0.494	0.584	0.549	0.567
	dp	0.074	0.076	0.082	0.109	0.099
<b>t4</b>	$\bar{X}$	0.638	0.616**	0.695	0.678	0.714
	dp	0.051	0.033	0.049	0.116	0.092
<b>t5</b>	$\bar{X}$	0.890	0.869	0.964	0.909	0.956
	dp	0.143	0.118	0.131	0.215	0.167
<b>t6</b>	$\bar{X}$	1.201	1.220	1.224	1.234	1.292
	dp	0.200	0.146	0.070	0.141	0.180
<b>t7 (=T)</b>	$\bar{X}$	1.564	1.708	1.592	1.517	1.710
	dp	0.299	0.116	0.220	0.187	0.200

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 1 e 2.

<sup>o</sup> diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 3 e 4.

\*\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 5.

No Quadro 5.4 são apresentados os valores médios, por grupo, obtidos para a velocidade (V) e tempo (t) nos pontos notáveis considerados.

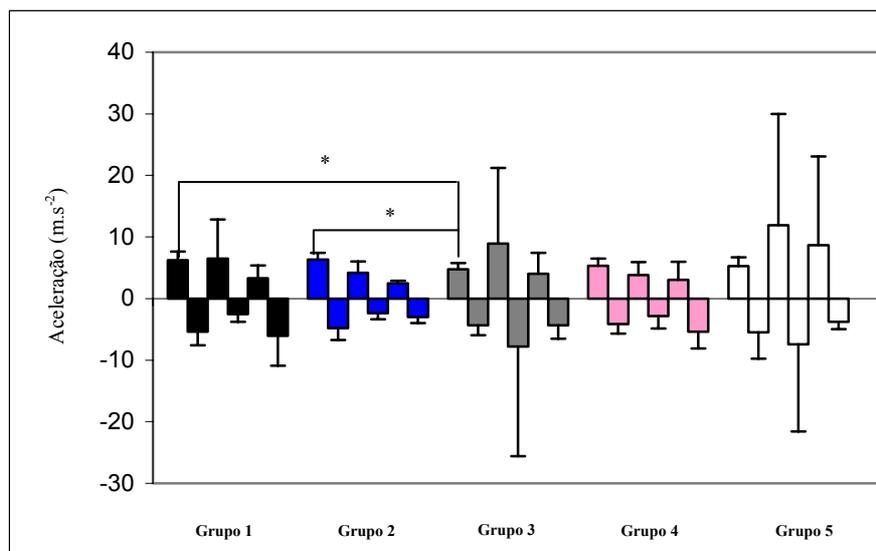
Da análise da Figura 5.9 e do Quadro 5.4 percebe-se a inexistência de diferenças entre os grupos nos valores médios da velocidade nos vários pontos notáveis. Porém, a velocidade média não foi a mesma para todos os grupos, já que o Grupo 2 apresentou um valor significativamente diferente dos obtidos para os grupos 3 e 4. Não se distinguiu, porém, dos Grupos 1 e 5, os quais, por sua vez, também não se apresentaram como significativamente diferentes dos 3 e 4.

No Grupo 2 notaram-se também diferenças significativas em relação ao Grupo 5 no que respeita aos valores de t, nomeadamente t<sub>2</sub> e t<sub>4</sub>. No Grupo 3, t<sub>2</sub> foi também significativamente diferente (superior) do valor correspondente obtido para os Grupos 1 e 2. Esta diferença no momento t<sub>2</sub> de ocorrência do segundo ponto notável determinou uma duração da primeira fase do ciclo ( $\Delta t_1$ ) superior para o Grupo 3 relativamente aos Grupos 1 e 2 (Quadro 5.5), à qual se poderá observar a razão fundamental para as diferenças obtidas na aceleração média na fase 1 (a<sub>1</sub>) entre o Grupo 3 e os Grupos 1 e 2 (Quadro 5.4).

Os valores médios da aceleração por fase para os ciclos típicos trimodais são representados graficamente na Figura 5.10.

No Quadro 5.5 são apresentados os valores médios obtidos para cada um dos grupos testados, da duração das diferentes fases ( $\Delta t_1, \dots, \Delta t_6$ ) do ciclo trimodal.

Nota-se, no Quadro 5.5, que apenas se observaram 4 diferenças com significado estatístico, entre os grupos, no que respeita a durações de fases. Duas com expressão nos valores de aceleração (Quadro 5.4 e Figura 5.10) – as relativas ao Grupo 3 – e duas outras que não foram suficientes, ou foram compensadas pelas correspondentes variações da velocidade, para se expressarem dessa forma.



**Figura 5.10.** Comparação, entre os grupos experimentais, dos valores da aceleração média calculados por cada fase da técnica de peito definida pelos pontos notáveis da função  $v(t)$  obtida para os ciclos trimodais. \* representa as diferenças com significado estatístico observadas entre grupos ( $p < 0.05$ ), também assinaladas no Quadro 5.4.

**Quadro 5.5.** Sinopse dos valores médios (e respectivos desvios padrão - dp) da duração das diferentes fases ( $\Delta t_1, \dots, \Delta t_6$ ) definidas pelos sucessivos pontos notáveis do perfil trimodal de variação intracíclica da velocidade de nado.

Parâmetros		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
CV min						
$\Delta t_1$	$\bar{x}$	0.293	0.267 <sup>o</sup>	0.347*	0.304	0.341
	dp	0.030	0.043	0.056	0.043	0.057
$\Delta t_2$	$\bar{x}$	0.231	0.226	0.237	0.245	0.226
	dp	0.062	0.055	0.054	0.084	0.079
$\Delta t_3$	$\bar{x}$	0.114	0.122	0.112	0.129	0.147
	dp	0.057	0.052	0.094	0.068	0.135
$\Delta t_4$	$\bar{x}$	0.252	0.253	0.269	0.231	0.242
	dp	0.140	0.100	0.148	0.139	0.184
$\Delta t_5$	$\bar{x}$	0.311	0.351	0.259	0.325	0.336
	dp	0.151	0.080	0.129	0.148	0.197
$\Delta t_6$	$\bar{x}$	0.363	0.488 <sup>oo</sup>	0.369	0.284	0.418
	dp	0.191	0.069	0.206	0.107	0.113

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para os grupos 1 e 2.

<sup>o</sup> diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 5.

<sup>oo</sup> diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) para o grupo 4.

## 5.2. Variação dos indicadores biomecânicos da técnica com o treino técnico nos diferentes grupos experimentais

O principal indicador biomecânico da adequação mecânica do gesto técnico que selecionamos no presente estudo foi o CV da velocidade de nado em relação à velocidade média. Na Figura 5.11 apresentamos, por grupo e comparativamente entre grupos, a cinética dos valores de CV ao longo dos cinco momentos de avaliação contemplados no protocolo experimental. O Quadro 5.6 sintetiza esses resultados.

**Quadro 5.6.** Cinética dos valores de Coeficiente de Variação (CV) da velocidade em relação à velocidade média ao longo dos cinco momentos de avaliação (Av1, ..., Av5) e do pré-teste contemplados no protocolo experimental.

		Pré-teste	Av 1	Av 2	Av 3	Av 4	Av 5
<b>Grupo 1</b>	$\bar{x}$	0.416	0.417	0.431	0.450	0.461	0.468
	dp	0.057	0.050	0.055	0.054	0.074	0.096
<b>Grupo 2</b>	$\bar{x}$	0.416	0.431	0.449	0.448	0.462	0.472
	dp	0.051	0.077	0.067	0.053	0.070	0.047
<b>Grupo 3</b>	$\bar{x}$	0.414	0.428	0.431	0.454	0.464	0.454
	dp	0.067	0.073	0.055	0.066	0.063	0.062
<b>Grupo 4</b>	$\bar{x}$	0.422	0.463	0.465	0.458	0.484	0.501
	dp	0.040	0.092	0.104	0.059	0.079	0.076
<b>Grupo 5</b>	$\bar{x}$	0.422	0.411	0.442	0.450	0.444	0.462
	dp	0.058	0.053	0.042	0.042	0.052	0.055

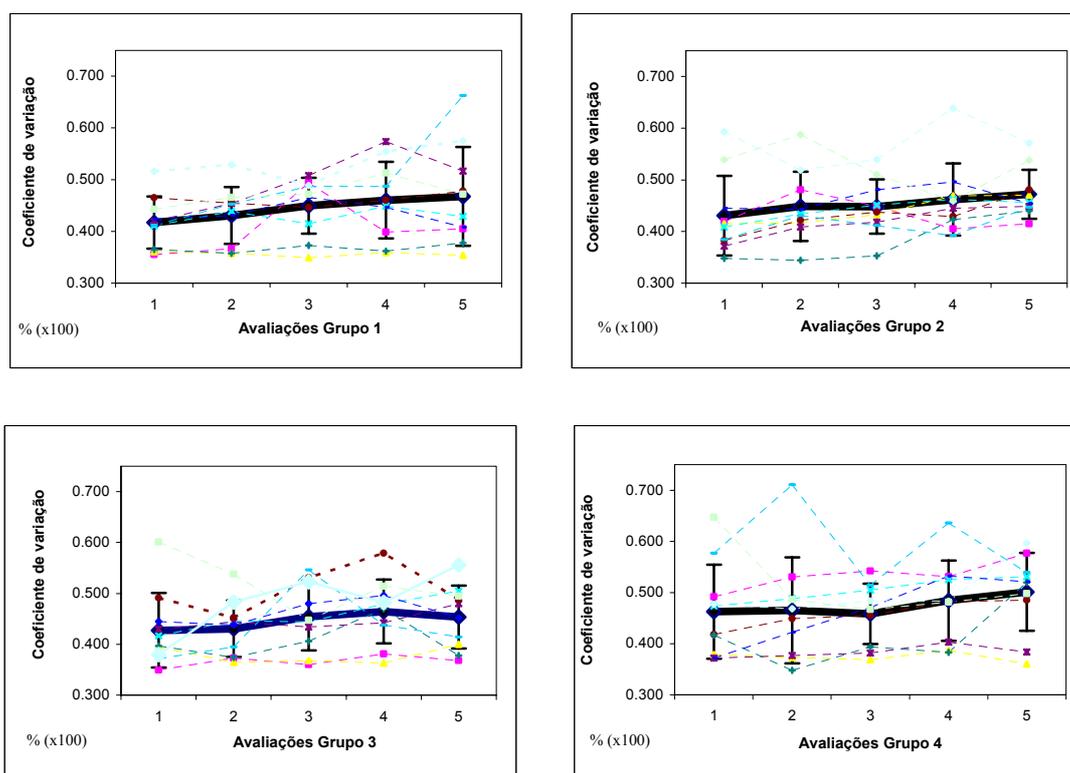
Analisando a Figura 5.11, percebe-se a existência de uma importante variabilidade inter individual, especialmente nos grupos 1, 2 e 4. Os grupos 1 e 5, especialmente este último, mostraram-se intrinsecamente mais homogêneos, tal como os valores obtidos para os desvios padrão traduzem.

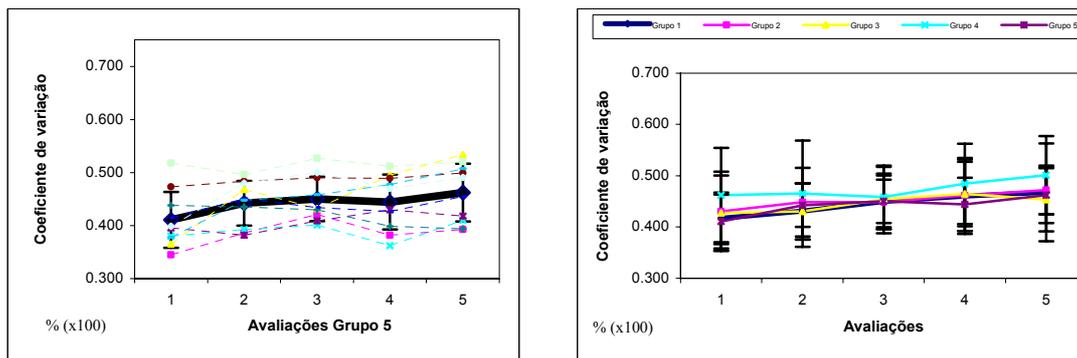
Em qualquer dos grupos, entretanto, esboça-se uma ligeira tendência para os valores de CV se elevarem ao longo da experiência. Esta tendência, porém, é semelhante em todos os grupos e não se consubstancia em qualquer diferença com significado estatístico entre avaliações sucessivas. Apenas se notam diferenças com significado estatístico entre a Av1 e a Av5 nos grupos 2 e 5 (cf. Figura 5.12).

Note-se, no sexto campo da Figura 5.11 (canto inferior direito) que as curvas médias de todos os grupos se distribuem no intervalo de variação dos valores médios também de todos os grupos.

Para explorarmos mais profunda e detalhadamente esta possibilidade optámos por analisar índices de progressão no processo de treino (dentro das cinco avaliações do protocolo). Os índices seleccionados foram os seguintes: (i) evolução da primeira avaliação (Av1) para a média das restantes avaliações ( $Av_{(2, 5)}$ ) ( $\Delta 1$ ); (ii) evolução da primeira avaliação (Av1) para a quinta (Av5) avaliação ( $\Delta 2$ ) e (iii) evolução da primeira avaliação (Av1) para a avaliação com menor CV dentre as restantes avaliações ( $Av_{CVmin(2, 5)}$ ) ( $\Delta 3$ ).

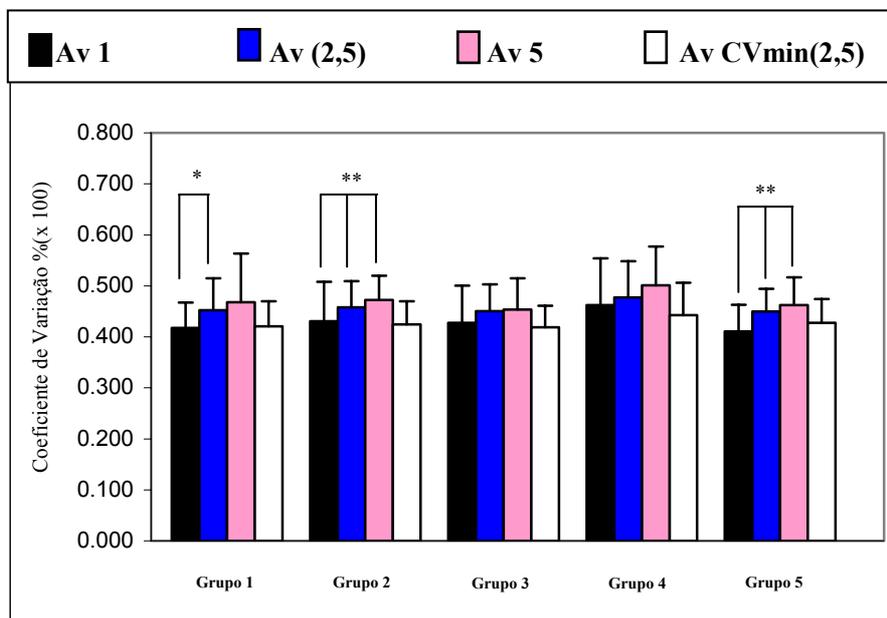
Grupo 1 - Apenas intervenção do treinador; Grupo 2 - Intervenção do treinador mais conhecimento de resultados de velocimetria; Grupo 3 - Intervenção do treinador mais conhecimento de resultados de velocimetria e imagens de vídeo de duplo meio; Grupo 4 - Intervenção do treinador, mais conhecimento de resultados de velocimetria e imagens de vídeo de duplo meio, reforçadas por feedback auditivo concomitante a todos os ciclos; Grupo 5 - Intervenção do treinador, mais conhecimento de resultados de velocimetria e imagens de vídeo de duplo meio, reforçadas por feedback auditivo concomitante de dois em dois ciclos.





**Figura 5.11.** Diagramas comparativos, por grupo e entre grupos, da cinética dos valores de CV ao longo dos cinco momentos de avaliação contemplados no protocolo experimental. Nos diagramas de cada grupo são representados os valores médios dos dez elementos, bem como os valores obtidos para cada sujeito.

Na Figura 5.12 apresentamos a distribuição, por grupo, dos valores de CV em cada uma das categorias que serviram de base para o cálculo das evoluções (ou involuções) pesquisadas.



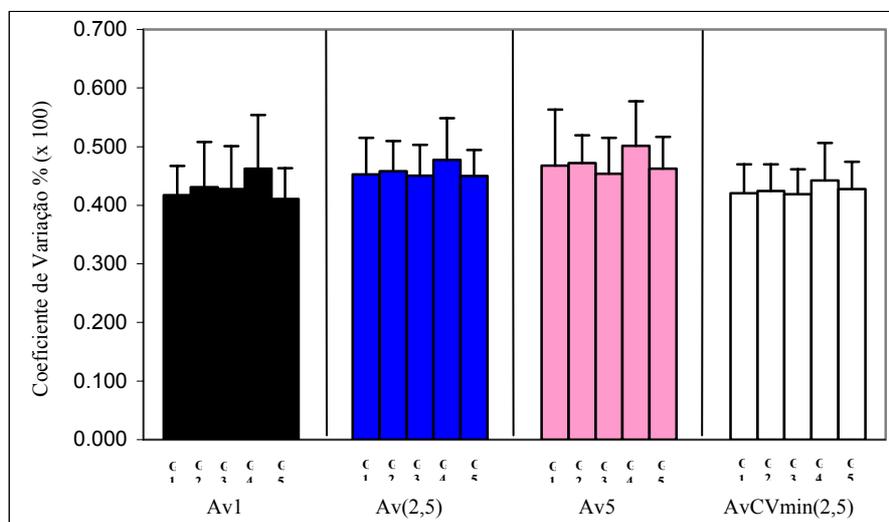
**Figura 5.12.** Distribuição por grupo experimental (1 a 5) dos valores de CV em cada uma das categorias que serviram de base para o cálculo das evoluções (ou involuções) pesquisadas: Av1 – CV médio da avaliação 1; Av<sub>(2,5)</sub> – CV médio das avaliações 2 a 5; Av5 – CV médio da avaliação 5 (final); Av<sub>CVmin(2, 5)</sub> – média dos valores mínimos do CV obtidos entre as avaliações 2 e 5.

Ao analisarmos a Figura 5.12 constatamos que só foram registradas diferenças com significado estatístico entre as avaliações 1 e 5 para os grupos 2 e 5. Para os restantes, apesar da tendência evidenciada, não se registraram diferenças valorizáveis.

Quando comparamos os valores de CV na Av1 com os de  $Av_{(2,5)}$  e de  $Av_{CVmin(2,5)}$  só registamos diferenças significativas para o grupo 1 relativamente aos valores médios das avaliações 2 a 5.

Entre os estados inicial (Av1) e o mínimo valor de CV registrado em qualquer das outras avaliações (2 a 5), não registamos diferenças estatisticamente significativas para qualquer grupo.

A reforçar a constatação de que, a existirem, as diferenças, mesmo que significativas, tendem a ser muito tênues, realçamos o evidenciado na Figura 5.13, onde se compara, entre grupos, os valores de CV em Av1,  $Av_{(2,5)}$ , Av5 e  $Av_{CVmin(2,5)}$ .

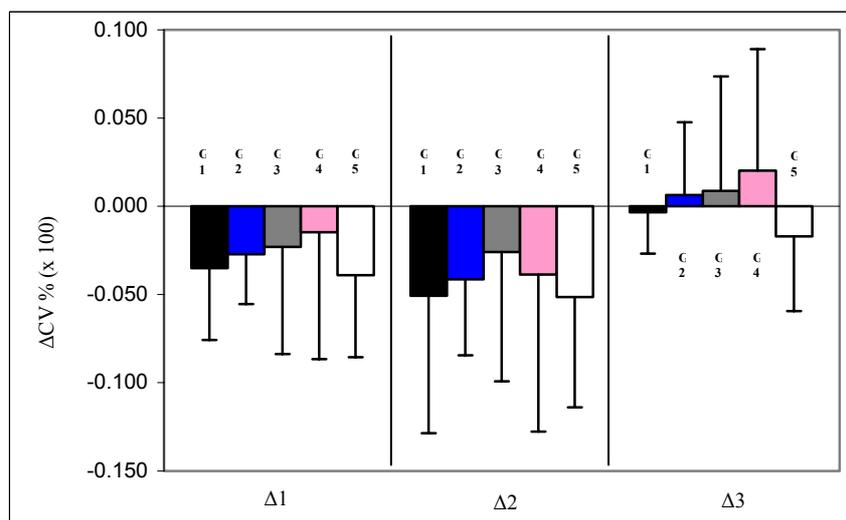


**Figura 5.13.** Comparação entre grupos experimentais (1 a 5) dos valores de CV em cada uma das categorias que serviram de base para o cálculo das evoluções (ou involuções) pesquisadas: Av1 – CV médio da avaliação 1;  $Av_{(2,5)}$  – CV médio das avaliações 2 a 5; Av5 – CV médio da avaliação 5 (final);  $Av_{CVmin(2,5)}$  – média dos valores mínimos do CV obtidos entre as avaliações 2 e 5.

Os valores médios da variação ( $\Delta$ ) dos valores médios de CV entre o momento inicial de treino (Av1) e os demais momentos/parâmetros tidos por relevantes ( $Av_{(2, 5)}$ ,  $Av5$  e  $Av_{CVmin(2, 5)}$ ), são comparados entre grupos na Figura 5.14. Percebe-se claramente que os valores  $\Delta$  são tendencialmente muito reduzidos, com máximos médios da ordem dos 5%. Para além disso, não se registram diferenças significativas entre os grupos em qualquer dos parâmetros de variação selecionados.

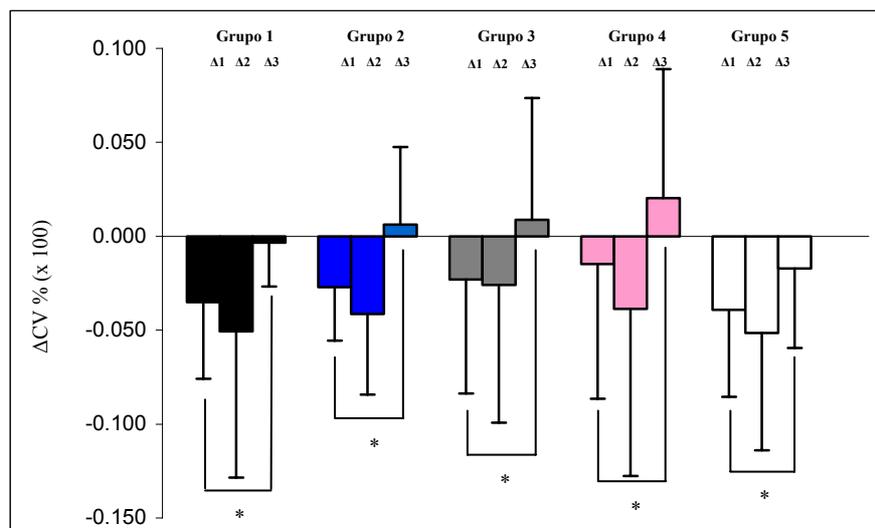
Ao compararmos estes valores  $\Delta$  ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$ ,  $\Delta 3$ ) dentro de cada grupo (Figura 5.15), compreendemos, entretanto, que não é indiferente qual deles se considere, já que se podem observar diferenças com significado estatístico entre eles, principalmente entre  $\Delta 1$  e  $\Delta 3$  em todos os grupos, sendo  $\Delta 3$  menor do que  $\Delta 1$ .

Quer na Figura 5.14, quer na Figura 5.15, importa destacar a elevada expressão dos desvios padrão em relação à média, traduzindo grande variabilidade dentro de cada grupo do padrão de variação, com o treino, do CV da velocidade.



**Figura 5.14.** Comparação entre os diferentes grupos dos valores médios da variação ( $\Delta$ ) dos valores médios de CV entre o momento inicial de treino (Av1) e os demais momentos/parâmetros tidos por relevantes ( $Av_{(2, 5)}$ ,  $Av5$  e  $Av_{CVmin(2, 5)}$ ).

$\Delta 1 = CV @ Av1 - CV @ Av_{(2, 5)}$ ;  $\Delta 2 = CV @ Av1 - CV @ Av5$ ;  $\Delta 3 = CV @ Av1 - CV @ Av_{CVmin(2, 5)}$



**Figura 5.15.** Valores médios, em cada grupo, da variação ( $\Delta$ ) dos valores médios de CV entre o momento inicial de treino (Av1) e os demais momentos/parâmetros tidos por relevantes (Av<sub>(2,5)</sub>, Av5 e Av<sub>CVmin(2,5)</sub>).

$\Delta 1 = CV @ Av1 - CV @ Av (2,5)$ ;  $\Delta 2 = CV @ Av1 - CV @ Av5$ ;  $\Delta 3 = CV @ Av1 - CV @ Av CVmin (2,5)$

No Quadro 5.7 apresentamos, para além do CV, os demais parâmetros biomecânicos caracterizadores do ciclo gestual médio de cada grupo, em cada um dos momentos/parâmetros escolhidos para analisar a respectiva variação com o treino. No Quadro 5.8 apresentamos a variação dos mesmos com o treino ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$ ,  $\Delta 3$ ).

Nos Quadros 5.9 e 5.10 apresentamos, respectivamente, os valores da velocidade (V) e do tempo (t) nos pontos notáveis do ciclo de peito. No Quadro 5.11, os mesmo valores de t são apresentados normalizados à duração total do ciclo (T).

Nos Quadros 5.12, 5.13 e 5.14 são apresentados, respectivamente, os valores de variação ( $\Delta$ ) da velocidade, do tempo e do tempo normalizado a que ocorreram os pontos notáveis da curva v(t) em consequência do processo de treino. São explicitadas as variações obtidas consoante qualquer das três opções antes definidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ).

Nos Quadros 5.15 e 5.16 apresentamos os valores da duração de cada fase, definida pelos sucessivos pontos notáveis considerados na função  $v(t)$ , e da aceleração média correspondente. Nos Quadros 5.17 e 5.18 são apresentados, os valores de variação ( $\Delta$ ) da duração de cada fase e da aceleração média por fase, consoante qualquer das três opções antes definidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ).

Nos Quadros em que são apresentados as variações com o treino ( $\Delta$ ) dos parâmetros em estudo entre momentos de avaliação distintos (Quadros 5.8, 5.12, 5.13, 5.14, 5.17 e 5.18), o estudo da diferença de médias é realizado entre grupos. Nos restantes (Quadros 5.7, 5.9, 5.10, 5.11, 5.15 e 5.16), o estudo da diferença de médias é realizado entre a primeira avaliação ( $Av_1$ ) e os restantes momentos/parâmetros de avaliação da progressão de cada grupo com o treino.

A súmula da análise dos Quadros 5.7 a 5.18 permite-nos constatar que, ao longo do processo de treino técnico, foram muito reduzidas as alterações significativas dos parâmetros cinemáticos caracterizadores da técnica.

Foram poucas as diferenças significativas, fosse: (i) em cada grupo desde  $Av_1$  para qualquer dos demais momentos/parâmetros de referência ( $Av_{(2-5)}$ ,  $Av_5$ ,  $Av_{CV_{\min(2-5)}}$ ) ou (ii) entre grupos nos critérios de evolução ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$ ,  $\Delta 3$ ).

O CV da velocidade de nado, que foi o principal critério seleccionado para a avaliação da técnica de nado no nosso estudo, apresentou diferenças significativas entre as sucessivas avaliações nos Grupos 1, 2 e 5, em todos eles tendo crescido o respectivo valor médio (Quadro 5.7). No Grupo 1 a diferença observou-se relativamente à média das avaliações 2 a 5 ( $Av_{(2-5)}$ ) e nos grupos 2 e 5 as diferenças com significado estatístico foram para a  $Av_{(2-5)}$  e para a  $Av_5$ .

**Quadro 5.7.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) dos parâmetros caracterizadores do ciclo médio, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino: CV = Coeficiente de Variação da velocidade; DC = distância percorrida por ciclo; T = duração do ciclo; V = velocidade média.

			CV	DC(m)	IC(m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	T(s)	V(m.s <sup>-1</sup> )
GRUPO 1	Av1	$\bar{X}$	0.417	1.863	1.880	1.859	1.001
		dp	0.050	0.405	0.513	0.354	0.087
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.452*	1.639	1.641	1.647	1.001
		dp	0.063	0.248	0.294	0.256	0.086
	Av5	$\bar{X}$	0.468	1.580	1.579	1.593*	0.995
		dp	0.096	0.242	0.329	0.219	0.093
	Av <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.421	1.716	1.730	1.717	1.009
		dp	0.049	0.269	0.307	0.316	0.100
GRUPO 2	Av1	$\bar{X}$	0.431	1.809	1.988	1.668	1.095
		dp	0.077	0.229	0.402	0.256	0.131
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.458*	1.713	1.903	1.556	1.106
		dp	0.052	0.243	0.386	0.216	0.108
	Av5	$\bar{X}$	0.472*	1.672*	1.860	1.512	1.112
		dp	0.047	0.323	0.401	0.321	0.093
	Av <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.424	1.790	2.011	1.608	1.120
		dp	0.046	0.263	0.405	0.250	0.116
GRUPO 3	Av1	$\bar{X}$	0.428	1.799	1.884	1.737	1.031
		dp	0.073	0.451	0.623	0.342	0.119
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.451	1.541*	1.617*	1.484*	1.039
		dp	0.052	0.201	0.361	0.121	0.118
	Av5	$\bar{X}$	0.454	1.501*	1.608*	1.425*	1.053
		dp	0.062	0.271	0.469	0.164	0.145
	Av <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.419	1.595	1.684	1.527	1.043
		dp	0.043	0.225	0.398	0.112	0.115
GRUPO 4	Av1	$\bar{X}$	0.463	1.636	1.669	1.557	1.013
		dp	0.092	0.187	0.342	0.196	0.119
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.477	1.506	1.573	1.451	1.039
		dp	0.071	0.125	0.246	0.077	0.091
	Av5	$\bar{X}$	0.501	1.459*	1.519	1.400	1.039
		dp	0.076	0.099	0.193	0.135	0.088
	Av <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.442	1.609	1.679	1.552	1.041
		dp	0.064	0.193	0.275	0.198	0.093
GRUPO 5	Av1	$\bar{X}$	0.411	1.867	2.031	1.728	1.079
		dp	0.053	0.272	0.425	0.181	0.098
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.450*	1.712*	1.913*	1.545*	1.107
		dp	0.045	0.266	0.437	0.175	0.109
	Av5	$\bar{X}$	0.462*	1.638*	1.825*	1.481*	1.106
		dp	0.055	0.279	0.422	0.216	0.108
	Av <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.428	1.820*	2.029	1.645	1.105
		dp	0.047	0.296	0.464	0.210	0.107

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) relativamente à Av 1.

**Quadro 5.8.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) dos parâmetros caracterizadores do ciclo médio, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino: CV = Coeficiente de Variação da velocidade; DC = distância percorrida por ciclo; T = duração do ciclo; V = velocidade média.

			CV	DC(m)	IC(m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	T(s)	V(m.s <sup>-1</sup> )
GRUPO 1	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	-0.051	0.283	0.300	0.266	0.006
		dp	0.078	0.341	0.378	0.309	0.034
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.003	0.147	0.150	0.142	-0.009
		dp	0.023	0.365	0.341	0.409	0.042
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.035	0.224	0.238	0.213	0.000
		dp	0.041	0.336	0.347	0.342	0.029
GRUPO 2	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	-0.041	0.137	0.127	0.156	-0.016
		dp	0.043	0.307	0.287	0.371	0.074
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.006	0.020	-0.024	0.060	-0.025
		dp	0.041	0.254	0.272	0.291	0.086
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.027	0.096	0.085	0.112	-0.011
		dp	0.028	0.205	0.210	0.240	0.061
GRUPO 3	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	-0.026	0.298	0.276	0.313	-0.022
		dp	0.073	0.293	0.343	0.266	0.068
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.009	0.205	0.200	0.210	-0.013
		dp	0.065	0.330	0.338	0.342	0.055
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.023	0.259	0.267	0.253	-0.008
		dp	0.061	0.321	0.366	0.294	0.038
GRUPO 4	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	-0.039	0.177	0.149	0.157	-0.026
		dp	0.089	0.220	0.348	0.234	0.114
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.020	-0.016	-0.051	0.005	-0.027
		dp	0.069	0.149	0.248	0.175	0.085
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.015	0.095	0.064	0.106	-0.026
		dp	0.072	0.165	0.250	0.166	0.081
GRUPO 5	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	-0.052	0.229	0.205	0.247	-0.027
		dp	0.062	0.220	0.201	0.243	0.047
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.017	0.047	0.002	0.083	-0.026
		dp	0.042	0.191	0.192	0.202	0.037
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.039	0.155	0.117	0.183	-0.028
		dp	0.046	0.194	0.195	0.200	0.035

**Quadro 5.9.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da velocidade ( $v$ ), em  $\text{ms}^{-1}$ , nos pontos notáveis v1 a v5 do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

			v1	v2	v3	v4	v5	
GRUPO 1	Av1	$\bar{X}$	0.224	1.783	0.865	1.538	0.224	
		dp	0.114	0.294	0.116	0.304	0.114	
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.207	1.844	0.847	1.543	0.207	
		dp	0.115	0.299	0.099	0.274	0.115	
	Av5	$\bar{X}$	0.199	1.839	0.857	1.562	0.199	
		dp	0.153	0.324	0.080	0.284	0.153	
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.230	1.832	0.881	1.568	0.230	
		dp	0.131	0.301	0.100	0.349	0.131	
	GRUPO 2	Av1	$\bar{X}$	0.273	1.989	0.989	1.669	0.273
			dp	0.150	0.270	0.111	0.275	0.150
Av <sub>(2-5)</sub>		$\bar{X}$	0.288	2.017	0.928	1.713	0.288	
		dp	0.122	0.231	0.109	0.261	0.122	
Av5		$\bar{X}$	0.289	1.997	0.954	1.746	0.289	
		dp	0.191	0.221	0.113	0.296	0.191	
AV <sub>CVmin (2-5)</sub>		$\bar{X}$	0.300	1.988	0.952	1.670	0.300	
		dp	0.129	0.226	0.077	0.229	0.129	
GRUPO 3	Av1	$\bar{X}$	0.236	1.862	0.890	1.506	0.236	
		dp	0.105	0.288	0.152	0.269	0.105	
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.229	1.883	0.927	1.557	0.229	
		dp	0.107	0.270	0.166	0.307	0.107	
	Av5	$\bar{X}$	0.227	1.894	0.952*	1.570	0.227	
		dp	0.137	0.288	0.160	0.349	0.137	
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.255	1.839	0.956	1.510	0.255	
		dp	0.109	0.252	0.152	0.269	0.109	
GRUPO 4	Av1	$\bar{X}$	0.215	1.795	0.913	1.525	0.215	
		dp	0.200	0.199	0.137	0.213	0.200	
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.173	1.868*	0.938	1.590	0.173	
		dp	0.115	0.219	0.178	0.232	0.115	
	Av5	$\bar{X}$	0.176	1.860	0.952	1.598	0.176	
		dp	0.151	0.215	0.214	0.238	0.151	
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.180	1.863	0.930	1.552	0.180	
		dp	0.169	0.261	0.167	0.215	0.169	
GRUPO 5	Av1	$\bar{X}$	0.243	1.845	0.940	1.686	0.243	
		dp	0.096	0.193	0.140	0.357	0.096	
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.223	1.981*	0.954	1.719	0.223	
		dp	0.119	0.256	0.152	0.295	0.119	
	Av5	$\bar{X}$	0.231	2.008*	0.930	1.737	0.231	
		dp	0.147	0.279	0.173	0.294	0.147	
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.256	1.945*	0.987	1.695	0.256	
		dp	0.145	0.222	0.125	0.305	0.145	

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) relativamente à Av 1.

**Quadro 5.10.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) do tempo (t), em s, a que ocorreram os pontos notáveis t1 a t5 do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

			t1	t2	t3	t4	t5
GRUPO 1	Av1	$\bar{X}$	0	0.353	0.634	1.413	1.859
		dp	0	0.088	0.196	0.265	0.354
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0	0.314	0.604	1.300	1.647
		dp	0	0.060	0.107	0.189	0.256
	Av5	$\bar{X}$	0	0.316	0.602	1.243	1.593*
		dp	0	0.052	0.103	0.167	0.219
	Av <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0	0.310	0.630	1.367	1.717
		dp	0	0.086	0.112	0.281	0.316
GRUPO 2	Av1	$\bar{X}$	0	0.354	0.598	1.304	1.668
		dp	0	0.085	0.100	0.254	0.256
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0	0.338	0.559	1.185	1.556
		dp	0	0.076	0.105	0.206	0.216
	Av5	$\bar{X}$	0	0.324	0.549	1.186	1.512
		dp	0	0.081	0.137	0.299	0.321
	Av <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0	0.338	0.564	1.195	1.608
		dp	0	0.057	0.106	0.263	0.250
GRUPO 3	AV1	$\bar{X}$	0	0.347	0.643	1.350	1.737
		dp	0	0.039	0.114	0.246	0.342
	AV <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0	0.332	0.551	1.161*	1.484*
		dp	0	0.057	0.071	0.104	0.121
	AV5	$\bar{X}$	0	0.326	0.545*	1.172*	1.425*
		dp	0	0.057	0.080	0.140	0.164
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0	0.341	0.551	1.227	1.527
		dp	0	0.058	0.090	0.163	0.112
GRUPO 4	Av1	$\bar{X}$	0	0.313	0.569	1.223	1.557
		dp	0	0.061	0.105	0.218	0.196
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0	0.297	0.511	1.119	1.451
		dp	0	0.039	0.061	0.074	0.077
	Av5	$\bar{X}$	0	0.289	0.497*	1.049*	1.400
		dp	0	0.039	0.053	0.127	0.135
	Av <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0	0.293	0.532	1.166	1.552
		dp	0	0.032	0.094	0.129	0.198
GRUPO 5	Av1	$\bar{X}$	0	0.340	0.585	1.323	1.728
		dp	0	0.050	0.115	0.171	0.181
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0	0.314	0.534	1.136*	1.545*
		dp	0	0.060	0.090	0.140	0.175
	Av5	$\bar{X}$	0	0.322	0.541	1.098*	1.481*
		dp	0	0.074	0.091	0.225	0.216
	Av <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0	0.318	0.549	1.196*	1.645
		dp	0	0.055	0.103	0.173	0.210

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) relativamente à Av 1.

**Quadro 5.11.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) do tempo (t), normalizado à duração do ciclo (T), a que ocorreram os pontos notáveis t1 a t5 do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

			t1/T	t2/T	t3/T	t4/T	t5/T
GRUPO 1	Av1	$\bar{X}$	0	0.218	0.372	0.764	1
		dp	0	0.101	0.110	0.075	0
	Av(2-5)	$\bar{X}$	0	0.196	0.374	0.793	1
		dp	0	0.044	0.066	0.048	0
	Av5	$\bar{X}$	0	0.202	0.381	0.781	1
		dp	0	0.041	0.065	0.054	0
	AVCVmin (2-5)	$\bar{X}$	0	0.185	0.372	0.797	1
		dp	0	0.055	0.058	0.084	0
GRUPO 2	Av1	$\bar{X}$	0	0.213	0.360	0.781	1
		dp	0	0.041	0.034	0.086	0
	Av(2-5)	$\bar{X}$	0	0.221	0.364	0.760	1
		dp	0	0.043	0.057	0.039	0
	Av5	$\bar{X}$	0	0.220	0.367	0.782	1
		dp	0	0.062	0.074	0.080	0
	AVCVmin (2-5)	$\bar{X}$	0	0.214	0.355	0.741	1
		dp	0	0.042	0.065	0.104	0
GRUPO 3	Av1	$\bar{X}$	0	0.206	0.377	0.783	1
		dp	0	0.042	0.067	0.090	0
	Av(2-5)	$\bar{X}$	0	0.225	0.374	0.784	1
		dp	0	0.036	0.049	0.054	0
	Av5	$\bar{X}$	0	0.231	0.384	0.825	1
		dp	0	0.042	0.054	0.082	0
	AVCVmin (2-5)	$\bar{X}$	0	0.223	0.360	0.803	1
		dp	0	0.032	0.046	0.086	0
GRUPO 4	Av1	$\bar{X}$	0	0.201	0.367	0.784	1
		dp	0	0.023	0.071	0.074	0
	Av(2-5)	$\bar{X}$	0	0.207	0.354	0.772	1
		dp	0	0.033	0.051	0.035	0
	Av5	$\bar{X}$	0	0.209	0.360	0.749	1
		dp	0	0.041	0.064	0.059	0
	AVCVmin (2-5)	$\bar{X}$	0	0.191	0.346	0.754	1
		dp	0	0.032	0.063	0.053	0
GRUPO 5	Av1	$\bar{X}$	0	0.197	0.340	0.765	1
		dp	0	0.025	0.061	0.044	0
	Av(2-5)	$\bar{X}$	0	0.204	0.347	0.736	1
		dp	0	0.026	0.042	0.049	0
	Av5	$\bar{X}$	0	0.217*	0.366	0.737	1
		dp	0	0.030	0.037	0.061	0
	AVCVmin (2-5)	$\bar{X}$	0	0.193	0.334	0.729	1
		dp	0	0.019	0.049	0.073	0

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) relativamente à Av 1.

**Quadro 5.12.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da evolução ( $\Delta$ ) da velocidade ( $v$ ), em  $\text{ms}^{-1}$ , nos pontos notáveis  $v_1$  a  $v_5$  do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  e  $\Delta_3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

			v1	v2	v3	v4	v5
GRUPO 1	$\Delta_1 = Av_1 - Av_5$	$\bar{X}$	0.018	-0.060	0.017	-0.005	0.018
		dp	0.073	0.127	0.139	0.124	0.073
	$\Delta_2 = Av_1 - Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.026	-0.056	0.007	-0.024	0.026
		dp	0.088	0.179	0.136	0.083	0.088
	$\Delta_3 = Av_1 - Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.005	-0.049	-0.016	-0.029	-0.005
		dp	0.074	0.164	0.139	0.188	0.074
GRUPO 2	$\Delta_1 = Av_1 - Av_5$	$\bar{X}$	-0.015	-0.028*	0.061	-0.044	-0.015
		dp	0.065	0.110	0.118	0.143	0.065
	$\Delta_2 = Av_1 - Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.016	-0.008	0.035	-0.076	-0.016
		dp	0.078	0.144	0.140	0.172	0.078
	$\Delta_3 = Av_1 - Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.026	0.001*	0.037	0.000	-0.026
		dp	0.110	0.127	0.107	0.134	0.110
GRUPO 3	$\Delta_1 = Av_1 - Av_5$	$\bar{X}$	0.007	-0.021	-0.037	-0.051	0.007
		dp	0.088	0.135	0.103	0.111	0.088
	$\Delta_2 = Av_1 - Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.008	-0.031*	-0.062	-0.064	0.008
		dp	0.128	0.166	0.056	0.167	0.128
	$\Delta_3 = Av_1 - Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.020	0.024*	-0.066	-0.005	-0.020
		dp	0.124	0.140	0.133	0.085	0.124
GRUPO 4	$\Delta_1 = Av_1 - Av_5$	$\bar{X}$	0.042	-0.072	-0.025	-0.065	0.042
		dp	0.132	0.091	0.094	0.105	0.132
	$\Delta_2 = Av_1 - Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.039	-0.064	-0.038	-0.073	0.039
		dp	0.195	0.133	0.126	0.105	0.195
	$\Delta_3 = Av_1 - Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0.035	-0.068	-0.017	-0.027	0.035
		dp	0.164	0.144	0.113	0.110	0.164
GRUPO 5	$\Delta_1 = Av_1 - Av_5$	$\bar{X}$	0.020	-0.136	-0.014	-0.033	0.020
		dp	0.054	0.107	0.151	0.087	0.054
	$\Delta_2 = Av_1 - Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.011	-0.163	0.010	-0.051	0.011
		dp	0.099	0.141	0.185	0.081	0.099
	$\Delta_3 = Av_1 - Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.013	-0.100	-0.047	-0.009	-0.013
		dp	0.083	0.076	0.150	0.119	0.083

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) relativamente ao grupo 5.

**Quadro 5.13.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da evolução ( $\Delta$ ) do tempo (t), em s, nos pontos notáveis t1 a t5 do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

			t1	t2	t3	t4	t5
GRUPO 1	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0	0.038	0.033	0.171	0.266
		dp	0	0.076	0.183	0.278	0.309
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.043	0.004	0.046	0.142
		dp	0	0.109	0.154	0.368	0.409
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.040	0.030	0.114	0.213
		dp	0	0.081	0.168	0.300	0.342
GRUPO 2	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0	0.030	0.049	0.118	0.156
		dp	0	0.094	0.111	0.366	0.371
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.016	0.034	0.109	0.060
		dp	0	0.065	0.107	0.289	0.291
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.016	0.039	0.119	0.112
		dp	0	0.079	0.080	0.257	0.240
GRUPO 3	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0	0.021	0.098	0.177	0.313
		dp	0	0.047	0.110	0.183	0.266
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.006	0.092	0.123	0.210
		dp	0	0.041	0.150	0.310	0.342
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.015	0.092	0.189	0.253
		dp	0	0.041	0.130	0.208	0.294
GRUPO 4	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0	0.024	0.071	0.175	0.157
		dp	0	0.035	0.093	0.236	0.234
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.020	0.036	0.058	0.005
		dp	0	0.043	0.100	0.109	0.175
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.017	0.058	0.104	0.106
		dp	0	0.042	0.082	0.192	0.166
GRUPO 5	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0	0.018	0.044	0.226	0.247
		dp	0	0.056	0.107	0.245	0.243
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.022	0.036	0.128	0.083
		dp	0	0.035	0.103	0.172	0.202
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.026	0.051	0.187	0.183
		dp	0	0.040	0.088	0.183	0.200

**Quadro 5.14.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da evolução ( $\Delta$ ) do tempo normalizado ( $t/T$ ), nos pontos notáveis t1 a t5 do ciclo gestual da técnica de peito, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

			t1/T	t2/T	t3/T	t4/T	t5/T
GRUPO 1	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0	0.016	-0.009	-0.018	0
		dp	0	0.094	0.076	0.066	0
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.032	0.000	-0.034	0
		dp	0	0.116	0.092	0.100	0
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.022	-0.003	-0.029	0
		dp	0	0.107	0.083	0.056	0
GRUPO 2	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0	-0.007	-0.008	-0.002	0
		dp	0	0.072	0.060	0.121	0
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0	-0.001	0.004	0.039	0
		dp	0	0.042	0.052	0.097	0
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0	-0.008	-0.004	0.021	0
		dp	0	0.046	0.037	0.094	0
GRUPO 3	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0	-0.025	-0.008	-0.042	0
		dp	0	0.039	0.076	0.115	0
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0	-0.017	0.016	-0.020	0
		dp	0	0.041	0.076	0.094	0
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0	-0.019	0.003	-0.001	0
		dp	0	0.037	0.072	0.085	0
GRUPO 4	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0	-0.009	0.007	0.034	0
		dp	0	0.032	0.074	0.098	0
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.009	0.021	0.030	0
		dp	0	0.031	0.070	0.080	0
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0	-0.006	0.013	0.012	0
		dp	0	0.021	0.057	0.071	0
GRUPO 5	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0	-0.019	-0.026	0.028	0
		dp	0	0.027	0.058	0.065	0
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0	0.004	0.005	0.036	0
		dp	0	0.021	0.062	0.073	0
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0	-0.007	-0.008	0.029	0
		dp	0	0.019	0.044	0.056	0

As diferenças observadas na DC (Quadro 5.7) registraram-se nos grupos 2, 3, 4 e 5 relativamente à Av5, onde se registraram os valores mais reduzidos desta variável para os grupos em questão. Nos Grupos 3 e 5, observou-se ainda uma diferença significativa relativamente a  $Av_{(2-5)}$ .

**Quadro 5.15.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da duração ( $\Delta t$ ), em s, das fases definidas pelos sucessivos pontos notáveis t1 a t5, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

			$\Delta t(t2-t1)$	$\Delta t(t3-t2)$	$\Delta t(t4-t3)$	$\Delta t(t5-t4)$
GRUPO 1	Av1	$\bar{X}$	0.353	0.281	0.779	0.446
		dp	0.088	0.196	0.271	0.199
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.314	0.291	0.695	0.347
		dp	0.060	0.071	0.153	0.115
	Av5	$\bar{X}$	0.316	0.286	0.641	0.350
		dp	0.052	0.073	0.140	0.110
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.310	0.320	0.737	0.350
		dp	0.086	0.070	0.189	0.165
GRUPO 2	Av1	$\bar{X}$	0.354	0.245	0.705	0.364
		dp	0.085	0.099	0.211	0.156
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.338	0.222	0.625	0.371
		dp	0.076	0.040	0.157	0.041
	Av5	$\bar{X}$	0.324	0.225	0.637	0.326
		dp	0.081	0.076	0.225	0.126
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.338	0.226	0.630	0.413
		dp	0.057	0.070	0.250	0.191
GRUPO 3	Av1	$\bar{X}$	0.347	0.296	0.707	0.388
		dp	0.039	0.109	0.188	0.202
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.332	0.220*	0.610	0.324
		dp	0.057	0.032	0.088	0.096
	Av5	$\bar{X}$	0.326	0.219*	0.627	0.253
		dp	0.057	0.068	0.109	0.137
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.341	0.210	0.676	0.300
		dp	0.058	0.044	0.160	0.131
GRUPO 4	Av1	$\bar{X}$	0.313	0.255	0.655	0.334
		dp	0.061	0.082	0.187	0.110
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.297	0.214	0.609	0.332
		dp	0.039	0.031	0.092	0.057
	Av5	$\bar{X}$	0.289	0.208	0.552	0.351
		dp	0.039	0.024	0.143	0.094
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.293	0.239	0.633	0.386
		dp	0.032	0.069	0.120	0.112
GRUPO 5	Av1	$\bar{X}$	0.340	0.245	0.738	0.405
		dp	0.050	0.090	0.163	0.074
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.314	0.220	0.603*	0.409
		dp	0.060	0.043	0.078	0.099
	Av5	$\bar{X}$	0.322	0.219	0.557*	0.383
		dp	0.074	0.035	0.146	0.080
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	0.318	0.231	0.647	0.449
		dp	0.055	0.074	0.117	0.150

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) relativamente à Av 1.

**Quadro 5.16.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da aceleração (a), em  $m.s^{-2}$ , das fases definidas pelos sucessivos pontos notáveis t1 a t5, obtidos em cada um dos 4 momentos/parâmetros considerados para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

			a1	a2	a3	a4
GRUPO 1	Av1	$\bar{X}$	4.732	-3.823	0.957	-3.220
		dp	1.833	2.168	0.511	1.058
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	5.499*	-4.037	1.088	-7.855
		dp	1.788	2.235	0.605	2.335
	Av5	$\bar{X}$	5.448*	-3.922	1.159	-4.097
		dp	2.182	2.399	0.569	1.190
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	5.506	-3.306	1.056	-7.085
		dp	1.837	1.867	0.720	8.774
GRUPO 2	Av1	$\bar{X}$	5.133	-4.186	1.078	-3.426
		dp	1.675	1.953	0.650	2.047
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	5.375	-5.456	1.559	-8.015
		dp	1.159	1.487	1.290	1.291
	Av5	$\bar{X}$	5.458	-5.062	1.417	-5.838
		dp	1.147	1.750	0.846	4.931
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	5.060	-5.018	1.488	-4.296
		dp	1.012	1.934	1.330	3.104
GRUPO 3	Av1	$\bar{X}$	4.808	-3.666	0.986	-4.231
		dp	1.430	1.922	0.737	2.420
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	5.133	-4.508	1.117	-5.751
		dp	1.265	1.595	0.549	3.565
	Av5	$\bar{X}$	5.167	-4.559	1.021	-8.661
		dp	1.028	2.006	0.560	9.108
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	4.761	-4.293	0.855	-5.877
		dp	1.177	1.498	0.404	5.863
GRUPO 4	Av1	$\bar{X}$	5.190	-3.712	1.070	-4.336
		dp	1.535	1.288	0.665	1.509
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	5.864*	-4.556*	1.149	-4.988
		dp	1.359	1.529	0.416	1.797
	Av5	$\bar{X}$	5.926	-4.483	1.279	-4.370
		dp	1.426	2.015	0.572	1.529
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	5.801	-4.061	1.019	-3.870
		dp	1.578	1.429	0.343	1.532
GRUPO 5	Av1	$\bar{X}$	4.834	-4.734	1.051	-3.851
		dp	1.103	4.182	0.577	2.147
	Av <sub>(2-5)</sub>	$\bar{X}$	5.825*	-5.012	1.341*	-4.008
		dp	1.596	1.680	0.546	1.361
	Av5	$\bar{X}$	5.840	-5.052	1.560*	-4.149
		dp	2.028	1.892	0.722	1.500
	AV <sub>CVmin (2-5)</sub>	$\bar{X}$	5.465*	-4.476	1.144	-3.489
		dp	1.352	1.638	0.588	1.275

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) relativamente à Av 1.

**Quadro 5.17.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da duração ( $\Delta t$ ), em s, das fases definidas pelos sucessivos pontos notáveis t1 a t5, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

			$\Delta t(t2-t1)$	$\Delta t(t3-t2)$	$\Delta t(t4-t3)$	$\Delta t(t5-t4)$
GRUPO 1	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0.038	-0.005	0.138	0.096
		dp	0.076	0.200	0.222	0.138
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.043	-0.039	0.042	0.097
		dp	0.109	0.218	0.341	0.202
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0.040	-0.010	0.083	0.099
		dp	0.081	0.198	0.249	0.136
GRUPO 2	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0.030	0.020	0.069	0.038
		dp	0.094	0.123	0.336	0.209
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.016	0.019	0.075	-0.049
		dp	0.065	0.112	0.261	0.167
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0.016	0.023	0.080	-0.007
		dp	0.079	0.095	0.239	0.157
GRUPO 3	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0.021	0.077	0.080	0.135
		dp	0.047	0.079	0.141	0.226
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.006	0.086	0.031	0.088
		dp	0.041	0.123	0.263	0.160
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0.015	0.076	0.097	0.064
		dp	0.041	0.103	0.147	0.188
GRUPO 4	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0.024	0.047	0.103	-0.017
		dp	0.035	0.081	0.214	0.160
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.020	0.016	0.022	-0.052
		dp	0.043	0.108	0.130	0.160
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0.017	0.041	0.046	0.002
		dp	0.042	0.070	0.165	0.112
GRUPO 5	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	0.018	0.026	0.181	0.021
		dp	0.056	0.090	0.214	0.096
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.022	0.014	0.092	-0.044
		dp	0.035	0.111	0.176	0.147
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	0.026	0.025	0.136	-0.004
		dp	0.040	0.085	0.158	0.104

Apesar de se terem notado diferenças em DC, exceto para o grupo 1, no IC registraram-se diferenças estatisticamente significativas (Quadro 5.7), apenas para os grupos 3 e 5, em ambos relativamente a Av5 e Av<sub>(2-5)</sub>, talvez por o mesmo se ter observado também na velocidade de nado, como era esperado,

já que a mesma foi regulada exteriormente para que se mantivesse constante ao longo da experiência.

**Quadro 5.18.** Distribuição, em cada um dos cinco grupos experimentais, dos valores médios (e respectivos desvios padrão) da aceleração média (a), em  $m.s^{-2}$ , das fases definidas pelos sucessivos pontos notáveis t1 a t5, obtidos em cada uma das 3 medidas de variação escolhidas ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$ ) para a avaliação da evolução da capacidade de execução técnica com o treino.

			a1	a2	a3	a4
GRUPO 1	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	-0.716	0.099	-0.202	0.876
		dp	0.947	2.272	0.440	1.236
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.774	-0.517	-0.098	3.865
		dp	1.417	1.814	0.572	8.753
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.767	0.214	-0.131	4.635
		dp	1.070	1.815	0.434	9.122
GRUPO 2	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	-0.325	0.877	-0.339	2.411
		dp	1.196	1.840	0.623	3.823
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.073	0.833	-0.410	0.869
		dp	1.112	2.228	1.074	4.068
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.242	1.015	-0.481	0.813
		dp	1.128	1.444	1.049	1.369
GRUPO 3	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	-0.359	0.893	-0.034	4.430*
		dp	1.112	1.567	0.519	9.710
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	0.046	0.627	0.131	1.646
		dp	0.975	1.595	0.803	6.238
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.325	0.842	-0.131	1.520
		dp	0.887	1.413	0.463	4.261
GRUPO 4	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	-0.736	0.771	-0.208	0.034
		dp	1.208	1.644	0.650	2.045
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.612	0.348	0.051	-0.466
		dp	1.054	1.162	0.429	2.285
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.674	0.844	-0.078	0.652
		dp	0.672	1.015	0.443	2.157
GRUPO 5	$\Delta 1 = Av1-Av5$	$\bar{X}$	-1.006	0.318	-0.509	0.298
		dp	1.453	4.676	0.608	1.519
	$\Delta 2 = Av1- Av_{CVmin(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.630	-0.258	-0.093	-0.362
		dp	0.725	4.377	0.298	1.573
	$\Delta 3 = Av1- Av_{(2-5)}$	$\bar{X}$	-0.990	0.278	-0.290	0.157
		dp	0.909	3.816	0.368	1.530

\* diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) relativamente ao grupo 4.

Já no que respeita à duração média do ciclo gestual (T), perceberam-se diferenças significativas na maioria dos grupos (Quadro 5.7), da primeira avaliação para um ou mais dos demais critérios de progressão ( $Av_{(2-5)}$ ,  $Av_5$ ,  $Av_{CVmin(2-5)}$ ). A exceção foi para os grupos 2 e 4. Em todos os casos, a duração do ciclo viu-se diminuída.

No Quadro 5.8 analisamos as diferenças de progressão entre grupos. No que respeita à evolução do CV com o treino, não registamos qualquer diferença com significado estatístico entre os grupos. Quer isto dizer que, apesar dos diferentes meios utilizados e das diferentes informações disponíveis nos diferentes grupos, o treino não apresentou consequências diversas entre eles no que respeita à capacidade de execução da técnica de peito.

No mesmo quadro (Quadro 5.8) nota-se ainda que não se registraram diferenças significativas entre grupos para  $\Delta 1$  ( $\Delta 1 = Av_1 - Av_5$ ) em nenhum dos parâmetros analisados.

Quando se analisam os valores da velocidade nos vários pontos notáveis da função  $V(t)$ , quase só se notaram diferenças significativas dentro de cada grupo para  $v_2$  e especialmente no Grupo 5, onde os valores cresceram da  $Av_1$  para os demais momentos/parâmetros, particularmente para a  $Av_5$  (Quadro 5.9). No Grupo 4 também se registrou uma diferença com significado estatístico entre  $Av_1$  e  $Av_{(2-5)}$ , também com valores aumentados.

Já o mesmo se não pode dizer quanto aos valores do tempo (t) nos mesmos pontos notáveis (Quadro 5.10), onde se perceberam mais variações relevantes, nomeadamente entre  $Av_1$  e  $Av_5$ , com redução dos valores de t com o treino. Não é de excluir um presumível efeito de “cascata” já que a maioria das diferenças em t se registram para  $t_3$  e  $t_4$  e, também,  $t_5$ . No Grupos 1 as diferenças observadas restringem-se às registradas em  $t_5$  (que corresponde ao T, já analisado – Quadro 5.7), nomeadamente entre  $Av_1$  e  $Av_5$ . No Grupo 2, por seu lado, não se verificou qualquer diferença relevante. Entretanto, o Grupo 3 foi aquele onde se observaram diferenças em maior número: os valores de  $t_3$ ,  $t_4$  e  $t_5$  obtidos em  $Av_1$  foram significativamente diferentes dos obtidos em  $Av_5$ . Entretanto, os valores de  $t_4$  e de  $t_5$  foram também diferentes de  $Av_1$  para

$AV_{(2-5)}$ . No Grupo 4,  $t_3$  e  $t_4$  também variaram de  $AV_1$  para  $AV_5$  e no Grupo 5 os valores de  $t_4$  na  $AV_1$  foram superiores aos obtidos para os diferentes momentos/parâmetros e os de  $t_4$  diferiram entre  $AV_1$  e  $AV_5$ , entre  $AV_1$  e  $AV_{(2-5)}$  e  $AV_1$  e  $AV_{CVmin(2-5)}$ .

Curiosamente, quando os valores de  $t$  foram apreciados depois de normalizados a  $T$  (Quadro 5.11), observou-se apenas uma diferença com significado estatístico no grupo 5, em  $t_2/T$ , entre  $AV_1$  e  $AV_5$ . Nos diferentes momentos/parâmetros de avaliação da progressão com o treino em cada grupo não houve diferenças.

Da análise das variações com o treino dos valores da velocidade nos pontos notáveis ( $v_1$  a  $v_5$ ) - Quadro 5.12 -, só notámos diferenças em  $v_2$  entre os grupos 2 e 3 e o Grupo 5 e somente em  $v_2$  para  $\Delta 1$  e  $\Delta 3$  (Grupo 2) e  $\Delta 2$  e  $\Delta 3$  (Grupo 3) - Quadro 5.12. Dito de outra forma: com o treino, no Grupo 5, a velocidade máxima associada à ação dos MI ( $v_2$ ) tornou-se progressivamente menor com o treino, quando comparada com a evolução registrada nos grupos 2 e 3 (Quadro 5.12).

As diferenças entre grupos relativas à variação, com o treino, dos valores do tempo ( $t$ ) nos pontos notáveis considerados, não apresentaram qualquer significado estatístico relevante, em valor normalizado (Quadro 5.14).

Os intervalos de tempo entre pontos notáveis ( $\Delta t$ ) só se mostraram diferentes entre os vários momentos/parâmetros no Grupo 3 e no Grupo 5 (Quadro 5.15). No primeiro caso foi  $\Delta t(t_3-t_2)$  que diminuiu com o treino (relativamente à  $AV_1$ ), enquanto que no segundo caso (Grupo 5), foi o intervalo de tempo seguinte -  $\Delta t(t_4-t_3)$  - que diminuiu com o treino relativamente à  $AV_1$ , com exceção, em ambos os casos, para  $AV_{CVmin(2-5)}$ . Entre grupos (Quadro 5.17), não foram observadas diferenças com significado estatístico.

Por último, no que respeita à aceleração média por fase (Quadro 5.16) observaram-se crescimentos com o treino da aceleração na primeira fase (ação dos MI -  $a_1$ ) no Grupo 1, no Grupo 4 e no Grupo 5. Observaram-se também acelerações mais elevadas durante a ação dos MS ( $a_3$ ) no Grupo 5 e, no

Grupo 4, acelerações mais negativas em a2, correspondendo à transição entre as ações dos MI e dos MS.

Foi registrada diferença entre grupos na evolução dos perfis de aceleração com o treino (Quadro 5.18), apenas em a4 para  $\Delta 1$  ( $\Delta 1 = Av1 - Av5$ ) no grupo 3.



## **6. DISCUSSÃO**

Este capítulo desenvolver-se-á em duas partes: a primeira diz respeito à discussão da metodologia utilizada e a segunda aos resultados que nos permitiram caracterizar a técnica e a análise da variação dos indicadores biomecânicos com o treino técnico.

### **6.1. Discussão da metodologia**

A apresentação da metodologia neste estudo obedeceu a uma estrutura em que, numa primeira fase foram apresentados um conjunto de estudos exploratórios que nos permitiram desenvolver, validar e progressivamente otimizar um velocímetro, tendo sido este, o principal instrumento a que recorreremos para o estudo central desta dissertação. Na segunda fase foram descritos o material e os métodos utilizados.

#### **6.1.1. Velocidade da anca vs. velocidade do CG**

A variação intracíclica da velocidade dos nadadores tem sido determinada através do estudo do movimento da anca e do centro de gravidade.

Para Maglischo et al. (1987), do ponto de vista dinâmico, o movimento do centro de gravidade permite o cálculo da variação intracíclica de forma mais correta. O investigador percebe que o nadador está perdendo força propulsiva durante uma determinada fase da braçada quando a curva do centro de gravidade exibe um decréscimo da velocidade de deslocamento. Além disso, a velocidade do centro de gravidade permite comparar os diferentes estilos e os vários nadadores. Entretanto, a demora e a dificuldade na obtenção de resultados através do movimento do CG, têm levado alguns autores a optarem pelo movimento da anca na elaboração de seus estudos, em decorrência de requerer a utilização de meios e métodos de processamento informático de imagem.

A utilização do movimento da anca apresenta uma grande vantagem se a velocidade de avanço da anca e a do centro de gravidade apresentarem uma

relação elevada. Assim sendo, será necessário digitalizar apenas um ponto de referência, em contrapartida aos vinte e um pontos de referência geralmente utilizados para calcular a posição do CG. Como resultado, o intervalo de tempo entre o recolhimento dos dados e a comunicação dos resultados será amplamente reduzido (Maglischo et al., 1987).

Segundo Maglischo et al. (1987), a velocidade de deslocamento da anca poderá ser utilizada como instrumento para avaliar problemas no decorrer de um ciclo, uma vez que as curvas de deslocamento do CG e da anca apresentam um padrão semelhante. Entretanto, os mesmos autores fizeram referência de que a velocidade da anca não é uma medida que reflete a verdadeira velocidade de nado, pois apesar da anca e do CG apresentarem umas curvas onde ambas tendem a acelerar e desacelerar aproximadamente ao mesmo tempo, o CG 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.

Em estudos realizados por Mason et al. (1992), fizeram referência de que é importante que o CG do nadador seja utilizado para avaliar os perfis de velocidade e da aceleração, uma vez que o movimento padrão do CG reflete o verdadeiro movimento de todo o corpo do nadador. Ainda Maglischo et al. (1987), referiram-se que este é o método mais rigoroso utilizado para verificar eficiência propulsiva de nadadores. Entretanto, Persyn et al. (1992) realizando monitorização da velocidade do centro de gravidade, encontraram que as variações cíclicas da velocidade de deslocamento implicam elevados custos energéticos, causando assim um fator limitante do desempenho do corpo em deslocamento.

No desenvolvimento desta temática, Costill et al. (1987) encontraram diferenças significativas nas curvas velocidade / tempo da anca e do CG em algumas fases do ciclo de nado para as técnicas de peito e borboleta. 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 peito e borboleta (Vilas-Boas, 1997). 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 interatividade que proporciona, facilitando o rápido fornecimento de *feedbacks* aos nadadores e treinadores (Vilas-Boas, 1997). Nesta perspectiva, é que utilizamos um velocímetro a cabo e assim conseguimos em tempo real, captar e apresentar as imagens colhidas em duplo meio, sobrepostas pelo gráfico produzido pelo velocímetro, oportunizando a que o nadador, após executar sua avaliação, tivesse juntamente com o treinador, as imagens vídeo e gráficas perfeitamente sincronizadas e imediatamente disponíveis.

### **6.1.2. Instrumentarium**

#### **6.1.2.1. Velocímetro**

O velocímetro utilizado neste estudo teve por base o concebido e apresentado no Estudo Exploratório III. Entretanto, trata-se de uma versão com utilização de dois carretos, que permitem suprimir o efeito perverso do enrolamento do fio sobre si mesmo em torno do carreto, o qual implica uma continuada variação do diâmetro real e, portanto, da distância percorrida no intervalo de tempo correspondente a uma evolução.

No entanto, a principal inovação deste velocímetro, consiste no recurso a um sensor incremental rotativo, em alternativa ao leitor ótico utilizado na versão anterior. Esta opção permitiu um aumento da frequência de aquisição e uma capacidade aumentada de monitorização da rotação do carreto, que resultará, esperadamente (diríamos, necessariamente), numa mais detalhada e rigorosa amostragem da curva velocidade / tempo. A medição pontual do velocímetro passou de ótica, para uma solução ainda mais avançada, através de medição da posição instantânea, e consequentemente da velocidade, com uso de codificadores rotativos com um codificador básico incremental de 500 impulsos por rotação.

Outra alteração relevante operada nesta última geração do velocímetro prende-se com o freio do carreto, que permite manter o fio permanentemente esticado. Passamos de um freio de resistência fixa, para uma nova solução de resistência acomodada, permitindo manter constante a tensão sobre o fio. Evita-se, desta forma, que efeitos inerciais espúrios comprometam a fidelidade dos registros de velocidade.

Uma vez que todas as inovações introduzidas foram necessariamente de encontro ao aperfeiçoamento do dispositivo, não sentimos necessidade particular de revalidar o dispositivo face aos sistemas cinemétricos alicerçados em imagens vídeo. Todavia, não quisemos deixar de explorar outras soluções de validação / comparação, nomeadamente recorrendo a tecnologia de radar. Os resultados apresentados a este nível no capítulo de Metodologia são eloquentes, revelando que, para além de fortemente aderentes aos congêneres de cinematria videogramétrica, os resultados proporcionados por este velocímetro são, inclusivamente, capazes de ultrapassar os da velocimetria por radar.

#### **6.1.2.2. Software**

Para acompanhar a evolução do velocímetro desenvolvido em sua versão final, revelou-se ser necessária uma nova atualização do *software* em *LabVIEW* já desenvolvido. Analisada então essa possibilidade tornou-se evidente a necessidade de ser desenvolvida uma variação ao sistema existente, com múltiplas melhorias, não só relativamente à qualidade do tratamento dos dados recolhidos, assim como à sua quantidade, de modo a tornar mais pormenorizado o estudo das flutuações intracíclicas da velocidade horizontal da anca do nadador no nado de peito.

Por seu lado, o *software*, a correr em PC, com requisitos mínimos, é o responsável pela maior parte das funcionalidades do sistema velocimétrico desenvolvido, como não poderia deixar de ser, já que é aí que existe maior poder de cálculo e processamento, de uma forma geral.

O *software* tem três páginas de interface (configuração do ensaio, gráfico em tempo real e ciclo típico e validação do ensaio), visível na Figura 4.25.

A página inicial está dividida em duas zonas principais: a configuração dos dados pessoais do nadador e a configuração do *hardware* e opções avançadas. Na configuração do *hardware* temos a porta de comunicação que define a configuração do sensor, relativamente à porta de comunicação do PC. A opção de *feedback* também é realizada nesta página, onde é feita a configuração da frequência do *feedback* auditivo a ser disponibilizado ao nadador e treinador. Por último, nesta página realiza-se também a seleção da técnica de nado que será estudada e modelada. O avanço relativamente à versão anterior centra-se fundamentalmente na configuração do tipo de *feedback*, nomeadamente na definição da frequência do sinal acústico a ser disponibilizado. Com este *software*, o velocímetro pode disponibilizar informação em todos os ciclos, ou num em cada dois ou num em cada três ciclos, sendo portanto possível condicionar a densidade da informação proporcionada durante o treino.

A página, “gráfico em tempo real” não traz modificações em relação a versão do estudo exploratório III, pelo que não serão feitos comentários.

Uma vez realizado o ensaio, passa-se à terceira página do *software*, onde se pode fazer uma análise prévia dos dados recolhidos, escolher o modo de análise de tipicidade do ciclo e validar, ou não, esses dados, fazendo com que sejam, ou não, armazenados em disco.

Na Figura 4.29, por baixo do gráfico, existem três caixas de dados em que a primeira destaca os dados para cada ciclo de medidas de distância percorrida de nado, assim como a velocidade média ao longo do ciclo. A segunda tem apenas dados de saída, ou seja, dados recolhidos e/ou analisados sobre o ensaio. O principal indicador é sem dúvida a velocidade média total do ensaio, calculada entre o 2º ciclo de nado e o último menos 1, em todos os ciclos válidos, caso o ensaio tenha sido realizado na técnica de nado peito. Esta configuração permite retirar do processo de modelação do ciclo típico o ciclo inicial, eventualmente até condicionado pela realização de um ciclo

subaquático, bem assim como o ciclo final, que poderá ser tão somente um ciclo incompleto e, portanto, susceptível de alterar o cálculo de valores médios de cada uma das variáveis relevantes nos pontos notáveis.

Existe ainda a indicação do desvio padrão no cálculo da velocidade média, que constitui um dado fulcral para o estudo da maior ou menor flutuabilidade da velocidade instantânea relativamente à velocidade média, nomeadamente proporcionando o cálculo do CV. Consequentemente, o *software* consegue também disponibilizar imediatamente o “coeficiente de variação” (CV) – a razão entre o desvio padrão e a média de todas as amostras de velocidade englobadas no cálculo da velocidade média final –, podendo este valor ser analisado como um traço caracterizador da qualidade do gesto técnico global utilizado pelo nadador. Estes dados, porém, eram já disponibilizados na versão anterior.

A grande inovação desta versão de *software*, em relação ao dos velocímetros que foram desenvolvidos anteriormente (Estudos Exploratórios I a III), prende-se com a modelação do ciclo típico. Uma vez validado o ensaio após a opção por uma configuração bi ou trimodal, o sistema calcula o ciclo típico através dos valores médios em  $V$  e  $t$  dos pontos notáveis da curva. Com base nesses caracteriza as diferentes fases do ciclo gestual da técnica de peito, calculando a aceleração média em cada uma, com base nos pares de valores de  $V(t)$  em cada ponto de inflexão ou deflexão. Com base nestes dados, exportados trivialmente para uma folha de cálculo, é, então, possível determinar parâmetros como a duração de cada fase, a distância percorrida por fase e a velocidade média em cada fase. Estes são parâmetros tradicionais utilizados na avaliação da técnica de peito (Miyashita, 1974; Bober e Cazabanski, 1975; Wilkie e Juba, 1986; Costill et al., 1987; Craig et al., 1988; D’Aquisto et al., 1988; Tourny et al., 1992; Costil, Maglischo, Richardson, 1992; Vilas-Boas, 1993 e Cappaert, 1996). e já anteriormente calculados com base nas fases definidas pelos pontos notáveis da função (Vilas-Boas, 1993). Todavia, convirá sublinhar que as fases velocimétricas, chamemos assim às fases definidas entre os pontos de inflexão e deflexão da função  $V(t)$ , não correspondem necessariamente – e sobretudo de forma temporalmente rigorosa - às fases

mais comumente aceitas como fases do encadeamento gestual da técnica de peito. De fato, por exemplo, será possível que a velocidade comece a decair (aceleração negativa) antes de terminar a ação propulsiva dos membros inferiores, querendo isso dizer que, nessa porção do ciclo, circunstancialmente, o arrasto hidrodinâmico se sobrepõe à intensidade da força propulsiva eventualmente ainda produzida pela pernada. Nesta circunstância estaremos, através da consideração das fases velocimétricas, a subvalorizar a duração das fases gestuais propriamente ditas e mais tradicionalmente caracterizadoras da técnica de nado. Importa considerar que estamos bem cientes desta particularidade da análise faseada que optamos por realizar da técnica de peito.

### 6.1.2.3. Oportunidade e utilidade do velocímetro desenvolvido

A oportunidade em conceber e desenvolver um velocímetro próprio, com o suporte de um *software* em linguagem *LabVIEW* apresentando uma concepção de elevada qualidade em relação aos anteriormente disponibilizados (Karpovich, 1930; Karpovich e Karpovich, 1970; Miyashita, 1971; Bober e Csabanski, 1975; Persyn et al., 1975; Kornecki e Bober, 1978; Valiant et al., 1982; Adams et al., 1983; Persyn et al., 1984; Costil et al., 1987; Craig et al., 1988; Tourny, 1992; Tourny et al., 1982), permite:

- (i) obter curvas da variação intracíclica da velocidade do nadador, com uma resolução equivalente a 500 pontos por volta;
- (ii) uma fácil operacionalidade pelo próprio nadador, por ocasião de uma sessão de treino, sem que necessariamente o treinador tenha de estar presente;
- (iii) o comando de *start* em três versões (*mouse*; F3 e/ou comando externo) facilitando sua ação;
- (iv) o comando de *stop* (*mouse* ou F4) ser ativado de forma inteligente sem ajuda externa, sendo acionado a partir de uma não aquisição de sinal em um espaço de dez pontos;

- (v) a validação ou não da avaliação ser feita apenas através de uma tecla, sem que para isso seja necessário inserir novamente os dados pessoais do sujeito;
- (vi) o cálculo da velocidade média ser feita, através da leitura compreendida entre o terceiro e o penúltimo ciclo adquirido, traduzindo assim, uma velocidade média sem o cálculo da aquisição de ciclos imperfeitos ou atípicos;
- (vii) após a aquisição do gráfico total da avaliação, obter para o nado de peito um ciclo típico com características bimodais ou trimodais;
- (viii) ao fim da aquisição, analisar qualquer um dos ciclos adquiridos, bastando para isso anunciar o ciclo pretendido; (ix) após a determinação do ciclo típico, apresentar os valores de cada ponto notável, contendo o tempo, deslocamento e aceleração;
- (x) ao realizar o cálculo da velocidade média, apresentar também, o desvio padrão e o coeficiente de variação do sujeito avaliado;
- (xi) que a utilização dos dois carretos, forneça a leitura feita pelo codificador incremental e a mantenha constante durante todo o evento, uma vez que o carreto situado a frente pelo qual o fio dá uma volta de 360°, é o responsável por este valor;
- (xii) que o carreto situado atrás, seja o responsável por manter o fio esticado, evitando momentos de inércia, o que traduziria valores de velocidade muito altos e
- (xiii) que uma porta de áudio em tempo real, emita ou não, um *feedback* ao nadador e/ou treinador com frequência variável.

#### 6.1.2.4. Sistema duplo meio

Segundo Chollet (2003), para ter sucesso na realização de uma tarefa motora, é necessário que um sujeito tenha consciência de suas ações. O retorno da informação, o *feedback* é indispensável para avaliar a defasagem que existe entre a ação prevista e a ação realizada de modo efetivo.

As informações cinestésicas, percebidas simultaneamente a realização do movimento, permitem um controle do mesmo na medida em que são uma indicação utilizável de entrada nas ações futuras (Chollet, 2003).

O uso de parâmetros cinemáticos e cinéticos, assim como de outras formas de *feedback*, parecem favorecer a aquisição das habilidades motoras. Assim, quando nos referimos a imagens na natação, aparentemente duas são as possibilidades de obtermos essas imagens. Uma externamente, com imagens captadas apenas dos movimentos em trajetória aérea de três das quatro técnicas e outra, através de uma câmera subaquática ou uma câmera normal, acondicionada dentro de uma caixa estanque, com fins de obter imagens subaquáticas.

A partir do sistema imagiológico descrito por Vilas-Boas et al. (1996), foi desenvolvido o sistema de captação de imagens vídeo de duplo-meio, que consiste num *upgrade*, para imagens em deslocamento, necessário para o registro de imagens de nadadores deslocando-se na interface ar / água. Este sistema foi utilizado para obter imagens sincronizadas com os resultados velocimétricos em tempo real (Figuras 4.30 e 4.31), que permite observar a construção do gráfico das flutuações intracíclicas da velocidade horizontal, em perfeita integração com as imagens vídeo do nadador (figura 4.32). Com este novo dispositivo, e só assim, é possível comprovar e analisar a construção dos ciclos com característica trimodal, nomeadamente no que respeita à efetiva razão de ser de cada um dos três picos correspondentes a cada uma das modas.

Com a aquisição das imagens integradas (duplo meio), e imagens gráficas velocimétricas, foi possível observar que a ALE dos MS quando realizada em baixa ou média velocidade desenvolvia-se em uma amplitude espaço-temporal que bem caracterizava cada uma das fases dos MS. Entretanto, podemos observar que este ciclo trimodal, se transformava em bimodal na medida em que alguns nadadores aumentavam a velocidade do nado, aproximando as fases da ALE e ALI dos MS no nado de peito.

Foi também através deste desenvolvimento tecnológico que nos foi possível ratificar empiricamente a ideia anteriormente desenvolvida de que as fases cinemáticas não correspondem exatamente às fases gestuais da técnica.

Os principais problemas sentidos neste esforço de implementação do sistema de duplo meio de Vilas-Boas et al. (1996), decorreram das necessidades de minorar os efeitos mecânicos do arrasto hidrodinâmico aplicado à câmera subaquática quando em movimento. Concomitantemente, também se perceberam problemas associados à convergência dos eixos óticos e aos desfasamentos decorrentes de eventuais fugas ao plano de reconstrução calibrada para diferenças de refração, fosse por aproximação / afastamento do nadador relativamente à objetiva, fosse por avanço ou recuo do sistema de câmeras em relação ao nadador, introduzindo efeitos de paralaxe diferenciados para as câmeras exterior e subaquática (Barthels, 1997).

Os problemas, todavia, parecem ter sido resolvidos a contento e o resultado final decorrente do sistema de duplo meio em *follow up* foi aparentemente de muito boa qualidade (cf. Figura 4.32), sendo aparentemente superior às reconstruções antes conseguidas com câmeras estacionárias por (McElroy e Blanksby, 1976; Pherson, 1978; Mason et al., 1986; Costill et al., 1987; Maglischo et al., 1987; Van Tilborgh et al., 1988; Colman et al., 1989; Mason et al., 1989; Colman e Persyn, 1991; Troup, 1991 a, b; Mason et al., 1992; Persyn et al., 1992; Chollet et al., 1992 e Vilas-Boas et al., 1996).

A vantagem maior deste tipo de imagens prende-se a três fatores: (i) a maior dimensão relativa do nadador na imagem; (ii) a minimização dos efeitos de paralaxe e (iii) a possibilidade de se registrar um número aumentado de ciclos sucessivos.

#### **6.1.2.5. Sistema acústico**

A capacidade de disponibilização da informação consiste num dos meios mais utilizados para promover a interação com o nadador, através de sistemas de *biofeedback* em tempo real. Pode não ser uma questão relevante quando o objetivo da avaliação de diferentes parâmetros biomecânicos é a investigação

propriamente dita (Vilas-Boas et al., 1997). No entanto, quando se pretende utilizar sistemas de avaliação para aconselhar e avaliar o treino técnico, esta questão transforma-se num dos aspectos principais do processo.

Os Grupos 4 (concomitante) e 5 (a cada dois ciclos) utilizaram um sistema acústico de frequência variável composto a partir de uma placa emissora, acoplada à porta áudio do velocímetro.

O treinador e nadador, através de receptores digitais de rádio FM, acompanhavam durante a execução do ciclo de nado, o sinal acústico que traduzia-se em uma informação suplementar acerca das consequências do gesto técnico proporcionada a ambos. Desta maneira, o nadador poderia, durante a execução, controlar melhor as repercussões dos seus movimentos e o treinador emitir informações após a execução, e de maneira precisa, para a melhoria do respectivo gesto técnico.

Um dos primeiros sistemas de *biofeedback* da capacidade propulsiva foi desenvolvido por Persyn (1984). Entretanto, este sistema era constituído de uma artificialidade muito grande, no que diz respeito a posição hidrodinâmica do nadador, pois o mesmo encontrava-se colocado em decúbito ventral sobre uma plataforma. Na perspectiva de minimizar e superar as limitações do dispositivo de Persyn (1984), Chollet et al (1988) disponibilizaram um sistema acústico em tempo real, que em muito se assemelha ao por nós utilizado. Desenvolveram um sistema alternativo com base no registro das pressões exercidas sobre a superfície palmar da mão através de sensores montados sobre palmares flexíveis que também geravam sons, os quais eram transmitidos a uns emissores acústicos colocados sob a touca do nadador. Posteriormente o mesmo sistema foi utilizado nos pés dos nadadores de peito (Chollet et al., 1989b).

As questões maiores que se colocaram no desenvolvimento deste sistema, para além das relativas à impermeabilização do conjunto, prenderam-se com a frequência do som disponibilizado ao nadador através dos auriculares. Optou-se por sinal de relativa baixa frequência para minorar o desconforto produzido por sinais acústicos mais agudos, nomeadamente quando repetidos. A opção

de Atha (1986) foi por sinais mais agudos, mas nem aquele autor, nem nós próprios, dispusemos de outro critério para escorar a nossa opção do que a opinião subjetiva dos nadadores e dos treinadores que puderam experimentar os dispositivos nas fases preliminares de ensaio.

## **6.2. Discussão dos resultados**

### **6.2.1. Caracterização da técnica de peito dos nadadores testados**

#### **6.2.1.1. Parâmetros gerais caracterizadores do ciclo gestual**

Os parâmetros gerais caracterizadores do ciclo gestual que selecionamos são: (i) a duração total média do ciclo (T); (ii) a distância média percorrida por ciclo (DC); (iii) a velocidade média do ciclo (V); (iv) o respectivo coeficiente de variação (CV) e (v) o índice de ciclo médio (IC).

Para caracterizarmos a técnica de peito dos nadadores que estudamos, optámos por extrair todas estas variáveis do momento de avaliação em que cada nadador obteve o menor valor (valor mínimo) para o coeficiente de variação (CV) da velocidade em relação à velocidade média, assumindo-se essa como a execução mais correta, mecanicamente falando, conseguida por cada sujeito.

A utilização dos indicadores cinemáticos gerais como caracterizadores do ciclo gestual em natação é muito comum na literatura (East, 1970; Craig e Pendergast, 1979; Swaine e Reilly, 1983; Sparrow, 1983; Costill et al. 1985; Craig et al. 1985; Pai et al. 1986; Hay, 1987; Keskinen et al. 1989b; Nelson et al. 1989; Kennedy, et al. 1989; Sargeant, 1990; Reilly, 1990; Toussaint, 1992; Keskinen e Komi, 1993; Alves, 1993; Chollet e Tourny, 1993 e Poujade, et al. 2002). Estes parâmetros se relacionam estreitamente entre si, permitindo apreciações semi-quantitativas muito relevantes para a compreensão da performance em natação, seja com vista à investigação científica em Biomecânica da natação, seja com vista à identificação de elementos nucleares para o treino.

Na investigação científica, os parâmetros referidos foram utilizados para: (i) caracterizar o desenvolvimento de uma prova, principalmente perspectivando a análise de efeitos de fadiga (Craig e Pendergast, 1979; Pai et al., 1986 e Craig et al., 1985) e a caracterização das opções táticas dos nadadores (Sparrow, 1983); (ii) pesquisar indicadores de variáveis fisiológicas decisivas para o treino (Keskinen e Komi; 1993); (iii) identificar especificidades discriminantes da capacidade de performance (Craig e Pendergast, 1979; Chollet e Tourny, 1993 e Kennedy, et al. 1989); (iv) analisar as repercussões particulares em variáveis de prestação desportiva de diferentes características antropométricas (Pai et al., 1986; Keskinen e Komi, 1993; Costill et al. 1985; Hay, 1987 e Poujade, et al. 2002); (v) pesquisar indicadores da qualidade biomecânica da técnica (Costill et al. 1985; Toussaint, 1990; Vilas-Boas, 1993).

No treino, desde 1970 que proliferam as análises “espácio-temporais” das principais competições internacionais – Jogos Olímpicos, Campeonatos do Mundo, Campeonatos da Europa, Jogos Pan Pacíficos, etc. – (Pai et al., 1986; Maglischo, 1988; Smith et al., 1996; Haljand e Saagpakk, 1994 e Haljand, 1999). Nestas, o desempenho dos nadadores finalistas, sobretudo, é minuciosamente descrito (tempo de partida, de nado, de viragem e de chegada e o tempo de nado caracterizado, parcial a parcial, através da V, da DC e da FG), permitindo-se, ou promovendo-se, a respectiva comparação com os desempenhos dos nadadores melhores classificados nesse mesmo evento, com os recordes relevantes, ou com desempenhos anteriores do próprio ou de terceiros. Desta forma é disponibilizado ao treinador – e ao próprio nadador – um meio de identificação de lacunas particulares na sua estrutura de competências e, por isso, também de identificação de estratégias para a sua superação e para a evolução desportiva pretendida.

A revisão da literatura acerca do significado destes parâmetros proporciona informação muito rica. Do que é especialmente relevante para o presente trabalho sobressai a consideração quase unânime de que a DC constitui, em todas as técnicas de nado, um parâmetro discriminativo nos nadadores mais altos relativamente aos menos altos (Nelson et al. 1989), dos melhores relativamente aos menos bons (Hay, 1987) e dos estados de fadiga menos

pronunciados, relativamente aos mais severos (Craig e Pendergast, 1979; Craig et al. 1985 e Pai et al. 1986). A cinética da DC, proporciona ainda a possibilidade de se identificar intensidades de nado características de zonas de intensidade de treino particularmente relevantes (Keskinen e Komi, 1993).

A associação entre a DC e a mais elevada qualidade biomecânica do gesto, entretanto, mostrou-se especialmente válida para uma determinada velocidade de nado (Craig e Pendergast, 1979 e Chollet e Tourny, 1993), já que valores mais elevados podem ser obtidos com técnicas mais deslizantes nadadas a velocidades médias inferiores (Costill et al., 1985; Toussaint, 1990 e Vilas-Boas, 1993). Foi nesta conformidade que (Costill et al., 1985) propuseram índices técnicos (*Stroke Index* e *Arm Stroke Index*) que combinam a DC e a V enquanto parâmetros significantes. Qualquer deles, entretanto, vem sendo bastante considerado como parâmetros indicadores da qualidade biomecânica geral do gesto do nadador.

O elevado potencial informativo que estes parâmetros parecem comportar foi a justificativa maior para a sua utilização neste trabalho, onde permite não apenas caracterizar cada um dos grupos experimentais, mas também toda a amostra.

Para além da V, da DC e do IC, recorreremos ao valor de T dada a sua maior aplicabilidade à análise de ciclos típicos, sabendo bem da sua estreita relação com FG (inverso):

$$V = DC * FG \quad (6.1 = 4.7)$$

$$V = DC * T^{-1} \quad (6.2)$$

$$FG = V * DC^{-1} \quad (6.3)$$

$$FG = DC * T^{-1} * DC^{-1} \quad (6.4)$$

$$FG = 1 * T^{-1} \quad (6.5)$$

$$IC = DC * V = DC^2 * T^{-1} \quad (6.6 = 4.8)$$

Optámos também por complementar a informação proporcionada pela velocidade média ( $V$ ) através do respectivo coeficiente de variação ( $CV = dp * \bar{x}^{-1}$ ). O CV expressa a variação da velocidade em percentual da velocidade média, sendo uma medida direta da expressão das flutuações intracíclicas da velocidade.

Foram vários os estudos que se consagraram sobre o significado das flutuações intracíclicas da velocidade de nado (cf. Quadro 2.5). A principal conclusão emergente consubstancia-se na aceitação de que a técnica mais contínua, com menos exuberantes flutuações intracíclicas da velocidade, será também a mais económica (Vilas-Boas, 1993, 1996; Vilas-Boas e Santos, 1994) e, conseqüentemente, a mais adequada mecanicamente falando (Di Prampero et. al., 1974; Maglischo et al., 1987; Costill et al., 1987; Ungerechts, 1988; Vilas-Boas, 1993; Alves, 1996; Vilas-Boas, 1998).

Mediante a quantidade de parâmetros seleccionados, o CV foi o critério maior, já que Vilas-Boas (1989) mostrou que a DC e o IC poderão não constituir indicadores da adequação mecânica da técnica de braços tão próprios quanto, por exemplo, para a técnica de *crawl*.

Os valores médios por grupo obtidos no presente estudo para os parâmetros a que nos temos vindo a referir, são apresentados no Quadro 5.1. Da análise do quadro referido constata-se que os valores médios de T se encontram compreendidos entre 1.50 s e 1.69 s, resultados que estão de acordo com os obtidos por Miyashita (1974) e Bober e Cazabanski (1975) com nadadores destreinados e por Wilkie e Juba (1986), Tourny et al. (1992) e Cappaert (1996), com nadadores de elite – Quadro 6.1. Esta constatação é aparentemente estranha. Todavia, podemos admitir que a evolução da performance, com o treino, no intervalo de vinte ou trinta anos entre os estudos em causa, possa ter decorrido fundamentalmente à custa de uma elevação da DC, seja por elevação da capacidade hidrodinâmica propulsiva e minimização do arrasto hidrodinâmico, seja tão só por aumento da capacidade de produção de força dos sujeitos.

No que respeita aos valores médios de T, não se observaram diferenças significativas entre os cinco grupos estudados, o que, porém, não esclarece acerca dos seus níveis relativos de proficiência, como acabamos de sublinhar.

Nos valores médios, por grupo, da distância percorrida por ciclo (DC). Já se percebe uma menor homogeneidade entre os grupos, com os valores médios registrados para os Grupos 3 e 4 a revelarem-se inferiores aos registrados para os grupos 2 e 5, mas não se distinguindo entre si, nem do Grupo 1.

Esta menor homogeneidade inter-grupos dos valores de DC não nos pareceu preocupante, principalmente no que respeita à garantia de condições de partida semelhantes para os diferentes grupos, uma vez que esta estava salvaguardada pelos valores idênticos de CV, para além da já aludida consideração de que DC e IC poderiam ser menos próprios, para a técnica de peito, como indicadores da qualidade técnica dos executantes.

Os valores médios de DC situaram-se entre 1.4 m e 1.7 m, apresentando-se semelhantes a valores calculados a partir do produto dos valores da V pelo T publicados nos trabalhos de Miyashita (1974), Persyn (1984); Klauck et al. (1990) e Reischle (1993) com nadadores treinados, Kent e Atha (1975 b) com nadadores de elite, Vilas-Boas e Fernandes (1991) com sujeitos treinados nadando a ritmo lento e Vilas-Boas (1993) com nadadores treinados, nadando a ritmo de prova de 200 m com a técnica de peito natural e de peito natural com recuperação aérea dos membros superiores.

Significa isto que os nadadores que estudamos apresentam valores de DC mais próximos dos característicos de nadadores treinados do que de nadadores destreinados, o que, associado a valores de T incharacterísticos, nos leva a esperar valores de V a ritmo de 200 m peito próximos dos de sujeitos treinados anteriormente descritos na literatura (Quadro 6.2). Assim foi, de fato, sendo de realçar a semelhança dos valores de V no nosso estudo com os de Miyashita (1974), Costill et al. (1987), Craig et al. (1988), D'Aquisto et al. (1988) e Vilas-Boas (1993).

Quadro 6.1. Comparação dos valores da duração de cada ciclo (T) e de cada fase do ciclo (t) obtidos no presente estudo com resultados publicados por outros autores relativos aos mesmos parâmetros obtidos com base na variação da velocidade da anca ao longo de um ciclo. Entre parêntesis são apresentados os correspondentes valores percentuais relativamente   duração total do ciclo.

<b>Autores</b>	<b>Amostra</b>	<b>t(v1-v2)</b>	<b>t(v2-v3)</b>	<b>t(v3-v4)</b>	<b>t(v4-v5)</b>	<b>T</b>	
Miyashita (1974)	Destrei.	.36(23.2)	.38(24.5)	.37(23.9)	.44(28.4)	1.55	
	Destrei.	.24(13.5)	.47(28.5)	.39(23.6)	.55(33.3)	1.65	
	Trein.	.20(17.4)	.13(11.3)	.42(36.5)	.40(34.8)	1.15	
	Trein.	.38(35.2)	.23(21.3)	.09(8.3)	.38(35.2)	1.08	
Bober e Cazabanski (1975)	Destrei.	.24(19.0)	.26(0.6)	.36(28.6)	.39(31.0)	1.26	
	(ex-elite)	.23(13.7)	.65(38.7)	.26(15.5)	.54(32.1)	1.68	
		.26(13.5)	.83(43.2)	.36(18.8)	.48(25.0)	1.92	
		.21(8.9)	1.21(51.3)	.36(15.3)	.57(24.2)	2.36	
Kent e Atha (1975b)		.28(10.7)	1.46(55.7)	.38(14.5)	.50(19.1)	2.62	
McElroy e Blanksby (1976)	Elite	.20(18.5)	.14(13.0)	.34(31.5)	.40(37.0)	1.08	
Persyn (1984)	Trein.	.36(30.3)	.12(10.1)	.27(22.7)	.44(37.9)	1.19	
Mason et al. (1986)	Trein.	.22(20.0)	.26(23.6)	.31(28.2)	.31(28.2)	1.10	
	Elite (F)	.38(26.2)	.20(13.8)	.40(27.6)	.47(32.4)	1.45	
	Trein. (F)	.30(22.6)	.30(22.6)	.25(18.8)	.48(36.1)	1.33	
Wilkie e Juba (1986)	Elite	.41(25.9)	.50(31.6)	.33(20.9)	.33(20.9)	1.58	
Maglischo et al. (1987)	Elite	.25(21.6)	.18(15.5)	.35(30.2)	.38(32.8)	1.16	
D'Acquisto et al. (1988)	Elite	.22(10)	.96(43.6)	.51(23.2)	.52(23.6)	2.20	
	Trein.R�p.	.20(17.9)	.35(31.3)	.19(17.0)	.38(33.9)	1.12	
Mason et al. (1988)	Lento	.20(9.0)	1.19(53.6)	.30(13.5)	.53(23.9)	2.22	
Klauck et al. (1990)	Elite (F)	.25(21.7)	.25(21.7)	.30(26.1)	.35(30.4)	1.15	
	Trein.n=28	.22(21.0)	.23(21.4)	.23(21.4)	.37(35.2)	1.05	
Ungereschts (1990b)		.45(40.9)	.15(13.6)	.15(13.6)	.35(31.8)	1.10	
Zschorlich (1990)	Trein. (F)	.40(27.0)	.38(25.7)	.20(13.5)	.55(37.2)	1.48	
Vilas-Boas e Fernandes(1991)		.37(19.3)	.40(20.8)	.55(28.6)	.60(31.3)	1.92	
Tourny et al. (1992)	Trei. Lento	.40(20.0)	.40(20.0)	.60(30.0)	.60(30.0)	2.00	
Hahne Krug (1992)	Elite (F)	.24(15.8)	.64(42.1)	.32(21.1)	.32(21.1)	1.52	
Vilas-Boas (1992a)		.31(20.7)	.28(18.7)	.41(27.3)	.50(33.3)	1.50	
	Trein.	.36(26.5)	.32(23.5)	.32(23.5)	.36(26.5)	1.36	
Vilas-Boas e Ferreira da Silva (1992)	Trein. Lento	.36(18.8)	.44(22.9)	.62(32.3)	.50(26.0)	1.92	
Reischle(1993)	Trein.	.35(27.3)	.33(25.8)	.27(21.1)	.33(25.8)	1.28	
Vilas-Boas (1993)		.35(25.0)	.18(12.9)	.42(30.0)	.45(32.1)	1.40	
	BF	$\bar{x}$	.38(28.2)	.31(23.0)	.27(20.1)	.38(28.7)	1.35
		$\pm$	.07(4.2)	.09(4.3)	.06(2.1)	.07(5.2)	.20
	BN	$\bar{x}$	.33(24.4)	.33(24.7)	.28(21.2)	.40(29.7)	1.34
		$\pm$	.05(3.3)	.04(2.0)	.04(1.9)	.07(4.0)	.13
	BNA	$\bar{x}$	.35(26.2)	.36(26.2)	.25(18.4)	.40(29.1)	1.36
		$\pm$	.05(5.0)	.07(3.0)	.06(2.9)	.11(5.3)	.20
	Cappaert (1996)	Elite (M)	-	-	-	-	1.53
	D'Acquisto et al. (1998)	Trein. (M)	-	-	-	-	1.02
			$\pm$	-	-	-	.13
Trein. (F)		-	-	-	-	1.07	
		$\pm$	-	-	-	.12	
<b>Presente estudo Gr 01</b>	Trein. M�d. $\bar{x}$	.33(20.0)	.26(15.3)	.73(43.1)	.36(21.6)	1.69	
	$\pm$	.09(5.1)	.07(3.1)	.19(6.1)	.16(8.4)	.28	
<b>Gr 02</b>	Trein. M�d. $\bar{x}$	.31(18.3)	.23(13.7)	.69(40.9)	.45(27.1)	1.68	
	$\pm$	.09(4.2)	.06(2.3)	.12(4.1)	.08(4.2)	.23	
<b>Gr 03</b>	Trein. M�d. $\bar{x}$	.34(22.0)	.25(15.8)	.63(40.1)	.36(22.1)	1.57	
	$\pm$	.06(3.8)	.06(3.9)	.12(8.6)	.19(8.4)	.21	
<b>Gr 04</b>	Trein. M�d. $\bar{x}$	.31(20.8)	.25(16.9)	.63(41.3)	.32(21.0)	1.50	
	$\pm$	.04(3.3)	.08(3.4)	.17(9.7)	.12(6.7)	.27	
<b>Gr 05</b>	Trein. M�d. $\bar{x}$	.33(19.6)	.22(13.2)	.74(43.3)	.41(23.9)	1.69	
	$\pm$	.06(2.6)	.08(4.5)	.16(7.5)	.11(5.6)	.20	

Quadro 6.2. Comparação dos valores da velocidade horizontal média ( $v$ ) ( $m.s^{-1}$ ) e dos valores  $v1$ ,  $v2$ ,  $v3$ , e  $v4$  obtidos no presente estudo com resultados publicados por outros autores relativos aos mesmos parâmetros obtidos com base na variação da velocidade da anca ao longo de um ciclo. Entre parêntesis são apresentados os correspondentes valores percentuais relativamente à velocidade média.

Autores	Amostra	v1	v2	v3	v4	V	
Miyashita (1974)	Destrei.	.35(40.2)	1.10(126.4)	.88(101.1)	1.20(137.9)	.87	
	Destrei.	.05(6.41)	1.10(141.0)	.81(103.8)	1.25(160.3)	.78	
	Trein.	.62(44.3)	1.50(107.1)	1.44(102.9)	2.00(142.9)	1.40	
	Trein.	.49(38.9)	1.69(134.1)	1.62(128.6)	1.80(142.9)	1.26	
Bober e Cazabanski (1975)	Destrei.	.45	1.53	1.20	1.49	-	
	(ex-elite)	.48	1.60	1.02	1.38	-	
		.34	1.58	.83	1.20	-	
		.45	1.62	.85	1.26	-	
		.24	1.45	.72	1.14	-	
Kent e Atha (1975b)	Elite	0(0)	1.85(131.2)	176(124.8)	1.95(138.3)	1.41	
McElroy e Blanksby (1976)	Trein.	.25	1.56	1.44	1.91	-	
Persyn et al. (1979)	Trein.	.50(36.0)	2.00(143.9)	1.85(133.1)	1.90(136.7)	1.39	
Persyn (1984)		.25	1.52	1.25	1.97	-	
Mason et al. (1986)	Elite (F)	.24	1.30	1.00	1.51	-	
	Trein. (F)	.20	1.34	1.30	1.63	-	
Wilkie e Juba (1986)	Elite	.50(45.5)	1.50(136.4)	.87(79.1)	1.60(145.5)	1.10	
Costil et al. (1987)	Elite (F)	.06(4.6)	2.00(153.8)	1.50(115.4)	2.20(169.2)	1.30	
		.37(35.2)	1.44(137.1)1.	1.25(119.0)	1.38(131.4)	1.05	
Maglischo et al. (1987)	Elite	.45	61.65	1.55	2.20	-	
D'Acquisto et al. (1988)	Elite	.24(24.7)	1.81(186.6)	1.09(112.4)	1.68(173.2)	.97	
Craig et al. (1988)	Trein.Ráp.	.20(16.0)	1.95(56.0)	1.32(105.6)	1.75(140.0)	1.25	
	Lento	.19(20.7)	1.49(162.0)	.75(81.5)	1.32(143.5)	.92	
Loetz et al. (1988)	Trein.	26(23.6)	1.39(126.4)	1.28(116.4)	1.72(156.4)	1.10	
Mason et al. (1988)	Elite (F)	.27	1.24	1.14	1.75	-	
Klauck et al. (1990)	Trein.n=28	.32	1.43	-	1.88	-	
		.50(33.3)	1.40(93.3)	1.30(86.7)	2.60(173.3)	1.50	
Ungereschts (1990b)	Trein. (F)	.40(32.3)	1.50(121.0)	1.28(103.2)	1.84(148.4)	1.24	
Zschorlich (1990)		.45	1.35	.75	1.95	-	
Colman e Persyn (1991)		.38	1.80	1.30	2.05	-	
Vilas-Boas e Fernandes(1991)	Trein. Lento	.33(45.8)	1.00(138.9)	.75(104.2)	.95(131.9)	.72	
Tourny et al. (1992)	Elite (F)	0(0)	2.60(173.3)	1.30(86.7)	2.60(173.3)	1.50	
Hahne Krug (1992)		.73(56.2)	1.50(115.4)	1.37(105.4)	1.50(115.4)	1.30	
Vilas-Boas (1992a)	Trein.	.20	1.20	.90	1.15	-	
	Trei. Lento	.40	.97	.75	.88	-	
Vilas-Boas e Ferreira da Silva (1992)	Trein.	.20	1.30	.95	1.10	-	
Reischle(1993)		.11(9.8)	1.39(124.1)	1.27(113.4)	1.73(154.5)	1.12	
Vilas-Boas (1993)	BF	$\bar{x}$ .44(41.4)	1.40(131.7)	1.10(102.6)	1.29(121.5)	1.06	
		$\pm$ .11(9.7)	.09(8.4)	.17(7.4)	.16(6.9)	.10	
	BN	$\bar{x}$ .39(36.5)	1.43(136.5)	1.04(99.4)	1.26(120.0)	1.05	
		$\pm$ .13(10.5)	.15(9.6)	.14(5.5)	.14(5.1)	.10	
	BNA	$\bar{x}$ .38(36.0)	1.47(139.6)	1.07(101.1)	1.22(115.2)	1.06	
		$\pm$ .09(8.6)	.15(8.1)	.11(5.2)	.16(6.4)	.10	
D'Acquisto et al. (1998)	Trein. (M)	.24	1.21	1.87	1.80	1.53	
		$\pm$ .14	.08	.13	.16	.11	
	Trein. (F)	.23	1.06	1.64	1.46	1.26	
		$\pm$ .11	.09	.16	.10	.17	
Takagi et al. (2004)	Elite (M)	-	-	-	-	1.48	
		$\pm$ -	-	-	-	.11	
	Elite (F)	-	-	-	-	1.38	
		$\pm$ -	-	-	-	.08	
<b>Presente estudo</b>	<b>Gr 01</b>	Trein. Méd. $\bar{x}$	.24(25.8)	1.80(192.7)	.84(91.2)	1.54(164.4)	.93
		$\pm$	.14(15.0)	.30(24.8)	.12(14.9)	.27(18.8)	.09
	<b>Gr 02</b>	Trein. Méd. $\bar{x}$	.31(29.1)	1.97(188.7)	.96(93.3)	1.67(159.8)	1.04
		$\pm$	.17(15.3)	.29(17.6)	.09(13.8)	.22(16.2)	.09
	<b>Gr 03</b>	Trein. Méd. $\bar{x}$	.24(25.5)	1.82(195.2)	.88(93.6)	1.51(160.1)	.94
		$\pm$	.08(8.7)	.29(26.5)	.17(16.5)	.31(14.0)	.12
	<b>Gr 04</b>	Trein. Méd. $\bar{x}$	.19(20.4)	1.79(193.0)	.93(99.4)	1.57(166.9)	.94
		$\pm$	.15(15.6)	.18(25.8)	.18(14.5)	.25(14.9)	.08
	<b>Gr 05</b>	Trein. Méd. $\bar{x}$	.20(20.7)	1.94(198.4)	.91(93.3)	1.64(166.8)	0.98
		$\pm$	.11(10.6)	.21(19.9)	.17(15.5)	.31(16.6)	.10

Quadro 6.3. Comparação dos valores da aceleração média ( $a$ ) ( $m.s^{-2}$ ) por fase do ciclo obtidos no presente estudo com resultados similares publicados por outros autores com base na variação da velocidade da anca ao longo de um ciclo.

Autores		Amostra	$a(v1-v2)$	$a(v2-v3)$	$a(v3-v4)$	$a(v4-v5)$
Miyashita (1974)		Destrei.	1.86	-.31	.80	-1.95
		Destrei.	4.00	-.43	1.07	-2.2
		Trein.	4.50	-.25	1.25	-3.5
		Trein.	3.18	-.31	2.06	-3.5
Bober e Cazabanski (1975)		Destrei.	4.90	-	1.09	-1.4
		(ex-élite)				-1.8
Craig et al. (1988)		Trein.Ráp.	8.70	-1.80	-	-4.4
		Lento	5.60	-.60	2.3	-2.2
Vilas-Boas e Fernandes(1991)		Trein. Lento	1.70	-.75	.42	-1.0
		Trein.	2.78	-.94	.78	-2.6
Vilas-Boas (1992a)		Trein. Lento	1.58	-.50	.21	-.96
Vilas-Boas e Ferreira da Silva (1992)		Trein.	3.14	-1.06	.56	-2.7
Vilas-Boas (1993)	BF	$\bar{x}$	2.66	-.93	.72	-2.3
		$\pm$	(.73)	(.38)	(.22)	(.49)
	BN	$\bar{x}$	3.22	-1.17	.75	-2.2
		$\pm$	(.75)	(.38)	(.26)	(.43)
	BNA	$\bar{x}$	3.20	-1.15	.59	-2.2
$\pm$		(.83)	(.36)	(.30)	(.65)	
Presente estudo	Gr 01	Trein. Méd. $\bar{x}$	5.07	-4.22	1.03	-6.12
		$\pm$	2.10	2.38	.63	8.24
	Gr 02	Trein. Méd. $\bar{x}$	5.65	-4.68	1.07	-3.07
		$\pm$	1.40	2.00	.43	.90
	Gr 03	Trein. Méd. $\bar{x}$	4.78	-3.98	1.08	-4.38
		$\pm$	1.36	1.69	.56	2.10
	Gr 04	Trein. Méd. $\bar{x}$	5.27	-3.61	1.12	-5.04
		$\pm$	1.03	1.61	.47	2.52
	Gr 05	Trein. Méd. $\bar{x}$	5.39	-5.60	1.05	-3.73
		$\pm$	1.44	4.05	.58	1.14

Relativamente à velocidade média por ciclo ( $V$ ) perceberam-se também algumas diferenças entre grupos, sendo de realçar, fundamentalmente, os distanciamentos relativos dos Grupos 1 e 5; o primeiro, por defeito, distinguindo-se do Grupo 2 e do Grupo 5 e o segundo (Grupo 5), por excesso, distinguindo-se ainda dos Grupos 3 e 4.

Apesar de terem sido observadas diferenças com significado estatístico entre os diferentes grupos experimentais, os valores médios de  $V$  estiveram compreendidos entre  $0.93 m.s^{-1}$  e  $1.04 m.s^{-1}$ , o que sugere diferenças efetivamente muito reduzidas e com pouca expressão técnica.

O coeficiente de variação (CV) da velocidade em relação à velocidade média, medida que seleccionámos para expressar as variações intracíclicas da velocidade, variaram entre 0.40 e 0.43, sem qualquer diferença com significado estatístico entre os grupos, o que assumimos sustentar a pretendida homogeneidade técnica dos grupos analisados, ratificando a solução adotada para a respectiva constituição.

Combinando as variáveis V e DC, através da determinação do seu produto, obtém-se o índice de ciclo (IC). É interessante notar que, relativamente ao IC, o Grupo 5 se distingue de todos os demais, com exceção para o Grupo 2, registrando sempre valores estatisticamente superiores. Entretanto, o Grupo 2, que apresentou valores médios semelhantes aos do Grupo 5, distinguiu-se apenas dos grupos 3 e 4, não revelando diferenças também em relação ao Grupo 1. Para esta variável e entre os grupos testados, os valores médios variaram entre 1.41 e 1.82  $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , semelhantes a valores calculados a partir do produto da (V) pela DC nos trabalhos apresentados por Miyashita (1974) para nadadores treinados, Craig et al. (1988) para nadadores treinados nadando rápido, Reischle (1993) para nadadores treinados e Vilas-Boas (1993) com o peito formal, natural e natural com recuperação aérea executado por nadadores treinados a ritmo de 200 m. As considerações que tecemos antes relativamente aos indícios de que DC possa não constituir um critério fiável para a avaliação da habilidade técnica em peito, são também válidas, ou sobretudo válidas para IC (Vilas-Boas, 1992).

A análise dos indicadores cinemáticos gerais que realizámos mostrou que os diferentes grupos que foram constituídos para escorar a parte experimental deste estudo são homogêneos no que respeita aos parâmetros mais discriminativos da capacidade de execução técnica, apesar de revelarem alguma dissemelhança no que respeita aos demais parâmetros. Complementarmente, a análise realizada revela que os valores registrados nos diferentes parâmetros são coerentes com os antes disponibilizados na literatura para sujeitos treinados.

#### **6.2.1.2. Características “internas” do ciclo**

Apesar dos indicadores cinemáticos mais “macroscópicos” nos deixarem tranquilos no que respeita à amostra selecionada e às condições de homogeneidade dos grupos constituídos, foi julgado pertinente aprofundarmos o estudo até ao nível da análise compartimentada das fases constitutivas do ciclo gestual da técnica de peito. As razões para este aprofundamento

prendem-se não apenas com o reconhecimento da necessidade de continuado detalhamento da apreciação técnica, mormente quantitativa, mas também, e sobretudo, com o fato de termos percebido, desde o pré-teste com o velocímetro de última geração, a sistemática persistência de diferentes “ciclos típicos”: sobretudo ciclos bimodais e trimodais.

De fato – e contrariamente à esmagadora maioria dos dados disponíveis na literatura acerca do ciclo da técnica de peito, observamos após análise dos ciclos típicos de todos os nadadores obtidos em todas as repetições de 25m realizadas (n=250), que 68% destes ciclos típicos, eram ciclos com variação trimodal da velocidade em função do tempo, ao invés dos mais tradicionais ciclos com duas modas (bimodais). Esta constatação pareceu-nos extremamente interessante, por um lado, e importante, por outro. Interessante por, apesar de não constituir uma novidade absoluta, ser todavia relativamente original e importante por, exatamente por essa originalidade, constituir uma oportunidade única para se iniciar a mais sistemática caracterização dos ciclos trimodais da técnica de peito na mesma escala de aprofundamento que é hoje característica da análise dos ciclos bimodais.

Entretanto, na perspectiva de não perdermos a homogeneidade da totalidade da amostra, em que teríamos dois grupos com uma perda de 50% dos nadadores, e mediante a necessidade de standardização para posterior processamento estatístico dos dados referentes à estrutura interna do ciclo, optamos por desconsiderar dois pontos notáveis intermediários observados na estrutura trimodal, transformando todos em ciclos em estrutura bimodal.

Apesar desta opção pela conversão dos ciclos todos em bimodais, decidimos caracterizar também e de forma tão aprofundada quanto possível, os ciclos trimodais. Em continuação discutiremos as características “intracíclicas” dos ciclos bimodais, com especial referência às variações intergrupos experimentais. Esta análise inclui todos os ciclos estudados, inclusivamente os trimodais transformados em ciclos de duas modas. Depois discutiremos as características intracíclicas dos ciclos trimodais que registramos. Esta análise será realizada apenas sobre os ciclos com estas características que obtivemos para cada um dos grupos.

### 6.2.1.2.1. Ciclos de variação intracíclica bimodal da velocidade de nado

As curvas de variação intracíclica bimodal da velocidade horizontal da anca do nadador apresentam uma configuração coerente com o “padrão” emergente dos dados anteriormente publicados.

A generalidade dos autores que se consagraram ao estudo desta problemática evidenciaram uma estrutura bimodal da variação intracíclica  $V(t)$ , onde se podem observar dois picos máximos intercalados por um mínimo intermediário (Miyashita, 1974; Bober e Cazabanski 1975; Kent e Atha, 1975b; Persyn et al., 1975; McElroy e Blanksby, 1976; Persyn et al., 1979; Persyn, 1984; Mason et al., 1986; Wilkie e Juba, 1986; Costill et al., 1987; Maglischo et al., 1987; Craig et al., 1988; D'Acquisto et al., 1988; Loetz et al., 1988; Mason et al., 1988; Klauck et al., 1990; Ungerechts, 1990b; Zschorlich, 1990; Colman e Persyn, 1991; Vilas-Boas e Fernandes, 1991; Hahn e Krug, 1992; Tourny et al., 1992; Vilas-Boas, 1992a; Vilas-Boas e Ferreira da Silva, 1992; Reischle, 1993; Vilas-Boas, 1993; D'Acquisto, 1998; Maglischo, 2003; Yutaka et al., 2004 e Takagi, 2004).

O perfil bimodal médio de variação intracíclica da velocidade de nado obtido para cada um dos grupos, fez-nos perceber uma elevada coerência intergrupos no padrão de variação intracíclica da velocidade de nado; isto é, a tendência geral parece ser similar: observam-se valores mínimos muito próximo de zero como consequência das ações de recuperação, dois picos associados às ações propulsivas dos membros inferiores (MI) e dos membros superiores (MS) e um mínimo intermediário na transição entre as ações alternadas dos MI e dos MS.

A flexão de quadril na finalização da recuperação dos membros inferiores é a fase do ciclo onde a intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposto ao deslocamento do nadador é superior (Kent e Atha, 1971, 1975; Boitchev, 1981; Van Tilborgh et al., 1988), acarretando uma pronunciada redução da velocidade horizontal. No grupo 4, observamos valores de  $0.19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , e nos grupos 1 e 3 valores de  $0.24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  semelhantes aos encontrados por D'Acquisto (1988); Craig et al., (1988) e D'Acquisto (1998), já o grupo 2, com

valores de  $0.31 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , esteve semelhante aos valores encontrados por Vilas-Boas e Fernandes (1991).

A seguir ao ponto mínimo absoluto da curva, segue-se uma elevação acentuada da velocidade decorrente da aceleração produzida pela ação propulsiva dos membros inferiores, a qual culmina com um ponto máximo. Em nosso estudo, encontramos valores entre  $1.79 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  e  $1.94 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , valores que correspondem aos encontrados por Kent e Atha (1975b), D'Acquisto et al. (1988) e Craig et al. (1988). Os resultados referentes a aceleração associada à ação propulsiva dos MI (que se encontram entre  $4.78 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  para o grupo 3 e  $5.65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  para o grupo 2), evidenciam valores elevados em relação aos estudos realizados por vários autores (Miyashita, 1974; Vilas-Boas e Fernandes, 1991; Vilas-Boas, 1992a; Vilas-Boas e Ferreira da Silva, 1992 e Vilas-Boas, 1993) e próximos dos disponibilizados por outros (Bober e Cazabanski 1975 e Craig et al. 1988 nadadores lentos). Não chegaram, porém, aos  $8.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  registrados por Craig et al. (1988). O nível desportivo dos nadadores das diferentes amostras e o respectivo ritmo de execução podem contribuir para explicar a generalidade destas diferenças.

Após a finalização da ação propulsiva dos membros inferiores, encontramos uma deflexão na curva, consequência de uma fase de deslize, ou de uma fase de reduzida ação propulsiva dos MI e dos MS, insuficientes para obstar a uma prevalência do arrasto hidrodinâmico. Este ponto mínimo será tanto mais efetivo se o nadador realizar uma fase de deslize intermediário entre as ações propulsivas dos membros inferiores e superiores (Manley e Atha, 1992 e Tourny, 1992). Nesta fase, os valores encontrados foram entre  $0.84 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  no grupo 1 e  $0.96 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  para o grupo 2, valores que são correspondentes aos encontrados por Miyashita (1974), Bober e Cazabanski (1975), Vilas-Boas (1992a), Wilkie e Juba (1986) e Vilas-Boas e Ferreira da Silva (1992).

A próxima fase corresponde à ação propulsiva dos membros superiores. A maioria das curvas publicadas pelos diferentes autores (Miyashita, 1974; Kent e Atha, 1975b; McElroy e Blanksby, 1976; Persyn, 1984; Mason et al., 1986; Wilkie e Juba, 1986; Costill et al., 1987; Maglischo et al., 1987; Loetz et al., 1988; Mason et al., 1989; Klauck et al., 1990; Ungerechts, 1990b; Zschorlich,

1990; Colman e Persyn, 1991; Reischle, 1993 e D'Acquisto, 1998) evidenciaram valores máximos absolutos da velocidade associados a esta fase, ao contrário das curvas que determinámos para todos os grupos, em que ficou evidenciado que a ação dos membros inferiores era a fase a que correspondia maior velocidade. Os valores por nós encontrados, variaram entre  $1.51 \text{ m.s}^{-1}$  para o grupo 3 e  $1.67 \text{ m.s}^{-1}$  para o grupo 2, valores estes que se associam aos encontrados por Costill et al. (1987), Vilas-Boas e Fernandes (1991), Vilas-Boas (1992a) e Vilas-Boas (1993) no peito formal e peito natural.

As diferenças relativas à fase do ciclo onde se encontram valores máximos absolutos da velocidade, poderão ser explicadas pelas diferentes velocidades de nado a que foram testados os nadadores nos vários estudos. Autores como Bober e Cazabanski (1975), Ungerechts (1990b) e Vilas-Boas (1992a) notaram que quanto menor é a velocidade média de nado, mais longo é o deslize passivo entre as ações propulsivas dos MI e MS. No presente estudo, onde encontramos uma velocidade média que variou entre  $0.94 \text{ m.s}^{-1}$  e  $1.04 \text{ m.s}^{-1}$ , intervalo de velocidades onde esta não pode deixar de ser considerada média / baixa, também observamos como os autores acima mencionados um período mais ou menos longo de deslize passivo entre as ações propulsivas. Desta feita, somos levados à conclusão de que, como a amostra testada nadou os 25m a velocidade correspondente a uma prova de 200m peito, ou seja, a velocidade média / baixa, houve uma desaceleração entre  $v_2$  e  $v_4$ , implicando em o nadador ter de reacelerar mais, para alcançar o novo pico máximo com a ação dos MS, implicando em um tempo correspondente em torno de 40% a 43% de todo o ciclo de nado.

Analisando o Quadro 6.3 podemos perceber que, os valores da aceleração associados à ação propulsiva dos MS ( $v_3-v_4$ ), são relativamente elevados – encontrando-se entre  $1.03 \text{ m.s}^{-2}$  para o grupo 1 e  $1.12 \text{ m.s}^{-2}$  para o grupo 4 – quando comparados com os valores da aceleração, encontrados por Miyashita, (1974), Vilas-Boas e Fernandes (1991), Vilas-Boas (1992a), Vilas-Boas e Ferreira da Silva (1992) e Vilas-Boas (1993). Considerando que o mesmo foi observado para a aceleração associada à ação dos membros inferiores, pensamos que este efeito pode estar associado com a técnica utilizada na

época dos estudos em referência, bem como com a dificuldade de alguns autores em acederem à avaliação de nadadores de elite.

Sublinhamos ainda a constatação de que o período de aceleração entre a velocidade mínima e máxima associado à ação dos MI foi tendencialmente inferior, para todos os grupos, ao período de aceleração associado à ação dos MS, o que quer dizer que a comumente designada por “pernada” se desenvolve mais rapidamente do que a “braçada”.

No Quadro 6.3 nota-se ainda que os valores mais elevados de aceleração, tenderam a observar-se na ação do MI, em todos os grupos, o que sublinha a maior capacidade propulsiva dos MI relativamente aos MS na técnica de peito e está de acordo com o observado por numerosos autores (Miyashita, 1974; Bober e Cazabanski 1975; Craig et al. 1988; Vilas-Boas e Fernandes 1991; Vilas-Boas 1992a; Vilas-Boas e Ferreira da Silva 1992 e Vilas-Boas 1993). Curiosamente, os valores de aceleração negativa observados durante a recuperação e durante a transição MI/MS (e/ou deslize) tenderam a ser muito semelhantes em todos os grupos, com valores médios absolutos mais elevados para a transição / deslize no Grupo 5. Este grupo apresenta esta fase de transição / deslize mais demarcada em termos de aceleração ( $-5.6 \text{ m.s}^{-2}$ ), que resulta numa perda mais acentuada de velocidade.

Dentre os resultados apresentados no Quadro 5.2, para além das diferenças observadas na velocidade média, apenas a duração da fase associada à recuperação ( $\Delta t_4 = t_5 - t_4$ ) se revelou significativamente inferior no Grupo 4, relativamente ao Grupo 2, os dois grupos que apresentaram valores extremos deste parâmetro.

Da análise dos valores normalizados de  $t$  e  $\Delta t$  (Quadro 5.3), percebem-se mais algumas diferenças entre grupos, mas em nenhum caso relativamente aos valores normalizados da velocidade nos pontos notáveis da função velocidade / tempo. Aqui as diferenças registradas reportam-se fundamentalmente aos grupos 2 e 5, mas sobretudo ao primeiro, decorrendo da precocidade com que se verificou  $t_2$  (máximo de  $v$  associado à ação dos membros inferiores) e, conseqüentemente,  $t_3$  e  $t_4$  no Grupo 2, influenciando também  $\Delta t_1$  e  $\Delta t_4$ .

Algumas diferenças foram também percebidas relativamente ao Grupo 5, mas menos numerosas (apenas evidenciadas em t3).

#### **6.2.1.2.2. Ciclos de variação intracíclica trimodal da velocidade de nado**

A análise dos ciclos típicos de todos os nadadores obtidos em todas as repetições de 25m realizadas mostrou que a maioria eram ciclos com variação trimodal da velocidade em função do tempo, ao invés dos mais tradicionais ciclos com duas modas (bimodais). Dos 50 nadadores estudados em 250 avaliações, 68% (n=34) foram sempre executantes de ciclos trimodais típicos ao longo das 5 avaliações – Figura 5.6. Apenas 12% foram executantes típicos de ciclos bimodais e 20% oscilaram entre os modelos de duas e três modas.

Observamos que, quando consideramos apenas os executantes de ciclos trimodais, o número de elementos de cada grupo deixou de ser homogêneo. Assim, nos Grupos 1 e 2 foram considerados 50% dos nadadores (n=5), no Grupo 3 foram considerados 80% (n=8), no Grupo 4 foram 70% (n=7) e, finalmente, no Grupo 5 foram incluídos 90% (n=9). Por este motivo, reduzimos ao máximo as análises comparativas inter-grupais de parâmetros biomecânicos e a respectiva relevância na discussão, tendo optado pela conversão de todos os parâmetros caracterizadores do ciclo para expressão bimodal, para posterior análise entre grupos do efeito do treino.

Na Figura 5.9 é apresentado o diagrama comparativo do perfil trimodal médio de variação intracíclica da velocidade de nado obtido para cada um dos grupos. Trata-se do diagrama equivalente ao apresentado na Figura 5.7 para o perfil bimodal.

Da comparação dos dois diagramas, percebe-se que as diferenças entre ambos se situam a partir de 0.5, 0.6 s na duração do ciclo, cerca de 1/3 da mesma. Isto é, as principais diferenças acontecem após o mínimo associado à transição entre as ações dos membros inferiores e dos membros superiores, ou associado ao deslize. A análise detalhada dos conjuntos integrados imagem de duplo meio / curva  $V(t)$ , permitiu-nos perceber que o segundo máximo (máximo intermediário) percebido nos ciclos bimodais correspondia recorrentemente à

ação lateral exterior da ação dos membros superiores e aparentemente não a qualquer efeito de massa acrescentada (Persyn, 1992), ou ação propulsiva adicional dos membros inferiores, do tipo tempo ascendente (ou mesmo descendente) dos membros inferiores da técnica de mariposa (Persyn et al., 1983; Mason et al, 1990). Este máximo intermediário foi consistentemente inferior aos restantes dois em todos os grupos e apresentou tempos de ocorrência também muito consistentes. O mesmo, de resto, aconteceu também com o mínimo subsequente, associado à ação descendente dos membros superiores.

A observação de um primeiro pico intermediário durante a ação propulsiva dos membros superiores pode ser explicada por uma de duas formas: (i) a ação lateral exterior mostra-se inusitadamente propulsiva, justificando uma aceleração circunstancial da velocidade ou (ii) a ação vertical descendente mostra-se pouco propulsiva, ou excessivamente resistiva, de tal forma que determine uma aceleração negativa durante a braçada que justifique o mínimo percebido. Preferiríamos, naturalmente, poder afirmar a primeira possibilidade, mas não dispomos de argumentos consistentes para o fazer. Porém, percebemos ao longo dos vários ensaios que fomos realizando com o sistema sincronizado de imagem e velocimetria, que, com o aumento da velocidade de nado, parecia manifestar-se uma tendência para a redução da incidência deste efeito. Não o confirmámos, todavia, sobrando esta como uma questão importante a dirimir em futuros estudos, sobretudo a centrar em comparações intraindividuais das funções  $V(t)$  características de diferentes velocidades médias. A confirmar-se esta hipótese, reforçar-se-ia a possibilidade das três modas se deverem mais a uma desaceleração intermediária na braçada, do que a uma inusitada aceleração inicial, sobretudo por, com a velocidade média aumentada e com a esperada diminuição de  $T$ , se diminuir também, presumivelmente, a duração da ação descendente dos MS e assim se potenciar a capacidade propulsiva por projeção de vórtices nas fases de mudança de direção (Ungereschts, 1992; Colwin, 1997; Vilas-Boas, 1993), isto por ser esperadamente superior a velocidade segmentar e menos progressiva

a mudança de direção das mãos e antebraços de predominantemente “para fora” para predominantemente “para dentro”.

A referência à observação de ciclos trimodais da função  $V(t)$  na técnica de peito não é original, apesar da generalidade dos autores referir um perfil bimodal (Miyashita, 1974; Bober e Cazabanski 1975; Kent e Atha, 1975b; Persyn et al., 1975; McElroy e Blanksby, 1976; Persyn et al., 1979; Persyn, 1984; Mason et al., 1986; Wilkie e Juba, 1986; Costill et al., 1987; Maglischo et al., 1987; Craig et al., 1988; D'Acquisto et al., 1988; Loetz et al., 1988; Mason et al., 1989; Klauck et al., 1990; Ungerechts, 1990b; Zschorlich, 1990; Colman e Persyn, 1991; Vilas-Boas e Fernandes, 1991; Hahn e Krug, 1992; Tourny et al., 1992; Vilas-Boas, 1992a; Vilas-Boas e Ferreira da Silva, 1992; Reischle, 1993; Vilas-Boas, 1993; D'Acquisto, 1998; Maglischo, 2003; Yutaka et al., 2004 e Takagi, 2004). Troup (1991b), ao analisar os finalistas dos Campeonatos do Mundo de Perth, Austrália, por cinematria videogramétrica mostrou a ocorrência de ciclos de três modas em vários nadadores, de onde destacaríamos Norbert Rosza; Michael Barrowman e Tamas Darnyi. Em Yutaka et al. (2004) encontram-se representadas graficamente curvas com características trimodais sem, entretanto, ser adicionada qualquer discussão acerca dos pontos notáveis intermédios. Por seu lado, Maglischo (2003) refere-se à ação propulsiva da ALE dos MS no nado peito, mas sublinha que esta ação consiste, sobretudo, numa preparação para as fases seguintes da ação dos MS.

Da análise da Figura 5.9 e do Quadro 5.4 percebe-se a inexistência de diferenças entre os grupos nos valores médios da velocidade nos vários pontos notáveis. Porém, a velocidade média não foi a mesma para todos os grupos, já que o Grupo 2, com uma velocidade média de  $1.09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  apresentou um valor significativamente diferente dos obtidos para os grupos 3 (com  $0.96 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) e 4 (com  $0.97 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Não se distinguiu, porém, dos Grupos 1 (com  $1.04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) e 5 (com  $1.03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), os quais, por sua vez, também não se apresentaram como significativamente diferentes dos 3 e 4.

No Grupo 2, com um valor de  $t_2$  de 0.27 s e de  $t_4$  de 0.62 s notaram-se diferenças significativas em relação ao Grupo 5 ( $t_2 = 0.34 \text{ s}$  e  $t_4 = 0.71 \text{ s}$ ) no

que respeita ao momento do ciclo em que ocorreram os primeiro e segundo máximos. Já o Grupo 3, com um valor de 0.35 s foi também significativamente diferente (superior) do valor correspondente obtido para os grupos 1 ( $t_2 = 0.29$  s) e 2 (0.27 s).

Esta diferença no momento  $t_2$  de ocorrência do segundo ponto notável entre os grupos 2 e 5 determinou uma duração da primeira fase do ciclo ( $\Delta t_1$ ) inferior no Grupo 2 relativamente ao Grupo 5 (Quadro 5.5). No Grupo 3, todavia, a duração  $\Delta t_1$  foi superior à observada para os grupos 1 e 2 (Quadro 5.5), o que poderá constituir a razão fundamental para as diferenças obtidas na aceleração média na fase 1 ( $a_1$ ) entre o Grupo 3 e os grupos 1 e 2 (Quadro 5.4 e Figura 5.10). Entre os grupos 2 e 5 não se observaram diferenças associadas no que respeita à aceleração, tendo as diferenças de duração sido pelo menos parcialmente compensadas pelas diferenças na velocidade. O mesmo aconteceu em  $\Delta t_6$ , onde registámos diferenças significativa entre o Grupo 2 e o Grupo 4, sem expressão na aceleração correspondente.

### **6.2.1.3. Síntese das características globais da técnica de peito**

Tentando uma síntese dos pontos precedentes, sublinharíamos os seguintes aspectos:

- (i) nos respectivos melhores ensaios de execução, os nadadores da presente amostra mostraram uma execução global da técnica de peito, conforme aos parâmetros biomecânicos que a caracterizam na literatura;
- (ii) as principais notas divergentes do antes referido centram-se, por um lado, na tendência para máximos locais inferiores para a ação dos membros superiores em comparação com os membros inferiores, o que pode estar associado ao ritmo de nado escolhido (200 m) e ao grande espectro de competências incluídas na amostra e, por outro lado, à elevada incidência de ciclos trimodais. Esta poderá estar associada a soluções particulares de execução da braçada, mas também às opções assumidas para a análise biomecânica da técnica;

(iii) os grupos experimentais para o estudo subsequente do efeito do treino técnico com ou sem meios auxiliares inusuais parecem ser consistentemente homogêneos, desde logo no que respeita ao CV da velocidade em relação à velocidade média, mas também no que respeita à maioria dos demais parâmetros, sendo algumas das diferenças percebidas decorrentes, inclusivamente, de algum “efeito cumulativo” de fases anteriores para fases sucessivas. De todas as formas, parece-nos que as características típicas de execução da técnica de peito de cada grupo, na sua melhor execução, e especialmente as diferenças registradas entre eles, não são de norma a comprometer a possibilidade de se estudar, comparando-os, o efeito do treino com características diversas.

### **6.2.2. Variação dos indicadores biomecânicos da técnica com o treino técnico nos diferentes grupos experimentais**

O principal indicador biomecânico da adequação mecânica do gesto técnico que selecionamos para o presente estudo foi o CV da velocidade de nado em relação à velocidade média. Fizemo-lo pressupondo que, de acordo com a revisão da literatura, para um mesmo nadador, quanto menor o CV para uma mesma velocidade de nado, melhor seria a técnica de nado utilizada. Vilas-Boas (1993, 1996) mostrou que quanto menores as flutuações da velocidade instantânea de nado em torno da velocidade média, menor o custo energético do nado de peito, sendo este um parâmetro comumente aceito como indicador da adequação mecânica do gesto em todos os tipos de locomoção (Holmer, 1972, 1974a, b, 1975, 1983; Rennie et al., 1973 e 1975; Di Prampero et al., 1974 e 1978; Kemper et al., 1976; Pendergast et al., 1977; Treffene et al., 1978 e 1979; Kemper et al., 1983; Montpetit et al., 1983; Lavoie et al., 1985; Van Handel et al., 1989 a, b e Vilas-Boas, 1987).

Na Figura 5.11 apresentamos, por grupo e comparativamente entre grupos, a cinética dos valores de CV ao longo dos cinco momentos de avaliação contemplados no protocolo experimental. O Quadro 5.6 sintetiza esses resultados.

Analisando detalhadamente a Figura 5.11, e atentando especialmente nos diagramas que representam a cinética particular do CV ao longo do treino em cada grupo (e dentro de cada grupo, entre os diferentes sujeitos), percebe-se a existência de uma importante variabilidade inter individual, especialmente nos grupos 1, 2 e 4. Os grupos 1 e 5, especialmente este último, mostraram-se intrinsecamente mais homogêneos, tal como traduzem os valores obtidos para os desvios padrão.

Em qualquer dos grupos, entretanto, esboça-se uma ligeira tendência para os valores de CV se elevarem ao longo da experiência, mostrando um tênue efeito deletério agudo do treino sobre a capacidade de execução técnica do peito, independentemente do treino ser mais ou menos coadjuvado por dispositivos auxiliares de avaliação / informação. Esta tendência, porém, é semelhante em todos os grupos e não se consubstancia em qualquer diferença com significado estatístico entre avaliações sucessivas. Apenas se notam diferenças com significado estatístico entre a Av1 e a Av5 nos grupos 2 e 5 (cf. Figura 5.12), sugerindo que, nestes casos, o treino evidenciou um efeito agudo prejudicial da capacidade de execução técnica entre o início e o final da sessão.

A constatação que acabamos de referir não é completamente inesperada. De fato, em Aprendizagem Motora, assumindo que o aprendiz é um processador de informação, a aquisição de uma habilidade motora envolve mecanismos perceptivos, decisórios e efetores. É normal que ao longo do processo, o aprendiz apresente problemas em um ou mais desses mecanismos, o que se reflete em respostas motoras inadequadas, geralmente executadas de modo a gastar energia e com menor possibilidade de alcance da meta (Marteniuk, 1976).

Segundo ainda Magill (2000); Schmidt e Wrisberg (2001), sugerem também que, quando o sujeito é confrontado com novas aprendizagens, onde implica um processo diferente de recepção, filtragem e processamento de informação, normalmente vê inibida a seleção da resposta motora mais conveniente, em favor de outras menos refinadas e, por isso, normalmente, também menos econômicas.

Estes resultados são, entretanto, muito interessantes, quando perspectivamos o treino técnico como mais uma carga de treino entre as muitas, maioritariamente de carácter condicional, que o treinador se preocupa em prescrever aos seus nadadores. É tradicional reconhecer-se, na dinâmica da adaptação às cargas, a chamada “Curva de Folbort”, que explicita uma resposta “parabiótica” concomitante ao estímulo de treino – e que essencialmente se traduz numa redução paulatina da “capacidade funcional” do recurso em questão até, eventualmente, à sua exaustão – seguida de um processo de progressiva recuperação após a cessação do estímulo, susceptível de conduzir a níveis aumentados de proficiência da capacidade em questão (sobrecompensação), desde que a carga se tenha revestido das dimensões mais adequadas, ou tenha estado no intervalo tido como o mais apropriado (Matveiev, 1980; Counsilman, 1981; Grosser e Neumaier, 1986; Ming, 1993; Maglischo, 1999). Ora, no que respeita ao treino técnico, não é comum os treinadores o perceberem como um estímulo também ele indutor de um efeito perverso, apesar de agudo, transitório e reversível. É mesmo frequente perceber-se uma acentuação das preocupações técnicas durante o “*taper*” e mesmo durante o aquecimento para as competições principais. São várias as obras consagradas ao treino desportivo em geral, e da natação em particular, que alertam para a necessidade de se evitar “importantes” reformulações técnicas na aproximação a momentos particularmente relevantes de realização desportiva (Counsilman, 1981; Grosser e Neumaier, 1986; Maglischo, 1999) Mas é possível obter-se também contributos repetidos que sublinham o papel da preparação terminal e taper no “refinamento”, ou “polimento” do gesto técnico (Counsilman, 1981; Maglischo, 1999).

Torna-se necessário esclarecer que os resultados agora disponibilizados sugerem que um treino técnico com uma hora de duração, ainda que apenas centrado na tentativa de minimizar as variações intracíclicas da velocidade de nado, a ter algum efeito imediato será de natureza deletéria, prejudicial à capacidade individual de desempenho. Infelizmente este estudo não nos permite chegar tão longe quanto gostaríamos, havendo que aguardar por futuros desenvolvimentos para percebermos até que ponto, e com que

celeridade, é que se manifesta a recuperação das condições biomecânicas iniciais, ou eventualmente sobrecompensadas. Esta é, inequivocamente, uma orientação que esperamos poder seguir no nosso futuro científico em torno desta problemática (Magill, 2000; Schmidt e Wrisberg 2001).

Note-se, no sexto campo da Figura 5.11 (canto inferior direito) que as curvas médias de todos os grupos se distribuem no intervalo de variação dos valores médios também de todos os grupos, sugerindo de forma robusta a inexistência de diferenças entre grupos no que concerne à cinética do CV ao longo da experiência (cf. Figura 5.13). Diríamos, em consequência, que os diferentes meios auxiliares de treino não parecem ter interferido no processo de forma dissemelhante entre si, nem tão pouco de forma aumentada (ou diminuída) relativamente à intervenção isolada do treinador.

Esta última constatação é, entretanto, talvez um pouco surpreendente, na medida em que, ao existir efeito indutor de desorganização das estruturas de controle da informação (recepção / processamento / efeito), se esperava que este efeito pudesse contribuir tanto quanto a informação efetivamente disponibilizada. A questão, porém, prende-se em torno da diferença entre informação disponibilizada e informação efetivamente percebida e processada.

Receber informação não garante sua efetiva utilização: a informação é transmitida somente quando a incerteza é reduzida. O fato de um dado ser disponível não quer dizer que seja interpretável. Quando isso acontece, o dado se configura como mensagem e não como informação. Primeiro, o aprendiz deve ser competente para transformar informação em redução de incertezas e, segundo, deve ter desejo de utilizá-la. A transmissão da informação faz com que o domínio de incerteza do receptor seja reduzido. O receptor escolhe como orientar seu domínio cognitivo pela mensagem, ou seja, cria informação reduzindo incerteza por meio das interações no seu domínio cognitivo. Para dar significação à mensagem e caracterizá-la como informação positiva, o aprendiz deve decodificar o dado recebido, ou seja, com base em seu conhecimento, utiliza-se de um código para decifrá-lo. Os sujeitos do Grupo 5, que receberam muita informação, podem não ter utilizado o CR como um dado que gerasse

informação efetiva (Shannon e Weaver, 1949, 1975; Waddington, 1979; Maturana e Varela, 1980, 1995; Epstein, 1986; Atlan, 1992).

É bem possível que os grupos a quem se disponibilizou mais informação não a tenham podido verdadeiramente captar ou, pelo menos, processar (Magill, 2000; Schmidt e Wrisberg 2001). Tratar-se-ia, neste caso, de informação excedentária, presumivelmente redundante que, mesmo que o não fosse, não possuiria qualquer efeito acrescentado por não ser liminarmente percebida / processada; nem efeito positivo, nem efeito negativo. Esta possibilidade é conforme à constatação de que os grupos com mais informação não foram exatamente os que mais viram comprometida a sua capacidade de execução técnica como resposta aguda ao treino.

Para explorarmos mais profunda e detalhadamente o efeito dos diferentes “pacotes” informativos, optámos por analisar índices de progressão no processo de treino (dentro das cinco avaliações do protocolo). Os índices selecionados foram os seguintes: (i) evolução da primeira avaliação ( $Av_1$ ) para a média das restantes avaliações ( $Av_{(2, 5)}$ ) ( $\Delta_1$ ); (ii) evolução da primeira avaliação ( $Av_1$ ) para a quinta ( $Av_5$ ) avaliação ( $\Delta_2$ ) e (iii) evolução da primeira avaliação ( $Av_1$ ) para a avaliação com menor CV dentre as restantes avaliações ( $Av_{CV\min(2, 5)}$ ) ( $\Delta_3$ ).

Na Figura 5.12 apresentamos a distribuição, por grupo, dos valores de CV em cada uma das categorias que serviram de base para o cálculo das evoluções (ou involuções) pesquisadas.

Ao analisarmos a Figura 5.12 constatamos que, os valores do CV tendem a ser mínimos na primeira avaliação e máximos na quinta e última do processo de treino, reforçando a tendência involutiva antes destacada. Todavia, foram registradas, como já referimos, diferenças com significado estatístico apenas entre as avaliações 1 e 5 para os grupos 2 e 5. Para os restantes, apesar da tendência evidenciada, não se registraram diferenças valorizáveis.

Ao compararmos os valores de CV na  $Av_1$  com os de  $Av_{(2, 5)}$  e de  $Av_{CV\min(2, 5)}$  só registramos diferenças significativas para o Grupo 1 relativamente aos valores médios das avaliações 2 a 5.

Entre os estados inicial (Av1) e o mínimo valor de CV registrado em qualquer das outras avaliações (2 a 5), não registramos diferenças estatisticamente significativas para qualquer grupo.

A interpretação destes resultados aponta no sentido de se reconhecer que, tendencialmente, o treino técnico com uma hora de duração, coadjuvado ou não por meios auxiliares (e seja de que forma o for, dentre as alternativas estudadas), não altera favoravelmente a capacidade de execução da técnica de peito, pelo menos de forma aguda. A produzir algum efeito imediato, este tenderá a ser deletério, mas tênue, e sobretudo quando: (i) só intervém o treinador (Grupo 1); (ii) o treinador é coadjuvado pela informação cinemétrica isolada proveniente do velocímetro após a execução (Grupo 2), ou (iii) o nadador recebe toda a informação disponível, mas o *feedback* acústico concomitante é disponibilizado a baixa frequência (Grupo 5).

Lido de outra forma, o efeito agudo tenuemente deletério da capacidade de rendimento produzido pela treino técnico, tende a ser menor quando se utiliza informação velocimétrica acoplada a imagens vídeo de duplo meio, com ou sem reforço, em todos os ciclos, de *feedback* acústico concomitante. Estes são os casos em que a capacidade de execução motora permanece inalterada ao longo da hora de treino, ao contrário dos demais, onde se observa uma regressão significativa.

Segundo Schmidt e Wrisberg (2001), um princípio da aprendizagem instrumental é o de que o *feedback* que é dado apenas ocasionalmente é geralmente mais efetivo para a aprendizagem do que o *feedback* que é dado após cada tentativa. Os efeitos do reforço são melhor observados quando o *feedback* de reforço é removido, ou seja, quando estaríamos diante de um reforço intermitente. Assim, aparentemente quando o *feedback* é dado muito frequentemente, ele perde um pouco do seu poder de reforço.

O conjunto de resultados de pesquisa sobre CR também permitem questionar a integralidade de fornecimento dessa informação ao longo do processo de aquisição de habilidades motoras. O consenso geral em Aprendizagem Motora é que o CR constituiu-se numa variável importante, mas que não necessita ser

fornecido sempre e de forma completa. Regimes integrais de CR causariam dependências da informação, bem como maior instabilidade no aprendizado porque exigiriam correções frequentes (Salmoni et al., 1984; Schimidt, 1991; Swinnen, 1996; Tani, Meira Jr. e Gomes, 2005).

A questão, entretanto, persiste: terá sido nos grupos de treino onde o CV aumentou que o efeito dos meios auxiliares foi mais deletério, ou, ao contrário, aqueles onde esses mesmos meios se mostraram mais estimulantes para a indução de evoluções futuras?

A sublinhar a constatação de que, ao existirem diferenças, mesmo que significativas, tendem a ser muito tênues, realçamos o evidenciado na Figura 5.13, onde se compara, entre grupos, os valores de CV em  $Av_1$ ,  $Av_{(2, 5)}$ ,  $Av_5$  e  $Av_{CVmin(2, 5)}$ . Realçamos a inexistência de diferenças com significado estatístico entre grupos para os valores médios de CV em questão. São também de sublinhar a tendência perceptível para uma estabilização relativa dos valores médios obtidos, em cada situação, para os diferentes grupos.

Combinando a apreciação das Figuras 5.12 e 5.13, a expectativa é que sejam pouco expressivos os valores da variação dos valores médios de CV, dentro de cada grupo, entre o momento inicial de treino ( $Av_1$ ) e os demais momentos / parâmetros tidos por relevantes ( $Av_{(2, 5)}$ ,  $Av_5$  e  $Av_{CVmin(2, 5)}$ ) para a apreciação dos efeitos do treino sobre a execução técnica.

Os valores médios da variação ( $\Delta$ ) dos valores médios de CV entre o momento inicial de treino ( $Av_1$ ) e os demais momentos / parâmetros tidos por relevantes ( $Av_{(2, 5)}$ ,  $Av_5$  e  $Av_{CVmin(2, 5)}$ ), são comparados entre grupos na Figura 5.14. Percebe-se claramente que os valores  $\Delta$  são tendencialmente muito reduzidos, com máximos médios da ordem dos 5%. Para além disso, não se registram diferenças significativas entre os grupos em qualquer dos parâmetros de variação selecionados.

Estas constatações reforçam a reduzida expressão das alterações agudas induzidas na capacidade de execução técnica por uma hora de treino técnico de diferentes tipos e com diferentes meios auxiliares. Às pouco numerosas e pouco expressivas diferenças de médias de CV entre momentos de avaliação

em cada grupo, somam-se agora diferenças não significativas, em todos os grupos, das variações do CV médio dos sujeitos.

Segundo o estudo de Winstein e Schmidt (1990), as tentativas que não são seguidas por *feedback* podem ser realmente benéficas para a aprendizagem, mesmo quando os participantes não possam detectar seus erros por si próprios.

Nas tentativas sem CR, o aprendiz tende a manter as relações na próxima tentativa. Quando recebe CR, além de dar maior valor à informação (porque fornecida de modo intermitente), avalia se as relações estão corretas e fortalece a referência de correção do movimento.

Uma questão relacionada com a frequência do fornecimento de *feedback*, segundo Schmidt e Wrisberg (2001), centra-se no momento de apresentação do *feedback*. Sem levar em consideração a frequência com que os treinadores dão o *feedback*, eles precisam considerar quanto tempo esperar, depois que o aprendiz tenha completado um movimento ou ação, antes de fornecer o *feedback*. O período de atraso do CR é um bom momento para os sujeitos processarem seu próprio *feedback* e estimarem seus próprios erros. Assim, parece-nos que os treinadores devem considerar o tipo de *feedback* que eles estão dando e a dificuldade relativa da tarefa, ao determinar a melhor frequência de *feedback* para o aprendizado da habilidade. No caso do presente estudo, estes resultados deixam transparecer que o fornecimento reforçado de *feedback* concomitante poderá não constituir a melhor opção, como que congestionando as vias de processamento de informação pelo sistema nervoso do executante. Nesta medida, seriam esperáveis resultados mais negativos no Grupo 4 do que no Grupo 5, em que o *feedback* acústico foi fornecido apenas de dois em dois ciclos.

Ao compararmos estes valores  $\Delta$  ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$ ,  $\Delta 3$ ) dentro de cada grupo (Figura 5.15), compreendemos, entretanto, que não é indiferente qual deles se considere, já que se podem observar diferenças com significado estatístico entre eles, principalmente entre  $\Delta 1$  e  $\Delta 3$  em todos os grupos, sendo  $\Delta 3$  menor do que  $\Delta 1$ . Quando se considerou a repetição em treino onde o CV foi mínimo

(com exceção para a primeira, naturalmente), as variações de CV ( $\Delta$ ) foram muito reduzidas e, inclusivamente, positivas nos grupos 2, 3 e 4. Este terá sido, talvez, o único resultado susceptível de sugerir, ainda que de forma especialmente pouco sustentada, uma resposta aguda positiva ao treino técnico nos grupos que recorreram à utilização do velocímetro, imagem e *feedback* concomitante.

Quer na Figura 5.14, quer na Figura 5.15, importa destacar a elevada expressão dos desvios padrão em relação à média, traduzindo grande variabilidade dentro de cada grupo do padrão de variação, com o treino, do CV da velocidade. Esta parece-nos ser uma constatação importante, sugerindo que a resposta aguda a diferentes tipos de treino técnico, recorrendo a diferentes tipos de conhecimento de resultados e de fornecimento de informação concomitante, tenderá a evidenciar características muito particulares, porventura variáveis de indivíduo para indivíduo e de situação para situação (Seat e Wrisberg, 1996; Williams e Davids, 1998; Magill, 2000; Schmidt e Wrisberg 2001)

No Quadro 5.7 apresentamos, para além do CV, os demais parâmetros biomecânicos caracterizadores do ciclo gestual médio de cada grupo, em cada um dos momentos / parâmetros escolhidos para analisar a respectiva variação com o treino. No Quadro 5.8 apresentamos a variação dos mesmos com o treino ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$ ,  $\Delta 3$ ).

É interessante notar que se perceberam efeitos interpretáveis como caracterizadores de uma depressão da capacidade de execução técnica também no que respeita a: (i) DC (diminuída da avaliação 1 para a 5 nos grupos 2 e 4, mas também, para a média das avaliações 2 a 5 nos grupos 3 e 5, este último também com diferenças na avaliação ao CV mínimo); (ii) T, neste caso também em termos de redução deste parâmetro com o treino entre as avaliações 1 e 5 (mas também entre a avaliação 1 e outros critérios), sugerindo uma elevação, com o treino, da frequência gestual para a mesma velocidade (Craig e Pendergast, 1979; Keskinen et al., 1989b; Craig et al., 1985; Keskinen e Komi, 1993) nos grupos 1, 3 e 5 e (iii) IC, com diminuições significativas nos

grupos 3 e 5, novamente, e para ambos, entre a avaliação 1 e 5 e entre a avaliação 1 e a média das avaliações 2 a 5. Em suma, todos os grupos acabaram por patentear diferenças depreciativas, ao longo do processo de treino, de parâmetros relacionáveis com a capacidade de execução técnica. Estes resultados naturalmente reforçam os anteriormente obtidos para o CV, deixando perceber a possibilidade de se verificar um efeito deletério agudo generalizado da qualidade da técnica com o respectivo treino, independentemente do tipo de informação disponibilizada.

Uma vez que o estudo do comportamento do CV (e dos restantes parâmetros cinemáticos gerais estudados) mede o efeito global do treino sobre a capacidade de execução técnica, mas não discrimina efeitos biomecânicos concretos sobre o padrão de execução motora, torna-se importante recorrer a variáveis mais discriminantes para prosseguirmos no nosso estudo. Nessa perspectiva, apresentamos nos Quadros 5.9 e 5.10, respectivamente, os valores da velocidade (V) e do tempo (t) nos pontos notáveis do ciclo de peito. No Quadro 5.11, os mesmo valores de t são apresentados normalizados à duração total do ciclo (T).

Os valores da velocidade de nado nos pontos notáveis v1 a v5 (Quadro 5.9) variaram muito pouco dentro de cada grupo entre a avaliação 1 (Av1) e os demais critérios/parâmetros selecionados. Nos grupos 1 e 2 não foram percebidas diferenças. No Grupo 3 v3 foi superior na Av5 ao valor observado na Av1, mostrando uma evolução valorizável como positiva, na medida em que traduz uma menor quebra de velocidade para o mínimo intermediário. No Grupo 4 observou-se também apenas uma diferença, mas desta feita entre a média das avaliações 2 a 5 e a Av1 no que respeita a v2, mostrando um máximo de velocidade aumentado em associação à ação propulsiva dos membros inferiores. Este poderá ser tido, igualmente, como um argumento favorável ao reconhecimento de uma evolução positiva da técnica com o treino. Também no Grupo 5 as diferenças registradas ocorreram em v2 e no mesmo sentido. Desta feita, porém, os valores foram menores em Av1 relativamente a todos os demais critérios / parâmetros.

Analisando a variação ( $\Delta$ ) dos valores de  $v$  nos pontos notáveis  $v1$  a  $v5$  entre grupos (Quadro 5.12), constata-se que apenas se notaram diferenças significativas em relação ao Grupo 5: em  $\Delta1$  e  $\Delta3$  de  $v2$  no Grupo 2 e em  $\Delta2$  e  $\Delta3$ , também de  $v2$ , mas no Grupo 3. Estas variações são umas vezes de sentido positivo e outras de sentido negativo, inclusive dentro do mesmo grupo, não consubstanciando variações consistentes com o treino e sugerindo antes, principalmente, não ser indiferente qual o parâmetro de evolução que se utilize (qual o  $\Delta$  considerado).

No que diz respeito aos valores do tempo ( $t$ ) a que ocorreram cada um dos pontos notáveis da curva, as variações induzidas pelo treino em cada um dos diferentes grupos foi também muito pouco expressiva. No Grupo 1 apenas se notou uma diminuição de  $t5$  da  $Av1$  para a  $Av5$ . Sendo  $t5$  o momento final do ciclo e, por isso, igual a  $T$  (cf. Quadro 5.7), esta redução sugere um aumento, com o treino, da frequência gestual para a mesma velocidade média o que parece ser conforme ao já referido efeito deletério da técnica. Registre-se, todavia, que não se perceberam diferenças significativas nem em DC, nem em IC (Quadro 5.7), apesar dos valores terem evidenciado uma tendência para a diminuição. No Grupo 2 não se perceberam diferenças relativamente aos parâmetros temporais selecionados, tendo o Grupo 3 registrado diferenças em  $t3$ ,  $t4$  e  $t5$ , sobretudo entre  $Av5$  e  $Av1$ , apesar de  $Av_{(2-5)}$  também ter registrado diferenças em  $t4$  e  $t5$ . A tendência foi sempre para a elevação da precocidade da ocorrência dos pontos notáveis, não sendo de excluir, naturalmente, um efeito de “cascata” neste particular, isto é, um efeito cumulativo de tempos sucessivos. Este resultado está de acordo com o também verificado para o Grupo 1, sugerindo menores valores de  $T$  e, portando, valores superiores da frequência gestual. O Grupo 4 mostrou resultados também semelhantes, mas menos expressivos, com diferenças significativas entre  $Av5$  e  $Av1$  e apenas para  $t3$  e  $t4$ , não tendo continuidade para  $t5$  a diminuição do tempo a que ocorre cada ponto notável do ciclo. No Grupo 5 não se percebeu nenhuma constatação que conflituasse com a tendência até aqui discutida. As diferenças foram em  $t4$  e  $t5$  fosse entre  $Av5$  e  $Av1$ , fosse entre  $Av_{(2-5)}$  e  $Av1$ , fosse ainda entre  $Av_{cvmin(2-5)}$  e  $Av1$ , mas neste caso apenas para  $t4$ .

O efeito de “cascata” antes referido é neutralizado pela apreciação da duração das fases reportada no Quadro 5.15. A inexistência de diferenças significativas neste parâmetro no Grupo 1 explica que as diferenças registradas em  $t_5$  (e T) se devem a uma progressiva antecipação dos vários pontos notáveis anteriores, do que propriamente a uma redução da última fase, a recuperação, que culmina exatamente com  $t_5$ . Por exemplo no que se refere ao Grupo 3, constata-se pela análise da duração das fases sucessivas do ciclo gestual que as diferenças registradas em  $t_3$ ,  $t_4$  e  $t_5$  se devem exatamente ao referido efeito de “cascata”, já que apenas a fase de transição entre as ações dos membros inferiores e superiores é que foi menor em  $Av_5$  e  $Av_{(2-5)}$  relativamente a  $Av_1$ . Nenhuma diferença significativa se registrou nas fases subsequentes. Também no Grupo 4 o efeito cumulativo progressivo se fez notar, tendo sido responsável pelas diferenças nos valores absolutos de  $t$ , já que não existem diferenças significativas na duração das diferentes fases do ciclo gestual. No Grupo 5, tal como no 3, foi uma fase particular que determinou as demais dissemelhanças sucessivas de valores absolutos de  $t$ , neste caso particular a ação propulsiva dos membros superiores, que apresentou durações diminuídas com o treino. Admite-se que algum efeito de fadiga possa ter persistido, ou algum esforço no sentido de, aumentando a velocidade segmentar, aumentar também a força e o impulso propulsivo, de forma a estabilizar os máximos associados à ação dos membros inferiores e superiores, elevando este último.

Quando os valores de  $t$  foram expressos em percentagem de T (Quadro 5.11), apenas se notou uma diferença com significado estatístico no Grupo 5 e entre  $av_5$  e  $Av_1$  para  $t_2$ , com um valor aumentado, sugerindo um maior tempo relativo de execução da ação propulsiva dos membros inferiores.

Salientamos que não foram percebidas variações dissemelhantes de  $t$  com o treino entre os diferentes grupos, quer em valor absoluto (Quadro 5.13), quer em valor relativo (Quadro 5.14), quer em duração de fase (Quadro 5.17), o que sugere que o efeito deletério da técnica se centre mais em parâmetros espaciais e parâmetros combinados, do que em parâmetros temporais.

A aceleração média por fase da técnica de peito, entendendo-se por fase os sub-períodos de T entre pontos notáveis, é um parâmetro muito relevante para

a avaliação da técnica, na medida em que traduz o efeito da resultante das forças de propulsão e arrasto no período de tempo correspondente à duração de cada fase. Os resultados relativos a este parâmetro são apresentados nos quadros 5.16 e 5.18, respectivamente permitindo analisar as diferenças entre diferentes momentos de avaliação para cada um dos grupos e as diferenças de evolução entre grupos.

No Quadro 5.16 a percebemos de que os diferentes grupos patentearam evoluções diversas com o treino; isto é, mostraram variações significativas com o treino da aceleração em diferentes fases do ciclo gestual de peito. O Grupo 1, por exemplo, caracterizou-se por uma aceleração aumentada (de  $Av_5$  e de  $Av_{(2-5)}$  para  $Av_1$ , com o treino, na fase associada à ação propulsiva dos membros inferiores, sugerindo uma elevação da capacidade propulsiva nesta fase, ou uma concomitante redução do arrasto hidrodinâmico. Neste grupo não se notaram outras variações estatisticamente significativas da aceleração.

Nos grupos 2 e 3 não se notaram quaisquer efeitos do treino na aceleração média por fase, enquanto que no Grupo 4, a exemplo do que aconteceu no Grupo 1, se voltou a notar uma elevação da aceleração durante a pernada ( $Av_{(2-5)}$  relativamente a  $Av_1$ ), mas também uma compensatória aceleração negativa aumentada durante a transição entre as ações dos membros inferiores e superiores, saldando-se em mais elevados valores de CV e em presumivelmente invariáveis impulsos totais médios.

No Grupo 5, entretanto, notou-se, para além de uma mais elevada aceleração média positiva durante a pernada ( $Av_{(2-5)}$  e  $Av_{cvmin(2-5)}$  relativamente a  $Av_1$ ), também uma aceleração média positiva aumentada durante a ação dos membros superiores ( $Av_{(2-5)}$  e  $Av_5$  relativamente a  $Av_1$ ).

Os efeitos percebidos nos grupos 1 e 5 (acelerações positivas aumentadas) são, presumivelmente, efeitos associáveis a evoluções positivas da técnica, mas desde que não compensados, como no Grupo 4, por acelerações negativas também mais elevadas. Note-se que, nos grupos 1 e 5 não se observaram diferenças significativas nas fases de aceleração negativa, principalmente com a sua acentuação, mas o fato de não terem diminuído, ou

terem mesmo aumentado, os respectivos valores de CV, sugere que a elevação da capacidade propulsiva não foi acompanhada pela necessária minimização do arrasto nas fases resistivas, de forma a não aumentar o CV. Se assim fosse, de resto, ter-se-ia assistido a uma elevação da velocidade média, que não foi permitida, pelo que qualquer aceleração aumentada, positiva ou negativa, se repercutiria, esperadamente, numa elevação do CV.

Entre grupos, entretanto, e coerentemente com o que acabamos de referir e com os resultados antes discutidos, não se notaram diferenças apreciáveis nas variações ( $\Delta$ ) da aceleração com o treino, apenas tendo-se registrado uma diferença em  $\Delta 1$  de  $a_4$  entre os grupos 3 e 4, talvez justificável pela diferença, embora não significativa, notada no valor de  $\Delta 1$  de  $\Delta t(t_5-t_4)$  (Quadro 5.17).

A súmula da análise dos Quadros 5.7 a 5.16 permite-nos constatar que, ao longo do processo de treino técnico, foram muito reduzidas as alterações significativas dos parâmetros cinemáticos caracterizadores da técnica.

Foram poucas as diferenças significativas, fosse: (i) em cada grupo desde Av1 para qualquer dos demais momentos / parâmetros de referência ( $Av_{(2-5)}$ , Av5,  $Av_{CVmin(2-5)}$ ) ou (ii) entre grupos nos critérios de evolução ( $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$ ,  $\Delta 3$ ).

O CV da velocidade de nado, que foi o principal critério selecionado para a avaliação da técnica de nado no nosso estudo, apresentou diferenças significativas entre as sucessivas avaliações nos Grupos 1, 2 e 5, em todos eles tendo crescido o respectivo valor médio (Quadro 5.5). No Grupo 1 a diferença observou-se relativamente à média das avaliações 2 a 5 ( $Av_{(2-5)}$ ) e nos grupos 2 e 5 as diferenças com significado estatístico foram para a  $Av_{(2-5)}$  e para a Av5.



## 7. CONCLUSÕES

Dos resultados do presente estudo relativos à concepção, desenvolvimento e avaliação de um sistema "*biofeedback*" para o treino da técnica em nadadores, concluímos o seguinte:

- (i) o desenvolvimento de um sistema de "*biofeedback*" com base velocimétrica para o treino da técnica de nadadores disponibilizou, em tempo real e em tempo diferido útil, um perfil válido de variação intracíclica da velocidade de um ponto anatômico (anca) do corpo do nadador, que replica satisfatoriamente a cinemática do centro de gravidade;
- (ii) os resultados velocimétricos são sincronizáveis e editáveis conjuntamente com os sinais obtidos por dispositivo de captação de imagens de vídeo do nadador, sendo disponibilizáveis, com sucesso, ao nadador e treinador imediatamente após a execução;
- (iii) o sistema de imagens de duplo meio em *follow up*, permite obter imagens sincronizadas com os resultados velocimétricos em tempo real, de elevada qualidade e proximidade, favorecendo a identificação dos detalhes gestuais correspondentes aos incrementos ou reduções percebidas na curva da velocidade;
- (iv) o *software* desenvolvido em *LabVIEW*, permite pormenorizar o estudo das flutuações intracíclicas da velocidade horizontal da anca do nadador no nado de peito, nomeadamente modelando um ciclo típico de características bi ou trimodais e explicitando os valores de velocidade, tempo e aceleração críticos para a apreciação de cada fase do encadeamento gestual;
- (v) a utilização de um sistema acústico de frequência variável composto a partir de uma placa emissora, acoplada à porta áudio do velocímetro, permite a interação bem sucedida com o nadador e treinador através de um sistema de "*biofeedback*" velocimétrico em tempo real;
- (vi) o sistema velocimétrico permitiu analisar comparativamente os

resultados proporcionados por cinco programas de treino da técnica, distinguidos pela implicação de diferentes meios de disponibilização de *feedback*.

Dos resultados do presente estudo tendo por base as curvas da variação da velocidade horizontal ao longo de um ciclo e outros parâmetros temporais e cinemáticos calculados ou estimados a partir delas, podemos concluir que na técnica de peito:

- (i) o perfil da variação da velocidade ao longo de um ciclo de nado de peito à velocidade de prova de 200m seguiu uma estrutura trimodal na maioria dos nadadores avaliados;
- (ii) ficou evidenciado que os valores máximos absolutos da velocidade no ciclo de peito à velocidade de prova de 200m estão associados à ação dos membros inferiores;
- (iii) o segundo máximo dos valores absolutos da velocidade no ciclo de peito à velocidade de prova de 200m está associado à ação lateral interior dos membros superiores;
- (iv) o valor mínimo da velocidade ocorre como consequência das ações de recuperação;
- (v) a diferenciação entre ciclos bi e trimodais acontece durante a ação propulsiva dos membros superiores, a qual, no segundo modelo, apresenta uma desaceleração intermédia entre as ações lateral exterior e interior;
- (vi) a aceleração positiva mais intensa no ciclo de peito acontece em consequência da ação propulsiva dos membros inferiores, a qual decorre ainda num período de tempo inferior à duração da ação propulsiva dos membros superiores e sublinha a maior capacidade propulsiva dos MI relativamente aos MS na técnica de peito;
- (vii) as flutuações intracíclicas da velocidade da anca do nadador de peito à velocidade de prova de 200m, medidas pelo coeficiente de variação da respectiva distribuição no tempo, são da ordem dos 40%;

(viii) a análise dos indicadores cinemáticos gerais que realizámos mostrou que os diferentes grupos que foram constituídos para escorar a parte experimental deste estudo são homogéneos no que respeita aos parâmetros mais discriminativos da capacidade de execução técnica, apesar de revelarem alguma dissemelhança no que respeita aos demais.

Dos resultados do presente estudo obtidos no que respeita ao uso dos instrumentos utilizados no treino da técnica de peito, concluímos que:

(i) a utilização dos dispositivos de *feedback* (velocimétrico gráfico e acústico e imagens vídeo de duplo meio) influi na qualidade dos processos de aprendizagem motora associados ao efeito agudo do treino da técnica de nado, sendo tanto maior essa influência quanto mais elevada a quantidade e frequência da informação proporcionada;

(ii) o treino técnico com uma hora de duração, coadjuvado ou não por meios tecnológicos adicionais e ainda que apenas centrado na tentativa de minimizar as variações intracíclicas da velocidade de nado, tem como efeito agudo imediato uma redução da capacidade individual de desempenho técnico do sujeito;

(iii) o efeito agudo tenuemente deletério da capacidade de rendimento produzido pela treino técnico, tende a ser menor quando se utiliza informação velocimétrica acoplada a imagens vídeo de duplo meio, com ou sem reforço, em todos os ciclos, de “*biofeedback*” acústico concomitante;

(iv) o fornecimento reforçado de “*biofeedback*” acústico concomitante em todos os ciclos gestuais poderá não constituir a melhor opção para o treino da técnica coadjuvado por meios auxiliares, como que congestionando as vias de processamento de informação pelo sistema nervoso do executante;

(v) a resposta aguda a diferentes tipos de treino técnico, recorrendo a diferentes tipos de conhecimento de resultados e de fornecimento de

informação concomitante, tende a evidenciar características particulares, sobretudo percebíveis em variáveis detalhadas caracterizadoras do ciclo gestual da técnica de peito;

(vi) não foram percebidas variações dissemelhantes do tempo a que ocorre cada um dos pontos notáveis da função velocidade/tempo com o treino entre os diferentes grupos, quer em valor absoluto, quer em valor relativo, quer em duração de fase, o que sugere que o efeito deletério da técnica se centra mais em parâmetros espaciais e parâmetros derivados (velocidade e aceleração), do que em parâmetros temporais.

## 8. PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Levando-se em consideração os resultados e conclusões do presente estudo, acreditamos ser possível sistematizar algumas contribuições em relação aos desenvolvimentos futuros no domínio da investigação:

- (i) a conveniência de um estudo em que uma amostra de nadadores seja submetido ao protocolo de avaliação deste trabalho em períodos de tempo alargados, com fins de detectar não apenas o efeito agudo, mas também o efeito diferido do conhecimento de resultados e da performance na evolução da técnica de peito com o treino técnico;
- (ii) a utilidade de se avaliar o peso relativo da utilização destes meios quando os nadadores e treinadores estão adaptados à sua utilização em treino, através da disponibilização de sistemas de avaliação regular das curvas de variação da velocidade horizontal ao longo de um ciclo;
- (iii) a importância de desenvolver dispositivos miniaturizados de aquisição e mistura de imagens e sinal velocimétrico, com fins de mais facilmente analisar a técnica de nado.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abrantes, J. (1997). Biomecânica. Edições da Faculdade de Motricidade Humana, Lisboa.
2. Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, vol. 3, nº 2, pp. 11-149.
3. Adams, J. (1990). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of motor behavior*, 3, pp. 111-150.
4. Alves, F. (1993). Analysis of swimming races. *Abstracts of the XIVème Congrès de la Société Internationale de Biomécanique*, Paris.
5. Alves, F., Santos, P. M., Veloso, A., Correia, I. P., Pereira, J. G. (1994). Measurement of intracycle power variation in swimming. *Motricidade Humana*, Vol. 10. No. 1. pp. 69-75.
6. Alves, F. (1995). Economia de nado e prestação competitiva. Determinantes mecânicas e metabólicas nas técnicas alternadas. Dissertação apresentada com vista a obtenção de grau de Doutor em Motricidade Humana na especialidade de Ciências do Desporto. FMH-UTL. Lisboa
7. Alves, F. B. (1996). Economia de nado, técnica e desempenho competitivo nas técnicas alternadas. In: *Natação*, Jan/Fev/Març, 28 (V) pp. 3-15.
8. Alves, F., Vilas-Boas, J. P. (1997). Força propulsiva em nado amarrado. Seminário Internacional de Natação: Técnicas Simultâneas e Ondulatórias. ANNP e FCDEF-UP, Porto, Portugal.
9. Amadio, A. C. (1989). Fundamentos da biomecânica do esporte. Considerações sobre a análise cinética e aspectos neuro-

- musculares do movimento. Tese de doutoramento. EEFUSP. São Paulo. Não publicado.
10. Amadio, A. C. (1996). Fundamentos biomecânicos para análise do movimento humano. Ed. Lab. Biomecânica – EEFUSP. São Paulo.
  11. Amadio, A. C. Duarte, M., Ervilha, V. (1999). Estudo do padrão de intensidade do sinal EMG e da variação angular do joelho durante a marcha humana dentro e fora da água no domínio temporal. In: Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica, Sociedade Brasileira de Biomecânica. pp. 471-476. Florianópolis.
  12. Amadio, A. C. (2000). A biomecânica do movimento humano e suas relações multidisciplinares. Ed. Estação Liberdade Ltda. pp. 51.
  13. Anguera, T. (1988). Observacion en la escuela. Biblioteca del maestro. Editorial gRaó, Barcelona.
  14. Araújo, R., Amadio, A. C. (1995). Estudo sobre as técnicas de colocação de eletrodos para eletromiografia de superfície em músculos do membro inferior. In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Biomecânica, Sociedade Biomecânica. pp. 244-250. Brasília.
  15. Atlan, H. (1992) Entre o cristal e a fumaça: ensaio sobre a organização do ser vivo. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
  16. Arellano, R. (1990). El entrenamiento técnico. In: F.E.N. (ed.). Natation, 1ª ed., vol.2, pp. 35-62. Madrid, Espanha: Comité Olímpico Español.
  17. Badillo, J. J. G, Ayesterán, E. G. (1995). Fundamentos del Entrenamiento de la Fuerza. INDE Publicaciones, Barcelona.
  18. Barbosa, T. (2000). Análise tridimensional da cinemática da técnica de Mariposa ao realizarem-se ciclos de inspiração

- frontal, ciclos de inspiração lateral e ciclos não inspiratórios. Dissertação apresentada tendo em vista a obtenção de grau de Mestre na Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do porto, Porto.
19. Barbosa, T. Queirós, T. (2000). Manual Prático de Actividades Aquáticas e Hidroginástica. Ed. Xistarca. Lisboa.
  20. Barbosa, T.; Keskinen, K.; Fernandes, R.; Colaço, C.; Lima, A.; Vilas-Boas, J. P. (2005). Energy cost and intra-cyclic variations of the velocity of the centre of mass in butterfly stroke. *Eur J. Appl Physiol.* 93: 519 – 523.
  21. Barthels, K. M., Adrian, M. J. (1975). Three dimensional spatial hand patterns of skilled Butterfly swimmers. In: L. Lewillie e J.P. Clarys (eds.), *Swimming II*, pp. 154-160. University Park Press, Baltimore.
  22. Bartlett, R. (1997). *Introduction to sports biomechanics*. E&FN Spon, pp. 174-175, New York.
  23. Basmajian, J., De Luca, C. (1985). *Muscles alive. Their functions revealed by electromyography*. Williams & Wilkins, Baltimore.
  24. Bauman, W. (1995). Métodos de medição e campos de aplicação da Biomecânica: estado da arte e perspectivas. In: A. David e J. Fonseca (eds.), *VI Congresso Brasileiro de Biomecânica*. Brasília.
  25. Belokovsky, V. V. (1971). An analysis of pulling motions in the crawl arm stroke. In: L. Lewillie, J. P. Clarys (eds.), *Proceedings of First International*, pp. 217-221. Bruxelles.
  26. Berger, M. A. M., Groot, G., Hollander, A. P. (1995). Hydrodynamic drag and lift forces on human hand/arm models. *J. Biomechanics*. Vol. 28. No. 2. pp. 125 - 133.
  27. Berger, M. A. M., Hollander, A. P., Groot, G. (1997). *Med. Sci. Sports Exerc.* 29, 1941 -1948.

28. Berger, M. A. M., Hollander, A. P., Groot, G. (1999). *J. Sports Sci.* 17, 97 - 105.
29. Bober, T., Czabanski, B. (1975). Changes in breaststroke techniques under different speed conditions. In: L. Lewille; J. P. Clarys (eds.), *Swimming II*. University Park Press. Pp. 188 – 193.
30. Boitchev, K. (1981). Biomechanical analysis of selected phases of the crawl and breast stroke. In: A. Morecki, K. Fidelius, K. Kedzior e A. Wit (eds.), *Biomechanics VIII B*, pp. 455-459. University Park Press, Baltimore.
31. Bompa, T. O. (1983). *Theory and methodology of training*. York University, Toronto.
32. Bompa, T. O.; Fox, J. (1990) "Theory and Methodology of Training: The Key to Athletic Performance Kendall/Hunt Publishing Company, 384pp.
33. Campaniço, J. (1999). "Expertise" em natação: diferenças de observação do erro e sua importância na estruturação de modelo técnico. APTN, Almada.
34. Campaniço, J., Anguera, M. T. (2000) A metodologia observacional no ensino da natação. In: XXIII Congresso Técnico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação.
35. Campilho, A. (2000) *Instrumentação Electrónica. Métodos e Técnicas de Medição*, Edições FEUP, 2000.
36. Cappaert, J. M. (1996). Rotacional balance about the center of mass in the breaststroke. *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, pp. 29-33.
37. Castañón, J. F. (1996) Planificación del entrenamiento de la técnica en natación. In: XVI Congresso Técnico Internacional. AETN. Aviles.

38. Cazorla, G. (1984). De l'évaluation en activité physique et sportive. Mission Recherche. INSEP, Paris.
39. Cervo, A. L., Bervian, P. A. (1983). Metodologia científica. McGraw-Hill do Brasil, 2ª ed., São Paulo.
40. Chandler, R. F., Clauser, C. E., McConville, J. T., Reynolds, H. M. and Young, J. W. (1975). Investigation of the Inertial Properties of the Human Body, AMRL Technical Report. pp 74-137.
41. Chollet, D. (1986a). Amélioration de la technique de nage par bouclage bio-réactif externe. Les plaquettes informatives et leur utilisation expérimentale. Le Message de l'Association Reflexion Natation Canet.
42. Chollet, D. (1986b). L'autocontrôle des actions motrices par bouclage bio-retroactif extern. These du Doctorat. Université D'aise, Marseille II.
43. Chollet, D., Micallet, J. P., Rabischong, P. (1988). Biomechanical signals for external biofeedback to improve swimming techniques. In: B. E. Ungerechts, K. Wilkie e K. Reishle (eds.), Swimming Science V, pp. 389-396. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
44. Chollet, D., Tourny, C., Micallet, J. P. (1989). Utilisation du biofeedback multiple comme technique de contrôle moteur. Application sur les parametres de pression et de vitesse lors du mouvement de jambes de brasse. Journée de Recherche , U. F. R. S. T. A. P. S. de Montpellier.
45. Chollet, D. (1990). Approche scientifique de la natation sportive. Vigot, Paris.
46. Chollet, D., Tourny, C., Micallef, J. P., Macabies, J. (1992). Comparative analysis of studies of speed variations wwithin a breaststroke cycle. In: D. Maclaren, T. Reille e A, Lees (eds.),

- Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI, pp. 161-166. E & FN Spon, London.
47. Chollet, D.; Tourny, C. (1993). Caractéristiques spatio-temporelles des performances compétitives en natation. *Recherches en A.P.S.*, 3 : 143-153.
48. Chollet, D, Tourny, C., Micallef, J. P., Macabies, J. (1997). Utilisation de l'Informatique dans l'évaluation de la nage. *Approche Scientifique de la Natation Sportive*, pag.201 a 203.
49. Chollet, D. (2003). *Natación Deportiva*. INDE Pub. Barcelona.
50. Clarys, J. P. (1983). A review of EMG in swimming: explanation of facts and/or feedback information. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 123-135. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
51. Clarys, J. P. (1992). An ergonomic electromyographic study of different swimming fins. In: McLaren, T. R., Lees, A. (eds). *Biomechanics and Medicine in Swimming*. Vol. VI. Pp 105-110.
52. 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*.
53. Colman, V., Persyn, U. (1989). Diagnosis of the movement and physical characteristics leading to advice in breaststroke. *Continental course in swimming for coaches*.
54. Colman, V., Persyn, U. e Daly, D. (1989). *PC-seminar on sport technique and training, bridging the theory-practice gap*. SDS, Universidade Católica de Leuven, Leuven.
55. Colman, V., Persyn, U., Ungerechts, B. (1999). A mass of water added to the swimmer's mass to estimate the velocity in dolphin-like swimming below the water surface. In: K. Keskinen, P. Komi

- e P. Hollander (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, pp. 89-94. Gummerus Printing, Jyvaskyla.
56. Colwin, C. (1997). The Butterfly. *Swim. Tech.* 34(3): 6-9.
57. Corrazze, J. (1988) Las bases neuro-psicológicas del movimiento. Paidotribo. Fox CF. Neuropsychological correlates of anorexia nervosa. *Ins. J. Psychiatry Med.* Vol 11. pp. 285-290. Barcelona.
58. Correia, P., Santos, P., Veloso, A. (1993). *Electromiografia. Fundamentação fisiológica. Método de recolha e processamento. Aplicações cinesiológicas. Edições da Faculdade de Motricidade Humana, Lisboa.*
59. Costill, D.; Kowaleski, J.; Porter, D.; Fielding, R.; King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *Int. J. Sports Med.*, 6: 266-270.
60. Costill, D. L., Lee, G., D'Aquisto, L. (1987). Video-Computer assisted analysis of swimming technique. *J. Swim. Research*, 3 (2): 5-9
61. Costill, D. L., Maglischo, E. W., Richardson A. B. (1992). *Swimming.* Blakwell Scientific Publications, London.
62. Counsilman, J. E. (1968). *The Science of Swimming.* J.:Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York.
63. Counsilman, J. E., Brown, M. R. (1970). The roll of lift in propelling the swimmer. C. I. C. Symposium on Biomechanics, Indiana University.
64. Counsilman, J. E. (1971). *La Natacion Ciência Y Técnica.* Editorial Hispano Europea. Barcelona.
65. Counsilman, J. E. (1981). *A Ciência da Natação,* Editora Manole.

66. Craig, A; Pendergast, D. (1979). Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Med. and Sci. in Sport*, 11: 278-283.
67. Craig Jr., A. B. (1984). The Basics of swimming. *Swim. Tech.*, Feb. ap: 22 - 27.
68. Craig, A.; Skehan, P.; Pawelczyk, J.; Boomer, W. (1985). Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17 (6): 625-634.
69. 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.
70. Cureton Jr., T. K. (1930). Mechanics and kinesiology of swimming (the crawl flutter kick). *Res. Quart.* 1 (4): 87-121.
71. D'Acquisto, L. J., Costill, D. L., Grehlsen, G. M., Young, W. T., Lee, G. (1988). Breaststroke economy, skill, and performance: study of breaststroke mechanics using a computer basead "velocity-video" system. *J. Swim. Research*, 4 (2): 9-13.
72. D'Aquisto, L. J. e Costill, D.L. (1998). Relationship between inracyclic linear body velocity fluctuations, power, and sprint breaststroke performance. *J. swimming Res.*, 13, 8-14.
73. De Leva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inercia parameters. *J. Biomechanics*, 29(9): 1223-1230.
74. De Luca, C. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Neuro Muscular Research Center*. Boston University, Boston.
75. Di Prampero, P. E.; Pendergast, D. R.; Wilson, D. W.; Rennie, D. W. (1974). Energetics of swimming in man. *J. Appl. Physiology*. 37 (1). 1-5.

76. Di Prampero, P. E.; Pendergast, D. R.; Wilson, D. W.; Rennie, D. W. (1978). Blood lactic acid concentrations in high velocity swimming. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 249-261. University Park Press, Baltimore.
77. Donskoi, D., Zatsiorski, V. (1988). *Biomecânica de los ejercicios físicos*. Ed. Raduga Mos.
78. East, D. (1970). Swimming: an analysis of stroke frequency, stroke length and performance. *New Zealand Journal of Health, Physical Education and Recreation*, 3. 16-27.
79. Epstein, I. (1986). *Teoria da informação*. Ed. Ática, São Paulo, (Série Princípios).
80. Fernandes, R., Soares, S., Carmo, C., Santos Silva, J. V. Garganta, R., Vasconcelos, O., Janeira, M. A., Maia, J., Fonseca, A. M., Duarte, J.A., Vilas-Boas, J.P. (1999). Avaliação, controlo e aconselhamento de nadadores pré-juniores: resultados finais do protocolo FCDEF-UP / ANNP. 1º Congresso Internacional de Ciências do Desporto. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto, Porto, Portugal.
81. Fidelus, K. (1972). *Proba ustaleniia osnovnykh motoryi aplicacion rezultate sportive*. Vol. 16, Varsóvia.
82. F.I.N.A. (2000-2002) Regulamento da Federação Internacional de Natação Amadora. Tradução Portuguesa. Federação Portuguesa de Natação, Conselho Nacional de Arbitragem. Lisboa.
83. Fox, E. L. e Mathews, D. K. (1981). *Bases physiologiques de l'activité physique*. Ed. Vigot, Paris, 65.
84. Gallahue, D. (1982). *Understanding motor development in children*. John Wiley & Sons. New York.

85. Godinho, M., Mendes, R. (1996). *Aprendizagem Motora*, Serviço de Edições da Faculdade de Motricidade, Lisboa.
86. Grosser, M., Neumaier, A. (1986). *Técnicas de entrenamineto*. Ediciones Martínez Roca S. A.. Barcelona.
87. Grosser, M., Hermann, H., Tusker, F., Zintl, F. (1991). *El movimiento desportivo. Bases anatomicas y biomecanicas*. Ediciones Martinez Rocas SA. 1ª ed. Barcelona.
88. Hahn, A.; Krug, T. (1992). Application of knowledge gained from the coordination of partial movements in Breaststoke and Butterfly swimming for the development of thetechnical training. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VI*, pp. 167-172. E & FN Spon, London.
89. Haljand, R.; Saagpakk, R. (1994). Biomechanical analyses of the swimming events. VII World Championships – Rome 1994. Federation International de Natation Amateur.
90. Haljand, R. (1999). *Swimming competition analyses. European Short Course Swimming Championships – Lisbon 1999*. LEN Swimming Committee.
91. Hall, G. (2000). Skeletal muscle lactate metabolism at level and altitude. 5<sup>th</sup> Annual Congress of European College of Sport Science. pp. 105. Jyväskylä.
92. Hanavan, H. (1964). A mathematical model of human body. In *AMRL Technical Report, S, I. Wright Patterson*, pp. 64-102, Ohio.
93. Hay, J. G. (1978). *The biomechanics of sport tecniques*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs.
94. Hay, J. G., Reid, J. G. (1982). *The anatomical and biomechanical bases of human motion*. Englewodd Cliffs, N. J. 1ª ed. Prentice-Hall.

95. Hay, J.G. (1987). Swimming biomechanics: a brief review. *Swimming Technique*, Nov86/Jan87: 15-34.
96. Hay, J. (1988). The status of research on the Biomechanics of Swimming. In: B. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 3-14. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois.
97. Haywood, K. M. (1993). *Life span motor development*. IL: Human Kinematics. Champaign.
98. Hatze, H. (1980). A mathematical model for the computational determination of parameter values of anthropomorphic segments. *J. Biomech.*; 13 (10), pp. 833-843. No abstract available.
99. Harre, D. (1987). *Teoria del Entrenamiento deportivo*. Científico Técnica, Stadium. Buenos Aires.
100. Higgins, J. R. (1977). *Human movement na integrated approach*. The C. V. Mosby Company, Saint Louis.
101. Hollander, A. P., Groot, G. de, Ingen Schenau, G. J. van, Toussaint, H. M., Best, H. de, Peeters, W., Meulemans, A. and Schreurs, A. W. (1986). Measurement of active drag forces during swimming. *J. Sports Sci.* 4, 21-30.
102. Holmér, I. (1972). Oxygen uptake during swimming in man. *J. Appl. Physiol.*, 33 : 502-509.
103. Holmér, I. (1974a). Propulsive efficiency of breaststroke and freestyle swimming. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 33 : 95-103.
104. Holmér, I. (1974b). Energy cost of arm stroke, leg kick and the whole stroke in competitive swimming styles. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 33 : 105-118.
105. Holmér, I. (1974c). Physiology of swimming man. *Acta Physiol. Scand.*, supl. 407.

106. Holmér, I. (1975). Efficiency of breaststroke and freestyle swimming. In : J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.) *Swimming II*, pp. 130-136. University Park Press, Baltimore.
107. Holmér, I. (1983). Energetics and Mechanical work swimming. In: A. P. Hollander, P. A. Huijning e G. de Gross (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 154-164. Human Kinetics Publisher, Champaign, Illinois.
108. Iguaran, J. (1972). *Historia de la natacion antigua y de la moderna de los juegos olímpicos*. Tolosa.
109. Karpovich, P. V. (1933). Water resistance in swimming. *Res.Quart.* 4:21-28.
110. Kemper, H. C. G.; Verschuur, R.; Clarys, J. P.; Jiskoot, J. e Rijken, H. (1976). Efficiency of swimming the front crawl. In : P. V. Komi (ed.), *Biomechanics VB*, pp. 243-249. University Park Press, Baltimore.
111. Kemper, H. C. G.; Verschuur, R.; Clarys, J. P. e Jiskoot, J. (1983). Total efficiency and swimming the front crawl. In : A. P. Hollander, P. A. Huijning e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 199-206. Human Kinetics Publishers, Campaing, Illinois.
112. Kennedy, P.; Brown, R.; Chengalur, S. (1989). Analysis of male and female olimpnic swimmers in the 100 meter events. In: *J Sports Biomech*, 6 (2): 177-197.
113. 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.
114. Keskinen, K. L.; Komi, P.V. (1988). The stroking characteristics in four different exercises in free style swimming. In: G. de Groot, A.P. Hollander, P.A. Huijing, G.J. Van Ingen Schenau (eds.),

- Biomechanics XI-B, pp. 839-843. Free University Press, Amsterdam.
115. Keskinen, K.; Tilli, L.; Komi, P. (1989b). Maximum velocity swimming: interrelationships of stroking characteristics, force production and anthropometric variables. *Scand. J. Sports Sci.*, 11 (2): 87-92.
116. Keskinen, K. L.; Komi, P.V. (1993). Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. *J. Appl. Biomechanics*, 9: 219-226.
117. Klauck, J.; Daniel, K.; Wirtz, W. (1990). Velocity fluctuations in the breaststroke swimming cycle and their influence on average swimming speed. Abstracts of the Sixth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, Liverpool.
118. Kornecki, S., Bober, T. (1978). Extreme velocities of a swimming cycle as a technique criterion. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 402-407. University Park Press, Baltimore, Maryland.
119. Kreighbaum, E., Barthels, K. M. (1990). *Biomechanics: a qualitative approach for studying human movement*. St. Louis: Mosby, 3 rd ed., New York.
120. Landry, F. (1977) La medicion de la forma física. *Apunt. Med Deport.*, 54: 83-94.
121. Latash, M. L. (1998). *Neurophysiological basis of movement*. IL. Human Kinetics Pub., Champaign.
122. Lavoie, J. M.; Lèger, L. A.; Leone, M. e Provencher, P. J. (1985). A maximal multistage swim test to determine the funcional and maximal aerobic power of competitive swimmers. *J. Swim. Research*, 1(2): 17-22.
123. Lenk, M. e Pereira, W. (1967). *Natação Olímpica*, Cia. Editora Americana.

124. Liljestrand, G., Stenstrom, N. (1919). Studien uber die physiologie dos shwimmers. Scond. Arch. Physiol., 39, pp. 1-63.
125. Loetz, C., Reischle, K., Schmitt, G. (1988). The evaluation of highly skilled swimmers via quantitative and qualitative analysis. In: B. E. Ungerechts, K. Wilkie e K. Reishle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 361-367. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
126. Magill, R. A., Wood, C. A. (1986). Knowledge of results precision a learning variable in motor skill acquisition. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 57 (2), pp. 170-173.
127. Magill, R. A. (1989). *Motor learning: concepts and applications*. 3 ed. Dubrique, W. C., Brown.
128. Magill, R. A. (1998). *Motor learning: concepts and applications*. 5 ed. Dubrique, IA; Brown.
129. Magill, R. A. (2000). *Aprendizagem Motora: Conceitos e Aplicações*, Editora Edgard Blücher Ltda.
130. Maglischo, E. W. (1982), *Nadar Mas Rapido*, Editorial Hispano Europea S.A.
131. Maglischo, C. W., Maglischo, E. W., Santos, T. R. (1987). The relationship between the forward velocity of the center of gravity and the forward velocity of the hip in the four competitive strokes. *J. Swim. Research*, 3(2) : 11-17.
132. Maglischo, C. W.; Maglischo, E. W.; Higgings, J.; Hinrichs, R.; Luedtke, D.; Schleihauf, R. E. e Thayer, A. (1988). A biomechanical analysis of the 1984 U.S. Olympic freestyle distance swimmers. In: B. E. Ungerechts, K. Wilkie e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois. 351-360.
133. Maglischo, E. W. (1999). *Nadar mais Rápido*, Editora Manole.

134. Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*, Human Kinetics. Champaign, Illinois.
135. Manley, P. K. e Atha, J. (1992). Intra-stroke velocity fluctuations in paced breaststroke swimming. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 151-159. E & Spon, London.
136. Manoel, E. J. (1994). Desenvolviemnto motor: implicações para a educação física escolar I. *Revista Paulista de Educação Física*, 8, pp. 82-97.
137. Manoel, E. J., Connelly, K. J. (1997). Variability and stability in the development of skelled actions. In: K. J. Connolby & H. Fossberg (eds.). *Neurophysiology and neuropsychology of motor development*. Mac Kerth Press, London.
138. Manoel, E. J. (1999). Desenvolvimento motor: padrões em mudança, complexidade corrente.
139. Marteniuk, R.G. (1976). *Information processing in motor skill*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
140. Marteniuk, R.G. (1976). Information processing, channel capacity, learning stages and the acquisition of motor skill. In *Readings in human performance* (edited by H.T.A. Whiting). London: Lepus Books.
141. Martins-Silva, A., Alves, F., Gomes-Pereira, J. (1999). Determinant factors in a 200m butterfly swim as related to the fluctuation in horizontal velocity of the body center of gravity. In: K. L. Keskinen; P. V. Komi; A. P. Hollander (eds.), *Biomechanics and Medicine is Swimming VIII*, pp. 21-24. Department of Biology of Physical Activity, University of Jyvaskyla, Finland.
142. Mason, B. R., Sweethenham, W. F., Anglim, J. (1986). Intra-stroke velocity variations of elite australian swimmers.

- Abstracts of the 5th International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming, pp. 57-58, Bielefeld.
143. Mason, B., Tong, Z., 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.
144. Maturana, H.R., Varela, F.J. (1980). Autopoiesis and cognition: the realization of the living. Dordrecht: D. Reidel.
145. Maturana, H.R., Varela, F.J. (1995). A árvore do conhecimento: as bases biológicas do conhecimento humano. Campinas: Editorial Psy II.
146. Matveiev, L. P. (1980). La Base de Le Entrainement. Vigot, Paris.
147. 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.
148. Ming, Z. (1993). Swimming Training. In: WSCA, Proceedings of the Barcelona Olympiad Gold Medal Clinic. Honolulu, Hawaii.
149. Miyashita, M. (1974). Method of calculating mechanical power in swimming breast stroke. Research Quarterly, 45:128-137.
150. Montepetit, R. e Carzola, G. (1983). De L'Évaluation des nageurs de haut niveau. A la detection des jeunes "talents". Travense Recherches INSEP, nº 7 / Special Évaluation, Paris.
151. Nelson, R.; Brown, D.; Kennedy, P.; Chengalur, S.N. (1989). An analysis of olympic swimmers in the 1988 summer games. Biomechanics Laboratory, Pensilvania State University. Pensilvania.

152. Newell, K.M., Corcos, D.M. (1993). Issues in variability and motor control. In K.M. Newell & D.M. Corcos (Eds.), *Variability and motor control*, Human Kinetics Publishers, p.1-12.
153. Noth, J. (1992). Cortical and peripheral control. In: *Strength and Power in Sport*. P. Komi. (Ed), 9-20. Blackwell Scientific Publication, London.
154. Oka, H., Okamoto, T., Yoshizawa, M., Tokuyama, H., Humamoto, M. (1983). Electromyography and cinematography study of the flutter kick in infants. In: Terugo, J., Bedrinfield, E. W. (eds.). *International Behavior sport Science*, vol. 8, pp. 167-172, Baltimore.
155. Oña, A. S., Martinez, A. M., Moreno, F. H., Ruiz, L. P. (1999). *Control y aprendizaje motor*. Editorial Sintesis, Madrid.
156. Oppenheim, F. (1964). *La natation. Domaine du sport*. La Table Ronde.
157. Oppenheim, F. (1970). *The history of swimming*. Swimming World, North Hollywood, California.
158. Oppenheim, F. (1977). *Histoire de la Natation Mondiale et Française*. Editions Chiron, Paris.
159. Ozolín, N. G. (1970). *Sistema contemporáneo de entrenamiento deportivo*. Editorial. Progreso, Mascú.
160. Pai, Y.; Hay, J.; Wilson, B. (1986). Stroking techniques of elite swimmers. In: J. Hay (ed.), *Starting, Stroking and Turning (a compilation of research on the biomechanics of swimming of the University of Iowa, 1983-86)*, pp. 115-129. Biomechanics laboratory, department of exercise science. University of Iowa, Iowa.
161. Pendergast, D. R. ; Di Prampero, P. E. ; Craig, A. B. Jr. ; Wilson, D. R. e Rennie, D. W. (1977). Quantitative analysis of the front crawl in men and women. *J. Appl. Physiol.*, 43 : 475-479.

162. Pérez, L. M. R. (1994). Deporte y aprendizaje. Visor Distribuciones, Madrid.
163. Persyn, U. (1974). Technisch-hydrodynamische benadering van de bewegende mens-in-het-water = technical-hydrodynamical approach of the moving human-in-water: based on `The Science of Swimming` of Counsilman, vol. 8, pp. 33-136., Hermes, Leuven.
164. Persyn, U., Vervaecke, M. T., Verhetsel, D. (1981). Observatiestudies als voorbereiding tot het verbeteren van de schoolslag van doorsnee zwemmers. Hermes, Vol. XV. No. 1, Leuven.
165. Persyn, U., Vervaecke, M. T., Verhetsel, D. (1983). Factors influencing stroke mechanics and speed in swimming the butterfly. In: Matsui e K. Kobayashi (eds.), Biomechanics VIIIB, pp 833-841. Human Kinetic Publishers, Champaign, Illinois.
166. Persyn, U. (1984). Computer aided evaluation. Olympic Solidarity Semminar, ILO-KUL, Leuven.
167. Persyn, U., Daly, D., Van Tilborgh, L. (1984). Specific coaches preparation for the evaluation of the elite swimmers. Paper presented at the Olympic Scientific Congress, pp. 1-10. Eugene, Oregon.
168. Persyn, V., Colman, V., Daly, D. (1989). PC-seminars on sport technique and training, bridging the theory-practice gap. SDS, Universidade Católica de Leuven, Leuven.
169. Persyn, U., Colman, V., Tilborg, L. V. (1992). Movement análisis of the flan and the undulation breastroke pattern. In: Reilly, Mit., Lees, A. (eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI, pp. 78-80, E&FN Spon, London.
170. Piaget, J. (1964). Six etudes de psychologie. Bibliotheque Mediations. Denoel/Gothier, Paris.

171. Pieron, H., Toulouse, E. (1992). Prueba perseptiva y de atención. Tea Ediciones, Madrid.
172. Piette, G., Clarys, J. P. (1979). Telemetric EMG of the front crawl movement. *Swimming III*, pp. 153-166. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
173. Plagenhoff, S. (1971), *Patterns of Human Motion*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
174. Platonov, V. (1987). *Adaptations des sportifs aux charges d'entraînement et de competition*. Ed. Revue EPS, Paris.
175. Platonov, V. (1993). *El entrenamiento deportivo. Teoría y metodología*. Paidotribo, Barcelona.
176. Poujade, B.; Hautier, C.; Rouard, A. (2002). Determinants of the energy cost of front-crawl swimming in children. *Eur J Appl Physiol*, 87: 1-6.
177. Pussieldi, G. A., Menzel, H., Szmuchrowski, L. (2001). Variação intracíclica da velocidade dos nadados livre e peito. IX Congresso Brasileiro de Biomecânica – Gramado, pp. 35-43. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
178. Reilly, T. (1990). Swimming. In: T. Reilly, N. Secher, P. Suell, C. Williams (eds.), *Physiology of Sports*, 8ª edição, pp. 217-257. F.N. Spoon, London.
179. Reischle, K., Gaisser, G., Vollers, B. (1981). A kinematic analysis of intra-cycle speed fluctuations and movement patterns in swimming using chronocyclographyc LED drives. In: A. Morecki, K. Fidelus, K. Kedsior e A. Wit (eds.), *Biomechanics VIIB*, pp. 460-464. University Park Press, Baltimore.
180. Reischle, K. (1984). O ponto de vista biomecânico. *Circular Técnica – FPN*, pp. 1-5.

181. Reischle, K. (1992). A kinematic investigation of movement patterns in swimming with photo-optical methods. In: J. Terands, E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 127-136, University Park Press, Baltimore.
182. Reischle, K. (1993). *Biomechanica de la Natation*. Gymnos Editorial, Madrid.
183. Rennie, D. W., Di Prampero, P. E., Wilson, D. R. e Pendergast, D. R. (1973). Energetics of swimming the crawl stroke. *Fed. Proc.*, 32(abstr.) : 1125.
184. Rennie, D. W., Pendergast, D. R. e Di Prampero, P. E. (1975). Energetics of swimming in man. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 97-104. University Park Press, Baltimore.
185. Robertson, D. (1978). The history and development of men's intercollegiate swimming in the United States from 1897 to 1970. Completed research in health, physical education e recreation. Ohio State University, Vol. 20. Ohio
186. Salmoni, A. W., Schimidt, R. A., Walter, C. B. (1984). Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, Lancaster, Vol.95. No.3. pp 355-386. Washington – DC.
187. Sanders, R. (1996). Some aspects of butterfly technique of New Zealand Pan Pacific squad swimmers. In: J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert e T.A. Trappe (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, pp. 23-28. E & FN Spon, London.
188. Sargeant, A. (1990). Cycling factors affecting maximal performance. *Advances in Movement Science*, Symposium 8 within the XXIVth FIMS World Congress of Sports Medicine. Amesterdam.

189. Sarmiento, J. P. (1987). Observação de movimentos desportivos, influencia da formação da experiência na identificação de erros técnicos em natação. Dissertação de doutoramento na especialidade de treino e organização desportiva, ISEF-UTL, Lisboa.
190. Shannon, C.; Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois Press.
191. Shannon, C., Weaver, W. A. (1975). A teoria matemática da comunicação. Difel, Rio de Janeiro.
192. Schleihauf Jr., R. E. (1974). A Biomechanical Analysis of Freestyle. *Swimming Technique*, 11: 89-96.
193. Schleihauf Jr., R. E. (1978). Swimming Propulsion: A Hydrodynamic Analysis. *American Swimming Coaches Association 1977 World Clinic Year Book*, ed. R. M. Ousley, pp. 49-85. Ft. Lauderdale, Flórida.
194. Schleihauf, R. E. (1979). A hydrodynamical analysis of swimming propulsion. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming II*, pp. 70-109. University Park Press, Baltimore.
195. Schleihauf Jr., R. E., Gray, L., DeRose, J. (1983). Three dimensional analyses of hand propulsion in sprint front crawl stroke. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing e G. de Groot (eds.) *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 173-183. Humann Kinetics Publishers. Campaign, Illinois.
196. Schleihauf Jr., R. E. (1983). Specificity of strength training in swimming: a biomechanical viewpoint. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 184-191. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
197. Schleihauf, R. E., Higgings, J. R., Hinrichs, R., Luedtke, D., Maglischo, C., Maglischo, E. W., Thayer, A. (1988). Propulsive

- techniques: front crawl stroke, butterfly, backstroke, and breaststroke. In: B. E. Ungerechts, K. Wilkie e K. Reishle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 53-59. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
198. Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, pp. 225-260.
199. Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and learning: a behavioural emphasis*. (2 nd. ed.). IL: Human Kinecties (chaster 1 & 3), Champaign.
200. Schmidt, R. A. (1991). *Motor learning and performance: from principles to practice*. Champaign: Human Kinetics.
201. Schmidt, R. A., Wrisberg, C. A. (2001). *Aprendizagem e performance motora*. Artmed, Porto Alegre.
202. Schram, E. (1958 - 1959). *Untersuchungsmelhode zur bestimmung des widerstandes der kraft und der ausdaner bei schwimm sportlen*. Wess. Leipzig. 1, pp. 161-180.
203. Seat, J. E. e Wrisberg, C. A. (1996). The visual instruction System. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67, 106 - 108.
204. Skinner, B. F. (1968). *Technology of teaching*. Prentice Hall, New Jersey.
205. Smith, D.; Cappaert, J.; Curry, I.; Heest, J.; Kranenburg, K.; Kwon, Y.; Lefort, J.; Luy, B.; Maki, B.; Mason, B.; Norris, S. (1996). *Competition analyses of swimming events. Olympic Games – Atlanta 1996*. IOC Subcommittee on Biomechanics and Physiology of Sport.
206. Silvia, C. E. (1970). *Manual and Lesson Plans for Basic Swimming, Water Stunts, Lifesaving, Springboard Diving, Skin and Scuba Diving*, Editado pelo autor.

207. Sobral, F. (1987). Valores antropométricos e somatotipo, candidatos ao ISEF-UTL. Estatísticas e Normas, CDI, ISEF, Lisboa.
208. Sparrow, W. A. (1983). The efficiency of skilled performance. *J. Motor Behavior*, 15 (3): 237-261.
209. Starosta, W. (1991). Alcuni problemi della tecnica sportiva. SDS, No. 22. pp. 15-24.
210. Swaine e Reilly. (1983). The freely-chosen swimming stroke rate in a maximal swim and on a biokinetic swim bench. *Med Sci Sports Exerc*, 15 (5): 370-375.
211. Swinnen, S.P. (1996). Information feedback for motor skill learning: a review. In: Zelaznik, H.N. (Ed.). *Advances in motor learning and control*. Champaign: Human Kinetics, p.37-66.
212. Svec, O. J. (1982). Biofeedback for pulling efficiency. *Swim. Tech*. 19 (1): 38-46.
213. 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.
214. Tani, G. (1999). Criança e movimento: o conceito de prática na aquisição de habilidades motoras. In: R. J. Krebs, F. Copetti, T. S. Beltrame & M. Ustra (org.) *Edições SIEL*, pp.121-138.
215. Tani, G. (2005). *Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Guanabara (Ed.) Koogan.
216. Tani, G., Meira Jr., C.M., Gomes, F.R.F. (2005). Freqüência, precisão e localização temporal de conhecimento de resultados e o processo adaptativo na aquisição de uma habilidade motora de controle da força manual. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, v.5, n.1, p. 59-68.

217. Thomas, C. Pavan, J., Silva, L., Zaro, M. (1999). Eletromiógrafo com conversor AD. In: Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica, Sociedade Brasileira de Biomecânica. pp. 471-476. Florianópolis.
218. Tourny, C., Chollet, D., Micallef, J. P., 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.
219. Toussaint, H. M. (1990). Performance determining factors in front crawl swimming. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming VI, pp-161-166. E & F Spon, London.
220. Toussaint, H. M., Beck, P. J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. Sports Med. 13, 8-24.
221. Toussaint, H. M., Coen, V. e Wiero, J. B. (2002) Pumped-up propulsion during front crawl swimming. Medicine and Science in Sports and Exercises volume 34 314 – 319.
222. Treffene, R. ; Alloway, J. e Shaw, J. (1978). Use of heart rates in the determination of swimming efficiency. In : B. Eriksson e B. Furberg (eds.), Swimming Medicine IV, pp. 132-136. University Park Press, Baltimore.
223. Treffene, R. ; Alloway, J. e Jull, J. (1979). Use of a heart rate meter in swimming and athletic performance measurment. In : J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), Swimming III, pp. 275-280. University Park Press, Baltimore.
224. Troup, J., Sharp, R. L., Plyley, M., Reese, R., Costill, D. L. (1982). The four competitive strokes: energy costs and muscular strength. Swimming World, 23, pp. 14-18.

225. 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.
226. Troup, J. P. (1991b). VIth. World Swimming Championships video analysis project. F.I.N.A.
227. 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.
228. Ungerechts, B. E. (1990). The undulating technique of breaststroke its biomechanics, its technique and learning strategies. First World Swimming Coaches Seminar, Olympia.
229. Ungerechts, B. E. (1992). The interrelation of hydrodynamic forces and swimming speed in breaststroke. In: D. McLaren; T. Reilly; A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 69-73. E & FN Spon, London.
230. Van Manen, J. D., Rijken, H. (1975). Dynamic measurement techniques on swimming bodies at the Netherlands Ship Model Basin. In: L. Lewillie,; J. P. Clarys (eds.), *Swimming II*, pp. 70-79. University Park Press, Baltimore.
231. Van Handel, P. J.; Katz, A.; Morrow, J. R.; Troup, J. P.; Daniels, J. T. e Bradley, P. W. (1988a). Aerobic economy and competitive performance of U.S. elite swimmers. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reichle (eds.) *Swimming Science V*, pp. 219-227. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
232. Van Handel, P. J.; Katz, A.; Troup, J. P.; Daniels, J. T. e Bradley, P. W. (1988b). Oxygen consumption and blood lactic acid response to training and taper. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e

- K. Reichle (eds.) *Swimming Science V*, pp. 269-275. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
233. Van Tilborgh, L.; Willems, E. J. e Persyn, U. (1988). Estimation of breaststroke propulsion and resistance – resultant impulses from film analysis. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.) *Swimming Science V*, pp. 67-71. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
234. Vasconcelos, O. (2001). Abordagem histórica da aprendizagem motora. In: G. Guedes (ed) *Aprendizagem motora, problema e conceito*. Edições FMH, pp 3-15., Lisboa.
235. Vilas-Boas, J. P. (1987). O mecanismo propulsivo em Natação, pp. 11-63. Provas de aptidão pedagógica e de capacidade científica. ISEF-UP, Porto.
236. Vilas-Boas, J. P. (1989a). Bases do controlo do treino em natação I. *Not. F. P. Natação*, 4(1), pp. 29-35.
237. Vilas-Boas, J. P. (1989b). Bases do controlo do treino em natação II. *Not. F. P. Natação*, 5 (1), pp. 50-55.
238. Vilas-Boas, J. P. (1991). O desenvolvimento científico e tecnológico e a prática desportiva em natação. In: J. Bento e A. Marques (eds.), *As Ciências do Desporto e a Prática Desportiva – Actas (Vol. II), Desporto de Rendimento/Desporto de Recreação e Tempos Livre*, pp. 301-325. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto, Porto.
239. Vilas-Boas, J. P., Fernandes, P. M. L. (1991a), Estudo foto-óptico da técnica em natação. In: J. Bento e A. Marques (eds.), *As Ciências do Desporto e a Prática Desportiva (vol. II), desporto de rendimento, desporto de recreação e tempos livres*, pp. 337-360. FCDEF-UP, Porto.

240. Vilas-Boas, J. P., Duarte, J. A. (1991b). Blood lactate kinetics on 100m freestyle event. IXth FINA International Aquatic Sports Medicine Congress. IInd Advanced IOC Sports Medicine Course, III Congreso Sur-Americano de Medicina Deportiva e X Congresso Brasileiro de Medicina Desportiva, Rio de Janeiro, Brasil.
241. Vilas-Boas, J. P. (1992a). A photo-optical method for the acquisition of biomechanical data in swimmers. Xth International Symposium on Biomechanics in Sports. ISBS, Milão, Itália.
242. Vilas-Boas, J. P. (1992b). O índice de braçada como critério para avaliação da técnica em bruços. In: Not. F. P. Natação, 5 (17): 4-9.
243. Vilas-Boas, J. P. (1993). Caracterização biofísica de três variantes da técnica de bruços. FCDEF-UP, Porto.
244. Vilas-Boas, J. P. (1996) A técnica de Mariposa. In: R. Fernandes; J. P. Vilas-Boas (eds.), Sebenta de estudos práticos. Associação de Estudantes FCDEF – UP, Porto
245. Vilas-Boas, J.P., Cunha, P., Figueiras, T., Ferreira, M., Duarte, J. (1996). Movement analysis in simultaneous swimming techniques. Cologne Swimming Symposium Bericht. Kolner Schwimmsporttage.
246. Vilas-Boas, J. P. (1997). 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.
247. Vilas-Boas, J. P. (1998). A técnica como base da estrutura de formação do nadador. V Jornadas Técnico-Científicas. Grupo Promoção Desporto e Saúde, Póvoa de Varzim.

248. Vilas-Boas, J. P. (2001). Biomecânica hoje: enquadramento, perspectivas didáticas e facilidades laboratoriais. *Rev. port. Ciênc. Desp*, 1(1): 48-56.
249. Vilas-Boas, J. P. (2001). O ensino e o aprimoramento das técnicas de bruços e mariposa. In: *Comunicações das 1<sup>as</sup> Jornadas de Natação*. Feira Viva, em Santa Maria da Feira.
250. Waddington, C.H. (1979). *Instrumental para o pensamento*. São Paulo: Edusp.
251. Winstein, C. J. e Schmidt, R. A. (1990). Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 677-691.
252. Weinewck, J. (1983). *Manuel d'entraînement*. Editions Vigot. Paris.
253. Welford, A. T. (1968). *Fundamentals of skill*. Methuen, London.
254. Williams, J. M. e Davids, D. V. (1998). Relaxation and energizing techniques for regulation of arousal. In: J. M. Williams (ed), *Applied sport psychology*. Mountain View, CA: May field.
255. Wood, T. C. (1979). A fluid dynamic analysis of the propulsive potential of the hand and forearm in swimming. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 62-69. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
256. 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. 9<sup>th</sup> annual congress of the european college of sport science. Clermont, Ferrant.
257. Zatsiorsky, V., Seluyanov, V. (1983). The mass and inertia characteristics of the main segments of the human body. In: Matsui, H., Korayashi, K. (eds.) *Biomechanics VIII B*. pp. 1152-1159. Champaign, IL: Human Kinetics.

258. Zschorlich, V. (1990). The information content of velocity fluctuation pattern in swimming. VIth International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming, pp. 1-6. Liverpool.



---

**Anexos**

---

Anexo 1 - Programa experimental de aplicação de heurísticas % para processamento automático de curvas de velocidade na natação.

GABINETE DE NATAÇÃO/ BIOMECANICA DA NATAÇÃO - FCDEF - 2002  
Versao 4

```
disp('SOFTWARE PROCESSAMENTO AUTOMATICO DE');
disp('CURVAS VELOCIDADE');
clc
clear all
close all
fclose('all');
%variaveis globais
SomaPico1=0;
SomaPico2=0;
SomaPico3=0;
SomaPico4=0;
MediaTCiclo=0;
Matriz=[];
[filename,pathname]=uigetfile('E:\pedroglima\*.*', 'MCF');
file=strcat(pathname,filename);
fid=fopen(file,'r');
if fid==-1
disp(['Não é possível abrir o ficheiro ' file])
return
end
[data,N]=fscanf(fid,'%f',[1,inf]);
fclose(fid);
%vector com intervalos de T e respectiva velocidade media em cada intervalo
tempo=data(1:N/2);
velocidade=data((N/2)+1:N);
incremento= 0;
novotempo= zeros(1,max(size(velocidade)));
% criação vector tempo, ja que do sw so temos os Delta T
for i=1:1:N/2
incremento=incremento + tempo(i);
novotempo(i)= incremento;
end
% input inicial do tempo de start
tempostart=input('Tempo Start=');
```

---

```

ordemstart=min(find(novotempo>=tempostart))
%determinacao heuristica do 1º tempo stop
%supor duracao ciclo 1.2s
%definir provavel janela de minimo
WindowStart=tempostart+1.2*0.75
WindowStop=tempostart+1.2*1.2
ordemWindowStart=min(find(novotempo>=WindowStart))
ordemWindowStop=max(find(novotempo<=WindowStop))
velocidademinimacicloini=min(velocidade(ordemWindowStart:ordemWindowStop));
ordemstopheuristica inicial=max(find(velocidade(ordemWindowStart:ordemWindowStop)==
velocidademinimacicloini));
disp(novotempo(ordemstopheuristica inicial+1));
tempostop=novotempo(ordemstopheuristica inicial+ordemWindowStart+1);
%Fim da determinacao tempostop inicial
ordemstop=ordemstopheuristica inicial+ordemWindowStart+1;
plot(novotempo(ordemstart:ordemstop), velocidade(ordemstart:ordemstop));
OrdemPrimeiroPonto=ordemstart;
% Varrimento previo do nado para estimativa do factor global para a heuristica
FactorGlobal=factoroptimo(data,N,tempostart);
header=[#####];
footer=[#####];
disp(header);
message1=[ ' O factor global encontrado ='];
messagefinal= [ message1 FactorGlobal];
disp(header);
disp('Factor Global:');
disp(FactorGlobal);
disp(footer);
i = input('Deseja utilizar este valor ? S/N [S]: ','s');
if isempty(i)
i = 'S';
end
if (strcmp(i,'N') | strcmp(i,'n'))
FactorGlobal=input('Novo Valor?');
end
disp(header);
disp('Factor global a utilizar->');
disp(FactorGlobal);
ostop=max(find(novotempo<=tempostart+(tempostop-tempostart)*FactorGlobal));

```

---

```

deltaTdiv2=(tempostop-tempostart)*FactorGlobal;
flag=0;
contador=0;
fid=fopen('E:\pedrog\lima\VALORES.TXT','w');
if fid==-1
disp(['Não é possível abrir o ficheiro ' file])
return
end
fid2=fopen('E:\pedrog\lima\VALORMED.TXT','w');
if fid2==-1
disp(['Não é possível abrir o ficheiro ' file])
return
end
maxciclos= 10; %numero de ciclos-1
while (contador<=maxciclos)
contador=contador+1;
if (flag~=0)
ostop=max(find(novotempo<=tempostart+deltaTdiv2));
end;
if (flag~=0)
tempoheuristica=novotempo(ostop)+deltaTdiv2*1.25;
ordemtempoheuristica=max(find(novotempo<=tempoheuristica));
ordempontoinflexao=find(velocidade(ostop:ordemtempoheuristica)==
min(velocidade(ostop:ordemtempoheuristica)));
tempoordempontoinflexao=novotempo(ostop+ordempontoinflexao-1);
tempostop= tempoordempontoinflexao;
ordemstop=ordempontoinflexao+ostop-1;
factorstop=FactorGlobal;
ostop=max(find(novotempo<=tempostart+(tempostop-tempostart)* factorstop)); %repor ostop
end;
if (flag==0) flag=1;
end;
primeiromax=max(velocidade(ordemstart:ostop));
ord_primeiromax=min(find(velocidade(ordemstart:ostop)==primeiromax));
tempo1=novotempo(ordemstart+ord_primeiromax-1);
segundomax=max(velocidade(ostop:ordemstop));
ord_segundomax=min(find(velocidade(ostop:ordemstop)==segundomax));
tempo2=novotempo(ostop+ord_segundomax-1);
minimo=min(velocidade(ordemstart+ord_primeiromax:ostop+ord_segundomax));

```

---

```

ord_minimo=min(find(velocidade(ordemstart:ordemstop)==minimo));
tempo3=novotempo(ordemstart+ord_minimo-1);
quartoponto=velocidade(ordemstop);
disp(contador);
disp('-----');
disp(primeiromax);
disp(tempo1);
SomaPico1=SomaPico1+primeiromax;
disp(segundomax);
disp(tempo2);
SomaPico3=SomaPico3+segundomax;
disp(minimo);
disp(tempo3);
SomaPico2=SomaPico2+minimo;
disp(quartoponto);
disp(tempostop);
SomaPico4=SomaPico4+quartoponto;
disp(tempostart);
disp(tempostop);
if (ordemstart < ordemstart+ord_primeiromax-1)
VelocidadePrimeiraFase = trapz( novotempo(ordemstart:ordemstart+ord_primeiromax-1),
velocidade(ordemstart:ordemstart+ord_primeiromax-1)) / (tempo1-novotempo(ordemstart));
TempoPrimeiraFase= tempo1-novotempo(ordemstart);
else
disp('ERRO 1');
VelocidadePrimeiraFase = 0;
TempoPrimeiraFase= 0;
end;
if (ordemstart+ord_primeiromax < ordemstart+ord_minimo-1)
VelocidadeSegundaFase = trapz(
novotempo(ordemstart+ord_primeiromax:ordemstart+ord_minimo-1),
velocidade(ordemstart+ord_primeiromax:ordemstart+ord_minimo-1)) / (tempo3-tempo1);
TempoSegundaFase = tempo3-tempo1;
else
disp('ERRO 2');
VelocidadeSegundaFase = 0;
TempoSegundaFase = 0;
end;
if (ordemstart+ord_minimo < ostop+ord_segundomax-1)

```

---

```

VelocidadeTerceiraFase = trapz(novotempo(ordemstart+ord_minimo:ostop+ord_segundomax-1), velocidade(ordemstart+ord_minimo:ostop+ord_segundomax-1)) / (tempo2-tempo3);
TempoTerceiraFase = tempo2-tempo3;
else
disp('ERRO 3');
VelocidadeTerceiraFase = 0
TempoTerceiraFase = 0;
end;
if (ostop+ord_segundomax < ordemstop)
VelocidadeQuartaFase = trapz(novotempo(ostop+ord_segundomax:ordemstop), velocidade(ostop+ord_segundomax:ordemstop)) / (novotempo(ordemstop)-tempo2);
TempoQuartaFase = novotempo(ordemstop)-tempo2;
else
disp('ERRO 4');
VelocidadeQuartaFase = 0;
TempoQuartaFase = 0;
end;
VelocidadeMediaCiclo = trapz(novotempo(ordemstart:ordemstop), velocidade(ordemstart:ordemstop))/(novotempo(ordemstop)-novotempo(ordemstart));
disp('V1');
disp(VelocidadePrimeiraFase);
disp('V2');
disp(VelocidadeSegundaFase);
disp('V3');
disp(VelocidadeTerceiraFase);
disp('V4');
disp(VelocidadeQuartaFase);
disp('Velocidade Media Ciclo');
disp(VelocidadeMediaCiclo);
%MediaTCiclo=MediaTCiclo+(tempo2-tempo1); %somador dos tempos por ciclo
fprintf( fid2, '**** Fases ****\n');
fprintf( fid2, '%f %f\n', TempoPrimeiraFase, VelocidadePrimeiraFase);
fprintf( fid2, '%f %f\n', TempoSegundaFase, VelocidadeSegundaFase);
fprintf( fid2, '%f %f\n', TempoTerceiraFase, VelocidadeTerceiraFase);
fprintf( fid2, '%f %f\n', TempoQuartaFase, VelocidadeQuartaFase);
fprintf( fid2, '**** Ciclo ****\n');
fprintf( fid2, '%f %f\n', novotempo(ordemstop)-novotempo(ordemstart), VelocidadeMediaCiclo);
Vinicial=velocidade(ordemstart);
Vfinal=velocidade(ordemstop);

```

---

```
if (contador==1)
fprintf(fid,'%f %f\n%f %f\n%f %f\n%f %f\n', tempostart, Vinicial, tempo1, primeiromax,
tempo3, minimo, tempo2, segundomax, tempostop, quartoponto );
else
fprintf(fid,'%f %f\n%f %f\n%f %f\n', tempo1, primeiromax, tempo3, minimo, tempo2,
segundomax, tempostop, quartoponto );
end
pause;
ordemstart=ordemstop;
tempostart=tempostop;
end
disp('%%%%%%%%%%%%');
n=maxciclos+1;
fclose(fid2);
fclose(fid);
OrdemUltimoPonto=ordemstop;
```

### **Enquadramento**

A investigação científica vem desempenhando um papel crescente no quadro do entendimento do fenómeno desportivo, principalmente no que diz respeito à compreensão dos fatores limitadores do rendimento competitivo (Vilas-Boas, 1998).

O estudo das variações intra cíclicas da velocidade de nado é tido como sendo o método que permite interpretar melhor a mecânica do nado e mais relevantes informações fornece para a avaliação do treino e controle do desenvolvimento da técnica de nadadores (Maglischo et al., 1987).

Costill et al. (1987), referendaram que esta perspectiva se baseia no fato deste tipo de análise proporcionar uma apreciação simultânea das repercussões cinemáticas da propulsão e do arrasto hidrodinâmico por fase do ciclo gestual de natação. Esta determinação das funções características de variação de velocidade com o tempo dos nadadores de mais alto nível, poderão constituir um importante referencial para a avaliação da técnica dos nadadores de nível menos evoluído, assim como a sua preparação e treino.

Para se avaliarem as flutuações intra cíclicas da velocidade do nadador recorre-se habitualmente, a métodos predominantemente mecânicos ou essencialmente baseados em medida por análise de imagem dinâmica. Os primeiros monitorizam normalmente a variação da velocidade de um ponto anatômico de referência, habitualmente a anca, ou a cintura pélvica do nadador; os segundos permitem também o mesmo estudo, mas proporcionam complementarmente (e essencialmente) a possibilidade de se estudar a cinemática do CG (centro de gravidade) e, por isso, aceder às verdadeiras repercussões e/ou exigências mecânicas da inércia do nadador.

Os métodos que monitorizam as variações da velocidade da anca ou de outro ponto anatômico são, regra geral, de mais fácil operação e permitem fornecer rapidamente informações ao treinador e nadador. Permitem até mesmo fornecer informações em tempo real, o que se torna mais complicado nos sistemas de análise de imagem dinâmica.

Segundo Vilas Boas (1993), os *“speedmeters”*, *“swim meters”* ou dispositivos similares envolvendo a ligação mecânica do nadador ao dispositivo, são estudos que estão relacionados com as variações cíclicas da velocidade de deslocamento e, apresentam como conclusões, a relação existente entre o perfil de variação intra cíclica da velocidade de um nadador e a eficiência geral que este possui em natação.

Todavia, ao realizarmos esta opção confrontamo-nos com o fato de, no mercado especializado, existirem muito poucos dispositivos disponíveis e, muito menos a preços razoáveis, sobretudo se se considerar a acessibilidade de argumentos de validação.

---

Por estas razões impôs-se o desenvolvimento de um novo sistema de medição de velocidade, mais fiável e exato que os anteriores e mais antigos. É um desses sistemas que se documenta aqui.

Toda a evolução desde os sistemas mais simples aos mais atuais assim como a sua necessidade, são definidos de um modo introdutório em “Historial de dispositivos antecedentes”, a seguir.

### **Historial de dispositivos antecedentes**

Este projeto a que foi chamado “velocímetro” foi desenvolvido no âmbito de um doutorado em ciências do desporto, orientando à técnica de natação apurada em peito.

A sua necessidade revelou-se ao serem analisadas as opções presentes no mercado e atualmente utilizadas no estudo pormenorizado do nado de peito, como já referenciado.

Analisadas então essas alternativas tornou-se evidente a necessidade e possibilidade de ser desenvolvida uma variação aos sistemas existentes, com múltiplas melhorias, não só relativamente à qualidade dos dados recolhidos, assim como à sua quantidade e fiabilidade de modo a tornar mais pormenorizado o estudo do estilo peito assegurando a validade dos dados.

Inicialmente estes sistemas de medição de velocidade eram baseados em medições de movimento linear transformado em movimento rotativo. Este movimento rotativo é medido em ângulos fixos sendo a velocidade analisada pelo tempo necessário ao deslocamento angular de um determinado valor. Embora com eixos de baixo diâmetro, estes sistemas iniciais baseavam-se na medição por magnetos de rotações de 90°, que se repercutiam em alguns centímetros entre detectações de passagem do nadador. Para não mencionar que a detecção de passagem pontual do rotor a cada 90° é pouco exacta quando medida com dispositivos magnéticos devido à propagação do campo no espaço próximo da fonte magnética. Este sistema tinha portanto uma resolução bastante baixa na medida de velocidade.

Foi desenvolvido, a caminho desta ferramenta final um sistema de medição com 24 pontos de detecção de rotatividade, o que representa uma medição de 15°. A medição pontual passou a ser ótica e não magnética como acontecia até agora. Através de uma análise prévia de resultados comparativamente aos resultados obtidos com os velocímetros magnéticos concluiu-se que de fato a medição discreta ótica é muito mais fiável e exacta do que a medição de suporte magnético.

Dando continuidade à evolução do sistema, partiu-se para uma solução ainda melhor através de medição de posição instantânea e conseqüentemente velocidade com o uso de codificadores rotativos. Com um codificador básico incremental de 500 impulsos por rotação (o

---

que representa 0.72° de resolução rotativa) num tambor com diâmetro de eixo pequeno e muito bem definido foi conseguida uma resolução de medida de 1.55 cm/s, ou seja, 0.0155 m/s.

Dada a qualidade do dispositivo desenvolvido, conseguiu-se mesmo obter informação padronizada de velocidade do nado em peito a tal pormenor que se descobriram detalhes que até ao momento se mantinham desconhecidos sendo anteriormente interpretado como ruído de medição (que era bastante nos velocímetros de funcionamento magnético).

## Objectivos

 Desenvolver um sistema mais exato de medir velocidade instantânea de nadadores em pleno exercício, dedicado as técnicas de nado;

 Definir funcionamento desse sistema de modo a analisar a tipicidade dos ciclos de nado de cada nadador, de modo que esta tipicidade possa ser comparada entre nadadores, assim como com outros ensaios do mesmo nadador afim de melhorar a sua performance.

## Sobre este Manual

O presente manual pretende ser um guia de referência para os utilizadores do velocímetro. Contém alguma informação sobre configuração e ligações físicas com o *hardware* associado necessárias ao correto funcionamento do dispositivo, assim como uma descrição detalhada sobre o funcionamento do próprio *software*, do ponto de vista do utilizador.

Existe ainda uma reflexão sobre o tipo de dados recolhidos e a sua utilidade.

Importante será mencionar que para o bom manuseamento do *hardware* associado a este sistema, deve ser consultado o respectivo manual, desagregado deste.

## Convenções

Ao longo deste manual serão usadas algumas convenções sobre o tipo de informação presente em algumas palavras-chave. Assim:

» Este símbolo indica progressão em menus de vários níveis, como por exemplo:

**Ficheiro»Sair.**



Este ícone refere-se a dicas para o utilizador que não são essenciais mas podem facilitar o manuseamento e operação do dispositivo.



Este ícone refere-se a notas do projetista que se podem revelar importantes.



Este ícone informa sobre conteúdos de maior importância, principalmente precauções a tomar para o bom funcionamento do dispositivo.

**Negrito** - Palavras em **negrito** representarão menus ou opções a adotar de maneira a conseguir o funcionamento pretendido.

Itálico - Palavras em *itálico* representarão variáveis ou controles do programa como botões e indicadores numéricos.

Garamond - Este tipo de letra refere-se a caracteres e outros dados que deverá introduzir no Velocímetro

**Garamond negrito** - Este tipo de letra refere-se a mensagens que o *software* poderá apresentar ao utilizador

### **Funcionalidades e respectivos princípios de funcionamento**

O velocímetro, aqui descrito, tem um sensor associado que foi desenvolvido de maneira a implementar a interface deste *software* com o meio envolvente. Este sensor tem também um manual de operação (a ser distribuído conjuntamente) não menos importante do que este já que o funcionamento do Velocímetro é interdependente. Por outras palavras, o sensor não tem utilidade real sem o pacote de *software* no apoio ao tratamento, sincronização e armazenamento dos dados obtidos em cada ensaio; assim como o *software* só por si não é capaz de registar um ensaio e efetuar as operações pretendidas na análise de velocidade.

A interface física entre o sensor e o *software* é muito simples, já que apenas exige uma ligação via USB (universal serial bus), adequado para o uso do sistema com computadores portáteis.

O protocolo usado na comunicação entre os dois dispositivos, computador e sensor de medição de velocidade é semelhante ao protocolo série RS-232, foi configurado para ser o mais simples possível assegurando a correta transmissão de dados, libertando assim ambos os sistemas de computação exagerada para este propósito deixando assim maior capacidade de processamento no tratamento dos dados em tempo-real, tanto no computador associado ao *software* como ao próprio sensor.

O papel do sensor no sistema é adquirir realmente o valor instantâneo da velocidade e, ciclicamente, enviar esses dados para o computador de modo que estes possam ser devidamente tratados e armazenados.

Por seu lado, o *software*, a correr em PC, com requisitos mínimos indicados em "[requisitos mínimos](#)", no final deste documento, é o responsável pela maior parte das funcionalidades do sistema, como não podia deixar de ser, já que é aí que existe maior poder de cálculo e processamento, de uma forma geral.

---

Uma vez preenchidos determinados requisitos por parte do utilizador, em termos de introdução de dados no *software*, este é capaz de obter e traçar um gráfico de velocidade instantânea em tempo-real, assim como calcular do mesmo modo a velocidade média atual do nadador ao longo do ensaio e outras variáveis interessantes para o estudo posterior e aperfeiçoamento da técnica de peito.

Uma vez terminado o ensaio existe a possibilidade de analisar a existência de um padrão de natação, diferente para cada nadador e caracterizando-o fortemente, com base em análise efetuada sobre os dados adquiridos durante o ensaio em si. Mais informações sobre os dados recolhidos pelo sistema podem ser obtidas em: [Procedimento para recolha de amostras](#) e [Dados obtidos e registrados pelo sistema](#).

Foi ainda deixado por parte do sensor uma saída de sinal analógico para áudio. Este sinal terá uma frequência proporcional à velocidade tendo como objetivo servir de “*feedback*” auditivo ao nadador e treinador, recebendo o sinal num receptor rádio alojado sob uma touca. Quanto maior a velocidade do nadador, maior será a frequência do sinal que receberá. Assim sendo, este sub-sistema funciona como “*feedback*” para o próprio nadador.

Uma vez que o sinal é disponibilizado pelo sensor, deverá procurar no respectivo manual as especificações de emissão de sinal.

Toda a interface com o utilizador foi desenvolvida tendo em conta uma boa organização e localização dos dados de modo que informação relacionada fique próxima entre si e organizada de maneira facilmente legível e interpretável.

Assim sendo, passa-se a descrever o funcionamento propriamente dito do *software*, do ponto de vista do utilizador, nas seções seguintes.

### **Instalação do *software***



Antes de ligar o sensor ao computador, pelo menos da primeira vez que o fizer, deverá instalar os respectivos *driver's*, fornecidos juntamente com o sensor, cuja instalação está descrita no manual respectivo.



Note que os *driver's* apenas são instalados a primeira vez que se utiliza os dispositivos em determinado computador. O mesmo acontece com o próprio *software*. O *software* tem também uma aplicação de instalação que deve ser executada de maneira a instalar o *software* antes da respectiva utilização, à semelhança de qualquer *software* comercial.

---

Para efectuar a instalação do *software* deverá executar o ficheiro “*setup.exe*” do diretório que seja a origem do *software*.

Se estiver a fazer a instalação a partir de um CD-ROM deverá executar o ficheiro [CD-ROM]\*setup.exe*.

Seguidamente deverá seguir as instruções indicadas no monitor para uma instalação correta do *software*, que, de resto, se assemelha bastante à instalação de qualquer outro *software* em ambiente *Windows*<sup>TM</sup>.

## **Procedimento**

### **Ligação e colocação em funcionamento**

O primeiro passo a dar para a obtenção de dados para análise com o velocímetro é de fato a ligação do sensor ao computador já que, como foi dito nas seções anteriores, os dois dispositivos são interdependentes. Esta ligação física deve ser efetuada após instalação do *software* do velocímetro e os *drivers* do sensor.

Para conhecer devidamente os cuidados a ter na ligação de alimentação do sensor e no seu manuseamento, deverá consultar o manual do sensor propriamente dito, fornecido juntamente com o produto.

Quanto à ligação de dados esta baseia-se simplesmente numa ligação através de um cabo USB simples.

Assim que tiver o sensor devidamente alimentado, assim como o computador ligado deverá estar pronto a adquirir dados, seguindo determinados passos quanto à execução do *software*. O sensor por si só possui opcionalmente um indicador de bom funcionamento e de ligação com o computador: existe no seu interior um indicador luminoso que deverá estar a piscar lentamente. Este indicador pisca a maior frequência quando o sensor está realmente a adquirir dados e a enviá-los para o computador. Para mais detalhes consulte o manual do equipamento.

Quanto ao *software* propriamente dito, no arranque e a menos de barras de ferramentas que deverão estar inativas, este terá o aspecto seguinte.

## Operação do software

Barra de páginas

Configuração de Ensaio GRÁFICO Tempo Real Ciclo Típico e validação de ensaio

**CONFIGURAÇÃO DO ENSAIO**

**DADOS PESSOAIS**

Nome  
Manuel

Sobrenome  
Oliveira

Sexo  
M

numero de ensaio  
1

Data de Nascimento  
20-03-1989

Idade  
16

Peso Corporal  
65

Altura  
1,65

Observações  
teste 1 - Bruços

**CONFIGURAÇÃO DO HARDWARE**

porta de comunicação  
COM4

opção feedback  
sempre ligado

estilo  
bruços

GRAVAR <F2>

fcdefup

**Ilustração 1 – aspecto inicial do software do velocímetro (já com alguns dados)**

O *Software* tem 3 páginas de interface, como é visível na barra que se vai denominar no seguimento como barra de páginas.

Esta página inicial está dividida em duas zonas principais:

- Configuração dos dados pessoais do nadador;
- Configuração do *hardware* e opções avançadas.

A primeira zona, mais à esquerda na página, destina-se à introdução de dados relativos ao nadador sobre o qual se destina o ensaio atual. Estes dados são deveras importantes para a identificação correta e posterior de cada ensaio já que participam ativamente na criação dos ficheiros armazenadores de dados recolhidos, como será explicado oportunamente adiante.

Cada um dos campos de entrada de dados tem determinadas características e limitações, assim:

### **Dados Pessoais:**

Nome – neste campo deverá introduzir o nome próprio do nadador em causa para o corrente ensaio.

Sobrenome – analogamente, deverá introduzir neste campo o sobrenome do nadador sobre o qual se baseia o ensaio.

---

Sexo – este é um menu de seleção onde poderá selecionar uma das opções existentes ou pode diretamente introduzir os dados do teclado: M – masculino; F – feminino. Este campo não tem determinado nenhum argumento predefinido, no entanto o ensaio não poderá ser iniciado sem que exista neste campo, assim como em outros, dados válidos, como será comentado de seguida.

Número de ensaio – aqui deverá introduzir o número de ensaio que este nadador está a executar, nesta sessão. Este número de ensaio pode de fato ter uma interpretação diferente por parte do utilizador desde que seja coerente.

Data de Nascimento – neste campo deverá ser inserida a data de nascimento do nadador em causa. Existe um pequeno botão lateral ao campo de introdução de dados que tem a funcionalidade de abrir um calendário numa pequena janela onde se pode indicar graficamente a data de nascimento pretendida. Este campo tem ainda pequenos botões à esquerda de incremento/decremento que, sendo selecionado um dos sub-campos da data como o ano, mês ou dia (a seleção aqui é semelhante à seleção num editor de texto comum) atuarão com a citada função apenas e só sobre esse sub-campo.

Idade – este não é um campo de introdução de dados, já que a idade do nadador está diretamente relacionada com a sua data de nascimento. Este é assim um campo de saída de dados, para facilitar essa distinção, tem uma cor de fundo ligeiramente diferente dos outros campos (esses sim de introdução de dados).

Peso Corporal – deverá aqui ser introduzida a massa corporal do indivíduo sobre o qual recai o ensaio que está nesta fase a ser configurado. Também aqui temos botões de incremento/decremento.

Altura – este campo deverá conter a altura do mesmo indivíduo, em metros.

Observações – aqui poderá introduzir texto com comentários adicionais ao ensaio. Estes comentários também ficarão armazenados em ficheiro. Este campo é de preenchimento opcional.

### **Configuração do Hardware:**

Porta de comunicação – este campo é o que define a configuração do sensor relativamente à porta de comunicação do computador à qual o primeiro se liga no segundo. As opções disponíveis serão as portas do computador livres ou configuradas para o sensor, quando da instalação dos respectivos *driver's*.

Opção *feedback* – neste menu "*pull-down*" é feita a configuração do *feedback* auditivo aplicado ao nadador para o presente ensaio.

Técnica de peito – este botão serve para indicar ao sistema se se vai efetuar um ensaio sobre a técnica de peito ou não. Serve essencialmente para indicar a forma como vão ser calculadas

as velocidades médias e outras variáveis, que deixam de ser calculadas. Se esta opção estiver selecionada, o programa é executado normalmente como indicado no resto do manual. Se não, o sistema funciona simplesmente como aquisição de dados e calcula a velocidade média em todas as amostras e não apenas no espaço válido de peito uma vez que este pode nem existir, nesta situação. Neste caso a aquisição de dados funciona normalmente mas o cálculo do ciclo típico, poderá não ser corretamente calculado.

Estes campos têm no entanto restrições de preenchimento, exceto os menus “*pull-down*” como a escolha da porta de comunicação com o sensor e a opção de “*feedback*” que são restritas por si só às opções que apresentam como disponíveis. Os outros campos têm outros tipos de restrições. Se estas restrições não forem respeitadas, o programa não prossegue a sequência de procedimentos necessários ao tratamento do ensaio.

Uma vez preenchidos estes campos com valores que respeitem as restrições definidas, passamos à fase seguinte: criação de ficheiros em localização especificada pelo utilizador, ficheiros estes que serão o destino da informação adquirida no ensaio decorrente. Essa operação é pedida ao “clique” com o botão do lado esquerdo do *mouse* (caso as definições de *mouse* sejam para mão direita) em **Gravar**.

Essas restrições estão definidas na tabela seguinte:

**Tabela 1 – restrições de validade aos campos de dados da página 1 do velocímetro**

Variável	Condição de validade	Resolução
Nome → comprimento	≥1 não exceder tamanho de janela	
Sobrenome → comprimento	≥1 ≤239	
Número de ensaio	>0 <65536	1
Data de Nascimento	≤ data actual ≥data actual -100 anos	1 dia
Peso corporal	>0	100 g
Altura	>0 ≤2.5 m	1 cm
Observações	não exceder tamanho de janela	



Poderá efectuar a mesma operação, com mais comodidade, apenas pressionando na tecla <F2> da linha superior do seu teclado.

Configuração de Ensaio | GRÁFICO Tempo Real | Ciclo Típico e validação de ensaio

### CONFIGURAÇÃO DO ENSAIO

**DADOS PESSOAIS**

Nome: Manuel

Sobrenome: Oliveira

Sexo: M

numero de ensaio: 1

Data de Nascimento: 20-03-1989

Idade: 16

Peso Corporal: 65

Altura: 1,65

Observações: teste 1 - Bruços

**CONFIGURAÇÃO DO HARDWARE**

porta de comunicação: COM4

opção feedback: sempre ligado

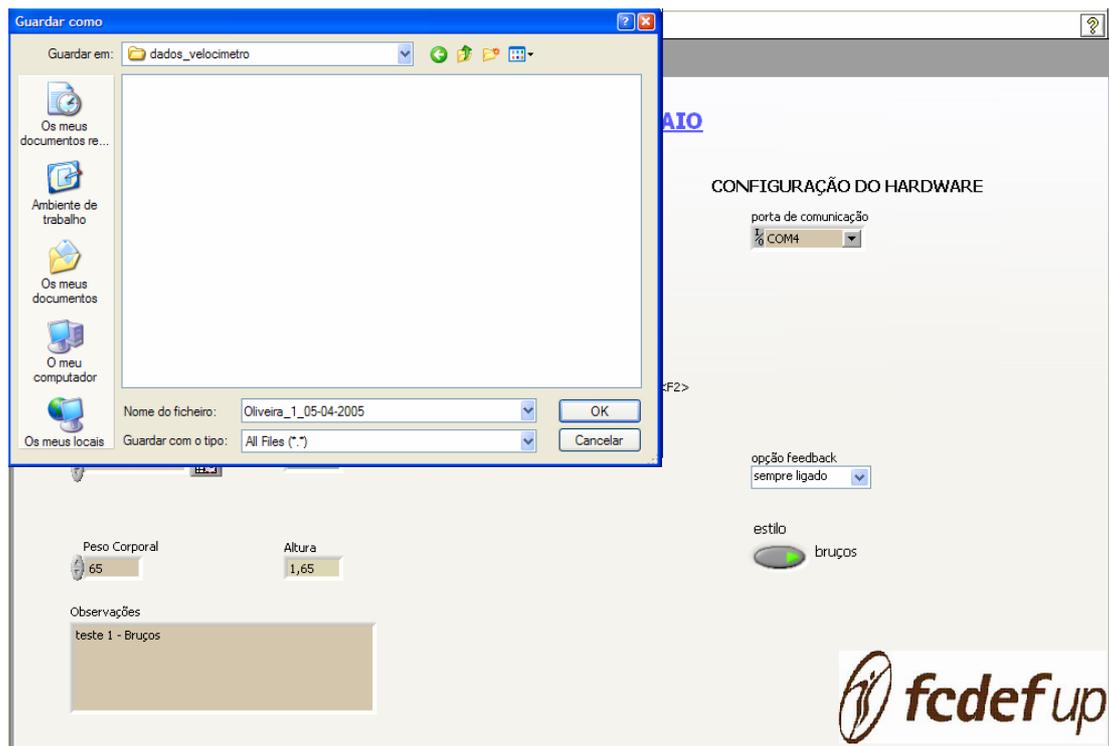
estilo: bruços

**GRAVAR** <F2>

fcdef up

**Ilustração 2 – aspecto da interface do software ao premir o botão ‘Gravar’**

Após esta operação, e se todas as restrições de preenchimento dos dados de configuração do ensaio estiverem respeitadas, aparecerá o menu seguinte, onde deverá ser indicada a localização pretendida de todos os ficheiros de dados decorrentes do ensaio em curso. Se algumas restrições de preenchimento dos campos de dados não estiverem validadas, esta janela não aparecerá, sendo que o clique em **GRAVAR** não terá qualquer efeito.



**Ilustração 3 – janela de diálogo “guardar como”**



Esta janela de diálogo poderá ter um aspecto um pouco diferente, dependendo das suas configurações de aspecto do sistema operativo. Para as alterar, vá a **Painel de controlo » aspecto e temas » visualização** ou **painel de controlo » visualização**, dependendo das suas opções quanto à apresentação do painel de controle.

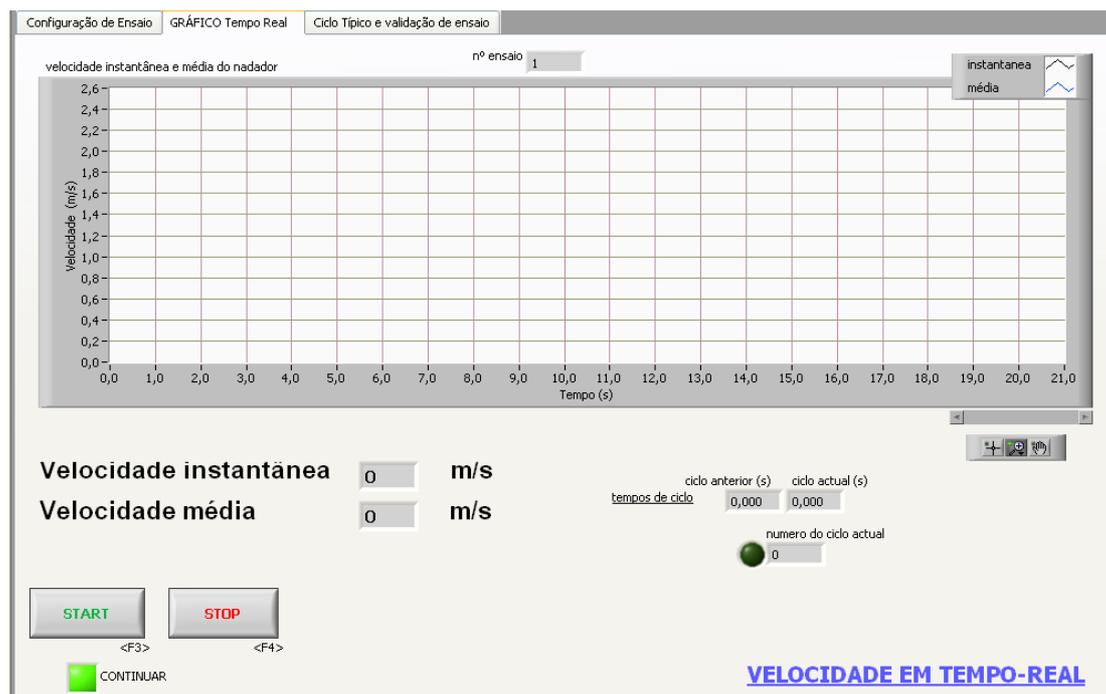
Depois de escolher a localização pretendida, prima **OK**.

Após esta configuração inicial do ensaio, vem de seguida a aquisição de dados propriamente dita.

Passamos então à 2ª página do *software*, as operações a efetuar na primeira estão concluídas, a menos que tenha sido mostrada uma mensagem de erro com indicação em contrário.

Esta é uma das fases mais críticas, pois se o sensor não estiver corretamente ligado ao computador, é neste momento que o *software* mostra mensagens de erro com tal indicação. Nesse caso, o *software* mostra-lhe uma mensagem de erro com indicações específicas sobre o erro e com opções de prosseguimento ou não da execução do programa. Esses e outros tópicos semelhantes serão revistos na seção [mensagens de erro e seus significados](#).

Abstendo-nos por agora da análise das mensagens de erro, o aspecto inicial da 2ª página do *software* será o seguinte:



**Ilustração 4 – aspecto da 2ª página do software, após validação dos dados da 1ª página**



Como foi dito na secção “Historial de dispositivos antecedentes”, a versão atual do velocímetro inclui a sobreposição de imagens vídeo e da imagens do monitor do computador, com os dados a serem recolhidos em tempo-real. Apenas por imposições de melhor visualização da imagem composta, o título foi nesta página colocado ao fundo da janela de *software*. Deste modo tornou-se possível a colocação do gráfico de velocidade numa posição mais elevada, favorecendo a sua visualização na imagem composta.

Nesta página, abaixo do gráfico de velocidade em tempo-real existem vários indicadores: 2 maiores com indicadores de velocidade instantânea e média. Esta velocidade média é medida em tempo-real e é atualizada progressivamente ao longo do ensaio.



Neste *software*, sempre que um mostrador não tiver dados válidos, será indicado o valor NaN – “*not a number*”. Se o resultado for validado, o mesmo valor será escrito em ficheiro de dados. O aparecimento deste acontecimento não prejudica a execução do programa, mas pode afetar os dados recolhidos.

Como é sabido, o nado peito é uma técnica de nado cíclico, notoriamente. Dada esta característica de repetitividade e dado que era um dos requisitos de desenvolvimento deste sistema, a detecção do início/fim de ciclo e respectiva caracterização tornou possível separar a análise da natação em partes.

---

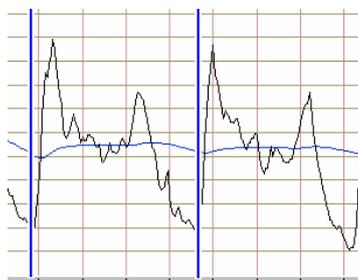
O arranque do nadador na parede da piscina (possivelmente) torna o início do ensaio pouco característico de peito. De modo que esta fase de arranque não influencie o cálculo desta velocidade média calculada progressivamente e em tempo-real, o cálculo referido é efetuado apenas após o segundo ciclo de nado de peito reconhecido pelo sistema. Assim elimina-se os dados possivelmente erróneos do transitório de arranque. Enquanto não existirem dados válidos para o cálculo dessa velocidade, ela é igualada à velocidade instantânea de maneira que esta comece a ser calculada a partir de um ponto próximo da média e não a partir de zero. Note-se que se o cálculo da velocidade média começasse a partir de zero, seria bastante “prejudicada” pelas amostras anteriores para a recuperação que seria necessária até atingir o nível verdadeiro de velocidade média.

À direita destes indicadores maiores existem mais três. Como foi referido no parágrafo anterior, um dos requisitos deste *software* era a detecção e caracterização dos ciclos de nado peito, principal estilo objeto de estudo por este sistema. Para respeitar esses requisitos, foi necessário dotar o *software* de algoritmos capazes de detectar o início de ciclos de nado assim como de recolher e posteriormente analisar dados relativos a esses ciclos de nado. Alguns dos dados importantes na análise destes ciclos de nado é a sua duração. Assim são apresentados os tempos do ciclo atual (do ciclo anteriormente concluído) e do ciclo anterior a esse. Permite-se assim ao treinador que esteja a visualizar a realização do ensaio e a aquisição de dados respectiva, a percepção de aceleração ou desaceleração inter cíclica do nadador no ensaio que está a efetuar, através da comparação visual destes dois tempos.

#### Os ciclos de nado na técnica de peito

Um ciclo de nado em peito é constituído por um impulso de pernas, seguido de um impulso de braços. Obviamente existe uma técnica associada de movimento do corpo associado, cuja descrição naturalmente existe em livros técnicos da especialidade.

A figura seguinte mostra um ciclo de nado detectado pelo *software* objeto deste relatório e obtido através da sua execução normal.



**Ilustração 5 – exemplo de ciclo típico de peito, medido pelo sistema**

---

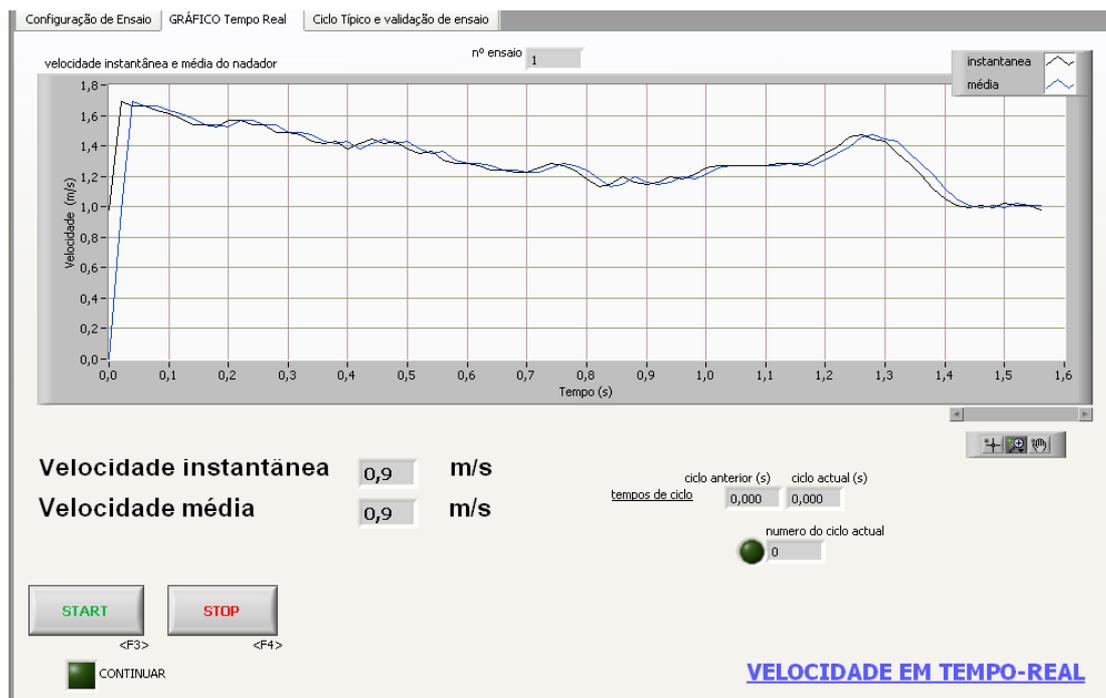
Segundo indicação de pessoal com formação superior na área da natação, o início do ciclo de nado foi considerado no início do movimento impulsional das pernas, o de maior variação (positiva) de velocidade, como de resto é visível na figura. A seguir seguem-se alguns movimentos de preparação do movimento dos braços, que origina o segundo pico de velocidade de cada ciclo (normalmente inferior ao pico de velocidade do movimento das pernas). A seguir há então a recuperação dos membros inferiores, aumentando assim o “arrasto” e que leva a uma queda acentuada de velocidade instantânea. No mínimo de velocidade associado é considerado o fim do ciclo de nado, imediatamente após o qual começa um novo, através do movimento de extensão dos membros inferiores.

O início e fim de ciclo estão marcados com linhas verticais de cor azul, na figura acima.

Existe ainda na ilustração 4 um mostrador numérico com informação relativa ao número do ciclo a decorrer. Logo ao lado desse mostrador, existe um indicador luminoso (de cor verde) que indica visualmente a detecção do início de um novo ciclo.

No canto inferior esquerdo da janela de *software* existem então os controles de início/fim de ensaio. **START** é usado para dar início à aquisição de dados, e portanto, início ao ensaio. O início do ensaio só deve ser dado quando o indicador luminoso de forma quadrada **continuar** estiver aceso. Esta indicação do *software* serve para garantir que todas as operações relativas à primeira página do *software*, principalmente se a criação e gravação de ficheiros, foram concluídas com sucesso antes de se dar início ao ensaio propriamente dito.

Por sua vez, o botão **STOP** faz parar a aquisição de dados de velocidade, terminando assim o ensaio. Este botão pode ser pressionado em qualquer altura com o ensaio a decorrer, mas abortá-lo-á. O *software* prevê a parada do nadador como final do ensaio, pelo que quando o nadador atinge o final da piscina e pára, este detecta essa parada (por amostras consecutivas de velocidade nula) e termina a aquisição de dados e conseqüentemente o próprio ensaio. Este botão, **STOP**, serve assim como um comando manual para a terminação de ensaios.



**Ilustração 6 – aspecto da 2ª página do software, após ordem de início de ensaio**

Na ilustração 6 temos uma imagem da 2ª página do software, após o início de um ensaio.

Após o clique em **START**, inicia-se um ensaio. Logo que esse início é detectado, o indicador **CONTINUAR** apaga-se.

A imagem mostra o início de um ensaio: ainda não foi detectado nenhum ciclo de nado (contador de ciclos está em 0) pelo que os tempos de ciclo ainda não podem ser calculados. Assim têm os valores predefinidos, 0.

A velocidade média é igual à velocidade instantânea. Esta particularidade merece comentário: quando do desenvolvimento do software foi decidido fazer o cálculo da velocidade média apenas a partir de segundo ciclo de nado. Este método de cálculo de velocidade média serve para anular o efeito do arranque na parede da piscina, relativamente à velocidade média. Assim, todos os nadadores ensaiados são testados em igualdade de circunstâncias já que a velocidade média é medida puramente da técnica de natação não intervindo qualquer ação exterior. Analogamente, de maneira que a finalização do ensaio não afete negativamente a velocidade média, o cálculo desta cessa no 13º ciclo de nado.

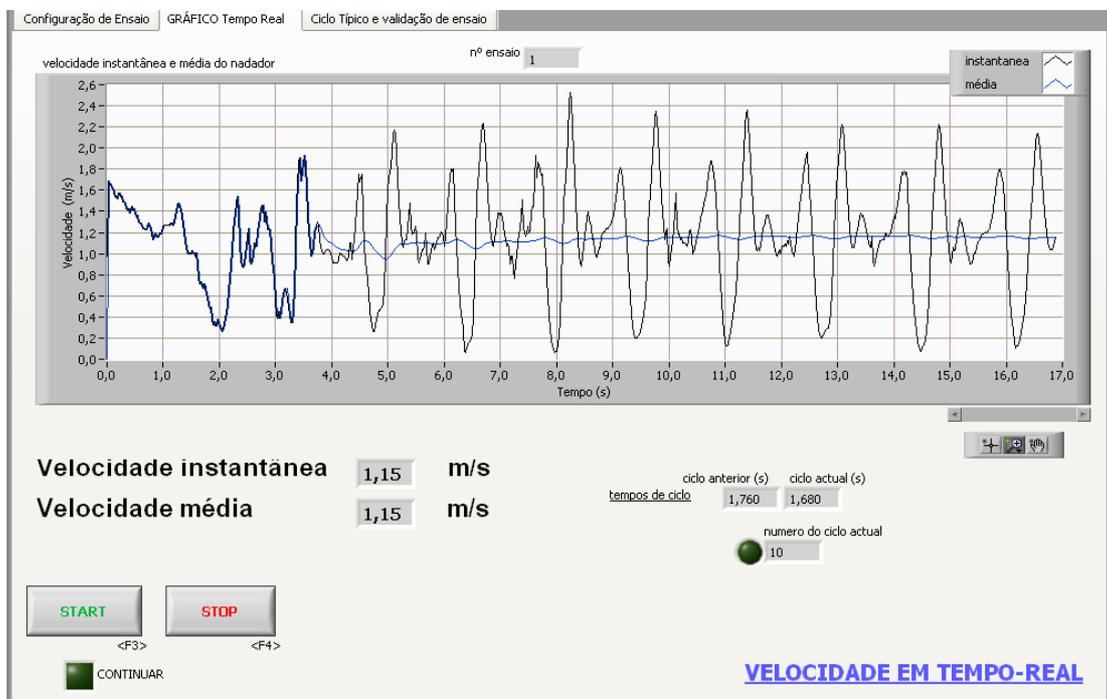


O sistema foi desenvolvido com algumas particularidades para ensaios em piscinas de 25 metros de comprimento. Para uma piscina com estas condições e segundo opinião técnica, foi encontrado o valor de 13 ciclos para terminar o cálculo da velocidade média do nadador num ensaio como sendo um número de ciclos adequado.



Existe um ligeiro atraso da velocidade média relativamente à curva de velocidade instantânea. Isto deve-se ao fato de só se conseguir fazer a velocidade média igual à instantânea depois de se medir a instantânea. Assim, é necessário medir a velocidade instantânea e só depois (na amostra seguinte) é que a velocidade média em tempo-real é atualizada.

Antes de começar a medição de velocidade média, ela foi colocada igual à velocidade instantânea, pelas razões já indicadas. Poderia ter-se escolhido velocidade média nula antes do início do cálculo efetivo dessa grandeza. Isso não foi feito para a curva de velocidade média ficar mais suave e para a sua nulidade no arranque não afetar negativamente o seu valor. Pode ver-se o bom funcionamento do método na ilustração seguinte.



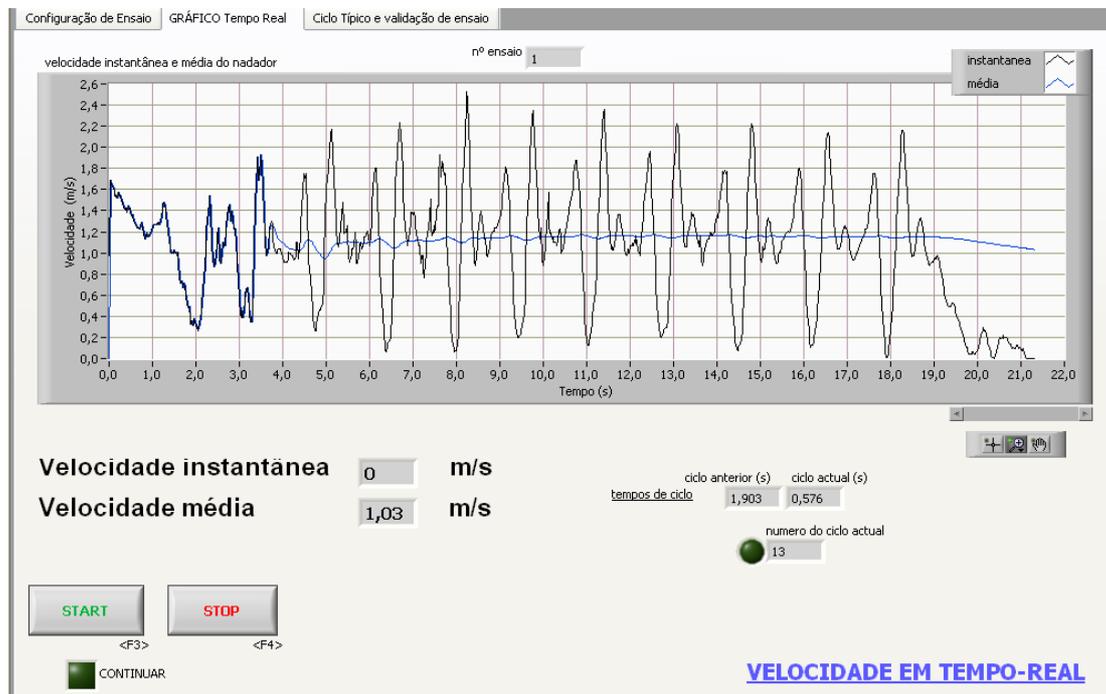
**Ilustração 7 – o decorrer de um ensaio**

É ainda indicado no topo da página (ao centro) o número de ensaio atual, simplesmente para existir da parte do treinador um mapeamento mais fácil dos trabalhos (que normalmente incluirão vários ensaios) sem ter de mudar de página.

Como anunciado atrás nesta seção, a terminação de um ensaio é feita automaticamente através da detecção de várias amostras consecutivas de velocidade com valor nulo. Esse procedimento é visível pela curva de velocidade instantânea, na ilustração 8.

Nesta imagem, vê-se bem a ciclicidade do nado peito. Aparentemente a velocidade média em tempo-real é afetada pela parada do nadador. Realmente é o que acontece, se o nadador não

efetuar 13 ciclos de nado na piscina, como foi o caso da figura. De outro modo, a velocidade média calculada em tempo-real não vem afetada nem pelo arranque nem pela parada.

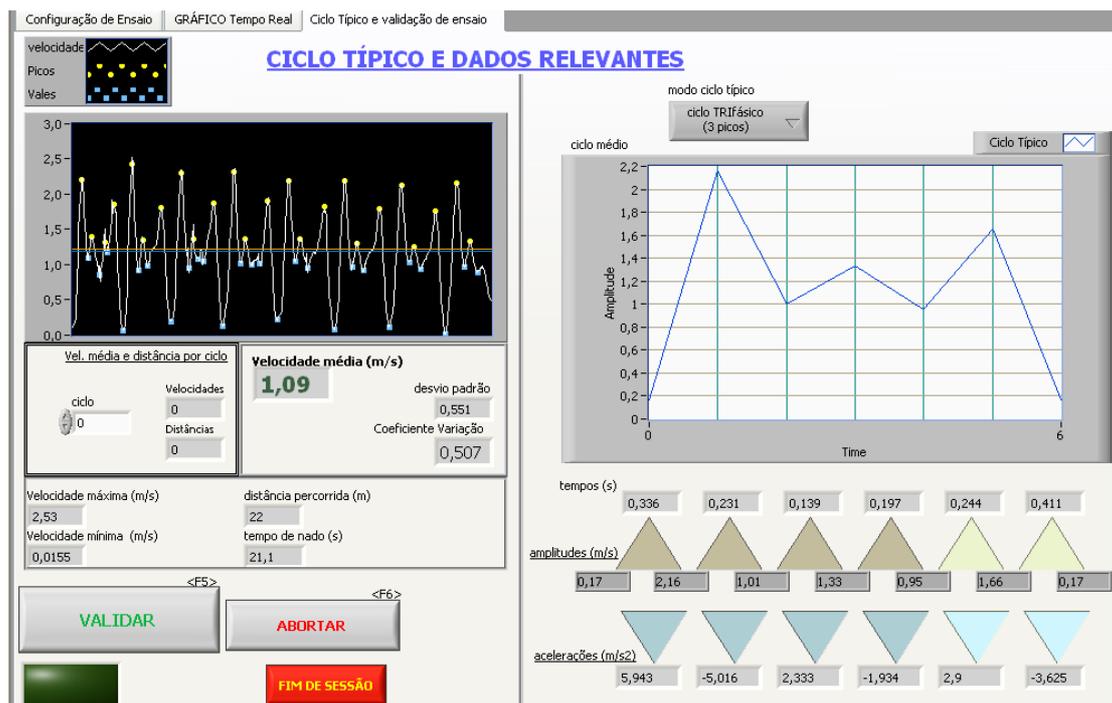


**Ilustração 8 – finalização de um ensaio**

Uma vez efetuado o ensaio, passa-se agora à 3ª página do *software*, onde se pode fazer uma análise prévia dos dados recolhidos, escolher o modo de análise de tipicidade do ciclo e validar ou não esses dados fazendo isso com que sejam ou não armazenados em disco.

A citada análise prévia é relativamente importante na medida em que é condicionada pelo tipo de análise feita sobre os dados e conseqüentemente condiciona os resultados dessa análise que serão eventualmente armazenados em disco.

Esta 3ª página é dividida na vertical em duas partes conceitualmente diferentes.



**Ilustração 9 – aspecto da 3ª página do software após término de ensaio**

Sub-página mais à esquerda

Na metade mais à esquerda existe um sistema de adaptação manual dos níveis de detecção do ciclo típico (será explicado mais à frente), contém informação de velocidades e distâncias de cada ciclo, individualmente. Existem nesta área ainda o controle de validação ou não dos dados recolhidos, por parte do utilizador do *software*, consoante este interprete o ensaio realizado como útil ou não relativamente à qualidade dos dados recolhidos.

No canto inferior esquerdo existe ainda mais um indicador luminoso de sincronização com a operação do *software*. Adiante será explicada a sua função.

Temos ainda na mesma zona um botão de controle para finalizar a sessão de ensaios. A função deste controle será também explicada mais à frente.

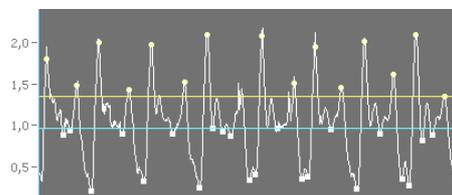
A seguir serão então revistos mais detalhadamente os controles e indicadores da parte esquerda da página. Após isso, o mesmo será feito para a parte direita.

No canto superior esquerdo existe então uma legenda. Refere-se ao gráfico abaixo com indicações de velocidade instantânea (branco), máximos (amarelo) e mínimos (azul) locais de velocidade.

Existem neste gráfico duas linhas horizontais (uma vermelha outra azul) que servem para ajustar as amplitudes-base necessárias à correta detecção de pontos particulares do ciclo de

---

nado que por sua vez são utilizados para o cálculo do ciclo típico (mostrado graficamente do lado direito da página).



**Ilustração 10 – ajuste das amplitudes-base**

No gráfico de fundo preto do lado esquerdo, para melhor visualização, os picos locais de velocidade a serem utilizados no cálculo do ciclo típico são assinalados a amarelo. Do mesmo modo, os mínimos de velocidade utilizados nesse processamento são marcados a azul.

O ajuste dos níveis de detecção de pontos críticos (“*threshold’s*”), a marcação de máximos e mínimos é feita de um modo interativo e bastante simples. Quando se pretende alterar os “*threshold’s*”, seja o de máximos ou o de mínimos, basta colocar o ponteiro do *mouse* por cima da linha em causa. Nessa situação, o indicador do *mouse* toma a forma de uma dupla seta vertical. Depois disso, basta clicar e arrastar a linha num sentido ou noutro, à vontade do utilizador e à semelhança de alterações semelhantes em qualquer *software*. Consequentemente, os mínimos de velocidade abaixo da linha azul e os máximos acima da linha vermelha são detectados, marcados e posteriormente utilizados para o efectivo cálculo do ciclo típico.



Deverá manter as linhas de *threshold* em níveis adequados de maneira que sejam detectados e marcados os máximos e mínimos necessários ao correcto cálculo do ciclo típico, consoante a escolha do seu formato. Para mais detalhe, veja a análise da metade direita da página do *software*.

Por baixo deste gráfico existem três caixas de dados:

A primeira, marcada com linha de fronteira dupla, contém dados para cada ciclo, de medidas de distância percorrida nesse ciclo de nado assim como a velocidade média ao longo desse ciclo. O ciclo do qual se pretendem ver os dados, é escolhido no controle à esquerda, dentro da mesma caixa, através dos botões de incremento/decremento.



Pode ainda seleccionar o ciclo do qual quer ver a velocidade média e a respectiva distância percorrida, directamente na caixa numérica ciclo, alterando o valor desta caixa, através de selecção e alteração directa de valor com o teclado.

---

Importante será revelar que, como foi dito atrás, a velocidade média só começa a ser calculada no 2º ciclo de nado. Assim, se o ciclo selecionado for 0 ou 1, será lido velocidade média e distância nulos. Estes dados, como inválidos que são, servem exatamente para indicar a não existência de dados nestes ciclos de nado (o ciclo 0 seria a fase de arranque).



Embora só seja indicada a distância e a média de velocidade ao longo de cada ciclo, os

tempos de ciclo podem ser calculados através de  $t_{ciclo} = \frac{\text{distância\_ciclo}}{\text{velocidade\_ciclo}}$ , onde esta

velocidade\_ciclo é a velocidade média do ciclo. De fato são calculados pelo *software* e armazenados no ficheiro de dados csv.

Ao lado desta caixa existe uma outra (desta feita limitada com linha simples), a qual apenas tem dados de saída: dados recolhidos e/ou analisados sobre o ensaio realizado.

O principal indicador desta caixa é sem dúvida a velocidade média total do ensaio, calculada entre o 2º ciclo de nado e o último menos 1, em todos os ciclos válidos, portanto, caso o ensaio tenha sido efetuado no nado peito. O cálculo de velocidade média é agora calculado flexivelmente, o que só é possível dado que a análise é feita após o término do ensaio. Note que o cálculo da velocidade média em tempo-real (que serve de referência ao treinador) termina num ciclo fixo, uma vez que ainda não se sabe nessa altura quando é que o ensaio vai acabar.

Se o ensaio for efetuado de um modo mais básico de análise, esta medida de velocidade média é calculada pela totalidade do ensaio, usando todas as amostras disponíveis. Isso acontece de fato quando, na 1ª página do *software* se desativa a opção de nado peito.

Existe aqui ainda a indicação do desvio padrão no cálculo dessa velocidade média que dá um indicador do nadador relativamente às amplitudes das variações de velocidade que este produziu ao longo do seu ensaio.

Consegue-se definir um “coeficiente de variação” que é definido como  $CV = dp/\bar{X}$ , ou seja, o cociente entre o desvio padrão e a média de todas as amostras de velocidade englobadas no cálculo da velocidade média final. Este valor pode também ser analisado como uma característica do nadador e, mais seguramente, sobre o ensaio que ele realizou.

Por baixo destas duas caixas de dados existe outra, com informações de velocidade máxima, mínima, tempo de nado e distância percorrida. Estas informações aqui referidas são à totalidade do ensaio, incluindo as amostras não englobadas no cálculo da velocidade média final.

A seguir existem então os controlos de validação ou não dos dados. Para esse fim estão disponíveis dois botões: **VALIDAR** e **ABORTAR**. A escolha é feita através de um simples clique, num dos botões.

---

Se escolher **VALIDAR**, o utilizador faz com que todos os dados relevantes ao ensaio, consoante algumas escolhas feitas nesta página, sejam devidamente guardados em disco. A escolha de **ABORTAR** faz com que os ficheiros previamente criados (aquando da finalização e confirmação de dados inseridos na primeira página do *software*) sejam apagados de disco. Deste modo cancela-se a totalidade do ensaio na medida em que não são guardados quaisquer dados do mesmo.

Depois dos dados do ensaio acabado de efetuar serem validados ou descartados, e após as respectivas operações com ficheiros, acende o indicador **FIM DE ENSAIO** em verde. Este sinalizador indica que todas as operações efetuadas sobre o ensaio atual foram concluídas com sucesso (quer a operação tenha sido de validação ou eliminação dos dados), de maneira que o *software* se encontra disponível para dar início a um novo ensaio. Para tal, o utilizador apenas necessita deslocar-se para a 1ª página do *software* e começar um novo ensaio como se do primeiro se tratasse.

Ainda assim, o utilizador poderá não pretender efetuar um novo ensaio de natação, pelas mais variadas razões. Nessa situação, o utilizador clica em **FIM DE SESSÃO**. Este botão faz com que o programa termine normalmente.

#### Sub página mais à direita

Do lado direito da 3ª página do programa encontra-se a análise do ciclo típico do ensaio acabado de efetuar, respeitando as condições criadas através dos controlos da parte esquerda da página.

Logo no topo existe um menu de seleção onde se pode escolher que gênero de ciclo típico se está a tentar analisar.

- Bifásico (com 2 picos de velocidade por ciclo)
- Trifásico (com 3 picos de velocidade por ciclo)

Esta possibilidade de analisar 2 tipos diferentes de ciclo típico do nadador torna este *software* bastante flexível na análise da tipicidade da natação. Por experiências anteriores e até mesmo durante o desenvolvimento deste *software* e por análise de dados obtidos com ele, os dados sugeriam que uns nadadores têm ciclos de nado tipicamente trifásicos enquanto que o nado de outras pessoas revela um ciclo apenas bifásico. Com a possibilidade de análise quer de um tipo de ciclo quer de outro, consegue-se uma exploração de dados mais personalizada do nadador. Esta flexibilidade revelou-se importante já que esta análise de ciclo típico do nado peito era um dos objetivos iniciais que levaram ao desenvolvimento desta ferramenta.

---

Temos de seguida um gráfico traçado à custa de interpolação linear entre pontos notáveis de ciclo. Estes pontos notáveis de ciclo são calculados estatisticamente dos pontos notáveis (máximos e mínimos de velocidade) validados no gráfico de amostragem de ensaio (com fundo negro) do lado esquerdo desta página “Ciclo Típico e Dados Relevantes”. Estas operações estatísticas são aplicadas aos pontos assinalados, consoante a sua posição no ciclo. Deste modo o valor final de um ponto notável é determinado a partir dos pontos notáveis seu semelhante (quanto à posição no ciclo de nado) detectado na curva real de velocidade.

O gráfico na parte esquerda da página tem apenas 8 ciclos de nado, esta amostragem de dados não tem a finalidade de filtrar a sua análise mas sim a de simplificar a percepção e visualização dos picos e mínimos de velocidade. Deste modo torna-se mais fácil a adaptação dos valores das amplitudes-base à detecção de máximos e mínimos mais adequada à análise pretendida com o ensaio em análise.

Por baixo do gráfico traçado existem indicadores de coordenadas de cada ponto crítico desenhado no gráfico de ciclo típico. Na primeira linha de mostradores são indicados os tempos entre cada 2 pontos críticos no gráfico. Na segunda linha, a indicação é de amplitude de velocidade de cada ponto (em m/s). Na última linha há indicação das acelerações em cada intervalo entre dois pontos críticos, que não é mais do que a inclinação de cada linha que une dois pontos no gráfico.

Deste modo e com estes dados consegue-se uma descrição detalhada do ciclo típico do nadador ensaiado, chegando-se mesmo à caracterização completa de cada movimento do ciclo de peito.

A unir as linhas com mostradores de dados relevantes ao ciclo típico existem umas formas triangulares. O mostrador “apontado” por estas formas triangulares (entre as linhas de tempos e derivadas) está associado a dois pontos críticos descritos pela amplitude indicada nos dois mostradores mais próximos dos restantes vértices do triângulo, na linha intermédia de mostradores numéricos.

Em cada conjunto de triângulos indicadores (amplitudes – tempos intermediários e amplitudes – derivadas) as duas últimas formas triangulares têm cor ligeiramente diferente das restantes. Esta diferença de cores está relacionada com o fato de que se o ciclo típico calculado for bifásico existem menos pontos do que se for pedido o cálculo de um ciclo trifásico (menos 2 pontos, de fato). Assim, um par de mostradores de tempos, amplitudes e derivadas não têm dados válidos, pelo que são escondidos por *software*. Sendo que os triângulos que relacionam os indicadores numéricos são ferramentas puramente estéticas, são também estáticas. Por isso foi alterada a cor àqueles que apenas têm uso na análise trifásica do ciclo típico, dando através de cores mais claras a perceber que nem sempre são uma ferramenta de orientação necessária.

## Mensagens de erro e significado

Tabela 2 – mensagens de erro, erros associados e sugestões de resolução de problemas

Causa do erro	Mensagem	Possível correção
Falha de escrita em disco devido a permissões ou erro de criação de ficheiro	<b>ERRO 01:</b> <b>Ocorreu um erro a criar o ficheiro .csv</b> <b>Deseja parar a execução do programa?</b> Ou <b>ERRO 02:</b> <b>Ocorreu um erro a criar o ficheiro .doc com o relatório do ensaio.</b> <b>Deseja parar a execução do programa?</b>	Abortar o programa, fechar todas as janelas de Microsoft Excel. Verificar permissão de escrita no disco, na localização seleccionada antes de fazer " <b>GRAVAR</b> "  Poderá continuar a execução do <i>software</i> , e na ausência de outros erros, o ensaio decorrerá normalmente. No entanto não serão guardados dados sobre o ensaio. Poderão surgir outras mensagens de erro relacionadas com problemas de ficheiros de dados.
Falta de alimentação do sensor; Falha na ligação de dados sensor-computador; Avaria do sensor.	<b>ERRO 03:</b> <b>Ocorreu um erro de envio de dados de configuração para o sensor.</b> <b>O ensaio será abortado.</b>	Verifique a correta alimentação do sensor. Verifique a ligação de dados sensor – computador. Confirme a existência de um indicador luminoso intermitente no sensor de velocidade, em funcionamento. Se não estiver a piscar, o sensor poderá ter avariado. Verifique seleção correta da porta de comunicação no <i>software</i> em "configuração de <i>hardware</i> ", na 1ª página.
Apesar da configuração do sensor ter sido concluída com sucesso não é possível enviar ordem de <b>START</b>	<b>ERRO 04:</b> <b>Ocorreu um erro de envio de dados para o sensor. Isto vai afetar todo o ensaio.</b> <b>Não é possível continuar.</b>	O <i>software</i> aborta o ensaio corrente e termina. Reinicie o <i>software</i> , verifique a ligação/alimentação do sensor como indicado na resolução da mensagem de erro anterior e tente de novo.
Falhou a recepção de uma ou várias amostras de velocidade	<b>ATENÇÃO:</b> <b>Ocorreu um erro a ler dados do sensor: este poderá não estar a responder.</b> <b>Poderão existir erros nos dados deste ensaio.</b>	Esta é apenas uma mensagem de aviso. Poderá apenas ter falhado a recepção de uma ou poucas amostras de velocidade. No entanto se a mensagem se repetir várias vezes, deverá abortar o ensaio, verificar a alimentação, ligação ao computador e correto funcionamento do sensor e refazer o ensaio.
Sensor não respondeu à	<b>ATENÇÃO:</b>	O ensaio atual não sofreu

<p>ordem de finalização do ensaio: <b>STOP</b>. Este é um erro raro.</p>	<p><b>Ocorreu um erro de envio de dados para o sensor. O ensaio não foi afetado. Verifique o estado de funcionamento do sensor antes de começar um novo teste.</b></p>	<p>danos a menos que o <i>software</i> também tenha deixado de responder. Contudo, deve, como a mensagem sugere, certificar-se do bom funcionamento do sensor antes de começar um novo ensaio.</p>
<p>Problemas de escrita em disco ao guardar dados temporários em ficheiro: imagens dos gráficos.</p>	<p><b>ERRO 05:</b> <b>Ocorreu um erro a guardar ficheiros temporários dos gráficos. Verifique se tem permissão para escrita na diretoria onde está a guardar os relatórios do ensaio. Os relatórios, se criados com sucesso, poderão estar incompletos.</b></p>	<p>Sugerido na mensagem de erro. Veja também as sugestões das mensagens de erro 01 e 02.</p>
<p>Problemas na terminação de ficheiros. Poderá ter fechado manualmente um ficheiro que o <i>software</i> tinha aberto/criado e do qual necessitava para guardar dados do ensaio.</p>	<p><b>ERRO 06:</b> <b>Ocorreu um erro ao escrever ou fechar o ficheiro .csv. O ficheiro poderá estar corrompido ou nem existir.</b></p> <p><b>ERRO 07:</b> <b>Ocorreu um erro ao escrever o ficheiro de relatório (.doc). O ficheiro poderá estar corrompido ou nem existir.</b></p>	<p>Neste ponto não terá nada a fazer caso o ficheiro não tenha sido guardado com sucesso. Nessa situação terá de refazer o ensaio totalmente. (este erro não afeta a execução normal do <i>software</i>, apenas a criação de ficheiros e dados do ensaio).</p>

A tabela 2 contém descritas algumas condições de erro, as mensagens de erro geradas em cada situação assim como sugestões para a correção de erros previsíveis.

A tabela descreve sobretudo erros de sistema, de *hardware* e alguns de *software*. Ainda assim poderão existir alguns erros de procedimento no uso do *software*, que não originem avisos por mensagens de erro por não serem erros de sistema. Evita-se assim também um possível excesso de mensagens de erro que se poderiam tornar cansativas para o utilizador.

Assim são descritos na tabela seguinte alguns erros comuns de mau procedimento no manuseamento do *software*.

**Tabela 3 – erros comuns e sugestões de correção**

<b>Condição de erro</b>	<b>Causa e/ou sugestões de correção</b>
Clica-se no botão <b>GRAVAR</b> mas a janela de guardar ficheiro não aparece	Existem dados em “DADOS PESSOAIS” que não respeitam as condições descritas na tabela 1.  Se já efetuou ensaios antes, certifique-se que foram corretamente terminados (através do indicador luminoso <b>FIM ENSAIO</b> na 3ª página do <i>software</i> . Se necessário reinicie o <i>software</i> e o procedimento do ensaio corrente.
Em “Configuração do <i>Hardware</i> ” não existem portas de comunicação disponíveis no menu de escolha tipo <i>pull-down</i>	Não tem o sensor do velocímetro corretamente instalado.  Reinstale os controladores (note que são 2) do sensor do velocímetro.  Consulte o manual do sensor.
O gráfico de velocidade em tempo-real parou de evoluir. No instante que parou, a velocidade é nula.	O nadador fez uma parada demorada numa das fases de um do ciclo de nado peito. Segundo descrito na tabela 1, essa é a condição de parada automática do ensaio. Terá sido isso que aconteceu.
O indicador “ <b>continuar</b> ” não acende	Preparação dos ficheiros não foi concluída ou foi concluída com erros. Deverá ter aparecido uma mensagem de erro, pelo menos. Reinicie o ensaio, se isso não resolver o problema reinicie o <i>software</i> e, não limite o computador. Veja as recomendações das mensagens de erro 01 e 02.
Contador “ <b>Número de ciclo actual</b> ” não avança e/ou tempos de ciclo são inválidos.	O nadador poderá ter um ciclo de nado com características atípicas àquelas para as quais o <i>software</i> foi desenvolvido.  Não foi possível detetar a forma do ciclo do nadador sujeito ao ensaio.  Nota: possivelmente o ciclo típico também não será calculado com sucesso.  Esta incompatibilidade só poderia ser resolvida por alteração do <i>software</i> em si adaptando-o a um perfil de nadadores diferente daquele para o qual foi concebido.
Gráfico de ajuste de níveis de máximos/mínimos (de fundo negro) na 3ª página do <i>software</i> não tem quaisquer dados.	
Velocidades médias e distâncias por ciclo não têm dados válidos.	
Cálculo do ciclo típico e coordenadas dos seus pontos característicos falhou.	
Após clique em <b>VALIDAR</b> ou <b>ABORTAR</b> , <b>FIM DE ENSAIO</b> não acendeu.	O ensaio pode ainda não ter terminado, nesse caso o gráfico em tempo-real da página 2 do <i>software</i> ainda está a evoluir.  Outra possibilidade é o insucesso na gravação de dados ou terminação dos ficheiros de dados do ensaio. Nesse caso deverá ter sido mostrada uma mensagem de erro. Consulte a tabela anterior

---

Neste ponto já deve ser claro que cada ensaio tem uma sequência bem definida de operações. Esta sequência deve ser seguida quer o ensaio tenha sido efetuado com sucesso quer não. Só assim se mantêm as condições necessárias ao correto início de um novo ensaio e assim se garante o bom funcionamento do *software* em ensaios consecutivos.

Há ainda que dizer que outros erros são possíveis principalmente a nível de sistema operativo ou de configurações atípicas do computador usado com o sistema. Obviamente este tipo de erros não será, por razões óbvias, aqui abordado.

### **Algumas notas sobre o sensor de velocidade**

O sensor de velocidade é uma parte integrante e não menos importante que o *software* do sistema de medição de velocidade completo.

É a parte do sistema onde sem dúvida existem menos cálculos e menos processamento, mas é também onde se faz a medição de velocidade em instantes determinados e também onde se ultrapassam alguns problemas de *hardware* relacionados com a própria medição de velocidade com base em pontos anatómicos em movimento.

É também no sensor (até porque é a única parte onde é possível fazer isso) onde se aplica um determinado atrito ou força resistente responsável por manter esticado o fio de leitura de velocidade reduzindo assim drasticamente possíveis erros de medição causados pela oscilação do fio (inércia).

À parte desse tipo de funcionalidades, o princípio de funcionamento do sensor pode ser descrito como a medição da velocidade em instantes predeterminados (através da medição de distância percorrida em intervalos de tempo fixos e bem definidos) e imediatamente a seguir, o envio dessa amostra de velocidade para o *software* desenvolvido de maneira a este ser mostrado imediatamente (no gráfico de curva de velocidade em tempo real) e também temporariamente armazenado e usado mais tarde para análise do ensaio sob várias formas, como foi visto atrás.

Para uma descrição mais detalhada, quer sobre o modo de funcionamento quer sobre o próprio *hardware*, consulte o manual próprio do sensor.

### **Dados recolhidos e Armazenados pelo Sistema**

Em cada ensaio levado a cabo e validado com sucesso, o sistema guarda em disco 4 ficheiros diferentes.

Um dos ficheiros é um relatório sucinto do ensaio efetuado. Outro tem todos os dados úteis do ensaio, que poderão posteriormente ser utilizados em análises mais detalhadas dos ensaios.

---

Estes ficheiros são armazenados juntamente com uma imagem JPEG do gráfico de velocidade em tempo-real e outra no mesmo formato do gráfico de ciclo típico.

A localização de todos os ficheiros é a escolhida na janela de “guardar ficheiro” que é apresentada ao utilizador quando na 1ª página do *software* se clica em **GRAVAR**. Isto se for respeitado a condição necessárias de preenchimento de campos já citada e descritas.

O nome dos ficheiros de relatório podem ser alterados na mencionada janela “guardar como”. Ainda assim, uma alteração desse tipo é fortemente desaconselhada.

Dado que o *software* foi desenvolvido e pensado para se efetuarem vários ensaios na mesma sessão, é importante um bom mapeamento dos ficheiros armazenados de maneira que toda a informação de todos os ensaios esteja bem organizada.

Como tal, é sugerido que o nome proposto pelo próprio *software* para os ficheiros sejam aceites e confirmados. O nome dos ficheiros de relatório de dados (.doc e .csv) têm um nome que segue a seguinte sintaxe:

*sobrenome\_nrºensaio\_data.doc*

*sobrenome\_nrºensaio\_data.csv*

Por sua vez os ficheiros JPEG com as imagens dos gráficos obtidos seguem uma sintaxe um pouco diferente.

Gráfico de ciclo típico:

*sobrenome\_ciclo\_nrºensaio\_data.jpg*

Gráfico de velocidade em tempo-real:

*sobrenome\_gráfico\_nrºensaio\_data.jpg*

Deste modo é possível diferenciar os dois ficheiros de imagens (que de resto obrigatoriamente teriam nomes diferentes por imposição de se localizarem no mesmo diretório) sem necessidade de os abrir nem pré visualizar. Esta possibilidade poderá facilitar bastante o manuseamento dos ficheiros de imagem criados pelo *software*.



Os nomes dos ficheiros de imagens não podem ser alterados pelo utilizador, no *software* do velocímetro. São incondicionalmente criados respeitando a sintaxe mostrada nos parágrafos anteriores. Apenas depois de criados em disco, podem ser alterados os nomes dos ficheiros, como qualquer outro ficheiro guardado em disco, embora essa ação não seja aconselhável.

---

### **O ficheiro .doc**

Neste ficheiro é armazenado um relatório resumido do ensaio, contendo os gráficos de ciclo típico e o de velocidade em tempo-real e alguns dados essenciais do ensaio, indicados sob forma de texto.

A informação é mostrada de uma forma sucinta e devidamente organizada, segundo o tipo de informação em causa como seja pré ou pós ensaio. Os parágrafos de informação neste ficheiro estão separados pelos próprios gráficos ou então por barras horizontais escuras.

Assim, este documento começa com um título que identifica logo à partida o nadador e a data do ensaio. Num bloco de informação seguinte existe a informação relativa ao nadador ensaiado, conforme foi pedida na 1ª página do *software*. A seguir existe um bloco semelhante com informação pós ensaio com relevância como sejam as velocidades média, máxima e mínima; distância percorrida; tempo de nado; coeficiente de variação de velocidade assim como as informações introduzidas no *software* sob forma de comentários ao ensaio. Por baixo desta informação fica então o gráfico de velocidade instantânea, recolhido quando da realização do ensaio. Depois deste gráfico existe outro, menor, com a estimativa do ciclo típico do nadador ensaiado que é seguido de uma tabela com as coordenadas (tempo relativo, velocidade) de todos os pontos pertencentes a esse gráfico.

### **O ficheiro .csv**

Este é o ficheiro que contém toda a informação útil disponível após a realização do ensaio. É um ficheiro de informação mais detalhada que o anterior e que, embora de leitura ligeiramente mais difícil pode e deve ser usado pelo treinador para analisar mais detalhadamente o ensaio efetuado, se assim for necessário.

Sendo um ficheiro para especialistas não contém tanta descrição da informação disponibilizada, embora essa informação seja mais completa. Uma impressão parcial deste ficheiro existe também em anexo do documento.

O ficheiro começa com a informação relativa ao nadador seguido de data e hora do ensaio. A seguir encontra-se a informação mais relevante do ensaio, à semelhança do relatório. doc. Começa então a informação relativa ao ciclo típico estimado; coordenadas com informação de amplitude de velocidade, tempo de cada fase do ciclo (entre quaisquer dois pontos notáveis), acelerações de cada fase do ciclo e ainda a percentagem de tempo de ciclo que cada fase demorou. Consegue-se a partir destes dados fazer uma caracterização muito detalhada do ciclo típico do nadador ensaiado. Finalmente existe ainda uma tabela com as coordenadas da totalidade dos pontos do gráfico de velocidade em tempo-real. Esta tabela final tem como objetivo permitir ao treinador o acesso a qualquer fase do ensaio, ponto a ponto, de maneira

---

que este possa efetuar uma análise personalizada de qualquer zona de nado ou até mesmo uma análise alternativa à feita pelo *software* à totalidade do ensaio.

Juntamente com estes dois ficheiros de dados são ainda armazenados os dois gráficos (de velocidade e de ciclo típico) sob forma de imagens JPEG para qualquer uso ou análise necessária. Este procedimento de guardar cópias das imagens foi adotado dada a perda de qualidade das imagens em causa ao serem inseridas no ficheiro .doc, qualidade essa que poderia não ser suficiente para determinado uso das imagens, como uma eventual apresentação em público.

### **Aplicações e Conclusões**

Este sistema de medição de velocidade (constituído essencialmente pelo sensor e pelo *software* apresentado aqui) foi desenvolvido exclusivamente para o apuramento da técnica de natação em peito. Ainda assim este pode ser utilizado no estudo de outras técnicas de nado embora a análise de ciclo típico só seja válida nesta versão (1.0) para peito. No entanto, a aquisição de dados e conseqüente medição de velocidade funciona em qualquer técnica de natação.

Com ligeiras alterações de análise padronizada dos dados, o sistema ganha um novo leque, mais aberto, de aplicações.

Realça-se assim a possibilidade deste sistema poder ser utilizado “fora da piscina”. Algumas aplicações suplementares existem como a análise cuidada de pessoas não a nadar mas a caminhar ou mesmo correr que poderia ser um método de análise de recuperação física.

Poderia ainda este sistema ser utilizado ao mais alto nível, na análise de corredores. De modo semelhante ao que aqui foi feito na natação, o sistema poderia servir à análise de corrida ou mesmo marcha, no atletismo.

Encontram-se aplicações para este sistema principalmente ao nível de desporto e medicina de recuperação, à custa de generalização do *software* ou de particularização deste a novas aplicações através da criação de novas versões dedicadas.

### **Requisitos mínimos do sistema**

Para um funcionamento com qualidade garantida e performance adequada, são aconselhados os seguintes requisitos mínimos: (i) *Pentium*® III 600 MHz ou superior; (ii) 256 MB de RAM; (iii) 200 MB espaço livre em disco; (iv) *Windows* 2000/XP ou mais recente e (v) Paleta de cores de 16 bit's ou mais.