



Biomecânica

das Actividades Desportivas

Hugo Louro, Marco Branco, Vitor Milheiro e Ana Conceição

ÍNDICE

Prefácio.....	V
Observação e Análise Técnica Qualitativa.....	1
Análise Quantitativa do Movimento: Análise Cinemática.....	73
Cinesiologia – noções.....	121
Eletromiografia	141

O presente livro procura elencar um conjunto diversificado de temáticas relativas à biomecânica das atividades desportivas.

O desporto em geral tem apresentado, nos últimos tempos, diversas transformações, quer ao nível do treino quer do ensino, do fitness e desportos na Natureza. Sendo pertinente que os profissionais desta área possuam conhecimentos atualizados sobre o movimento, de forma a auxiliar a sua atividade profissional e de forma que as sessões possam ser mais adequadas e estruturadas.

O momento do lançamento do livro é propício, pois a evolução da biomecânica neste último ciclo olímpico, que culminou nos jogos olímpicos de Londres 2012, foi diferenciada das restantes Ciências do Desporto. No próximo ciclo olímpico, de forma a poder-mos romper com os paradigmas pré-concebidos, será crucial ter consciência da técnica e dos contributos da tecnologia.

Os autores, procuraram mencionar as razões que levam os atletas a escolher determinada técnica desde a formação ao alto rendimento e procuraram captar técnicos de desporto, professores, atletas para desfrutarem, refletir sobre o movimento através da leitura deste livro.

Regente da UC Biomecânica das Atividades Desportivas

Prof. Doutor Hugo Louro

CAPITULO 1: Observação e Análise Técnica Qualitativa

Autores: Hugo Louro

1. Introdução

O sucesso desportivo de qualquer atleta está relacionado com a sua técnica, onde a mínima melhoria é particularmente decisiva no resultado final do desempenho desportivo.

Partindo deste pressuposto, a observação e análise sistemática, quer em treino, quer em competição, é um procedimento fundamental na avaliação e na otimização do desempenho desportivo.

A observação tem vindo a ser descrita na literatura segundo diversas taxionomias (Campaniço, 1999), sendo classificada segundo duas formas distintas: (i) assistemática e (ii) sistemática. A observação sistemática refere-se à observação estruturada, planeada e controlada, permitindo tornar o ato de observar consciente, intencional, previsível, controlável e eficaz (Lewis, 1979; Pauwels, 1979; Brito, 1994).

Frequentemente, a observação é utilizada nas atividades físicas e no desporto, (Campaniço, 1999), sendo considerada uma competência particular comumente associada ao processo de análise e avaliação do movimento (Knudson & Morrison, 1997; Piasenta, 2000). Por sua vez, a observação, enquanto técnica, associa-se à quantificação do desempenho desportivo, tanto em treino como em competição, gerando informação que podemos expressar na forma de (i) resultados; (ii) características das prestações; (iii) condições de desempenho; (iv) descrição das ações, ou comportamentos (Campaniço, 1999). Por outro lado, a conceção de um sistema de observação no contexto desportivo

passa por um conjunto de aspetos fundamentais: (i) o que se observa; (ii) quem se observa; (iii) como se observa (Alves, 1995; Chollet, 1990).

A técnica desportiva não é mais do que a “imagem ideal” de uma sequência de movimentos que permitem obter, de um modo racional e principalmente económico, a resolução de um problema motor. Através da avaliação de vários movimentos desportivos é importante ter em conta os desvios entre a técnica ideal, ou padrão, e a resposta individual do atleta. Segundo Grosser e Newmaier (1986) esse modelo ideal pode ser descrito de forma verbal, gráfica, matemática, biomecânica, anátomo-funcional, entre outras .

Uma técnica desportiva aperfeiçoa-se por um conjunto de procedimentos ou tarefas de treino, que permitem alcançar, do modo mais racional e económico, o objetivo para o qual se orienta o desempenho.; ou seja, o melhor resultado, tendo em linha de conta as estruturas anatómicas e funcionais do corpo humano perante os constrangimentos do envolvimento (Winter, 1990).

Grosser & 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. Arellano (1993), refere que podemos dissecar a execução desportiva em diferentes informações técnicas relevantes. Esta mesma análise simplificada e utilizada em treino pode servir para caracterizar o comportamento técnico.

Desta forma, a técnica é unanimemente considerada como um dos fatores determinantes em termos de rendimento desportivo (Costil et al., 1992; Alves et al., 1996; Piasenta, 2000).

Em algumas modalidades como, natação, surf, hidroginástica e canoagem, deparamo-nos com uma grande dificuldade para realizar observações e análises técnicas devido à complexidade das características do meio aquático, uma vez que são, modalidades que apresentam uma panóplia de particularidades bastante superior a outras modalidades desportivas, desenvolvidas noutro meio físico. Nomeadamente no que concerne à observação subaquática das fases e sub-fases. Assim, a construção de instrumentos para recolha de dados e tratamento de informação delimitam grande parte das análises. Em termos organizacionais, os recursos específicos para a aquisição, preparação e análise dos dados, muitas vezes limitam o tempo que é destinado a outras tarefas do treino.

De acordo com Rosado (1995), o método de observação rege-se fundamentalmente pelo paradigma quantitativo (analisar acontecimentos procurando a relação de associação entre as variáveis implicadas) e pelo paradigma qualitativo (explicar acontecimentos no seu contexto natural, num nível de observação mais realista e de elevada validade ecológica).

O termo técnico significa “o modelo ideal”, “padrão ou standard” de um movimento relativo a uma determinada disciplina desportiva, manifestada pela execução específica de uma tarefa inerente a um programa motor predominante, em função das

capacidades motoras, psíquicas, sensório-cognitivas e do contexto onde se desenrola a ação, procurando alcançar da melhor forma possível um objetivo desportivo. Em cada técnica definem-se elementos cujos movimentos devem ser precisos e eficientes; quanto mais perfeita for, menor consumo de energia é necessário para obter um resultado satisfatório. Um sinónimo de “boa” técnica expressa-se por elevada eficácia e eficiência motora (Arellano, 1993; Alves, 1995).

2. Fatores que contribuem para a Eficiência Técnica

Para Giménez (1993) a técnica é um processo ou conjunto de processos que são aprendidos através do exercício que permite realizar com a máxima economia, precisão e eficiência numa determinada tarefa motora e/ou movimento.

Arellano (1993), Alves (1995), Weineck (2003) e Bompa (2005) referem que um sinónimo de “boa técnica” expressa-se por elevada eficácia e eficiência motora, o que consequentemente pode resultar em sucessos e êxitos desportivos.”

No entanto, Manno (1991) e Platonov (2004) vão mais longe e referem diversos fatores que contribuem para a eficiência técnica:

- **A validade:** o atleta deverá estar consciente dos seus objetivos, solucionando as tarefas com altos resultados finais;
- **A estabilidade:** o atleta deverá estar seguro diante das alterações externas relacionadas às ações da competição;

- **A variabilidade:** o atleta deverá variar e corrigir satisfatoriamente as ações quando em competição;

- **A economia:** o atleta deverá poupar-se fisicamente através do uso racional de energia na realização dos movimentos;

- **A mínima informação táctica ao rival:** o atleta deverá esconder ao máximo a sua real intenção táctica e técnica.

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

Contudo, o processo de estruturação, planeamento do ensino e aperfeiçoamento técnico-desportivo torna-se um fator de forte impacto na obtenção de eficiência técnica.

Segundo Starosta (1991) o processo de aperfeiçoamento técnico-desportivo divide-se em diferentes fases:



Figura 1: Fases que melhoram a qualidade da técnica desportiva.

I – Técnica elementar: base estrutural do movimento, o atleta reproduz uma forma aproximada do modelo técnico.

II – Técnica padrão: o atleta tenta executar o movimento conforme descrito nos manuais, filmes, vídeos, treinos observados, etc., que explicam como executar o movimento. O atleta pode alcançar este nível de desempenho por autoaprendizagem, tentando reproduzir padrões técnicos apresentados pelos diferentes meios referidos. Considera-se o mais alto nível de desporto recreativo, cujo fim não é a competição de alto nível.

III – Técnica individual: desenvolve-se em atletas de nível médio e alto, é necessário a participação de um treinador na maioria dos casos, sendo que o atleta é preparado para competições regulares de níveis médios/elevados.

IV – Técnica de campeão: Em alguns atletas talentosos o processo finaliza na fase II. Noutros, a adaptação ao modelo foi adequada e como resultado final obtêm-se sucessos em competições de alto nível.

V – Técnica ótima: consiste na definição do modelo técnico de cada atleta, em que as componentes motoras e as características de cada atleta se adaptam em função do modelo técnico.

É de referir que uma sequência metodológica coerente com métodos científicos deve ser seguida para otimizar o treino técnico-desportivo (Harre, 1983; Bompá, 2002; Gomes, 2002; Weineck, 2003; Platonov, 2004).

Bompá (2002), referiu que a maioria dos atletas que passam por um programa de treino bem estruturado e sistemático apresentaram melhores performances.

3. Análise técnica

A análise técnica contribuiu, quer qualitativamente, quer quantitativamente, para o crescimento do desporto, uma vez que, através do seu rigor metodológico facilita a tarefa dos treinadores e atletas, na interpretação e resolução dos problemas físicos que se colocam ao atleta ao longo do processo de ensino e de treino.

Neste contexto, o recurso a uma observação sistemática orientada para a análise técnica é uma ferramenta determinante; uma vez que a facilidade com que se retira informação, permite-nos obter um leque mais alargado e detalhado de informação relativa ao modelo

técnico utilizado pelo atleta, em oposição com recurso a uma vista desarmada.

Um modelo técnico não pode ser uma estrutura rígida mas antes uma estrutura flexível, adaptável às características morfofuncionais dos atletas e podendo incorporar consistentemente a evolução dos companheiros e das práticas de preparação que se vão afirmando ao longo do tempo. Este modelo deve estar sempre baseado em conhecimentos científicos atualizados e na experiência prática do treinador tendo como pressuposto fundamental uma maior eficiência técnica.

Um modelo eficaz deve conter uma componente quantitativa e outra qualitativa (Abrantes, 1997). A primeira componente, serve como meio de localização espaço temporal dos acontecimentos e a segunda, procura interpretar esses mesmos acontecimentos. Contudo, mesmo a melhor descrição de um modelo será incompleta e imperfeita. Ela não permite compreender a realidade em questão na sua totalidade e não representará de forma absolutamente fiel essa mesma realidade (Chollet, 1997).

As análises técnicas têm sido efetuadas, desde a década de 60, recorrendo a métodos e técnicas experimentais e quasi-experimentais. Podemos encontrar vários estudos na área da análise do modelo técnico nesta área e associados ao consumo de oxigénio, eletromiografia, velocidade crítica, variação da velocidade, entre outras.

4. Análise técnica qualitativa

De acordo com Piasenta (2000), para se atingir o melhor resultado no desporto é imprescindível realizar análises qualitativas com base na observação do desempenho.

Perante a forte influência dos modelos de referência das análises biomecânicas, a observação qualitativa foi sendo realizada ao longo dos tempos como uma técnica de análise, recorrendo-se ao método por listagem; tendo como modelo de referências, as características relevantes da execução técnica divididas em categorias e itens, centrando a atenção no registo da diferença, ou desvio técnico. No entanto, a avaliação por este método é limitada face ao carácter unidimensional do sistema de registo por frequências.

Consideramos que os instrumentos clássicos são limitados na forma como descrevem o comportamento, pois dependem dos critérios circunscritos por categorias fechadas, “exaustivas”, que se excluem mutuamente, sustentados por um conhecimento empírico de referência em torno de uma dada realidade. A avaliação qualitativa para efeitos de competição, aparece configurada em forma de “listagens de erros técnicos” (check lists), procurando evidenciar: (i) os aspetos técnicos mais relevantes; (ii) uma sequência de itens de modo a corresponder à ordenação temporal dos eventos a serem observados; (iii) respostas às mesmas perguntas segundo um padrão de análise comum (Chollet, 1990; Alves, 1995; Campaniço, 1999;). A validação da informação neste método é feita com base num dado modelo, ou argumento de especialistas, ou ainda tendo em conta o resultado médio de um determinado número de observações e observadores,

(índices de Kappa, ou concordância de Bellak), envolvendo o treino observacional (Ander-Egg, 1978; Zatsiorski, 1989; Anguera, 1990; Almeida 1993).

Se recorrermos a uma análise sequencial para as análises técnicas, por ocorrências em intervalos críticos de tempo, previamente definidos por critérios probabilísticos, utilizando instrumentos de cotação *ad hoc* e enquadrado por critérios abertos que nos permitem um registo multidimensional dos dados, iremos abrir novas alternativas às análises qualitativas no desporto.

Com recurso à Metodologia Observacional é possível trazer para o estudo de comportamentos desportivos em contextos naturais, critérios científicos sem restringir a execução, quer em treino, quer em competição. A utilização das principais características biomecânicas dos modelos de referência atuais e o leque de opções oferecido pela Metodologia Observacional permite-nos criar instrumentos de codificação, quer centrados nas características que distinguem a execução eficaz, quer no que se entende por erro técnico. Em ambos os casos, é possível de forma bastante simples discriminar informação útil para a otimização de um gesto técnico. Estes procedimentos são acessíveis a qualquer utilizador que realize um treino prévio de observação, desde que se recorra a um manual de apoio previamente definido.

Uma outra característica importante a salientar é o recurso a processos de codificação informatizados, o que simplifica o processo de registo. As sequências temporais de códigos registados por análise

multidimensional, conhecida por configuração de códigos, ou moles, permitem-nos catalogar os vários níveis de interação entre as principais características técnicas, obtendo uma representação de cada instante ou fase de observação. O seu processamento informatizado mediante catálogo de configurações oferece ao observador informações sobre estabilidade ou variabilidade das execuções em zona crítica da realização do sistema de gestos de um atleta.

Tendo presente as sequências de comportamento e os intervalos críticos de tempo para o registo de dados, a reconstrução multidimensional das interações permite-nos passar para um outro patamar da análise técnica; o que classificamos por padrões temporais escondidos, ou seja, representações gráficas das interações entre diferentes eventos, que ocorrem dentro do critério de tempo previamente definido pelo investigador. Para o estudo da otimização dos movimentos, este tipo de análise pretende avaliar, de uma forma fácil e expedita, como o atleta relaciona sequências de comportamentos, ou seja, os padrões escondidos. Isto é, relevante se considerarmos os dados discretos onde é difícil visualizar sequências de código relacionáveis entre si dentro de milhares de registados.

Deste modo, através deste método de análise é gerado um sistema simplificado de representação de padrões comportamentais que nos permite evidenciar características relevantes, em especial a estabilidade ou variabilidade da execução. Mais relevante ainda é o facto de que este método é aplicado em contexto natural, sem interferir na realização do praticante, não causando qualquer tipo de

constrangimentos mecânicos, além de permitir a qualquer treinador, atleta ou outro utilizador o registo das principais características sem exigir grande preparação científica ou elevada perícia observacional.

O recurso a diferentes técnicas estatísticas associadas a análises sequenciais permite dissecar e discriminar aspetos críticos que explicam o processo técnico, com possível representação das inúmeras associações e/ou interações relevantes, proporcionando um conhecimento aprofundado do processo de ação.

Permite-nos explicar as relações temporais, a forma como as componentes técnicas se relacionam hierarquicamente entre si e como se estrutura um padrão motor de um determinado atleta (Campaniço et al., 2006; Oliveira et al., 2006; Cardoso et al., 2008; Louro et al., 2009; Louro et al., 2010).

O recurso à Metodologia Observacional possibilita encontrar os padrões comportamentais dos atletas através do algoritmo *T-patterns*, ajudando a compreender as relações entre várias condutas numa forma simplificada. Para isso, é necessário recorrer a instrumentos de observação que registe os comportamentos com um número de critérios ajustados.

A grande vantagem da utilização da Metodologia Observacional consiste em conseguir levar o laboratório para o terreno, gerando a obtenção de dados imediatos sem interferir ou manipular o comportamento dos sujeitos estudados. O método é rigoroso embora ao nível da validade e quando comparado com métodos quantitativos acaba por ser reduzido.

A Metodologia Observacional, tratando-se de uma metodologia científica, implica o seguimento de todas as fases próprias das metodologias empíricas utilizadas nas Ciências do Comportamento: delimitação do problema, recolha de dados e a sua otimização, análise dos dados e a interpretação dos resultados (Hernández et al., 2000).

Bakeman & Gottman (1989), Anguera et al., (2000) e Sharpe & Koperwas (2003) referem que são necessários alguns requisitos básicos para a metodologia observacional. Ou seja, a espontaneidade do comportamento, onde o pesquisador não deve intervir na conduta do sujeito ou sujeitos observados, devendo este comportamento ser espontâneo, natural e não devendo ser planeado ou preparado. O indivíduo deve desempenhar o comportamento em condições o mais “naturais” possível e não devem ser modificadas as variáveis de contexto, metodologia e performance (contextos naturais). Quanto ao estudo ideográfico, a observação deve ser individualizada, atendendo a um número reduzido de sujeitos (preferencialmente uma). Também é determinante que o número de condutas a observar seja pequeno. O instrumento “*ad hoc*” abrange as categorias ou sistema de categoria e terá de se adaptar aos níveis de exclusividade, exaustividade e contemplação dos distintos níveis de codificação.

Por fim, a observação deve ser contínua no tempo, caso contrário pode causar erros por causa de fatores influentes (continuidade temporal).

De outra forma, os mesmos autores (Anguera et al., 2000) classificaram a Metodologia Observacional em função do grau científico, de participação, de percepção e níveis de resposta.

Tal como todas as metodologias, também a metodologia observacional possui vantagens e desvantagens. Louro et al. (2010), referem que o facto de ser uma metodologia rigorosa e flexível, com algo bem planificado e em poucas horas de registo podermos obter uma grande quantidade de informação é uma vantagem; por outro lado, o dispêndio em tempo, o desvio por reatividade e a inadequação para o âmbito cognitivo foram apresentadas como desvantagens desta metodologia.

Os instrumentos de observação, tal como a criação de um sistema de codificação é um acontecimento prévio à recolha de informação na investigação com recurso à Metodologia Observacional. No âmbito do desporto, mais precisamente na observação, os instrumentos standard, devido à diversidade de situações de análise, não podem ser muitas vezes utilizados. Assim, é imprescindível recorrer a instrumentos *ad hoc* com uma flexibilidade adequada que permita adaptações ao fluxo das condutas e em contexto onde se inserem as observações em estudo (Anguera, 1998; Anguera et al. 2000; Campaniço & Anguera, 2000).

Os padrões da técnica constituem um excelente meio de visualizar a direção dos movimentos propulsivos que os atletas executam por ação dos seus membros. Os padrões de uma determinada técnica são muito similares para todos os atletas, apesar

de alguns apresentarem pequena variação individual que os diferencia de outros, utilizando o seu estilo pessoal.

Um modelo técnico não pode ser uma estrutura rígida mas antes uma estrutura flexível, adaptável às características do executante e podendo incorporar consistentemente a evolução dos companheiros e das práticas de preparação que se vão afirmando ao longo do tempo. Este deve estar sempre baseado em conhecimentos científicos atualizados e na experiência prática do treinador desportivo.

5. Observação dos Movimentos Desportivos

A Observação em desporto, assume características particulares face aos objetivos e contexto onde se desenrola ação. Aparece tanto associada à intervenção do agente de ensino/treino como do praticante, revelando-se para ambos uma competência particular. No desporto, 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.

Quando nos referimos à otimização do sistema de gestos desportivos, a observação torna-se fundamental, sendo direcionada, inserida e objetiva para avaliação dos comportamentos observáveis, de forma obter dados sobre: (i) o nível desportivo dos atletas; (ii) as características de realização; (iii) o prognóstico da excelência desportiva. Assim, quando avaliamos a qualidade de execução de um

sistema de gestos, é frequente a utilização de critérios discriminativos e com grande poder informativo para tornar mais objetivo o valor real da informação obtida (Zatsiorski, 1989; Thomas & Nelson, 1990; Baumgartner & Jackson, 1995).

Almeida (1993) refere que o objetivo da sua utilização da observação “não é só o diagnóstico das condutas motoras, mas também a identificação e avaliação da técnica e respetivos parâmetros de controlo, tendo em vista a compreensão e a modificação do comportamento alvo em situação, ou no processo de ação e desenvolvimento”.

Assim, aquando da observação de um movimento e/ou técnica desportiva é necessário compreender e analisar o desenvolvimento e executar do mesmo.

Segundo Campaniço (1999), a observação, enquanto técnica, associa-se à quantificação do desempenho desportivo, tanto em treino como em competição, gerando informação que podemos expressar na forma de: (i) resultados; (ii) características das prestações; (iii) condições de desempenho; (iv) descrição das ações, ou comportamentos.

Neste âmbito, se queremos observar um aspeto específico de um gesto técnico, recorre-se à análise qualitativa, análise essa que se baseia na perceção global acerca da qualidade da prestação, ou seja, tem-se como objetivo definir com precisão uma habilidade motora ou gesto técnico. (Knudson & Morrison, 2001).

Estudando as origens da palavra técnica, esta deriva do Grego “téchhné”, significando “arte” (Chollet, 1990). Bompá (2005) definiu de forma clara e simples a técnica como a maneira pela qual uma habilidade é desempenhada.

A técnica desportiva é definida como a realização de um procedimento (gesto específico característico de um atleta), ou um conjunto de procedimentos e ações que possibilitem, de uma forma mais racional, através da interação de forças internas e externas, uma maior objetividade da tarefa com a maior economia biológica possível, atingindo assim, os melhores resultados. A sua função, normalmente, consiste em regular a velocidade e a frequência de um movimento, bem como o tempo de reação do mesmo (Manno, 1991; Bompá, 2002; Weineck, 2003; Platonov, 2004).

Martin et al., (2001) referem que uma técnica adequada e boa, é quando com ela se consegue atingir um ótimo nível biomecânico e de estabilidade.

Um modelo técnico não pode ser uma estrutura rígida mas antes uma estrutura flexível, adaptável às características do executante e podendo incorporar consistentemente a evolução dos companheiros e das práticas de preparação que se vão afirmando ao longo do tempo. Este deve estar sempre baseado em conhecimentos científicos atualizados e na experiência prática do treinador.

Consideramos que os instrumentos clássicos são limitados na forma como descrevem o comportamento, pois estes dependem dos critérios circunscritos por categorias fechadas, “exaustivas” e que se

excluem mutuamente, sustentados por um conhecimento empírico de referência em torno de uma dada realidade.

A metodologia observacional permite ao observador um leque mais variado de possibilidades para registo do comportamento técnico em contexto de ação, adaptando-se facilmente a todas as circunstâncias de análise em terreno. O recurso a diferentes técnicas estatísticas associadas a análises sequenciais, permite, por sua vez, dissecar e discriminar aspetos críticos que explicam o processo técnico, com possível representação das inúmeras associações e/ou interações relevantes, proporcionando um conhecimento aprofundado do processo de ação.

A fronteira entre observação e avaliação “quantitativa” e “qualitativa” do movimento, esbate-se com esta metodologia. Desta forma, depende-se mais dos objetivos imediatos do observador do que do suporte instrumental utilizado.

A observação sistemática, segundo técnicas observacionais com o recurso a instrumentos “*ad hoc*”, sistemas de categorias¹ ou formatos de campo² (Anguera, 1990), ou seja, o uso dos instrumentos

¹ Constitui o instrumento de investigação observacional. Trata-se de uma construção do observador baseada numa lista de comportamentos, assente numa recolha empírica exaustiva, de acordo com um determinado marco conceptual. Propõem-se critérios que permitem agrupar por afinidade os comportamentos que recebem uma determinada denominação. Constitui um sistema fechado que se ajusta às condições de exaustividade, no âmbito considerado e exclusividade mútua. Em natação, e.g., Campaniço (1999).

² Instrumento de registo baseado em listagem aberta de comportamentos com sistema de notação e lista de configurações, que são unidade básica de registo e que consiste no encadeamento de códigos correspondentes a condutas

flexíveis de registo de comportamentos técnicos de uma forma sequenciada no contexto de ação.

Com o evoluir do registo de imagem e dos próprios *softwares*, o acompanhamento do gesto técnico e das ações desportivas tem-se tornado uma linha de investigação em crescimento, sendo já inúmeros os procedimentos de gravação, registo e análise utilizados para estudar a técnica desportiva em provas. Nas últimas décadas, o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos recursos tecnológicos tem permitido realizar investigações sobre o desenvolvimento, quer de novos modelos teóricos dos padrões gestuais, quer sobre o alcance e limitações dos mesmos no sentido da otimização do rendimento individualizado (Chatard, 1985; Costil et al., 1987; Colman & Persyn, 1995; Colman et al., 1998). Martin et al., (2001).

Daí no mundo da investigação científica existirem já diversas definições de observação que nos guiam para a análise detalhada do gesto técnico. Observação é um processo que inclui a atenção voluntária e a inteligência, orientada por um objetivo terminal ou organizador e dirigido sobre um objeto para dele recolher informações. Para Sarmiento (1991) a observação é considerada um instrumento de avaliação constituindo um elo de ligação com a performance motora. No entanto para Garganta (1997) a observação continua a ser um meio privilegiado a que o ser humano tem recorrido para aceder ao conhecimento, bem como um importante guia para a ação. Brito (2005)

simultâneas, ou concorrentes permitindo um desenvolvimento do registo exaustivo do fluxo de conduta.

refere-se à observação como “ um olhar dirigido com mais atenção, com o intuito de examinar para o estudo”, sendo o observador “(...) aquele que segue com atenção, que observa os fenómenos, os acontecimentos”.

A observação está associada a todas as tarefas humanas, sendo que, no desporto, são inúmeras as metodologias de ensino e treino que referem a sua importância, quer enquanto instrumento utilizado para maximizar os processos de aprendizagem, quer pela objetividade que introduz à otimização do desempenho desportivo.

De forma mais objetiva, Lewis (1979), Pauwels (1979), Sarmiento (1987), e Hernandez & Molina (2002) afirmam que a observação deve ser sistemática, objetiva, válida, eficaz, previsível, controlável e confiável, devendo ter um objetivo determinado e estar planeada para o mesmo. A sua tarefa específica deverá relacionar-se com um quadro de conhecimentos ou de proposições mais gerais. Do mesmo modo, devem-se otimizar os dados recolhidos e adequar a estratégia de análise em função do objetivo.

Desta forma, Croll (1995) refere vários aspetos importantes da observação sistemática no processo:

Ser claro no objetivo, devendo estar claramente especificado antes de se iniciar a recolha de dados;

Ser determinante e rigoroso na definição das categorias e definir os critérios para classificar as condutas nas diversas categorias;

Fornecer dados (pode ser em quantidades) podendo ser relacionados com outros dados através de técnicas estatísticas;

Ser rigoroso nos procedimentos elaborados para que os sistemas de observação proporcionem uma informação o mais objetiva possível da situação descrita. Uma vez estabelecidos e definidos os critérios e itens para as categorias, o observador deverá seguir à risca todas as letras previamente acordadas para que as informações dos observadores difiram uns dos outros o menos possível.

Anguera (1998) vai mais longe e refere que observar depende da interação de três elementos fundamentais: (i) percepção; (ii) interpretação; (iii) conhecimento prévio. A percepção é entendida como o suporte físico da observação, representando a seleção primária dos fragmentos de um dado contexto, que se coordenam entre si, formando aquilo que entendemos por imagem do movimento e com o qual nos é permitido obter o que sucede, num dado instante. A percepção é limitada por vários fatores, em particular, pela atenção e pela capacidade de processar informação. A interpretação corresponde ao “significado” do que foi percebido, expresso no conteúdo, em função dos objetivos e dos contextos em que se desenrola a observação. Trata-se de uma representação cognitiva que implica uma seleção secundária, obviamente vinculada às características do observador, ou mais concretamente, à objetividade e distanciamento efetivo da situação. O terceiro elemento decisivo na equação é o conhecimento prévio, que atua de forma diferente em função da amplitude e intensidade das observações. É muito útil se a finalidade é tornar-se base objetiva de apoio, ou referência, facilitando a interpretação do que foi percebido. No entanto, pode transformar-se

num grave risco se o conhecimento assumir uma forma tão determinante e restrita que retrai toda a dimensão interpretativa do que se observa.

6. Instrumentos de Observação

A criação de um sistema de codificação é um passo prévio à recolha de informação na investigação com recurso à Metodologia Observacional.

A observação, enquanto método observacional, segundo Anguera (1999), é particularmente utilizada para tratarmos informações registadas em contextos naturais, com recurso a instrumentos *ad hoc* e sistemas de codificação: (i) sistema de categorias; (ii) formatos de campo. Anguera (1998) e Anguera et al., (2000) referem que o sistema de categorias é de maior rigor pelo seu imprescindível suporte teórico e caracteriza-se, essencialmente, por ser um sistema fechado de códigos únicos e não autorreguláveis. Por seu lado, os formatos de campo constituem um instrumento especialmente adequado em situações de elevada complexidade e de falta de consistência teórica, sendo um sistema aberto, apto para codificações múltiplas e altamente autorreguláveis.

No entanto, para a criação dos denominados formatos de campo é necessário executar os seguintes passos:

- Estabelecer eixos de instrumentos ou critérios, fixados em função dos objetivos de estudo (e.g., condutas motoras, condutas verbais, contacto com os objetos, entre outros.);

– Cada critério deve possuir uma listagem “aberta” dos comportamentos correspondentes, sendo esses critérios anotados a partir da informação proporcionada na fase exploratória;

- Seleção de códigos para cada uma das condutas, ou comportamentos observados, que derivam de cada um dos critérios e que permitem desligar qualquer deles num sistema hierárquico de ordem inferior. Em função da complexidade do caso, pode-se tratar de sistemas de códigos duplos e triplos, etc;

- Elaborar uma lista de configurações, sendo a configuração a unidade básica no registo em formatos de campo, consistindo no encadeamento de códigos correspondentes a condutas simultâneas, ou concorrentes, o qual permitirá o desenvolvimento de um registo exaustivo do fluxo da conduta e uma enorme facilitação para as posteriores análises de dados.

Outro facto importante para a construção dos formatos de campo é o registo das unidades de observação por sistema de códigos alfanuméricos, o sistema de codificação decimal, que permite incluir novas entradas se for necessário, a partir da observação passiva e a realização de listas tipo catálogos de condutas com situações correspondentes a cada critério e em função dos objetivos de estudo decidir os eixos sobre os quais se constrói o instrumento (critérios).

A combinação dos dois sistemas complementam-se, pois acreditamos que ambos são necessários para poder “edificar” a estrutura do nosso registo.

7. Desenho Observacional

A configuração dos principais desenhos observacionais no final da década de noventa, permitiu uma disposição standard em coerência com o caráter flexível da Metodologia Observacional, obtendo-se uma substancial melhoria quando se colocou em prática o processo de sistematização e otimização dos dados observados (Anguera et al., 2000).

Os desenhos observacionais são constituídos com base em três critérios que funcionam como seus delimitadores, sendo eles, segundo Anguera (1992), os seguintes: sujeito, tempo e nível de resposta.

No que se refere ao critério ou dimensão sujeito, podemos encontrar duas perspectivas a partir das quais desenvolvemos a estratégia observacional: i) ideográfico (I e II quadrante); ii) Nomotético (III e IV quadrante), como se pode verificar na figura 2.

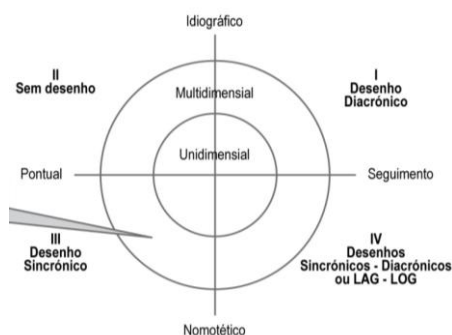


Figura 2: Desenhos observacionais (Anguera, 1992).

8. Identificar o desenho do estudo

Tratando-se apenas de uma unidade de observação (sujeito, parelha ou grupo) situamo-nos no pólo superior do eixo vertical de um sistema ortogonal e a estratégia observacional é do tipo ideográfico. Se pelo contrário, a unidade de observação são múltiplas (sujeito, parelhas ou grupos) a estratégia observacional é nomotético.

Relativamente à dimensão ou critério tempo, são também duas as possibilidades: tratando-se apenas de uma sessão, situamo-nos no pólo esquerdo do eixo horizontal do sistema ortogonal e configuramos uma estratégia observacional do tipo pontual (II e III quadrante). Se pelo contrário, a estratégia observacional responder a uma medida registada de forma continuada no tempo, situamo-nos no pólo direito do eixo horizontal do sistema ortogonal e trata-se de uma estratégia observacional do tipo seguimento (I e IV quadrante).

Por último, são também duas as possibilidades que encontramos relativamente à dimensão ou critério nível de resposta que afeta as condutas: i) unidimensional; ii) multidimensional. Se o fluxo de conduta se refere a um só nível de resposta, ou a um só tipo de elemento observado, enquadrarmo-nos numa avaliação do tipo unidimensional, representado pelo círculo concêntrico menor da figura 1. Se for um fluxo de conduta composto por diferentes níveis de resposta, a avaliação é multidimensional, sendo representado na mesma figura pelo círculo concêntrico maior. Aplica-se a teoria da generalizabilidade, quando tem vantagem integrar fontes de variação (observadores distintos, diversas ocasiões, vários instrumentos, tipos

variados de registos, ocasiões diversas, entre outros) numa estrutura global.

9. Exemplo de um Desenho do estudo

O desenho que iremos mencionar foi elaborado por Louro (2009) para analisar a estabilidade comportamental em nadadores de mariposa, tendo por base os padrões temporais (aspetos biomecânicos) - Concluindo que a estabilidade dos nadadores varia entre eles, uma vez que cada nadador adapta o seu próprio comportamento motor de acordo com as suas características individuais. O desenho do estudo que definimos é segundo Anguera, Blanco & Losada (2001), do tipo nomotético, pontual (uma só sessão) mas com uma estrutura de seguimento (sequência de ciclos gestuais) e multidimensional. Segundo Anguera (1993) é nomotético pois a nossa amostra é composta por oito atores com um vínculo comum (ciclos de nado de mariposa). É do tipo pontual pois os dados adquiridos são obtidos numa única sessão, existindo um seguimento ao longo da sessão da sequência de eventos, ou ciclos gestuais. Pretende-se estudar as condutas em várias dimensões em simultâneo, por isso se torna um registo multidimensional.

Numa fase exploratória, definimos os comportamentos a observar mediante uma explicação dedutiva enquanto referência biomecânica. As unidades de observação foram naturais (sequência de eventos) e analíticas (sequências de comportamento). As unidades de registo foram definidas como unidades de evento (frequência). Foram

adotados dois métodos de registo: i) ocorrências mediante ordem (*event recording*) e; ii) duração (*duration recording*), da totalidade da sessão. A amostragem temporal é contínua na sequência de eventos.

9.1 Método

O estudo foi baseado na metodologia observacional tendo o intuito de analisar a estabilidade e variabilidade do padrão de nado dos nadadores de mariposa selecionados. Em termos de metodologia de investigação recorreu-se à estrutura tipo estudo de caso.

Para a realização deste estudo utilizou-se um instrumento ad hoc misto que articula um sistema de categorias e formatos de campo (Anguera, 1990; Cardoso et al., 2008; Campaniço & Anguera, 2000; Oliveira, et al. 2006; Louro et al., 2009).

Recorreu-se à análise por sequências homogêneas de eventos, analisando o curso temporal pelo sistema de categorias e formatos de campo do nosso instrumento, mediante um desenho observacional tipo pontual, nomotético e multidimensional.

A estrutura do instrumento foi garantida pelos modelos biomecânicos da técnica e por argumento de autoridade de especialistas e o estudo da fiabilidade, intra e inter observador, garantindo a validade interna.

O recurso a métodos de análise específicos oferecidos pela ferramenta THÈME permitiu representarmos os padrões temporais escondidos.

9.2 Participantes

A amostra foi composta por 4 atletas de nível internacional do género masculino, tendo todos os elementos uma pontuação de pelo menos 750 pontos da tabela FINA na prova dos 100m mariposa.

Esta amostra foi selecionada tendo em conta os nadadores que representaram Portugal nas olimpíadas em provas que continham o estilo mariposa. A recolha foi efetuada em estágios de seleção nacional de natação para preparação para o campeonato do mundo e posteriormente, para os jogos olímpicos, estando os atletas num nível elevado da preparação técnica e física.

Para caracterizar os elementos da amostra, recorreremos à avaliação de características morfológicas: peso e altura. A recolha teve lugar antes do aquecimento para a realização do nosso protocolo.

- Altura:

Avaliação da altura - Antropómetro de Rudolf Martin

- Peso:

Avaliação do peso - Balança eletrónica marca “Thompson”

Tabela 1: Característica da Amostra: altura (m) e peso(Kg) idade (anos) Pontuação da FINA.

Quantidade	Nadador 1	Nadador 2	Nadador 3	Nadador 4	Média
Peso	74.00	82.00	80.00	73.00	77.25
Altura	181.00	186.00	188.00	183.00	184.50
Idade	22.00	25.00	21.00	20.00	22.00
Pontuação FINA	825.00	819.00	785.00	834.00	816.00

9.3 Instrumento

9.3.1 Instrumentos de Registo

Para o registo de imagem utilizamos uma Câmara *SONY* Mini-DV (50 Hz), com gravação em tempo real, estando conectada, via *Firewire*, ao disco rígido de um computador portátil (*Airis Centrino*, 1700 Mhz), e uma caixa estanque *Ikelite*. Para realizar a captação da imagem para formato digital utilizamos o Software *Movie Maker* e visualização em formato AVI. O local de registo foi uma piscina de 50 metros, coberta e climatizada.

9.3.2 Instrumento de Observação

O instrumento de observação foi construído “*ad hoc*” por Anguera, Blanco, Losada & Mendo (2000) criado por Cardoso, et al. (2008) e adaptado para o presente estudo por Louro, et al. (2009), a partir do marco teórico de referência (Colman & Persyn 1993; Silva & Alves 2000).

O instrumento utilizado foi adaptado por Louro et al. (2009a) do instrumento usado por Cardoso et al. (2008), a fim de tornar os critérios mais perceptíveis e que de alguma forma criassem menor variabilidade nos critérios a observar durante a execução de ciclos gestuais. Colocamos em cada fase dois momentos de observação para diminuir a variabilidade e discriminar acontecimentos dentro da mesma fase.

As unidades de codificação foram assumidas como eventos (Anguera, 1990; Anguera & Blanco, 2003) mediante uma métrica de duração, ordem e frequência, representando um ou mais comportamentos técnicos específicos. A validade interna e conteúdo foram garantidos por modelos biomecânicos de referência (Persyn, Colman & Ungerechts 2000; Silva & Alves 2000; Maglischo, 2003);

A taxionomia das condutas apresentadas foi elaborada através da combinação de estratégias dos instrumentos diferentes, ou seja, os sistemas de categorias e Formatos de Campo (Anguera & Blanco, 2003).

As categorias enquadraram somente critérios técnicos reguladores relevantes referentes à técnica de mariposa. Foram respeitadas duas questões essenciais: (1) exaustividade e; (2) mutua exclusividade; os Formatos de Campo garantiram o registo sistemático de vários aspetos mutáveis de um evento natural, para o qual se desenvolve uma lista de comportamentos, mas aberta a integração de novas situações relevantes.

A perspectiva sincrónica e diacrónica da codificação de eventos múltiplos possibilitou, para além de uma lista de configurações, dispor de uma enorme plasticidade multidimensional à análise de dados, sendo apenas permitido no uso de Formatos de Campo (Anguera, 1995; Anguera & Blanco, 2006; Anguera, Magnusson & Jonsson, 2007).

A percepção deliberada da realidade foi garantida pelo registo de um código, ou item, representando objetivamente uma dada realidade física (comportamentos técnicos), procurando minimizar, ao máximo, problemas de expectância, isto é, enviesamentos provocados

pelo observador por conhecimento prévio excessivo (Blanco & Anguera, 2000).

O ponto de partida da observação encontra-se na entrada das mãos na água, que daqui em diante será designada EMA.

Como condutas critério definiu-se as ações dos braços e como critérios agregados as pernas, a cabeça e a posição do tronco (ondulação e flutuação).

A caracterização da cabeça relaciona-se com a necessidade de entendermos a trajetória do corpo na sua globalidade, perante as ações propulsivas e de recuperação dos membros superiores e membros inferiores.

A conduta critério é observada de acordo com a caracterização temporal que delimita o início e o fim de cada fase do movimento, assim como os pontos-chave considerados como aspetos determinantes de execução técnica.

O que é importante no sistema de observação, é a quantificação de aspetos que consideramos importantes na realização do gesto técnico.

Cada critério foi subdividido em momentos. Cada momento compreendeu algumas frames do conteúdo vídeo. Estes são variáveis, não coincidindo para todos os nadadores.

O sistema de codificação assentou num sistema de códigos referente a um ciclo de movimento. Cada critério representa uma dada sequência temporal. Neste contexto, realizamos a análise de dados assente nos seguintes critérios: (1) configurações por subcritério em

dois momentos: i) referente ao instante que determina a entrada no período temporal; ii) referente ao movimento realizado até ao primeiro instante que marca a entrada no critério seguinte. Ou seja, temos uma caracterização de subeventos temporais caracterizando a realização técnica do nadador para um dado momento do ciclo de nado

Em cada momento deve-se ter em conta a descrição da conduta observável, considerando cada uma como um evento.

Da análise de cada conduta critério e critérios agregados criamos para cada um, um código a fim de facilitar o registo das mesmas. A geração de códigos para análise das condutas observadas é uma estratégia metodológica que deve cumprir as condições de exaustividade e exclusividade obrigatórias na construção do instrumento. A estratégia consiste na atribuição de códigos de forma hierarquizada.

Durante cerca de três semanas, realizou-se um processo de treino, onde, concluído este período de tempo, se verificou uma coerência e aproximação dos resultados encontrados da análise dos nadadores. A partir deste momento procedeu-se à análise final por parte do perito para se retirar os dados dos nadadores.

Sendo o objetivo principal é que os dados permitam através do *software* THÈME a caracterização dos padrões comportamento motor dos nadadores de mariposa. Esta metodologia foi utilizada por Campaniço et al. 2006; Oliveira et al. (2006), Cardoso et al (2008), Louro et al (2009b)

9.3.3. Processo de Construção do Instrumento

O instrumento elaborado para a observação do ciclo de nado da técnica de mariposa teve como princípio a utilização da Metodologia Observacional orientada para o estudo da conduta técnica em natação, baseado nos Formatos de Campo.

Recorrendo à literatura referente à técnica de mariposa, criou-se um modelo de observação com pressupostos teóricos para análise qualitativa do ciclo gestual, assente em quatro critérios nucleares, que caracterizam as ações que consideramos importantes no ciclo de nado de mariposa e que constituem as condutas critério. Cada critério representa uma fase do ciclo gestual agregando ações e movimentos que retratam a técnica realizada independente de qualquer variante existente. A conduta critério é observada de acordo com a caracterização temporal que delimita o início e o fim de cada fase do movimento, assim como os pontos-chave considerados, como aspetos determinantes de execução técnica.

Em torno de quatro critérios nucleares, discriminaram-se os comportamentos perceptíveis na realização de ciclos gestuais das Técnicas Simultâneas agregados por ações e/ou movimentos.

A introdução de critérios distintos para observação de eventos, segundo o modelo da execução genérico de análise de um ciclo gestual, teve como momento inicial o mesmo que será utilizado para o início de todos os ciclos gestuais, obtendo os dados resultantes

do ciclo de nado. Através dos dados obtidos dessa análise, os quatro critérios utilizados são integrados e relacionados entre si, num conjunto de subcritérios, ou itens, importantes de observar para um melhor entendimento da eficácia gestual.

Associado às condutas critério aparecem os critérios agregados, ou comportamentos concorrentes de uma dada conduta. A observação de uns e de outros comportamentos, no seu conjunto, levamos à caracterização do padrão técnico do nadador num ciclo de nado. As ocorrências de condutas ao longo da sessão por todos os atores são registadas sob a forma de eventos e a medida do registo dos dados será realizada em frequência absoluta simples. Designamos por comportamentos os subcritérios identificados por códigos de acordo com a conceção do manual de observação e formatos de campo.

Criou-se um modelo de observação com pressupostos teóricos para a análise qualitativa do ciclo gestual, assente em quatro critérios nucleares que constituem as condutas critério que caracterizam as ações que consideramos importantes no ciclo de nado, da técnica de mariposa.

Cada critério representava uma fase do ciclo gestual de mariposa agregando ações e movimentos que retratam a técnica realizada independente de qualquer variante existente.

Associado às condutas critério aparecem os critérios agregados, ou comportamentos coocorrentes de uma dada conduta. A observação de uns e de outros comportamentos, no seu conjunto, levamos à caracterização do padrão técnico do nadador num ciclo de nado.

A construção de um instrumento de observação técnica do ciclo de nado, levou à identificação dos seguintes procedimentos: demarcação objetiva do início e fim de cada fase; núcleo categorial; descrição da conduta critério; identificação dos graus de abertura; apresentação de uma imagem figurativa de acordo com os resultados obtidos.

Para esta investigação construiu-se um instrumento por combinação de formatos de campo e sistema de categorias. O sistema de categorias é de maior rigor pelo seu imprescindível suporte teórico e caracteriza-se, essencialmente, por ser um sistema fechado de códigos únicos e não autorreguláveis. Por outro lado os formatos de campo constituem um instrumento especialmente adequado em situações de elevada complexidade e falta de consistência teórica, sendo um sistema aberto, apto para codificações múltiplas e altamente autorreguláveis (Anguera, 1998; Anguera et al., 2000).

Pretende-se para o nosso estudo, que estes dois sistemas se complementem, pois acreditamos que ambos são necessários para poder “edificar” a estrutura do nosso registo.

9.3.4 Sucessivas versões do instrumento

A construção e validação do instrumento desenvolveu-se em diferentes etapas. Inicialmente recorremos aos modelos biomecânicos que caracterizavam a técnica de mariposa, retirando os aspetos críticos das diferentes ações e posições dos vários segmentos que constituem o

corpo. Esse processo teve uma duração de 3 meses e após este, iniciou-se a construção do instrumento versão 1, que foi analisado por dois peritos durante dois meses. Após estes procedimentos, o instrumento sofreu ajustamentos ficando definido quais os momentos do ciclo de mariposa e critérios fulcrais para a análise técnica da técnica de mariposa, criando a versão 2.

Com a última versão iniciou-se a construção do manual para os observadores, que passaram a utilizar o instrumento, processo que demorou dois meses a ser concluído. Após o seu término realizou-se uma análise com o mesmo. Quando os dados foram integrados no *software* de análise, designado comercialmente por *THÉME*, este não reproduzia os padrões temporais devido ao excesso de dados analisado. O software tem a capacidade de relacionar 64 códigos e o instrumento tinha 88 códigos, sendo necessário reconfigurar o sistema de codificação, privilegiado o momentos de observação que correspondiam à sequência do movimento do nadador em detrimento do instante de observação, pois engloba mais *frames* para um momento de observação. Esta alteração levou novamente à análise do instrumento por peritos.

A adaptação realizada por Louro et al. (2009a). Após análise do trabalho de Oliveira et al. (2006), compreendemos a razão da dificuldade de encontrar padrões comportamentais, pois o instrumento continha códigos muito específicos e com graus de abertura muito amplos, o que induzia ao observador erro de codificação. Decidimos então verificar quais os códigos que tinham maior variabilidade e

posteriormente, alterar a sua estrutura, reduzindo o grau de abertura tornando a informação mais perceptível ao observador.

Posteriormente, iniciamos o treino do perito que ajudou a realizar a observação de forma fiável e válida (Blanco, Losada & Anguera, 1991, Blanco 1993, Blanco & Anguera 2000)

Na adaptação foram considerados os quatro critérios taxionómicos centrados na realização do comportamento técnico de um ciclo gestual completo da técnica de mariposa: (1) entrada da mão na água (EMA); (2) primeiro apoio propulsivo (PAP); (3) segundo apoio propulsivo (SAP); (4) saída das mãos e recuperação dos braços (SMRB). Para todos os critérios foram garantidos três níveis de descrição: i) núcleo categorial; ii) descrição da situação motora (características, conduta focal e critérios agregados); iii) grau de abertura, ou nível de plasticidade (Anguera, 1993, 1995). Por sua vez, foi produzido o manual para regular a intervenção do observador, evocando os pontos-chave considerados determinantes da execução técnica Louro, Cardoso, Silva & Campaniço (2008).

Procuramos garantir que o Sistema de Observação do Comportamento Técnico de Mariposa-SOCTM nos permita aceder à informação que se pretende e que esta seja cientificamente adequada

9.3.5 Caracterização dos diferentes momentos do ciclo da técnica de Mariposa

Pretendemos com esta caracterização indicar os momentos de observação para análise do ciclo de mariposa e a partir destes criar os eventos comportamentais do nadador para análise dos dados.

Esta caracterização foi realizada a partir da revisão da literatura e observação de vídeos de diferentes nadadores, verificando-se que estes diferentes momentos caracterizados em baixo se ajustam ao objetivo do presente estudo.

1ª Fase: Entrada das mãos na água

Nesta fase foram considerados dois momentos: o primeiro contacto com a mão na água referente ao seu percurso aquático, o segundo no final da ação descendente das pernas e afastamento das mãos.

O contacto das mãos na água deve coincidir com a ação descendente dos membros inferiores. As mãos entram no prolongamento do ombros, ligeiramente dentro ou fora destes, descrevendo um movimento ligeiramente para fora até as superfícies palmares ficarem orientadas para trás e para baixo. A primeira ação descendente da pernada inicia-se com a flexão da anca após os pés terem ultrapassado o alinhamento do corpo. De seguida os membros inferiores realizam a extensão ao nível das articulações dos tornozelos e dos joelhos, respetivamente.

A observação iniciou-se na primeira imagem após a imersão das mãos até ao final da ação descendente das pernas.

2ª Fase: Primeiro Apoio Propulsivo

Nesta Fase as mãos efetuam um movimento para baixo após o início da flexão do cotovelo, por rotação orientada para baixo, estes fletem em profundidade, ficando elevados relativamente às mãos, e próximos da linha de água, à frente dos ombros. As mãos no contínuo do movimento, por orientação progressiva, entre dedo indicador para polegar, deslocam-se para baixo e depois, para dentro, para trás e para cima, descrevendo uma trajetória semicircular. Ao completar esta ação os polegares aproximam-se por debaixo do tronco com as palmas das mãos orientadas para trás, estando os cotovelos em flexão, próximo de um ângulo reto, e ligeiramente projetados para trás da linha dos ombros. Este percurso é apoiado por uma ação ascendente das pernas.

A observação inicia-se na primeira imagem da perda de horizontalidade dos antebraços até à passagem da mão na vertical da linha do ombro.

3ª Fase: Segundo Apoio Propulsivo

As mãos começam a afastar-se e a dirigir-se para a superfície, a partir da elevação do cotovelo. Orientam-se para fora e para trás, sendo o seu trajeto para cima e para fora. Durante esta ação os braços realizam uma extensão acompanhada de uma flexão do pulso de forma a permitir que a mão fique perpendicular à linha de água, com objetivo de maximizar o efeito propulsivo. No final do movimento o cotovelo encontra-se fora de água e o dedo mínimo orientado para cima. Esta

ação é feita em grande aceleração permitindo a projeção pronunciada do corpo para a frente e fora.

A ação descendente da pernada, sendo a mais acentuada em termos propulsivos, é determinante para a aceleração da mão, e como consequência a projeção e elevação do corpo.

Seguidamente os membros inferiores realizam a extensão ao nível das articulações dos joelhos e tornozelos. O movimento é para baixo e vigoroso permitindo a flexão da anca e extensão da perna. Os pés encontram-se em extensão plantar e rotação interna.

Quando associado à inspiração a flexão da anca não é tão acentuada, e por isso, a elevação das coxas é menor. A inspiração efetua-se através da extensão da coluna cervical à frente, o que permite trazer a face à superfície da água. Este movimento coincide com a ação ascendente da braçada e consequente ação descendente da pernada.

A observação inicia-se quando as mãos se encontram na linha vertical do ombro, início da ação descendente das pernas até à saída das mãos da água.

4ª Fase: Saída e Recuperação

A saída corresponde à passagem das mãos pelas coxas após extensão dos braços e rotação interna das mãos.

A recuperação aérea dos membros superiores efetua-se através de um movimento para cima e para fora até as mãos se encontrarem novamente à frente da cabeça no prolongamento da linha dos ombros. A inspiração acompanha a recuperação dos membros superiores e a face deve voltar a imergir antes da entrada dos membros superiores. Nesta fase poderá ocorrer ou não a inspiração, se esta não ocorrer a cabeça não ultrapassa a linha água.

Para a observação do comportamento externo da recuperação dos braços haverá um formato específico.

A observação inicia-se na primeira imagem quando os cotovelos (após trajeto aquático) coincidem com a superfície ou em caso de dúvida, à passagem das mãos pelas coxas até estas romperem a linha de água

9.3.6 Manual de Observação

O manual de observação consiste na organização da informação necessária para a análise qualitativa do nadador. A sua conceção tem por base os conhecimentos biomecânicos existentes na literatura sobre a técnica de mariposa e as observações feitas a vários nadadores.

Sendo constituído por:

Núcleo categorial - consiste no conteúdo básico, ou fundamental, que caracteriza o momento de observação e o diferencia

dos restantes. Trata-se da essência do comportamento, independentemente da sua manifestação;

Graus de abertura (ou nível de plasticidade) – refere-se à heterogeneidade aparente das características de realização da conduta que participam do mesmo núcleo categorial e partilham as mesmas propriedades.

Códigos alfa numéricos – são os subcritérios ou indicadores para qualificar a execução.

O instrumento de observação foi criado com a finalidade de ser utilizado na análise técnica do nadador, captando a informação das ações realizadas em situação de contexto, com recurso aos Formatos de Campo. Para que o mesmo cumpra a sua função, organizou-se o nosso estudo em duas partes distintas que se complementam.

Tabela 2: Descreve os Formatos de Campo base em critérios taxionómicos subdividindo o ciclo gestual da técnica de mariposa em quatro subfases.

EMA	Entrada da mão na água;	Centra a atenção nos aspetos da ligação de um ciclo gestual para outro, particularmente o momento que ocorre a entrada da mão na água, associado à posição da cabeça, tronco e pernas. O critério de transição é marcado pelo início da flexão dos braços e o ponto mais profundo da pernada. Esta, subdivide-se em dois momentos: 1 Entrada das mãos na água, coincidente com o início da ação descendente das pernas; 2 Afastamento dos braços e o final da ação descendente das pernas.
PAP	Primeiro apoio propulsivo;	Centra a atenção em aspetos críticos da geração apoio propulsivo dos braços enquanto se encontram à frente da linha dos ombros, associado a novas posições da cabeça, tronco e pernas durante o movimento. O critério de transição é o ponto mais profundo das mãos. Subdivide-se em dois momentos: 1 Flexão do antebraço em relação ao prolongamento do braço e início da ação ascendente das pernas; 2 O ponto mais profundo das mãos que ocorre à frente da cabeça e linha dos ombros.
SAP	Segundo apoio propulsivo;	Centra a atenção em aspetos críticos da geração do segundo apoio propulsivo dos braços enquanto se projetam para trás da linha dos ombros, associado a novas posições da cabeça, tronco e pernas durante o movimento. O critério de transição é o ponto das mãos na linha vertical da anca. Subdivide-se em dois momentos: 1 As mãos encontram-se na linha vertical do ombro, início da ação; 2 As mãos encontram-se na linha vertical da bacia
SMRB	Saída das mãos e recuperação dos braços.	Centra a atenção em aspetos críticos da saída dos braços e enquanto se projetam para a frente durante a recuperação aérea. O critério de transição é o ponto de entrada das mãos na água, coincidente com o momento da saída dos calcanhares, por efeito da subida vertical das pernas. Subdivide-se em dois momentos: 1 Saída das mãos na água e ação ascendente das pernas; 2 Durante a imersão da cabeça e na 2ª metade (após a vertical do ombro) da recuperação dos braços.

Tabela 3: Critério de observação da 1ª fase - entrada da mão na água - EMA.

Características de realização das condutas	Critérios Agregados			
	Condutas Critério			
	Braços (B)	Cabeça(C)	Tronco(T)	Pernas(P)
Instante de digitalização: Entrada das mãos na água, coincidente com o início da ação descendente das pernas	B1 Posição das mãos em relação ao prolongamento dos ombros:	C1 Orientação da visão:	T1 Posição dos glúteos em relação à linha da água:	P1 Posição coxa Joelho:
	1B1 próximos	1C1 Frente	1T1 Acima	1P1 Extensão
	1B2 afastados	1C2 Na diagonal para baixo	1T2 Próximo/semi coberto	1P2 Fletidas
	B2 Posição dos cotovelos:	1C3 Para baixo	1T3 Abaixo	P2 Posição dos calcanhares em relação à linha da água:
	1B3 Após as mãos			1P3 Acima
	1B4 Simultânea/ Antes das mãos			1P4 Abaixo

Instante de digitalização:	B3 Trajetória das mãos:	T2 Postura do tronco:
Final da ação descendente das pernas e afastamento das mãos	1B7 Para fora e acima	1T4 Plano
	1B8 Para fora e abaixo	1T5 Dorsiflexão
	1B9 Para baixo	1T6 Flexão

Tabela 4: Continuação da tabela 3- Critério de observação da 1ª fase - entrada da mão na água - EMA.

Características de realização das condutas	Condutas Critério		Critérios Agregados	
	Braços (B)	Cabeça(C)	Tronco(T)	Pernas(P)
Instante de digitalização: Final da ação descendente das pernas e afastamento das mãos			T3 Inclinação do tronco: 1T7 Tronco abaixo da anca 1T8 Alinhado 1T9 Tronco acima da anca	

Tabela 5: Critérios de observação 2ª fase Primeiro Apoio Propulsivo – PAP.

Características de realização das condutas	Condutas Critério		Critérios Agregados	
	Braços (B)	Cabeça(C)	Tronco(T)	Pernas(P)
Instante de digitalização: Primeira posição baixa do antebraço em relação ao prolongamento do braço e início da ação ascendente das pernas	B4 Posição das mãos em relação ao prolongamento dos ombros: 2B1 Dentro 2B2 No prolongamento 2B3 Fora	C2 Posição da cabeça em relação à linha da água: 2C1 Acima 2C2 Abaixo	T4 Posição dos glúteos em relação à linha da água: 2T1 Acima 2T2 Próximo/semi coberto 2T3 Abaixo	P3 Posição coxa Joelho: 2P1 Extensão 2P2 Fletidas

Tabela 6: Continuação da tabela 5- Critérios de observação 2º fase Primeiro Apoio Propulsivo – PAP.

Características de realização das condutas	Condutas Critério	Critérios Agregados		
	Braços (B)	Cabeça(C)	Tronco(T)	Pernas(P)
Instante de digitalização: Primeira posição baixa do antebraço em relação ao prolongamento do braço e início da ação ascendente das pernas	B5 Posição dos cotovelos em relação à linha da água: 2B4 Próximo 2B5 Afastado		T5 Inclinação do tronco: 2T4 Tronco abaixo da anca 2T5 Alinhado 2T6 Tronco acima da anca	P4 Posição dos calcanhares em relação à linha da água: 2P3 Acima 2P4 Abaixo
Instante de digitalização: O ponto mais profundo das mãos que ocorre à frente da cabeça	B6 Caracterização do fluxo: 2B6 Escoamento laminar 2B7 Turbulência			P5 Posição do joelho em relação à linha da água: 2P8 Próximo 2P9 Abaixo

Tabela 7: Critérios de observação 3ª fase Segundo Apoio Propulsivo – SAP.

Características de realização das condutas	Condutas Critério		Critérios Agregados	
	Braços (B)	Cabeça(C)	Tronco(T)	Pernas(P)
Instante de digitalização: As mãos encontram-se na linha vertical do ombro, início da ação descendente das pernas	B7 Posição dos cotovelos em relação ao peitoral: 3B1 Próximo 3B2 Abaixo	C3 Posição da cabeça em relação à linha da água: o: 3C1 Acima 3C2 Abaixo	T6 Posição dos glúteos em relação à linha da água: 3T1 Acima 3T2 Próximo/semi coberto 3T3 Abaixo	P6 Posição coxa Joelho: 3P1 Extensão 3P2 Fletidas P7 Posição dos calcanhares em relação à linha da água: 3P3 Acima 3P4 Abaixo
	B8 Posição do polegar em relação ao outro: 3B4 Próximo 3B5 Afastado			
			T7 Postura do tronco: 3T5 Plano 3T6 Dorsiflexão 3T7 Flexão	
Instante de digitalização: As mãos encontram-se na linha vertical da bacia				

**T8 Inclinação do
tronco:**

3T8 Tronco acima da
anca

3T9 Alinhado

3T10 Tronco abaixo
da anca

Tabela 8: Critérios de observação 4ª fase Saída das Mãos e Recuperação dos Braços- SMRB.

Caraterísticas de realização das condutas	Condutas Critério		Critérios Agregados	
	Braços (B)	Cabeça(C)	Tronco(T)	Pernas(P)
Instante de digitalização: Saída das mãos na água e ação ascendente das pernas O nadador inspira para a frente durante a 1ª metade da recuperação dos braços	B9 Relação mão-cotovelo na saída deste último: 4B1 Atrás 4B2 Na vertical	C6 Posição da cabeça em relação à linha da água: 4C1 Acima 4C2 Próximo/ Abaixo	T9 Posição dos glúteos em relação à linha da água: 4T1 Acima 4T2 Próximo/semi coberto 4T3 Abaixo T10 Posição dos ombros em relação à linha da água: 4T4 Acima 4T5 Próximo/semi coberto 4T6 Abaixo	P8 Posição dos calcanhares em relação à linha da água: 4P3 Próximo/semi coberto 4P4 Abaixo

Com o intuito de minimizar os erros descrevemos condutas critério e os códigos agregados através da construção de manuais de codificação. Os recursos informáticos para treino sistemático da observação e tratamentos dos dados tendem a minimizar o erro.

9.4 Procedimento

Neste ponto indicamos a amostragem Observacional, o contexto de observação e registo, bem como o controlo da qualidade de dados.

9.4.1 Amostragem

A amostra observacional é representada pelos registos obtidos nas observações: 279 códigos alfanuméricos e um total de 62 configurações, ou moles, utilizados para catalogar a execução dos quatro nadadores, ao longo da execução de cinco ciclos gestuais.

Tabela 10: Quantidade de Códigos e Configurações encontrados por nadador e na amostra

Quantidade	Nadador 1	Nadador 2	Nadador 3	Nadador 4	Total
Códigos	73	74	68	64	79
Configurações	16	17	15	14	62

9.4.2 Contexto de Observação e Registo

Os procedimentos de recolha de dados encontram-se relacionados sempre com o objetivo da análise técnica que se pretende realizar, bem como com o objetivo do estudo.

Observou-se o movimento a partir de uma câmara até obtermos um número razoável para captar diferentes perspetivas e aspetos a analisar.

Antes de iniciar a aplicação do protocolo, deve ser realizada uma sessão de esclarecimento a todos os elementos da amostra acerca das condições de realização do protocolo, tal como informar sobre os objetivos do estudo e medições a que serão sujeitos, de forma a ocorrer uma maior familiarização com o protocolo a aplicar

A condição de execução consiste no nado global da técnica selecionada, ou do nado parcial de uma técnica, saltos de partida, viragens ou chegadas.

Procedimentos a ter em conta, durante a recolha de dados:

Identificar a zona de recolha

Colocar a (s) câmara (s) de vídeo, na zona de recolha de forma a acompanhar todo o trajeto realizado pelo nadador, identificando o plano que se realiza e a captação (plano sagital, frontal, transversal), sabendo que para cada plano existe a necessidade de utilizar uma câmara.

Definir o eixo focal da câmara para que os ângulos sejam ajustados (exemplo: Uma câmara a cerca de 30cm de profundidade, a

cerca de 5 metros do eixo de deslocamento do nadador e entre este eixo e o eixo focal as câmaras devem estar a um ângulo de cerca 30º num plano horizontal e 15º num plano vertical.)

Os eixos óticos da câmara convergem para o nadador e enquadram-se, nos limites do seu campo de visão, a fim de possibilitar o registo de um ciclo completo de nado.

Definir a frequência de imagens que necessitamos, pode ocorrer desde 50Hz a 1000Hz, e regular a velocidade de obturação de modo a evitar o esbatimento da imagem.

A recolha dos dados foi realizada em piscina 50 m coberta e climatizada, com a água a uma temperatura de 26 graus.

A condição de execução consistiu no nado global da técnica de mariposa numa distância de 25 metros, tendo sido solicitado a cada nadador a execução à velocidade máxima, sem salto de partida.

Para a recolha dos dados utilizamos uma câmara colocada perpendicular ao nadador do seu lado esquerdo, acompanhando todo o trajeto realizado pelo nadador.

Do trajeto que o nadador realizou retiramos cinco ciclos, a partir dos 8 a 10 metros terminando entre os 18 e 20 metros: Esta variação depende de nadador para nadador, sendo início do ciclo de nado para tratamento dos dados não é realizado no mesmo local, pois o uma vez que o início dos ciclos são distinto entre nadadores.

A câmara estava junto do bordo da piscina numa caixa subaquática a cerca de 30cm de profundidade, e cerca de 5 metros do eixo de deslocamento do nadador e entre este eixo e o eixo focal das

câmaras existia um ângulo de cerca 30º num plano horizontal e 15º num plano vertical.

A câmara foi regulada de modo a que os seus eixos óticos convergissem para o nadador e enquadrassem, nos limites do seu campo de visão, a fim de possibilitar o registo de um ciclo completo de nado, e com a rotação da câmara apanhar os cinco ciclos utilizado para análise.

A filmagem foi realizada num plano sagital com rotação da direita para a esquerda (efeito *Panning*) acompanhando o movimento de nado, para possibilitar a visualização de cinco ciclos de nado completo. As imagens foram recolhidas através de uma câmara vídeo digital (SONY Mini-DV) a 50 Hz (tendo sido regulada para velocidade de obturação de 1/250, de modo a evitar o esbatimento da imagem em gestos executados a maiores velocidades.

Os sinais digitais de vídeo foram armazenados em tempo real, via *Firewire*, para o disco rígido do computador portátil sendo também realizada uma gravação em tempo real para formato em AVI e para uma cassette Mini-DV através da mesma câmara de vídeo (cópia de segurança).

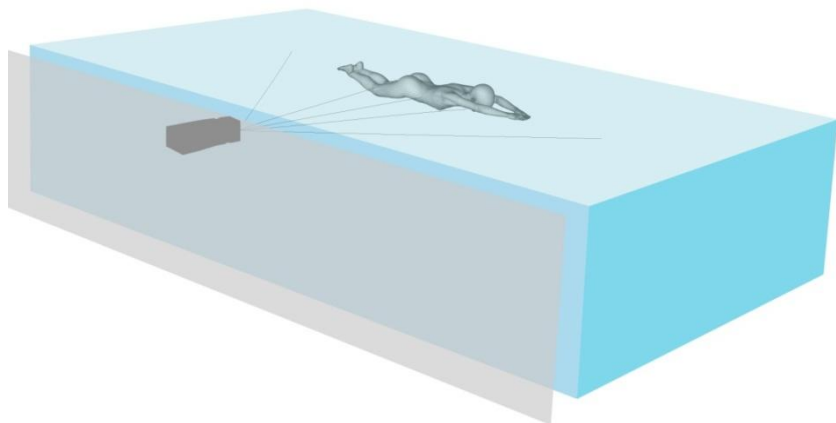


Figura 3: Esquema representativo da câmara na piscina e a posição e sentido face ao deslocamento do nadador.

9.4.3. Controlo da Qualidade dos Dados

A fim de proceder ao controlo da qualidade dos dados, através da concordância utilizamos o *Software SDIS-GSEQ* (Bakeman & Quera, 1996).

A fim de proceder ao controlo da qualidade dos dados, através da concordância podemos utilizar os diferentes coeficientes de concordância existentes (índice de *Belack*, coeficiente *Kappa*, Generalizabilidade, ou a Anova), sendo o mais utilizado o coeficiente *kappa* (Cohen, 1960, 1968), que corresponde a uma percentagem de acordos corrigidos, dada a sua robustez e valorização positiva na literatura científica. Segundo Losada & Arnau (2000) a utilização do

índice de *Kappa*, deve ser realizada com dados categóricos e quando a variedade de respostas são

de uma escala nominal e/ou multinominal, obtendo assim os acordos entre observadores. Na concordância entre observadores o índice de Kappa deve-se calcular individualmente.

O seu cálculo para categorias realiza-se a partir das probabilidades observadas e esperadas de concordância entre os observadores:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n P_i - P_e}{1 - P_e}$$

A concordância deve ainda ser realizada intra e inter observador, sendo as características dos observadores irrelevantes, pois os observadores devem ter acesso ao manual do instrumento.

A qualidade dos dados está intimamente associada a três conceitos base: fiabilidade, precisão e validade (Blanco, Losada & Anguera. 1991; Blanco 1993; Blanco & Anguera 2000).

A validade neste contexto pode ser garantida de uma forma direta e simples, através da precisão do observador/perito, ou seja, recorrendo a um especialista para observar os comportamentos e depois cruzar os índices registados com os restantes observadores de forma a garantir que observam o mesmo objeto. A fiabilidade da concordância intraobservador e precisão pela concordância

interobservadores deverá ser realizada com recurso ao coeficiente de *Kappa*.

Havendo uma concordância elevada entre eles, de forma a garantir a precisão elevada (Blanco & Anguera, 2000). Fleiss et al. (1969) indicam que valores de *Kappa* são relevantes entre 0,60 a 0,75 e de excelência quando são superiores.

Para o estudo da precisão foram então cruzados os dados entre o perito e os observadores. A metodologia seguiu os mesmos critérios da análise anterior. Os resultados foram tratados critério a critério, através do índice de concordância de *Kappa* (Anguera 1993; Blanco 1993 e 1997).

Os registos do perito foram analisados entre si (teste e reteste). Os resultados foram tratados critério a critério do instrumento de observação Sistema Observação do Comportamento Técnico do Mariposista - SOCTM, referentes a um nadador selecionado, utilizando o índice de *Kappa* para aferir a concordância em cada comportamento critério.

Para proceder ao controlo da qualidade de dados participaram seis observadores e um perito. O perito era treinador de natação com formação académica superior e com dez anos de experiência no treino da natação.

O perito observou previamente um nadador escolhido aleatoriamente, em dois momentos distintos, separados por três semanas.

Os observadores tinham como característica o facto de terem formação académica, sendo os três primeiros observadores sido nadadores e os restantes três sem experiência como atletas.

Para garantir a qualidade dos dados, os observadores tiveram previamente acesso ao manual do instrumento e todos eles integraram um processo de treino com o perito de cerca de três semanas. Assim, os observadores otimizam o seu desempenho observacional, apresentando os resultados e expondo as dúvidas ao investigador, onde, ao fim deste período de tempo verificou-se uma coerência e aproximação dos resultados encontrados da análise dos nadadores. A partir deste momento procedeu-se à análise final por parte do perito para se retirar os dados dos nadadores.

A qualidade dos dados está intimamente associada a três conceitos base: fiabilidade, precisão e validade (Blanco, Losada & Anguera. 1991, Blanco 1993, Blanco & Anguera 2000).

A validade neste contexto pode ser garantida por um modo simples que é a precisão, ou seja, recorrer a um especialista para observar os comportamentos e depois cruzar os índices registados com os restantes observadores de forma a garantir que observam o mesmo objeto ou, dispondo-se apenas de observadores, três ou mais, havendo uma concordância elevada entre eles, de forma a garantir uma precisão elevada (Blanco & Anguera, 2000). Fleiss (1969) indica que valores de *Kappa* são relevantes entre 0,60 a 0,75 e excelência quando são superiores.

No presente estudo para determinar a qualidade dos dados estudámos a fiabilidade pela concordância intraobservador e precisão pela concordância interobservadores, com recurso ao coeficiente de *Kappa* e *software* SDIS-GSEQ (Bakeman & Quera, 1996).

Com base no instrumento de observação verificamos quais os momentos, bem como os critérios observacionais, mencionando como podemos referenciar um ciclo de nado de mariposa e quais os graus de abertura dos mesmos.

Considerando o objetivo de encontrar os padrões comportamentais dos nadadores de mariposa através do algoritmo *T patterns* foi necessário recorrer a um instrumento de observação que registasse os comportamentos. Esses instrumentos podem conter critérios numerosos em cada uma das fases originando a ausência de padrões, mas por outro lado, se esse número for redutor deixa de dar uma perceção global do comportamento e não estabelece as relações entre as fases do nado, o que por vezes disputa dificuldades em encontrar os padrões. Por isso, o instrumento tem de ter um número de critérios ajustado.

Para garantir a validade e a qualidade dos dados recorremos a um perito e seis observadores. Os registos do perito foram analisados entre si (teste e reteste). Os resultados foram tratados critério a critério do instrumento de observação SOCTM, referentes a um nadador selecionado, utilizando o índice de *Kappa* (Anguera 1993; Blanco 1993; 1997), para aferir a concordância em cada comportamento critério.

O processo de validação foi realizado em duas fases: a) identificação da fiabilidade dos dados intraobservador face ao número de concordâncias de cada subcritério inseridos nos respetivos critérios principais b) identificação da precisão do instrumento análise da consistência interobservador, quando existem mais de três observadores.

Tabela 13 - Percentagens da concordância intra observador referente ao perito, analisadas pelo Índice *Kappa*, e inter observadores, referente ao perito-observador 1, 2, 3, 4, 5 e 6, por conduta critério, de um mesmo nadador.

Condutas	Perito	Obs.1	Obs.2	Obs.3	Obs.4	Obs.5	Obs.6
B1	1	0.95	0.95	0.95	0.88	0.95	0.90
B2	0.925	1	0.88	0.88	0.88	0.88	0.90
C1	0.90	0.88	0.93	0.93	0.88	0.95	0.93
T1	0.98	0.93	0.95	0.93	0.88	0.95	0.95
P1	0.95	0.95	0.90	0.93	0.93	0.93	0.95
P2	0.90	0.98	0.9	0.93	0.90	0.90	0.95
B3	0.88	1	0.93	0.88	0.95	0.95	0.95
T2	0.93	0.90	0.98	0.88	0.93	0.98	0.95
T3	1	0.88	0.95	1	0.88	1	0.95
B4	1	0.93	0.95	0.93	0.93	0.90	0.98
B5	1	0.98	1	0.98	0.98	1	1
C2	0.98	1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.90
T4	0.95	1	0.98	1	1	1	0.98
T5	1	1	1	1	1	1	1
P3	0.95	1	0.98	0.98	0.90	0.95	0.95
P4	0.98	1	1	0.95	1	1	1

B6	0.90	1	0.95	1	0.88	0.98	1
P5	0.95	1	1	1	0.93	0.93	0.90
B7	0.93	0.98	0.93	0.98	0.93	0.93	0.95
B8	1	0.88	0.95	1	0.90	1	1
C3	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1	0.95
T6	0.98	1	1	0.95	1	0.98	0.98
P6	0.95	1	0.98	0.98	1	1	1
P7	0.95	0.88	0.95	0.90	1	1	0.93
T7	0.95	0.90	1	1	1	1	1
T8	1	1	0.98	1	1	1	0.98
B9	1	0.88	0.88	0.88	1	0.93	0.98
C4	0.98	0.95	0.98	0.95	0.98	0.95	1
T9	1	0.90	0.95	0.85	0.93	0.93	0.93
T10	1	0.95	1	0.95	0.88	0.95	1
P8	1	1	1	1	1	1	0.98
T11	0.90	0.88	0.95	0.98	1	1	0.98
T12	0.98	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Média	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.96	0.96
Total	0.96	0.95					

A partir desta tabela podemos inferir que o nosso instrumento de observação é acessível à utilização dos observadores e que nenhum critério levanta questões ao nível da interpretação ou formulação. A elevada concordância registada entre observadores e entre estes e o perito (precisão) significa que existe uma fiabilidade elevada, salvaguardando que o instrumento mede efetivamente o objeto em estudo, indicando-nos também que a precisão do registo é elevada.

Na análise da concordância, intraobservador, verificamos que os resultados foram elevados (média 0.96), isto é, todas as condutas apresentam valores acima de 0.85, variando até 1 estando assim os critérios com um valor de concordância elevada.

O valor mais baixo obtido foi 0.85 na conduta B3, podemos afirmar desta forma que os critérios utilizados e respectivos subcritérios, ou itens, são fiáveis. Estes resultados vêm de encontro com o referido na literatura (Blanco, Losada & Anguera, 1991; Blanco 1993; Blanco & Anguera, 2000).

No que respeita aos resultados interobservador, verificamos um valor de média entre o perito e os seis observadores de 0.95 variando de 0.94 a 0.96, estando de acordo com (Blanco, Losada & Anguera 1991, Blanco 1993, Blanco & Anguera 2000).

No que respeita aos critérios analisados verificamos que o critério T9 a que corresponde posição dos glúteos em relação à linha de água no momento da saída das mãos é o critério que obtém menor concordância, entre o perito e o observador 3. No entanto o critério que obtém menor concordância, nos diferentes observadores e perito é o critério T12 com uma média entre o perito e os observadores de 0.88 A diversidade de dados dos diferentes observadores em comparação ao perito poderá ter que ver com o domínio de mais conhecimentos técnicos por parte do perito em relação aos observadores. O critério T5, correspondente à inclinação do tronco no instante do primeiro apoio propulsivo obteve a maior concordância entre todos os elementos da amostra.

Fazendo uma análise do conteúdo dos itens e tendo em conta o valor obtido pelo índice *Kappa*, podemos inferir alguns dos problemas inerentes à observação do conteúdo de mariposa na natação e respetiva contextualização.

Um outro aspeto a ter em conta neste tipo de observações é o meio onde estas observações se realizam, pois sendo o meio aquático, acarreta algumas dificuldades de imagens nos diferentes critérios analisados.

Podemos constatar que o instrumento é válido e fiável quando aplicado no mesmo contexto, permitindo a análise do ciclo de nado da técnica de mariposa, razão pelo que foi construído e posteriormente adaptado.

Este instrumento com a sua validade assegurada, permite com os códigos criados constituir eventos, para cada momento de observação, para que com o tratamento dos mesmos possamos a partir dos *T-patterns* encontrar padrões comportamentais dos nadadores dentro de uma dada estrutura temporal.

Bibliografia

Abrantes, J. (1997). *Biomecânica. Edições da Faculdade de Motricidade Humana*. Lisboa.

Almeida, L (1993). *Teorias da Inteligência*. Porto: *Edições Jornal de Psicologia*.

Alves, F. (1995). *Economia de nado e prestação competitiva. Determinantes mecânicas e metabólicas nas técnicas alternadas. Dissertação de Doutoramento em Motricidade Humana na especialidade de Ciências do Desporto*. Lisboa: UTL – FMH.

Alves, F., Gomes-Pereira, J. & Pereira, F. (1996). Determinants of energy cost of front-crawl and backstroke swimming and competitive performance. In J. Troup, *et al.*, (Eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, (pp. 185-191). London: E & FN Spon.

Ander-Egg, E. (1978). Introducción a las técnicas de investigación social, para trabajadores sociales 7ed. Parte IV, cap.26. Buenos Aires, *Humanitas*.

Anguera, M. (1990). Metodología Observacional. En J. Arnau, M. T. Anguera y J. Gómez. *Metodología de la Investigación en Ciencias del Comportamiento* (pp. 125-236). Murcia: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Murcia.

Anguera, M. & Blanco, A. (2003). Registro y codificación en el comportamiento deportivo. En A. Hernández Mendo (Coord.), *Psicología del Deporte* (Vol. 2). *Metodología* (p. 6-34). Buenos Aires: *Efdeportes* (www.efdeportes.com) [Reimpreso en A. Hernández Mendo (Coord.) (2005). *Psicología del Deporte, Vol. II, Metodología* (pp. 33-66). Sevilla: Wanceulen].

Anguera, M. (1988). *Observación en la escuela*. Barcelona: Graó.

Anguera, M. (1993). Proceso de categorización. En M.T. Anguera (Ed.). *Metodología observacional en la investigación psicológica*. 1: Fundamentación. Barcelona: PPU.

Anguera, M. (1995). Tratamiento cualitativo de los datos. Un M.T. Anguera, Arnau, J., Ato, M., Martín, R., Pascual, J., & Vallejo, G., (Ed.), *Métodos de investigación en psicología* (20). Madrid: Síntesis.

Anguera, M. (1999). *Observación en deporte y conducta cinésico-motriz: aplicaciones*. Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona. (In Spanish).

Anguera, M.T. & Blanco, A. (2006). ¿Cómo se lleva a cabo un registro observacional? *Butlletí La Recerca*, 4 <http://ice.d5.ub.es/recerca/fitxes/fitxa4-cat.htm>

Anguera, M., Blanco, A., Losada, J. & Mendo, A. (2000). La Metodología Observacional en el Deporte: Conceptos básicos. *Lecturas: EF y Deportes. Revista Digital*, 24 de Agosto.

Anguera, M., Blanco, A., & Losada, J. (2001). Diseños observacionales, cuestión clave en el proceso de la Metodología Observacional. *Metodologia de las Ciencias del Comportamiento*, 3 (2), pp. 135-160.

Anguera, M., Magnusson, M. & Jonsson, G. (2007). Instrumentos no estándar. *Avances en medición*, 5 (1), pp. 63-82.

Arellano, R. (1993). El Control Y evaluación del entrenamiento; el control y evaluación de la técnica. *Federacion Española Natacion. Escuela Nacional de Entrenadores*. Gandia.

Bakeman, R. & Gottman, J. (1989). Observación de la interacción: introducción al análisis secuencial. Madrid: Morata S.A..

Bakeman, R. & Quera, V. (1996). Análisis de la interacción. Análisis secuencial con SDIS e GSEQ. Madrid: *Rama*.

Baumgartner, T. & Jackson, A. (1995). *Measurement for evaluation in physical education and exercise science*. 5th edition. Madison: Brown & Benchmark.

Blanco, A. (1993). Fiabilidad, precisión, validez y generalización de los diseños observacionales. En M.T. Anguera (Ed.) *Metodología observacional en la investigación psicológica* (pp. 149-261). Barcelona: P.P.U., Vol. II.

Blanco, A. & Anguera, M. (2000). Evaluación de la calidad en el registro del comportamiento: Aplicación a deportes de equipo. En E. Oñate, F. García Sicilia y L. Ramallo (Eds.), *Métodos Numéricos en Ciencias Sociales* (pp. 30-48). Barcelona: CIMNE.

Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. & Anguera, M. (1991). Estimación de la precisión en diseños de evaluación ambiental. *Evaluación Psicológica/ Psychological Assessment*, 7 (2), pp. 223-257.

Bompa, T. (2002). *Periodização: teoria e metodologia do treinamento*. 1ª ed. São Paulo: Phorte Editora.

Bompa, T. (2005). *Treinando atletas de desporto coletivo*. Sao Paulo: Phorte Editora.

Brito, A. (2005). *Observação directa e sistemática do comportamento*. Cruz Quebrada: Edições FMH (3 ed.).

Campaniço, J. (1999). *Observação Qualitativa dos Movimentos Desportivos. Dissertação de Doutoramento na Especialidade Educação Física e Desporto*. Vila Real: UTAD.

Campaniço, J. & Anguera, M. (2000). O modelo de ensino básico e as estratégias observacionais em natação. *XXIII Congresso da APTN (Associação Portuguesa de Técnicos de Natação)*. Vila Real: UTAD.

Campaniço, J., Santos, J. & Silva, A. (2006). Breaststroke Swimming Patterns From Vídeo Sequences Analyzes. Produced by Specific Field Formats. In: J.P Vilas-Boas, F. Alves, A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming. X Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6 (1) pp. 76-77, Porto.

Cardoso, J., Carvalho, C., Campaniço, J. Oliveira, C. & Louro, H. (2008). Behaviours Patterns on Butterfly Swimmers. In Cabri J., Alves F., Araújo D., Barreiros J., Diniz J., Veloso A. *Book of Abstracts 13th Annual Congresso of the European College of Sport Science*

Chatard J. (1985). Influence des facteurs morphologiques et de l'entraînement sur le rendement énergétique. In: *Les messages de l'association réflexion natation*. Compte rendue des Journées de Natation, pp. 53-63, Canet.

Chollet, D. (1990). *Approche scientifique de la natation sportive*. Paris: Editions Vigot.

Chollet, D. (1997). *Approche Scientifique de la Natation Sportive. Editions Vigot. Paris*.

Colman V, & Persyn U. (1995). *The importance of the interaction between balance and propulsion in a Kinesiological evaluation of the simmetrical strokes*. Universidade Católica de Leuven.

Colman, V., Persyn, U., Daly, D. & Stijnen, V. (1998). A comparasion of the intracyclic velocity variation in breaststroke swimmers with flat and undulating styles. *Journal of sports sciences*. 16, pp. 653-665.

Colman, V. & Persyn U. (1993). Diagnosis of the movement and physical characterisitics leading to advice in breakstroke. *Continental corse in swimming for coaches*. Gelsenkirshen: FINA COI- DVS.

Costil, D., Lee, G. & D'Aquisto, L. (1987). Video-computer assisted analysis of swimming technique. *Journal of Swimming Research*, 3 (2), pp. 5-9.

Costill, D., Maglisho, E. & Richarson, A. (1992). *Swimming*. Oxford: Blackwell Scientific Publication.

Croll, P. (1995). *La observación sistemática en el aula*. Madrid: La Muralla.

Donskoi (1998) *Biomecanica de los Ejercicios Físicos*. Ed. Raduga Moscu.

Fleiss, J., Cohen, J. & Everitt, B. (1969). Large sample satandard errors of kappa and wighted Kappa. *Psychologycal Bulletin*, 72, pp. 323-327.

Garganta, J. (1997). *Modelação Tática do Jogo de Futebol: Estudo da organização da fase ofensiva em equipas de alto rendimento. Dissertação para obtenção do grau de Doutoramento*. Porto: FCDEF-UP.

Giménez, A. (1999). Modelos de Enseñanza Deportiva: analisis de dos decadas de investigación. *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*, 4.

Gomes, A., (2002). *Treinamento Desportivo: estruturação e periodização*. Porto Alegre: 1a ed. Artmed.

Grosser, M. & Newmaier, A. (1986). Técnicas de entrenamiento. Teoría e práctica de los deportes. Barcelona: *Ediciones Martinez Roca*.

Harre, D. (1983). *Teoría del entrenamiento deportivo*. Científico-técnica editora.

Hernández Mendo, A, González Villena, S., Ortega García, M., Ortega Orozco, J. & Rondán Roldán, R. (2000). Aportaciones del análisis secuencial al baloncesto: una aproximación. *Lecturas: EF y Deportes. Revista Digital*, 18.

Hernández, A. & Molina, M. (2002). Cómo usar la observación en la psicología del deporte: principios metodológicos. *Revista Digital EF y Deportes* - Buenos Aires - Año 8, 49.

Higgins, J. (1977). *Human Movement an integrated approach*. The C.V. Mosby Company, Saint Louis.

Knudson, D. & Morrison, C. (2001). *Análise qualitativa do movimento humano*. São Paulo: Manole.

Lewis, B. (1979). Structured Observation. Report of the N.A.T.F.H.E. Physical Education Seccion, *Annual Conference Held At Chester College*, Chester, Galaister Ed. pp. 37-44.

Losada, J. & Arnau, J. (2000). Fiabilidad entre observadores con datos categóricos mediante el Anova. *Psicothema* 12 (supl. 2).

Louro, H., Campaniço, J., Anguera, T., Marinho, D., Oliveira, C., Conceição, A. & Silva, A. (2010) Stability of Patterns of Behavior in the Butterfly Technique of The Elite Swimmers. *Journal of Sport Science & Medicine*, 10 (1).

Louro, H., Silva, A., Costa, A., Rodrigues, J., Conceição, A. & Campaniço, J. (2009). Observation of The Stability of a Technical Implementation of evidence in 200M Butterfly. *Journal of Sport Science & Medicine*, 8 (11), pp. 186.

Maglischo, E. (2003). Swimming fastest. Champaign, Illinois: *Human Kinetics*.

Magnusson, M. (1996). Hidden real-time patterns in intra- and inter-individual behavior: description and detection. *European Journal of Psychological Assessment*, 12, pp. 112-123.

Magnusson, M. (2000). Discovering hidden time patterns in behavior: *T-patterns* and their detection. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 32, pp. 93-110.

Manno, R. (1991). *Fundamentos do Entretenimento desportivo*. Barcelona. Paidotribo.

Martin, D., Klaus, C. & Klaus, L. (2001). *Manual de Metodología del Entrenamiento Deportivo*. Barcelona: Paidotribo.

Noldus Information Technology (2003). *The Observer: Professional system for collection, analysis, presentation and management of observational data*. Reference Manual, Version 5.0. Wageningen, The Netherlands: Author.

Oliveira, C., Santos, J., Campaniço, J. & Jonsson, K. (2006). Detection of Real-time patterns in breaststroke swimming. In: J.P Vilas-Boas, F. Alves, A. Marques (Eds.), *Biomechanics and medicine in Swimming X Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6 (supl 2) 241-244. Porto.

Pauwels, J. (1979). Observation- An important part of didactic proficiency. In: Haag, K. *Physical Education and Evaluation*, Proceedings of XXII, I CHPER World Congress, Kill, UKHS eds. pp. 208-217.

Persyn, U., Colman, V. & Ungerechts, B. (2000). Diagnosis and advice in the undulating strokes requires information on global body flexibility and upper limb strength. In: R. Sanders, Y. Hong (Eds.), *Proceedings of XVIII International Symposium on Biomechanics in Sports, Applied Program: application of biomechanical study in swimming*, pp. 88-95. China: The Chinese University of Hong Kong.

Piasenta, J. (2000) *Aprender a Observar*. Lisboa: edição Centro de Estudos e Formação Desportiva.

Platonov, V. (2004). *Teoria Geral do Treinamento Desportivo Olímpico*. Porto Alegre: Editora Artmed.

Riera, J. (1989). Aprendizaje de la Técnica e la Táctica Desportivas. Ed. Inde, Zaragoza.

Ruiz L. (1994). Deporte y Aprendizaje. Procesos de adquisición y desarrollo de habilidades. Madrid Visor.

Rosado, A. (1995). Observação e reacção à prestação motora. *Dissertação de Doutoramento*. Lisboa: UTL-FMH .

Sarmiento, J. (1987). Observação de movimentos desportivos, influencia da formação da experiencia na identificação de erros técnicos em natação. *Dissertação de doutoramento na especialidade de treino e organização desportiva*. Lisboa: ISEF-UTL.

Sharpe, T., & Koperwas, J. (2003). *Behavior and sequential analyses. Principles and practice*. Sage Publications, Inc.

Silva, A. & Alves, F. (2000). Determinant Factors to Variation in Butterfly Velocity. In: R. Sanders, Y. Hong (eds), *proceedings of XVIII International Symposium on Bimechanics In sports. Applied program: application of biomechanical study in swimming*, pp.73-74. Faculty of Education of the University of Edinburgh, Edinburgh.

Starosta, W. (1991). Alcuni problemi della tecnica sportiva. SDS. 22, pp. 15-24

Thomas, J. & Nelson, J. (1990). *Research in Physical Activity*. (2nd Ed.). Champaign, Ill: Human Kinetics.

Zatsiorski, V. (1989). *Metrologia Deportiva. Ciudad de la Habana*. Editorial Pueblo y Educación.

CAPITULO 2: Análise Quantitativa do movimento: Análise Cinemática

Autor: Marco Branco

1. Introdução

A análise e descrição do movimento, possibilita o desenvolvimento da performance desportiva e o desenvolvimento das atividades físicas em si, permitindo, por exemplo, tanto atletas como praticantes realizar o movimento respetivamente com o máximo de rendimento ou com o máximo de segurança. Na descrição exata e precisa do movimento humano, são utilizados conceitos como posição, velocidade e aceleração. A análise e descrição do movimento que não tem em conta a causa do mesmo, é considerada uma análise cinemática. A cinemática é um ramo da biomecânica que permite a descrição concreta e afinada do movimento sem ter em conta a origem do mesmo, ou seja, não quantifica as forças que atuam sobre o corpo para produzir esse mesmo movimento (Bartlett, 2007; Enoka, 2008; Hall, 1991; Nigg & Herzog, 2007; Robertson, Caldwell, Hamill, Kamen, & Whittlesey, 2004; Winter, 2005).

Nas últimas décadas o método de estudo cinemático mais utilizado foi a videografia, não só pela relativa precisão dos dados do movimento, mas também por poder ser utilizado, com relativa facilidade, por várias pessoas e em vários locais. A facilidade em instalar uma camera de vídeo no local de competição, onde o movimento era executado na situação real, trouxe a este método a difusão necessária ao desenvolvimento de vários *softwares* de análise do movimento baseados em vídeo.

2. Evolução histórica

Desde a antiguidade que o Homem ambiciona conhecer o movimento, desde os movimentos associados à astronomia até ao próprio movimento humano. Vários períodos de desenvolvimento da biomecânica podem ser descritos até ao presente. Nigg e Herzog (2007), diferenciam o desenvolvimento da biomecânica 7 períodos. Os autores definem esses períodos como: Antiguidade (650 A.C. até 200 A.C.), Idade média (200 A.C. até 1450 D.C.), Renascença Italiana (1450 D.C. até 1600 D.C.), Revolução Científica (1600 D.C. até 1730 D.C.), Iluminismo (1730 D.C. até 1800 D.C.), o século da marcha (1800 D.C. até 1900 D.C.) e o século vinte (1900 D.C. até ...).

Durante a antiguidade destaca-se a divisão entre o conhecimento e o mito, o desenvolvimento de paradigmas mecânicos e matemáticos, o desenvolvimento dos paradigmas anatómicos e a realização da primeira análise biomecânica do corpo humano. Esta análise foi baseada na observação e descrição das ações musculares e do movimento.

A biomecânica na idade média teve pouco crescimento, tal como o desenvolvimento da ciência em geral.

A renascença italiana deteve grande importância no desenvolvimento da biomecânica, com o trabalho científico a ser reavivado, onde Da Vinci e Vesalius lançaram as bases para a anatomia e fisiologia moderna e, simultaneamente, o movimento e ação muscular foram estudados e definidos como interdependentes.

Durante a revolução científica o desenvolvimento da biomecânica reside em dois aspetos principais: A experiência e a teoria foram introduzidas como elementos complementares na investigação científica e, a mecânica newtoniana foi estabelecida, proporcionando uma teoria completa para análise mecânica.

No Iluminismo, a biomecânica desenvolveu-se através do esclarecimento do conceito de força, do desenvolvimento inicial dos conceitos de conservação do momento e da energia, da consolidação matemática das diferentes leis mecânicas e, de que a contração muscular e ação se tornou um evento influenciado por forças mecânicas, bioquímicas e elétrica.

Durante o século XIX para o estudo da marcha foram desenvolvidos métodos de medição para quantificar a cinemática e cinética do movimento e, aplicada para análise da marcha humana. Os métodos de medição foram desenvolvidos para quantificar atividade elétrica durante a ação muscular, e os princípios de engenharia biológica foram aplicados na análise biomecânica. Neste período Etienne Jules Marey (1838-1904) “transformou o estudo da locomoção de uma ciência observacional para uma baseada em quantificação” (Nigg & Herzog, 2007). Essa quantificação deve-se às inúmeras invenções de Marey que se torna famoso principalmente devido a ser um pioneiro da cinematografia do que por ser um biomecânico. Entre as suas invenções, Marey consegue correlacionar forças de reação do solo com o movimento, utilizando dispositivos pneumáticos, entre os quais a verdadeira plataforma de forças. Rapidamente verificou o

potencial da placa fotográfica. Marey desenvolveu a tecnologia existente para gravar o movimento sequencial em velocidades relativamente altas. Em 1889, Marey construiu uma câmara de cronofotografia a película. Marey preferiu a análise imagem-a-imagem (frame-a-frame) do movimento, argumentando que a imagem retrata imagens que ele não podia ver com seus próprios olhos. Marey influenciou o desenvolvimento de biomecânica, fornecendo a capacidade de quantificar os movimentos e a natureza científica e rigorosa das suas investigações. Ele foi o primeiro a combinar e sincronizar a medição cinemática e força, e a realizar uma análise abrangente da locomoção (Nigg & Herzog, 2007).

Em 1891, Braune e Fischer fizeram primeira análise tridimensional da marcha humana através de uma análise matemática precisa. Para completar o estudo matemático, o centro de gravidade e momentos de inércia do corpo e todos os seus segmentos foram requeridos. Os centros de gravidade foram determinados experimentalmente com o uso de cadáveres congelados. Dois cadáveres foram colocados na parede, permitindo a dissecação com uma serra a interseção dos planos transversal, sagital, frontal e do respetivo centro de gravidade. Os pontos de interseção entre o centro de gravidade (COG) foram então gravados em desenhos de tamanho real e comparados com os COG determinados fotograficamente a mais de 100 soldados. Um sujeito com as mesmas medidas foi vestido com um fato preto com tubos finos de luz e passou por quatro câmaras. Uma rede de coordenadas foi fotografada mais tarde sobre a imagem

da passagem do sujeito. Estas experiências foram realizadas à noite e levou 10 a 12 horas de esforço constante. A preparação do sujeito levou cerca de oito horas (Nigg & Herzog, 2007).

No século XX o desenvolvimento da biomecânica acontece principalmente devido à orgânica em torno da mesma. A realização de seminários e congressos de biomecânica a criação da sociedade internacional de biomecânica entre outros promoveu o estudo e desenvolvimento de novos instrumentos e aplicações, nomeadamente o estudo da cinemática por sistemas optoelectrónicos e outros, com níveis de precisão bastante elevados. Em geral, nos séculos XX e XXI a biomecânica continua em desenvolvimento por tratar-se de uma área científica com planos de estudos em escolas do ensino superior, por existir centros de investigação e investigadores que estudam e aplicam esses conhecimentos ao desporto, medicina e indústria e, é utilizada no estudo aprofundado do movimento do sistema musculoesquelético (Nigg & Herzog, 2007).

3. Conceitos associados à descrição do movimento

O movimento envolve a alteração da sua posição para outra e pode ser descrito em termos da quantidade dessa alteração, deslocamento, ou da frequência a que ocorre esse deslocamento, velocidade e aceleração. A posição de um corpo refere-se à sua localização no espaço, relativamente a um valor base ou a um eixo. Quando esse corpo altera a sua posição de um ponto para outro, acontece deslocamento e movimento (Enoka, 2008). O deslocamento tem em conta apenas a dimensão espacial. Quando se tem em conta tanto a dimensão espacial como a dimensão temporal falamos de velocidade e aceleração. Os dois conceitos estão associados à taxa de alteração da posição por unidade de tempo: velocidade e rapidez.

$$\text{Velocidade} = \Delta \text{ Deslocamento linear} / \Delta \text{ tempo}$$

$$\text{Rapidez} = \Delta \text{ Distância percorrida} / \Delta \text{ tempo}$$

Equação 1 - Velocidade e rapidez linear.

A velocidade é uma grandeza vetorial que define a alteração da posição relativamente ao tempo, tendo em conta não só a magnitude do movimento, mas também a direção do mesmo. A velocidade pode ser definida também como a primeira derivada da posição. A rapidez tem em conta apenas a magnitude do movimento por unidade de tempo e é uma grandeza escalar.

A aceleração é definida como a taxa de alteração da velocidade por unidade de tempo. Por outras palavras podemos definir aceleração como a segunda derivada da posição.

$$A = \Delta \text{ velocidade} / \Delta \text{ tempo}$$

Equação 2 - Aceleração Linear.

A aceleração é entendida como a medida de alteração da velocidade de deslocamento de um corpo, ou seja pode ser quantificada apenas quando existe alteração da velocidade de um corpo ou objeto. Caso não haja alteração da velocidade do corpo, então a aceleração é zero.

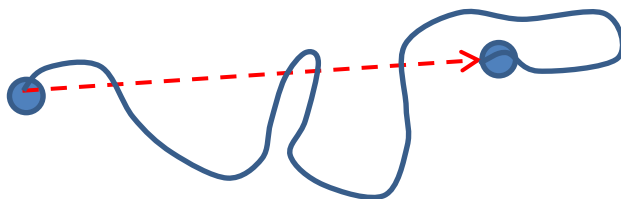


Figura 1: Trajeto de percurso pedonal. Diferença entre velocidade e rapidez.

Na figura 1, a linha azul representa a trajetória de um caminho pedonal com 5 quilómetros (Km). Se tivermos em conta que um indivíduo percorreu essa trajetória numa 1 hora facilmente percebemos que esse indivíduo percorreu o caminho pedonal com uma rapidez de 5Km/h (1,3m/s). No entanto, para a mesma situação, a quantificação de velocidade é diferente, pois não tem em conta a

trajetória que o indivíduo percorreu, mas sim a distância entre a posição inicial e a posição final (linha vermelha tracejada). Assim, para o cálculo da velocidade, deveremos ter em conta que a distância em linha reta entre o ponto inicial e final neste exemplo é de 3 Km. Após os cálculos quantificamos que a velocidade foi quantificada em 3Km/h (0,8m/s).

Dois tipos de movimento podem ser diferenciados: o movimento linear ou translação e o movimento angular ou rotação. A Translação é o movimento linear e refere-se ao movimento do corpo ou objeto, durante o qual todas as partes do mesmo se movem à mesma distância, na mesma direção e no mesmo tempo. A translação pode ser retilínea ou curvilínea, onde o primeiro indica um movimento linear cuja direção do movimento é em linha reta e, o segundo, significa um movimento linear cuja direção do movimento segue uma linha curva (Hall, 1991; Knudson, 2007; Winter, 2005). De uma forma globalizada, e utilizando o exemplo do salto triplo salto, podemos compreender facilmente que o indivíduo se move tanto de forma retilínea (principalmente na primeira fase: corrida) como de forma curvilínea (desde a chamada até à receção).

Rotação é o movimento angular e refere-se ao movimento, durante o qual, um corpo ou parte segue um caminho circular em volta de um eixo, de forma que, todas as partes do corpo movem-se no mesmo ângulo, na mesma direção e no mesmo tempo. O eixo de rotação é uma linha no espaço sobre o qual acontece a rotação de um corpo. Por exemplo, no *curl* de bicípites da musculação, o movimento

de flexão/extensão do antebraço, tem como eixo de rotação a articulação do cotovelo.

Biomecânicos têm utilizado ao longo do tempo diversos instrumentos que permitem realizar a análise cinemática de forma precisa. Desses instrumentos, a cinemetria, videografia e a acelerometria, tem sido utilizados desde o início do século XX e, mais recentemente, os sistemas optoelectrónicos têm elevado os níveis de precisão da análise cinemática.

4. Videografia

A videografia consiste na análise de imagens/quadros que constituem os vídeos. Em cada quadro procede-se à marcação e digitalização de pontos, os quais permitem a definição de segmentos corporais ou objetos. Este tipo de análise consiste em verificar o deslocamento dos pontos digitalizados ao longo dos quadros de imagem que constitui o vídeo. Este processo de digitalização de coordenadas dos pontos envolve a identificação de marcas para auxiliar no cálculo dos eixos de rotação dos segmentos (Figura 2).

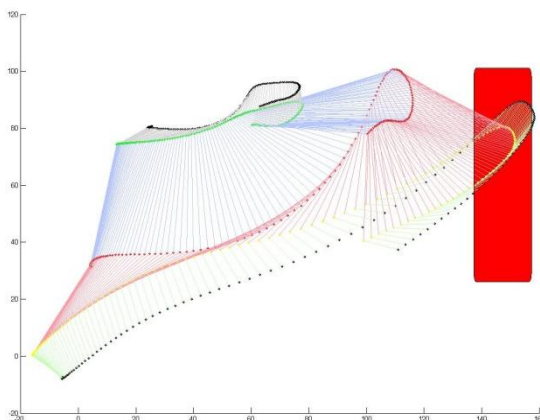


Figura 2: Stick figure do Pontapé frontal do Karaté.

Figura 2 representação dos pontos e segmentos, do membro inferior direito, digitalizados ao longo da sequência de vídeo analisada.

A grande vantagem da videografia é que permite ao investigador gravar os movimentos desportivos, não apenas em ambiente laboratorial controlado, mas também durante as provas

competitivas ou em situação real de treino (Bartlett, 2007). Após a digitalização de uma sequência de movimentos, posições lineares e angulares e respetivos deslocamentos podem ser calculados e apresentados como uma função do tempo, denominada por série temporal. Alguns processamentos de dados adicionais podem ser realizados para se obter deslocamentos do centro de massa do corpo do executante. Velocidades e acelerações podem também ser obtidas a partir dos dados de deslocamento. Através da videografia podem ser identificados os valores de algumas variáveis em momentos importantes do movimento, os quais permitem comparações inter ou intraexecutante. Estes valores, muitas vezes chamados de parâmetros de desempenho ou variáveis, são geralmente definidos em eventos-chave que separam as fases dos gestos motores, tais como o contacto do pé durante a corrida, lançamento do disco, numa prensa de pernas, num pontapé do karaté, etc. São medidas discretas que, embora possam ser muito importantes para o executante, conseguem uma importante quantidade de informações, visível nos gráficos de séries temporais (Figura 3) ou diagramas de coordenação (Bartlett, 2007).

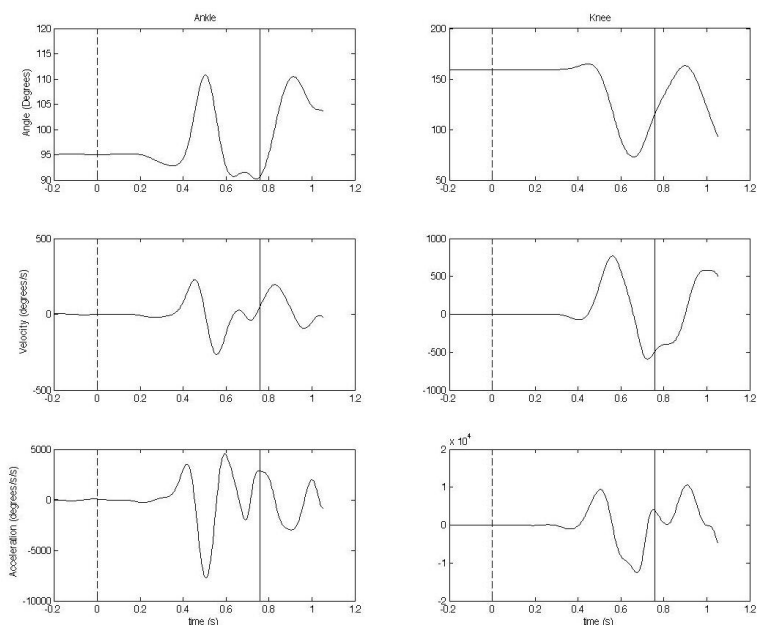


Figura 3: Representação gráfica dos parâmetros angulares do tornozelo e joelho durante a realização do pontapé frontal do Karaté,

A quantidade de vídeos a analisar depende, maioritariamente, da complexidade do movimento. Especificamente, se a análise que se pretende em determinado movimento é apenas a duas dimensões (2D) então o número mínimo de vídeos necessários é de apenas um. Por outro lado, se a análise a realizar é de exigência tridimensional (3D) então dois vídeos é o número mínimo a utilizar. O principal critério a ter em conta na escolha do tipo de análise deverá ser se o movimento, ou fase do movimento, a analisar acontece apenas num plano do movimento (2D) ou se acontece em vários planos (3D). Daí a

necessidade de ter apenas uma ou várias perspectivas do movimento. O ponto seguinte a ter em conta é a localização das câmaras relativamente ao movimento, considerando que cada câmara capta apenas um plano de movimento.

5. Planos de movimento e posicionamento das câmaras

Os planos de movimento são designados de sagital, frontal e transversal.

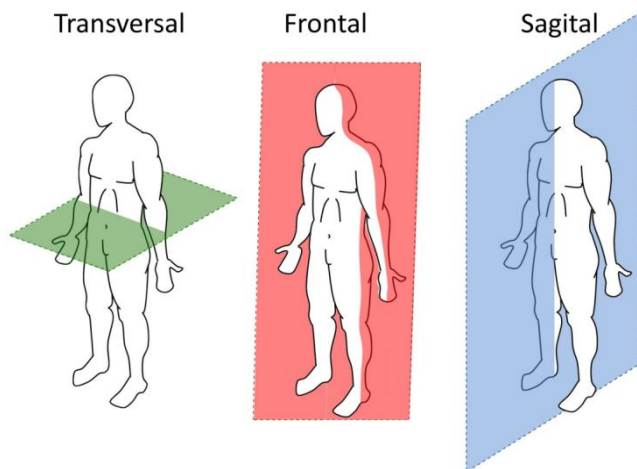


Figura 4: Representação espacial dos planos de movimento.

O plano sagital é o plano imaginário que divide o corpo em direita e esquerda. No entanto, movimentos no plano sagital correspondem a ações motoras no alinhamento frente/trás, ou seja, ações motoras de flexão e extensão. O plano frontal é o plano imaginário que divide o corpo em frente e trás. No entanto, os movimentos no plano frontal correspondem a ações motoras no alinhamento direita/esquerda, ou seja, ações motoras de adução e abdução. O plano transversal é o plano imaginário que divide o corpo em cima e baixo. No entanto, os movimentos no plano transversal correspondem a ações motoras no alinhamento horizontal, ou seja,

ações motoras de adução horizontal/abdução horizontal ou rotação interna e externa.

Para que o vídeo represente o movimento real, a localização da câmara deve ser perpendicular à execução do movimento. Qualquer desvio a essa perpendicular representa um enviesamento ao movimento real, logo são adicionados erros de análise que se tornam difíceis de quantificar. Quando se pretende uma análise 3D do movimento podem utilizar-se um mínimo de duas câmaras perpendiculares entre si, mas deve-se considerar três câmaras também elas a representarem a captura de cada um dos três planos de movimento. Na figura abaixo estão representadas as localizações das câmaras relativamente ao movimento, em situação 2D e 3D (Figura 5, Figura 6 e Figura 7).

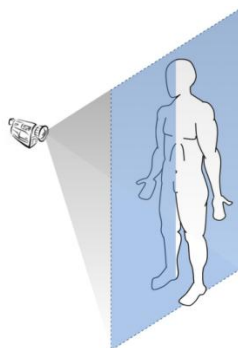


Figura 5: Localização da câmara face ao movimento no plano sagital.

A localização das câmaras, para a recolha de imagens vídeo de movimentos no plano sagital (Figura 5), deve estar lateralmente ao

sujeito. No entanto, deve ser dada a atenção que os segmentos a analisar sejam visíveis na imagem vídeo, podendo, por exemplo em situações de análise bilaterais, colocar uma câmara de cada lado do sujeito.

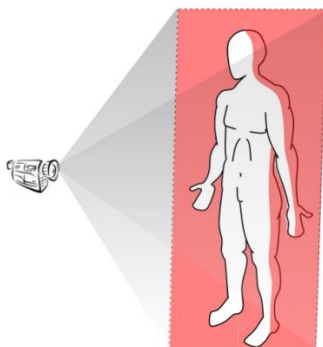


Figura 6: Localização da câmara face ao movimento no plano frontal.

A localização das câmaras, para a recolha de imagens vídeo de movimentos no plano frontal (Figura 6), deve estar frontalmente ao sujeito. Deve, da mesma forma, ser dada a atenção que os segmentos a analisar sejam visíveis na imagem vídeo, podendo por exemplo em situações de análise mais complexas, aumentar o número de câmaras e colocar, por exemplo uma câmara à frente e outra atrás do sujeito.

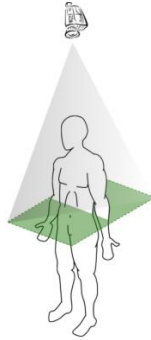


Figura 7: Localização da câmara face ao movimento no plano transversal.

A localização das câmaras, para a recolha de imagens vídeo de movimentos no plano transversal (Figura 7), deve estar superiormente ao sujeito. No entanto, deve ser dada a atenção que, os segmentos a analisar sejam visíveis na imagem vídeo, podendo por exemplo em situações de análise bilaterais, colocar uma câmara de cada lado do sujeito.

6. Referencial espacial

Após definir a localização das câmaras, devemos proceder à colocação das referências espaciais, a introduzir no *software* de análise. Estas referências espaciais permitem que as posições, por exemplo de um ponto, sejam convertidas da posição na imagem (cuja unidade é o pixel) para unidades métricas (usualmente utilizadas para definir deslocamentos ou distâncias). As referências espaciais são normalmente estruturas cubulares, cujo objetivo é quantificar as distâncias entre pontos pré-definidos e converter essas medidas em coordenadas do espaço tridimensional. Vejamos o exemplo definido na Figura 8, onde após medição de cada lado do cubo verificou-se a medida de 100cm. A transformação destas medidas em coordenadas pode ser feita assumindo em primeiro lugar a origem do referencial espacial. Esta origem pode ser qualquer um dos pontos. Neste exemplo consideramos o ponto 5 como a origem do referencial a introduzir no *software*. Assim as coordenadas de cada ponto são:

Tabela 1: Coordenadas dos pontos de calibração marcados no cubo.

Ponto	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
1	0	0	100
2	100	0	100
3	0	100	100
4	100	100	100
5	0	0	0
6	100	0	0
7	0	100	0
8	100	100	0

A introdução das coordenadas no *software*, permite a determinação das coordenadas de cada ponto do movimento em cada uma das *frames* do vídeo analisado.

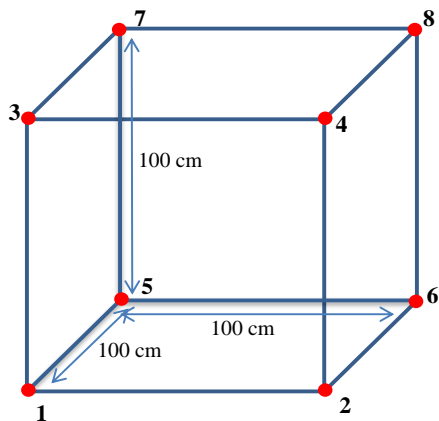


Figura 8: Representação esquemática do cubo de calibração.

Depois de capturado o cubo de calibração, pode-se proceder à captura do movimento.

7. Captura do movimento

Antes desta recolha é necessário ter em conta alguns aspetos que poderão condicionar a qualidade da imagem, nomeadamente as características da câmara de vídeo, a velocidade do movimento e a preparação dos participantes.

As características da câmara a considerar são:

Qualidade da imagem – A qualidade de imagem está relacionada com a dimensão da imagem e à resolução da mesma.

Velocidade de captura - A velocidade de captura está relacionada com o número de imagens que a câmara captura por segundo (25 fps; 50 fps; 200 fps; ...).

Velocidade de obturação – A velocidade de obturação representa o tempo que o obturador da câmara se encontra aberto e portanto quanto tempo a câmara captura e grava a luz. Na recolha de um movimento, quanto mais tempo o obturador estiver aberto maior a probabilidade de aparecer imagens arrastadas.

Abertura da lente – A abertura da lente regula a quantidade de luz que entra na câmara. Se houver grande quantidade de luz no envolvimento e a lente estiver na maior abertura, a probabilidade da imagem ficar muito clara ou completamente branca é maior. O inverso também pode acontecer.

Sincronização – Caso existam várias câmaras na recolha do movimento, é essencial haver uma forma de sincronizar as imagens de cada câmara. Se não houver nenhum instrumento que permita o início e fim da gravação em simultâneo das várias câmaras, sugere-se a

utilização de, por exemplo, uma luz que ao acender ou apagar possa ser identificado em cada vídeo e portanto sincroniza-se os vídeos com base na *frame* em que aparece a luz acesa.

Na escolha da velocidade de captura da câmara devemos ter em conta a velocidade em que o gesto técnico é realizado. Na

Tabela 2, estão as referências de velocidade de captura em função da velocidade de execução do movimento (C. Payton & Bartlett, 2007).

Tabela 2: Referência da velocidade de captura por velocidade de execução do gesto técnico.

f m s³	Gesto técnico
25-50Hz	Caminhar, nadar, subir escadas.
50-100Hz	Correr, arremesso de peso, salto em altura.
100-200Hz	Arremesso de dardo, correr, remate de futebol.
200-500Hz	Serviço do ténis, swing do golf, ataque na esgrima.

Na preparação dos participantes deve ser tido em conta e registado os detalhes do participante, como a idade, altura, massa corporal, experiência, etc.; obter o consentimento informado; familiarizar o participante com espaço e condições de recolha; o tipo de vestuário que o participante terá que utilizar e; qual o protocolo de localização dos marcadores, respetiva posição da pele e método de fixação.

³ fps – Frames por segundo

A localização dos marcadores pode ter diferentes configurações, consoante o objeto de estudo em análise. Winter, Patla, Prince, Ishac, e Gielo-Perczak (1998) desenvolveram um modelo de 14 segmentos, para estimar o centro de massa corporal total, o qual necessita da digitalização de 21 pontos previamente definidos:

- | | |
|-------------------------|---|
| 1. Tornozelo direito | 12. Ombro esquerdo |
| 2. Tornozelo esquerdo | 13. Orelha direita |
| 3. Joelho direito | 14. Orelha esquerda |
| 4. Joelho esquerdo | 15. Espinha Ilíaca ântero-superior direita |
| 5. Coxofemoral direito | 16. Espinha Ilíaca ântero-superior esquerda |
| 6. Coxofemoral esquerdo | 17. Crista Ilíaca direita |
| 7. Punho direito | 18. Crista Ilíaca esquerda |
| 8. Cotovelo direito | 19. Costela direita |
| 9. Ombro direito | 20. Costela esquerda |
| 10. Punho esquerdo | 21. Xifoide |
| 11. Cotovelo esquerdo | |

No entanto outros modelos são utilizados, consoante o objetivo a que se propõe o estudo em causa. Na análise cinemática, a *International Society of Biomechanics* (ISB) e vários autores (e.g. Cappozzo, Catani, Della Croce e Leardini, 1995; de Leva, 1996; Robertson et al., 2004; Wu et al., 2002; Wu et al., 2005) designam a localização dos marcadores em pontos anatómicos de modo a permitir

a análise do movimento quer linear quer angular. A localização dos marcadores depende dos segmentos a incluir na análise do movimento e do tipo de análise que optamos fazer.

Numa análise bidimensional ou planar, devem ser colocados pelo menos dois marcadores em cada segmento, de modo a permitir determinar as extremidades proximal e distal no mesmo plano de análise e representando a orientação planar do segmento. De relembrar que numa análise planar com este tipo de configuração de marcas, não é possível observar movimentos noutros planos, especialmente em articulações com vários graus de liberdade⁴. Na tabela 3, estão indicados as localizações e pontos anatómicos necessários para a análise cinemática.

⁴ Graus de liberdade, representam os diferentes tipos de movimento nos diferentes planos ou eixos do movimento. A ter em conta três tipos de translações (anteroposterior, mediolateral e vertical) e três tipos de rotações (flexão/extensão, adução/abdução e rotação interna/externa).

Tabela 3: Definição dos pontos anatômicos para colocação dos marcadores.

Segmento	Sigla	Análise	Ponto anatômico
PÉ	CA	2D	Bordo superior e posterior do calcâneo
	1MTS	3D	Bordo dorsal da cabeça do primeiro metatarso
	2MTS	2D	Bordo dorsal da cabeça do segundo metatarso
	5MTS	3D	Bordo dorsal da cabeça do quinto metatarso
PERNA	TT	2D	Proeminência da tuberosidade tibial
	HF	3D	Vértice da cabeça do perônio
	MM	3D	Vértice distal do maléolo medial
	LM	2D	Vértice distal do maléolo lateral
COXA	FH	3D	Centro de rotação da cabeça do fêmur (calculado por estimativa)
	ME	3D	Epicôndilo medial do fêmur
	LE	2D	Epicôndilo lateral do fêmur
	GT	2D	Extremidade superior do Grande Trocanter
PELVIS	ASIS	3D	Espinha Ilíaca ântero-superior
	PSIS	3D	Espinha Ilíaca pósterio-superior
TRONCO	AC	2D	Acrômios
	ASIS	2D	Espinha Ilíaca ântero-superior
BRAÇO	AC	2D	Acrômios
	GU	3D	Centro de rotação Gleno-Umeral (calculado por estimativa)

	EL	2D	Ponto distal do epicôndilo lateral
	EM	3D	Ponto distal do epicôndilo medial
ANTEBRAÇO	EL	2D	Ponto distal do epicôndilo lateral
	EM	3D	Ponto distal do epicôndilo medial
	RS	2D	Ponto distal da apófise estilóide do rádio
	CS	3D	Ponto distal da apófise estilóide do cúbito
MÃO	1MCP	3D	Bordo dorsal da cabeça do primeiro metacarpo
	2MCP	2D	Bordo dorsal da cabeça do segundo metacarpo
	5MCP	3D	Bordo dorsal da cabeça do quinto metacarpo
	RS	2D	Fossa radio-escafoide

Na Figura 2 e na Figura 9, podem ser observados a definição de segmentos a partir de uma configuração para análise 2D ou 3D, respectivamente.

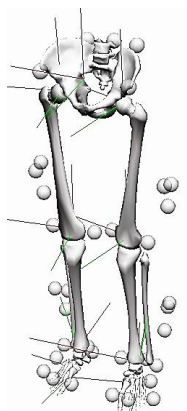


Figura 9: Exemplo de segmentos do membro inferior para análise tridimensional, Branco et al., (2012).

Numa análise tridimensional, a colocação das marcas deve definir corretamente todos os movimentos. Para isso deve-se ter em conta não só as extremidades proximal e distal dos segmentos, mas também marcas que permitam a análise de todos os graus de liberdade de cada articulação. Para que isso seja possível, são necessários pelo menos 3 pontos não colineares em cada segmento. Essa não colinearidade permite analisar e descrever os diferentes tipos de movimentos realizados pelo segmento em causa.

Em alguns segmentos, verifica-se que uma das extremidades ou centro de rotação encontram-se ocultas (e.g., coxa, braço). Nesses casos a determinação da extremidade ou centro de rotação acontece por estimativa, através de outros pontos anatómicos pré-definidos (Wu et al., 2005).

8. Procedimentos APAS

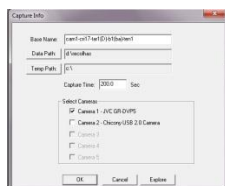
No software “*Ariel Performance Analysis System*”, é um conjunto de pequenos programas, cada um com diferentes funções, os quais permitem capturar o vídeo com o movimento, cortar os vídeos, digitalizar os pontos que definem o movimento, transformar em coordenadas XYZ, filtrar os dados e extrair os mesmos, respetivamente nos programas CapDv, Trimmer, Digitize, Transform, Filter e Display.

De seguida estão descritos os procedimentos a realizar numa análise tridimensional, no entanto estão assinaladas as diferenças a considerar numa análise bidimensional.

CapDV


Após conectar a câmara ao computador, deve abrir o CapDV.


Clicar em setup  (surge a seguinte janela):



Nessa janela indicar-se-á o nome do vídeo (Base Name), o local de destino (Data Path), o local de destino do ficheiro temporário (Temp Path), o tempo em segundos que necessita de vídeo (Capture Time), e qual a câmara correspondente. Clicar “OK”.

Após início da visualização do vídeo.


Clicar  (start captura) no botão para iniciar gravação do mesmo.

E parar  no final do mesmo.

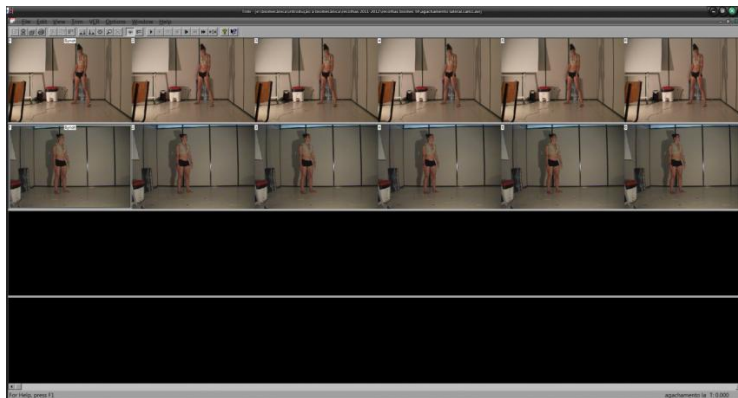
Surgindo uma nova janela, na qual devemos confirmar as definições do vídeo e depois clicar “OK” para guardar a gravação do vídeo.

Trimmer

Após abrir o programa, deve-se proceder ao carregamento dos vídeos:


Clicar no botão , procurar o vídeo e finalizar no “OK”.

Proceder da mesma forma até inserir todos os vídeos.



Selecionar uma *frame* do 1º vídeo, 2 cliques sucessivos (possibilitando ver a imagem em todo o ecrã), avançar na linha do


tempo até encontrar a primeira ou a última *frame* em que se observa o critério de sincronização (e.g., luz laser) utilizado para a sincronização


dos vídeos. Clicar , aparece na *frame* (Synch).





Proceder de igual forma nos outros vídeos, detetando em cada um deles o mesmo critério de sincronização. Após este processo os vídeos estão sincronizados.

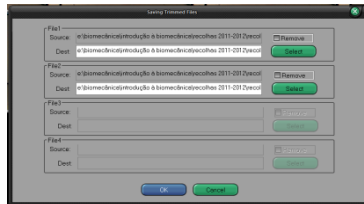
Escolher um vídeo em que seja fácil observar o critério de início do movimento a analisar e selecione a *frame* correspondente.

Nessa *frame*, clicar o botão , cortando desta forma, todas as *frames* para trás, de todos os vídeos em simultâneo.

De igual forma procurar o critério de final e clicar em , cortando todas as *frames* à frente dessa *frame* em todos os vídeos.


Selecionar a 1ª *frame* do 1º vídeo, e clicar . Procurar a 1ª *frame* dos outros vídeos e realizar o mesmo procedimento, sincronizando mais uma vez os vídeos, para que apareça nas primeiras *frames* de cada vídeo a tempo zero - 00:00.

Clicar  para gravar. Aparece a seguinte janela:



Para gravar o 1º vídeo, clicar em “Select” da subcaixa File 1. Escolher a pasta de destino (Procurar em) e definir o nome (Nome do ficheiro). Clicar em “Abrir”. Proceder de igual forma nas seguintes subcaixas File 2 (ou seguintes se tiver mais vídeos). Finalizar com “OK”.

Digitize

Após abrir o programa, criar um documento novo .

Colocar o nome do documento (Nome do ficheiro); escolher o local onde será gravado (Procurar em:); e “Abrir”.

Surgirá uma nova janela, na qual deveram ser inseridos os seguintes dados: nome do ficheiro (Title), unidades de medida (Units), em milímetros, centímetros, metros ou outra unidade) o número de pontos a marcar no sujeito incluindo objetos que queiram analisar (Points), número de pontos do cubo visíveis nas diferentes câmaras (Control), a altura do participante em metros (Height) e o peso em Kg (Weight).



Opção “Point ID’s..”. Selecionar os pontos pela ordem indicada, da coluna (Left Points) e (Right Points). Finalizar com “OK” (voltando a janela anterior).

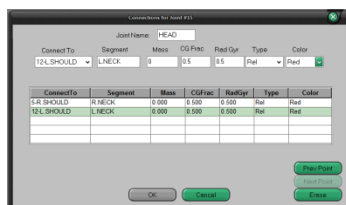
Selecionar a opção “Segments..”. Aparece uma nova janela, para inserir os pontos, e respectivos segmentos. Assim sendo como o 1º ponto não se liga a nenhum anterior, não cria qualquer segmento, por isso clicamos em “Next Point”.



Se for necessário alterar o nome dos pontos, isso poderá ser feito no topo da janela onde diz “Joint name”.



Caso exista um ponto na cabeça, por não existir um ponto chamado “HEAD” podemos alterar o nome (Joint Name) por exemplo para “HEAD” e depois ligar ambos os ombros a esse ponto.

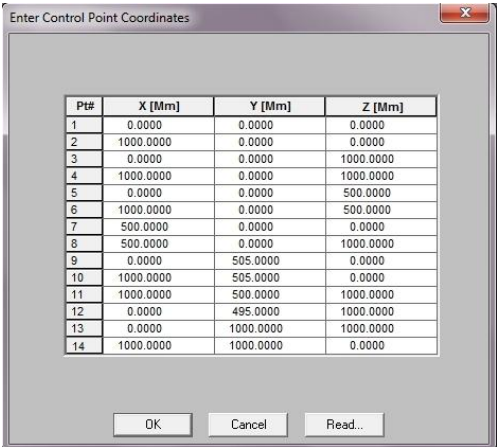


Para criar um segmento do lado direito seleciona-se (Connect To) a opção “11.R.SHOULD” e escrevendo “R.NECK” no espaço (Segment); clicar na linha a baixo para criar outro segmento, desta vez do lado esquerdo e em (Connect To) selecionar “12.L.SHOULD”, escrevendo “L.NECK” no espaço (Segment); “Next Point”.

Se houver um objeto, por exemplo uma bola, na janela correspondente, alterar o nome (Joint Name) para “BALL”.



Quando chegar ao último ponto clicar “OK”, voltando mais uma vez a janela inicial (“Enter Sequence Parameters”).



Selecionar a opção “Control XYZs..”. Aparece uma nova janela na qual deveram ser colocadas as coordenadas do cubo conforme o eixo X, Y e Z, correspondendo cada ponto a um ponto do cubo (medidas são introduzidas em milímetros). Finalizar “OK”.

Voltando à janela inicial (“Enter Sequence Parameters”): clicar no “OK”.

Aparece nova janela para abrir os vídeos. Na subcaixa “#Views to create”, deve selecionar o número de vídeos a analisar. No botão “Select...”, abre os vídeos correspondentes.



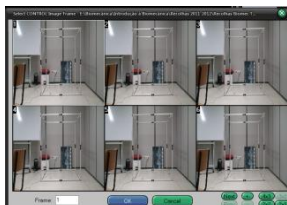
Depois de abertos os vídeos em simultâneo, deve proceder-se à marcação dos pontos de calibração.



Selecione uma janela clicando no topo de cada vídeo onde aparece o nome do mesmo. De seguida clicar no menu “Control” -

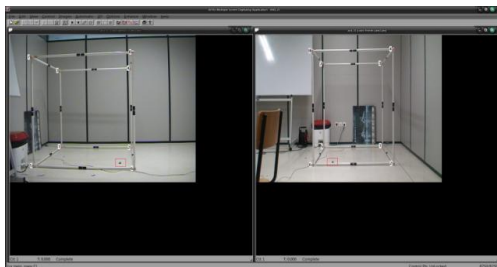
“Digitize”, “Control” - “Open Vídeo” - “AVI File”. Na janela procure o vídeo do cubo correspondente a câmara referida. Clicar “OK”.

Surge um conjunto de *frames* correspondente a câmara seleccionada, na qual se escolhe uma *frame* do cubo. Após a escolha “OK”.

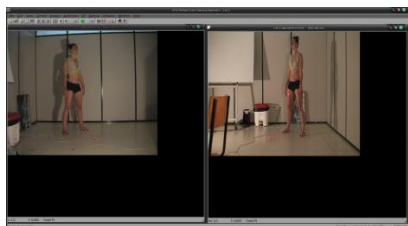


Proceder da mesma forma para os outros vídeos (seleccionar câmara, “Control”, “Open Vídeo”, “AVI File”, procurar vídeo, “OK”, escolher *frame*, e “OK”).

Após a *frame* do cubo de cada um dos vídeos estar no ecrã, seleccionar cada uma delas, e marcar os pontos por ordem, começando no ponto fixo (o ponto seguinte vai aparecendo na barra em abaixo do vídeo). Se for necessário fazer Zoom nos vídeos: “View” - “Zoom” - “2x”. Se existir um engano na marcação do ponto, clicar na tecla “DEL” e voltar a marcar.



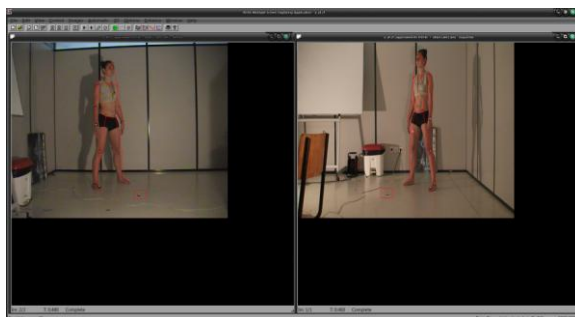
Depois de marcar todos os pontos de calibração em todos os vídeos vá ao menu “Control” - “Finish”. Irão aparecer os vídeos do movimento apenas com um quadrado vermelho em cada vídeo, correspondente ao lugar do respetivo ponto fixo.




Selecionar um vídeo e marcar os pontos pela ordem indicada (barra abaixo do vídeo), começando pelo ponto fixo.

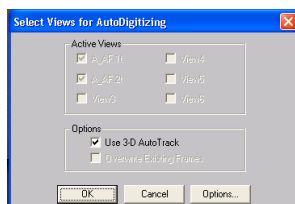
Sempre que um ponto não for visível e se quisermos passar ao seguinte, clicar na tecla “ESC”, passando imediatamente para o ponto seguinte.

Importante: Quando se salta um ponto, devemos ter em conta que não haverá dados desse ponto nessa frame. No entanto o APAS realiza o cálculo da posição dos pontos não digitalizados (interpolação), considerando as posições antes e depois de desaparecer. Deve ter-se em conta que um ponto que não é digitalizado em mais do que 10 frames seguidas, pode tornar a interpolação pouco fidedigna.

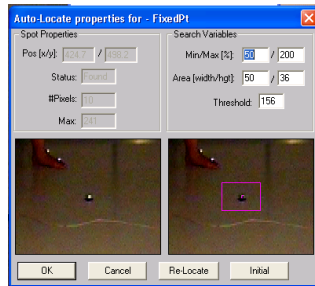


Depois de marcar todos os pontos a analisar em todos os vídeos, passa-se para a frame seguinte através do botão . É necessário repetir o procedimento anterior em todos os vídeos.

Para proceder à digitalização automática ir ao menu “Automatic” - “Start”, na 1.ª janela pressionar “OK”.



De seguida, selecione um vídeo e marque os pontos pela ordem exigida (iniciar pelo ponto fixo). Após assinalar, surge a seguinte janela, na qual se deve verificar se a marca cor-de-rosa corresponde ao brilho do ponto a digitalizar, caso coincida pressionar “OK”.



Se não coincidir, podemos aumentar ou diminuir o valor de “Threshold” para tentar diminuir ou aumentar respetivamente a quantidade de brilho selecionado (para melhorar a captação do reflexo). Depois de alterar o valor, pressionar “Relocate” e “OK”.

Proceder de igual forma para os pontos seguintes, e para os outros vídeos.

Na marcação dos pontos, após clicar “OK”, se não se mexer o rato, automaticamente o programa coloca o este no mesmo local em que o ponto se encontrava na *frame* anterior.


Caso o reflexo esteja esbatido e o programa não consiga captar o reflexo do mesmo, devemos pressionar “ESC”, continuar nos outros pontos e depois de avançar para a próxima *frame*, e marcar todos os pontos, voltar à *frame* anterior e corrigir o ponto que não detetava.

Proceder de igual forma nas *frames* seguintes. O programa reconhece o reflexo, e só questiona caso não encontre o ponto. Sendo possível marca-lo manualmente ou passar (“ESC”).

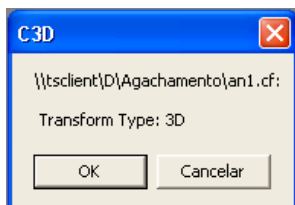
Depois de terminar a marcação de todas as *frames*, aparecem alguns avisos, aos quais poderemos apenas pressionar “OK”.

Sair, fechar o programa (grava automaticamente).

Transform


Depois de abrir o programa, clicar no botão , procurar o ficheiro na pasta correspondente, seleciona-lo e “Abrir”.

Clicar “OK” na janela seguinte.

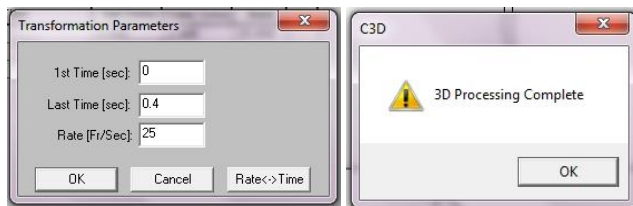


Na nova janela deve seleccionar os vídeos clicando com o rato na primeira coluna de cada linha, aparecendo “YES”.

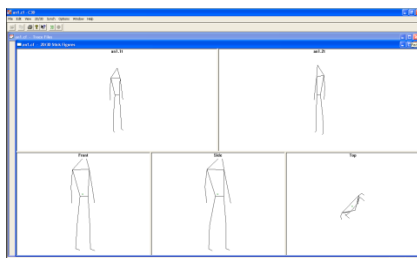
Sel	View#	Title	1st Time	Last Time	Rate	Pan
Yes	an1.1t		0.000	4.100	50.000	
Yes	an1.2t		0.000	4.100	50.000	

Clicar no botão 

Na janela (Transformation Parameters): clicar “OK”. Surgindo outra janela (C3D) referente à conclusão do processo: “OK”.




Obtendo algo semelhante:

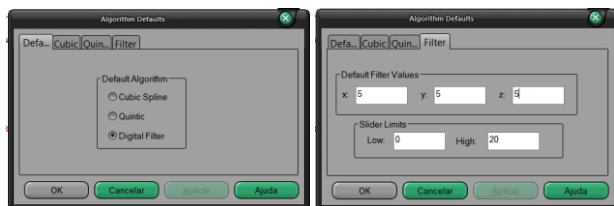


Fechar o programa (grava automaticamente).

Filter

Após abrir o programa, clicar em  e procurar o ficheiro guardado da pasta correspondente. Selecciona-lo e “Abrir”.


Depois deve ir ao menu “Options” - “Algorithm...”. Na janela seleccionar “Digital Filter”. Na mesma janela ir à aba “Filter” e nos campos x, y e z preencher com o número “5”. De seguida feche a janela pressionando “OK”.

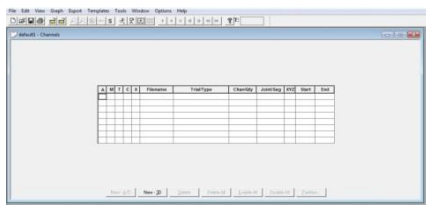



Na janela principal, deve ser alterado o campo onde aparece “Cubic Spline” (por padrão) e colocar “Digital Filter”, alterando também nos campos x, y e z para o número “5”.

Fechar o programa (grava automaticamente).

Display

Abrir o programa. Clicar em “File”, “3D” ou no botão , procurar o ficheiro com extensão 3D. Clicar em “Abrir”.

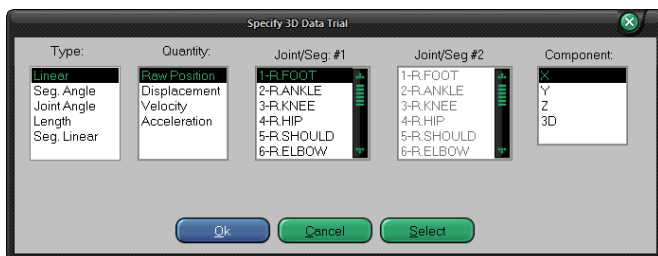


Surge a mesma janela (da abertura do programa), mas com o botão “New 3D” ativo. Pressionar .

Surge uma janela, onde deve introduzir os parâmetros correspondentes à variável que quer estudar. Assim deve em 1.º lugar seleccionar o tipo de variável, o qual tem 5 possibilidades: Linear⁵, Seg. Angle⁶, Joint Angle⁷, Length⁸ e Seg. Linear⁹.

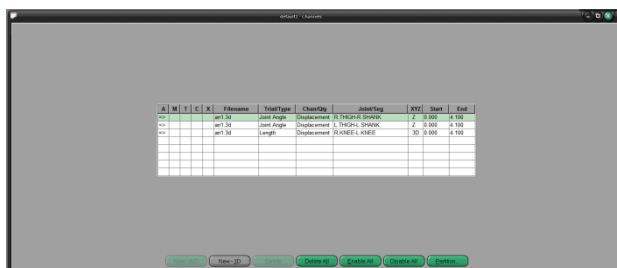
⁵ *Linear* refere-se à posição em bruto, deslocamento, velocidade ou aceleração linear de um ponto, no sistema de coordenadas cartesiano padrão. *Raw position* representa os valores de posição real digitalizados antes do alisamento dos dados. No sistema cartesiano, o movimento é representada pelas coordenadas das componentes X, Y e Z, que são valores com sentido implícito, ou por magnitude resultante "3D", que é um valor sem direção implícita.

⁶ *Segment Angle* pode ser descrito como os segmentos ligados entre si ao nível das articulações e é basicamente um sistema de descrição de deslocamento de



Depois de seleccionar a variável a estudar poderá clicar em “OK” ou se pretender escolher outras variáveis, pressionar “SELECT”.

A(s) variável(eis) aparece(m) inserida(s) na tabela da janela principal.

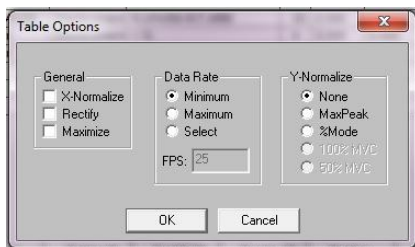


segmentos articulares. É seleccionado para traçar o deslocamento, velocidade ou aceleração angular de um único segmento sobre um eixo no sistema de coordenadas.

⁷ *Joint Angle* é geralmente seleccionada para traçar o deslocamento, velocidade ou aceleração angular de um segmento em relação a outro, sobre a articulação que têm em comum. Movimento é reportado no sistema de coordenadas, quer seja visto ao longo de uma direcção de um eixo de coordenadas, ou como visto ao longo da perpendicular ao plano dos dois segmentos. É necessária a selecção de dois segmentos da lista de segmentos que especifica a articulação. No entanto, pode ser definido o ângulo entre quaisquer dois segmentos e não necessariamente com uma articulação em comum.

⁸ *Length* é seleccionado para traçar a distância linear entre dois pontos.

⁹ *Segment Linear* apresenta o deslocamento, velocidade ou aceleração linear de um segmento, no sistema de coordenadas cartesiano.



Aparece uma tabela com os dados das variáveis selecionadas.

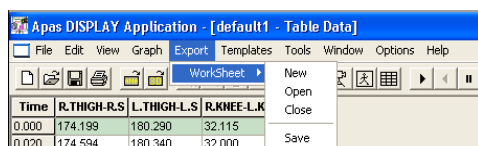
[illegible]

Para exportar os dados para uma folha de cálculo¹⁰, poderá fazê-lo de várias formas. À primeira vista, a forma mais simples será seleccionar os dados, copiá-los e depois colá-los na folha de cálculo. No entanto, devido às diferentes definições regionais no que se refere aos símbolos separadores de casas decimais, é necessário alterar as

¹⁰ As folhas de cálculo mais conhecidas são o *Excel* da *Microsoft*[®] ou o *Calc* do *Open Office*[®].


mesmas e só depois copiar e colar¹¹. Este método apresenta no entanto alguns cuidados, pois não são copiados os nomes das variáveis ou os valores de tempo, em visíveis na tabela do Display. Deverá, por isso, adicionar à folha de cálculo os nomes das variáveis em cada coluna e os valores temporais.

O Display dispõe de uma ferramenta de exportação. Para exportar os dados deve ir ao menu “Export” - “Worksheet” - “New”, depois deverá indicar o nome e a localização do ficheiro. De seguida “Export” - “Worksheet” - “Save”, e pressionar “OK” na janela que aparece e por fim “Export” - “Close”.



Nas versões mais antigas do APAS, o formato deste ficheiro é em “WK1”. Atualmente este tipo de ficheiro só é reconhecido pela folha de cálculo Calc. No ficheiro exportado aparecerá, além dos dados, todas as informações relativas à análise feita.

Para guardar o ficheiro display com as variáveis selecionadas:

pressionar o botão , ou na barra de ferramentas “File”, “Save As..”, e após escolher o local de destino do ficheiro, “Guardar”.

¹¹ Para alterar as definições deve ir ao painel de controlo do Windows, depois seleccionar “Relógio, Idioma e Região” e depois em “Alterar os formatos de data, hora ou número” e aí alterar para Inglês (Reino Unido ou Estados Unidos). Assim é reconhecido o ponto (.) como separador de casas decimais.

Bibliografia

- Bartlett, R. (2007). Introduction to sports biomechanics: analysing human movement patterns. Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, NY: Routledge.
- Branco, M., Santos-Rocha, R., Aguiar, L., Vieira, F., & Veloso, A. P. (2012). Kinetic and kinematic analysis of gait of 2nd and 3rd trimester of pregnancy. *Journal of Biomechanics*, 45(S1), 1.
- Cappozzo, A., Catani, F., Della Croce, U., & Leardini, A. (1995). Position and Orientation in-Space of Bones during Movement - Anatomical Frame Definition and Determination. *Clinical Biomechanics*, 10(4), 171-178.
- de Leva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics*, 29(9), 1223-1230.
- Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of human movement* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Gideon, A. (2000a). CAPTURE Module. U.S.A.: Ariel Dynamics, Inc.
- Gideon, A. (2000b). DIGI4 Module. U.S.A.: Ariel Dynamics, Inc.
- Gideon, A. (2000c). DISPLAY Module. U.S.A.: Ariel Dynamics, Inc.
- Gideon, A. (2000d). FILTER Module. U.S.A.: Ariel Dynamics, Inc.
- Gideon, A. (2000e). TRANSFORM Module. U.S.A.: Ariel Dynamics, Inc.
- Gideon, A. (2000f). TRIMMER Module. U.S.A.: Ariel Dynamics, Inc.
- Hall, S. J. (1991). *Basic biomechanics*. St. Louis ; London: Mosby Year Book.
- Knudson, D. V. (2007). *Fundamentals of biomechanics* (2nd ed.). New York, NY: Springer.

- Nigg, B. M., & Herzog, W. (2007). *Biomechanics of the musculo-skeletal system* (3rd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Payton, C., & Bartlett, R. (2007). *Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise : the British Association of Sport and Exercise Sciences guide*. Abingdon, Oxon ; New York, NY: Routledge.
- Robertson, D. G. E., Caldwell, G. E., Hamill, J., Kamen, G., & Whittlesey, S. N. (2004). *Research methods in biomechanics*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Vences Brito, A., Branco, M. A. C., Alves, J. P. B., Fernandes, O., & Fernandes, R. (2012). *Análise cinesiológica do movimento humano: Especialização Desportiva*. Paper presented at the Congresso - Investigação e Desenvolvimento IPS., Santarém.
- Winter, D. A. (2005). *Biomechanics and motor control of human movement* (3rd ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Winter, D. A., Patla, A. E., Prince, F., Ishac, M., & Gielo-Perczak, K. (1998). Stiffness control of balance in quiet standing. *Journal of Neurophysiology*, 80(3), 1211-1221.
- Wu, G., Siegler, S., Allard, P., Kirtley, C., Leardini, A., Rosenbaum, D., Whittle, M., D'Lima, D. D., Cristofolini, L., Witte, H., Schmid, O. Stokes, H. (2002). ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion - part 1: ankle, hip, and spine. *Journal of Biomechanics*, 35(4), 543-548.

Wu, G., van der Helm, F. C. T., Veeger, H. E. J., Makhsous, M., Van Roy, P., Anglin, C., Buchholz, B. (2005). ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion - Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of Biomechanics*, 38(5), 981-992.

CAPITULO 3: Cinesiologia - noções

Autor: Victor Milheiro

1. Introdução

A ciência do movimento designada por cinesiologia surgiu e desenvolveu-se a partir do interesse do ser humano pelo estudo do comportamento motor do homem e do animal.

Esta ciência estuda os movimentos do corpo humano e a palavra cinesiologia vem do grego kinesis = movimento + logos = tratado, estudo. Hoffman, 2000; Luttgens, 1997; Rash, 1991)

Ao viajar pela história da cinesiologia (estudo do movimento) e da biomecânica (mecânica aplicada aos sistemas biológicos) encontramos uma origem comum.

Aristóteles foi o primeiro a descrever a função e ação dos músculos e ossos, por isso é considerado o pai da cinesiologia. Alguns séculos mais tarde, Borelli seria o primeiro a estudar matematicamente o movimento e a explicar fenômenos fisiológicos através das leis da mecânica, daí que seja considerado o pai da biomecânica.

A diferença básica entre estas duas ciências é que, enquanto a cinesiologia descreve os movimentos, a biomecânica quantifica-os pelo uso da matemática. Todavia, não há unanimidade dos estudiosos do movimento em relação ao uso dos termos cinesiologia e biomecânica.

2. Evolução histórica da cinesiologia

A evolução da cinesiologia desde a sua origem até à atualidade, permite destacar alguns autores que construíram esta história ao longo do tempo e que contribuíram significativamente para o desenvolvimento desta ciência do movimento humano.

Aristóteles (384-322, a.C.) é considerado o pai da cinesiologia por ter sido o primeiro a descrever a função e ação dos músculos e ossos. Baseou os seus estudos em observações práticas dos animais em seu ambiente natural. (Rasch 1991). Alguns anos depois surgiu Arquimedes (287-212 a.C.) que foi o fundador da mecânica teórica e definiu os princípios da hidrostática. Claudius Galeno (131-202 d.C.) é considerado o pai da medicina desportiva e escreveu o livro "De motu musculorum" onde explica o movimento humano como resultado do funcionamento do músculo e do processo de encurtamento das fibras. Depois houve um período de mais de 1000 anos de estagnação até ao aparecimento de Leonardo da Vinci (1452-1519) que estudou a ação e interação progressiva dos vários músculos durante o movimento, tendo sido o primeiro a registar dados científicos na marcha humana. Uns anos mais tarde surge Galileu Galilei (1564-1643) que definiu princípios de observação do movimento humano com base em conceitos matemáticos e desenvolveu os primeiros estudos sistemáticos do movimento uniformemente acelerado e do movimento do pêndulo. Alfonso Borelli (1608-1679) foi o primeiro a explicar os fenómenos fisiológicos através das leis da mecânica e é considerado o pai da biomecânica. Isaac Newton (1642-1727) escreveu "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" uma das mais importantes obras na história da ciência, onde descreveu as leis universais que fundamentaram a mecânica clássica. Ainda no século XVIII John Hunter (1728-1793) reuniu informações sobre estrutura e potência muscular, origem e inserção, forma dos músculos, força, hipertrofia, contração e

relaxamento. Luigi Galvani (1737-1798) realizou os primeiros estudos relacionando eletricidade e contração muscular. Eduard Weber (1795-1881) e Wilhelm Weber (1804-1891) estudaram a marcha humana a partir das leis simples da mecânica, comparando o movimento dos membros inferiores com o movimento de um pêndulo. Foram os primeiros a utilizar a cronofotografia como método de análise. Com Guillaume Duchenne (1806-1875) a cinesiologia começou a ter uma relação mais próxima com a fisiologia. Na sua obra “Physiologie des mouvements” explicou a contração muscular pela fisiologia e descreveu a resposta muscular como produto de uma estimulação elétrica. Foi neste período que a cinesiologia começou a ter uma relação mais próxima com a fisiologia, uma vez que foi com o estudo da eletricidade animal que a ciência passou a apresentar maior interesse pelo movimento humano e músculos que o geravam. Esta correlação cinesiologia-fisiologia dura até aos dias de hoje e contribui amplamente para o desenvolvimento de ambas as disciplinas. Charles Darwin (1809-1882) publicou o livro “The Origin of the species”, onde apresentou ideias revolucionárias relativamente ao corpo humano. Étienne Jules Marey (1830-1904) foi o pioneiro da cinematografia e da descrição dos parâmetros cinemáticos do movimento humano e animal; os seus inventos deram um enorme contributo na análise dos movimentos. Edward Muybridge (1830-1904) realizou importantes estudos fotográficos sobre padrões de movimento que foram marcos na cinematria biomecânica. Foi autor dos primeiros filmes utilizados para análise biomecânica do movimento de animais e humanos. Adolf Eugen

Fick (1829-1901) introduziu os termos isométrico e isotônico. Charles Beevor (1854-1908) fez a classificação dos músculos como motores primários, sinérgicos, fixadores, ou antagonistas. Os primeiros anos do século XX contribuíram ainda mais para estreitar a relação entre a cinesilogia e a fisiologia. Wilhelm Roux (1850-1924) desenvolveu estudos afirmando que a hipertrofia muscular evolui em maior grau quanto mais o músculo for forçado a trabalhar, enquanto que John Hughlings Jackson (1834-1911) estabeleceu a relação do movimento muscular com o córtex cerebral. Esta relação entre o sistema muscular e o sistema nervoso serviu de base para que Henry Pickering Bowditch (1814-1911) demonstrasse o princípio da contração do "tudo ou nada", que foi fundamental para a compreensão dos eventos cinéticos do corpo humano. Julius Wolff (1836-1902) definiu a lei de Wolff e defendeu que a formação do osso resulta da força das tensões musculares e dos esforços da manutenção do corpo na posição ereta. Jules Amar (1914) publicou o primeiro compêndio sobre mecânica corporal. Em 1975 foi criado nos Estados Unidos o "*International College of Applied Kinesiology*" (ICAK). Na segunda metade do séc. XX destacamos os contributos de Nikolai Bernstein que foi um dos primeiros a estabelecer a biomecânica como ciência e contribuiu para o estudo da coordenação e regulação do movimento humano, de **Donskoi** que escreveu o livro "Biomecânica dos movimentos corporais", de George Goodheart, considerado o criador da cinesilogia contemporânea e que foi o responsável pela introdução de testes

musculares em diagnóstico médico e de John Varun Maguire e Michael Ugljesa que foram os percussores da cinesiologia aplicada ao desporto.

3.Cinesiologia

Nos primeiros tempos, as análises cinesiológicas concentravam-se no sistema músculo-esquelético, na eficiência dos movimentos do ponto de vista anatómico e nas ações das articulações e dos músculos durante movimentos simples e complexos.

A cinesiologia enquanto estudo científico do movimento humano é um termo abrangente utilizado para descrever qualquer forma de avaliação anatómica, fisiológica ou mecânica do movimento humano. A cinesiologia também descreve o conteúdo de uma classe em que o movimento humano é avaliado pelo exame de sua origem e características (Luttgens, 1997).

Na maioria das vezes, as análises cinesiológicas são qualitativas, porque envolvem a observação de uma atividade, identificam as suas diferentes fases, descrevem os movimentos segmentados que ocorrem em cada fase e identificam os principais músculos que contribuem para o movimento articular. Por exemplo, um agachamento, na fase descendente, pode ser descrito como a flexão da anca e do joelho e a dorsiflexão do tornozelo, através de contrações excêntricas dos músculos glúteo máximo, quadríceps e solear respetivamente em cada articulação. Na fase ascendente e para voltar á posição inicial, o atleta realiza contrações concêntricas dos

mesmos músculos para produzir a extensão da anca e do joelho e a flexão plantar no tornozelo (Campos, 2002).

Cinesiologia pode ser definida como a ciência que estuda o movimento humano do ponto de vista das ciências físicas e encontra os seus fundamentos em três grandes áreas de estudo: a biomecânica, a anatomia músculo esquelética e a fisiologia neuromuscular.

Estudamos Cinesiologia com o principal objetivo de aumentar a performance, analisando os movimentos do corpo humano e identificando os seus princípios fundamentais. Este é um conhecimento fundamental para estudantes de Desporto, Educação Física, Dança, Medicina Desportiva e Medicina Ortopédica (Luttgens, 1997).

Segurança, eficácia e eficiência são os objetivos fundamentais da Cinesiologia para a análise e modificação do movimento humano, com o objetivo de otimizar o rendimento desportivo.

A finalidade da Cinesiologia é conhecer e compreender as forças internas e externas que atuam sobre um objeto ou sobre o corpo humano e como a manipulação dessas forças pode melhorar o desempenho humano e ajudar a prevenir lesões.

Os objetivos fundamentais da cinesiologia são a segurança, a eficácia e a eficiência que são úteis para a análise e modificação do movimento humano (Luttgens, 1997).

Para o técnico de desporto o estudo da cinesiologia humana tem um valor muito importante, pois permite ir conhecendo os limites e a força de cada indivíduo, e por meio desse conhecimento melhorar a “performance” humana, e também a prevenir que os atletas venham

ter lesões ao praticar exercícios incorretos ou desajustados da sua condição física atual.

A cinesiologia também é usada por terapeutas na modificação de movimentos desportivos, de modo a superar limitações na capacidade muscular e na estrutura esquelética.

Outra forma de entender a cinesiologia é como método de resposta do corpo, onde os mais variados tipos de distúrbios dos estados de energia e de órgãos do corpo podem ser analisados e harmonizados por meio de diversos métodos corretivos.

Nos primórdios da educação física, a cinesiologia estava confinada apenas à anatomia funcional. Gradualmente, com a importância crescente da dança e do desporto, o conceito de cinesiologia evoluiu e passou a incluir o estudo dos princípios mecânicos aplicados às técnicas usadas no desporto e outras atividades físicas.

Os princípios não são aplicados apenas aos movimentos do corpo humano mas também aos movimentos dos engenhos e equipamentos utilizados (bolas, raquetes, etc.)

A função da cinesiologia no desporto e na Educação Física, além de contribuir para a participação com sucesso em variadas atividades físicas, pretende melhorar as estruturas do corpo humano, através da seleção inteligente das atividades e do uso eficiente do corpo.

4. Análise cinesiológica no desporto

Para realizar uma análise cinesiológica numa atividade desportiva o investigador pode recorrer a duas formas de análise de movimentos: através de experiências laboratoriais em condições controladas ou em condições reais e sem poder controlar e manipular algumas variáveis presentes nas competições.

Fazer uma análise cinesiológica no desporto é aplicar de toda a informação possível para poder aumentar a eficácia numa determinada tarefa motora e consiste em:

- a) Descrever a tarefa motora duma maneira lógica e sistemática, dividindo-a nos seus elementos constituintes;
- b) Avaliar a tarefa motora através da determinação de quais e como é que foram violados os princípios mecânicos;
- c) Prescrever correções baseadas numa apropriada identificação das causas.

Neste tipo de análise, devemos dar ênfase a uma abordagem qualitativa da performance, a qual pode ser auxiliada através de filmes, vídeos, etc.

Nas fases iniciais da aprendizagem dos procedimentos de análise cinesiológica é frequente o movimento parecer rápido e confuso, mas com a ajuda de uma câmara lenta e com muita prática, o investigador conseguirá fazer observações mais corretas e sistemáticas.

4.1. Fases de uma análise cinesiológica

4.1.1 Descrição da tarefa motora:

Uma correta descrição da tarefa motora implica os seguintes passos:

a) Identificar o objetivo principal da tarefa motora para analisar a sua eficácia;

b) Dividir a tarefa motora em fases; é vantajoso dividir os movimentos em fases separadas, de modo a ser mais fácil analisar e identificar os movimentos. É importante definir os momentos que marcam o início e o final de cada fase;

c) Classificar a tarefa motora, determinando a que categoria pertence;

d) Classificar a tarefa motora de acordo com as seguintes classes: fechadas, precedidas de balanço, cíclicas e que mudam constantemente.

Tabela 1: Exemplo de descrição da tarefa motora salto em comprimento (fase de corrida de balanço)


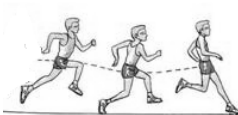
Fase	Sub-fase	Início	Fim	Objetivo da fase	Descrição técnica	Figura
Corrida de balanço	Aceleração	Quando o atleta inicia a corrida	No ante penúltimo apoio antes da chamada	Adquirir velocidade horizontal	Aceleração progressiva (velocidade máxima possível nas 3 últimas passadas); - Apoios ativos sobre o terço anterior dos pés	
	Ligação corrida chamada	No ante penúltimo apoio antes da chamada	Início do contacto do pé de chamada	Alterações rítmicas da corrida e do CG para preparar a chamada	Penúltima passada curta e passada final mais longa o que provoca o assentamento sobre o calcanhar e o baixar do centro de gravidade com o tronco ligeiramente inclinado atrás;	

Tabela 2: Classificação da tarefa motora em categorias

Manutenção da postura ereta	
Movimentos de “fitness	
Produzir movimentos	
Mover objetos externos	Puxar, Empurrar, Lançar, Socar, Pontapear
Mover o próprio corpo	no solo (marcha, corrida...); suspensão (trapézio, argolas, barra fixa); Em voo (ginástica, saltos para a água); Na água (natação, remo ...). Recebendo impactos
Com o próprio corpo	recepções ou quedas
De objetos externos	agarrar, interceptar

4.1.2 Análise Anatômica

A análise anatômica do movimento inclui o exame das ações das articulações, a descrição dos movimentos segmentares, a participação muscular, a identificação dos mecanismos neuromusculares envolvidos e os princípios anatômicos relacionados com eficácia e segurança no resultado.

Tabela 3: Exemplo de uma análise anatômica do serviço de tênis (fase de aceleração e momento de impacto)

Ação / Função	Músculos utilizados	Tipo de contração
Aceleração do trem inferior e rotação da anca	Tricípete Sural, Quadricípete Crural, Grande Glúteo, Médio Glúteo, Pequeno Glúteo e Músculos Pelvi-Trocantéricos	Concêntrica / excêntrica
Rotação do tronco	Pequeno e Grande Oblíquo do Abdômen e Extensores das Costas	Concêntrica/ excêntrica
Movimento horizontal do braço	Deltoide (porção anterior), Subescapular, Bicípete Braquial e Grande Peitoral	Concêntrica / excêntrico
Pronação do antebraço	Redondo Pronador e Quadrado Pronador	Concêntrica / excêntrica
Extensão e flexão do cotovelo	Bicípete Braquial	Concêntrica / excêntrica / Isométrica

Rotação interna do braço	Grande Dorsal, Grande Peitoral e Subescapular	Concêntrica / excêntrico
Flexão da mão	Flexores do Pulso	Concêntrica / excêntrico

Tabela 4: Classificação dos músculos quanto à sua participação no movimento

Classificação	Definição	Exemplo
Agonistas	São os principais músculos responsáveis pelo movimento	O grande glúteo é o principal responsável pelo movimento da extensão da coxa.
Sinergistas	São os músculos que auxiliam o motor primário durante o movimento.	Os isquiotibiais têm uma ação de sinergia para com o grande glúteo durante a extensão da coxa.
Antagonistas	São os músculos cuja ação é a contrária á desempenhada pelos agonistas.	O psoas-ilíaco é antagonista do grande glúteo durante a extensão da coxa
Estabilizadores / Fixadores	São músculos que suportam ou estabilizam o corpo enquanto os agonistas realizam a sua ação.	Os músculos da parede abdominal.
Neutralizadores	São músculos que anulam ou reduzem uma ação indesejável de outro músculo.	

4.1.3 Análise mecânica

A análise mecânica da performance humana envolve a identificação das leis e princípios que ajudam a explicar da forma mais apropriada a execução de uma técnica e a identificação das razões mecânicas para o sucesso ou falhanço.

Primeiro que tudo há que definir claramente qual o objetivo fundamental (desportivo e mecânico) do movimento em estudo. Depois há que identificar os objetivos mecânicos presentes nas diferentes fases e conhecer a natureza das forças que o provocam, impedem ou modificam o movimento.

Tabela 5: Sistematização dos objetivos principais de um movimento por categorias.

Equilíbrio	Manter a estabilidade; Assegurar a mobilidade
Locomoção	Deslocamento entre 2 pontos; Deslocamento numa distância pré definida; Deslocamento segundo um padrão motor
Projeção	Máxima altura; Máxima distância; Máxima precisão;

	Ótima, velocidade e precisão
Manipulação	De objetos; Reproduzir um padrão motor; Resistência externa
Máximo esforço	Máxima velocidade; Máxima potência; Máxima força

Relativamente às fases do movimento, importa compreender a natureza sequencial ou simultânea da tarefa motora, isto é, identificar se o movimento ocorre usando os segmentos corporais numa forma contínua, simultânea ou mista. A halterofilia enquanto tarefa motora de força máxima é um exemplo de um movimento simultâneo. Por outro lado, no lançamento do dardo em que o atleta procura a máxima velocidade de saída é mais apropriado o uso dos segmentos corporais numa forma sequencial.

Depois é preciso analisar os princípios mecânicos aplicados, identificando os princípios do movimento que foram violados, quais foram os erros e quais foram as suas causas. Nem sempre é fácil diagnosticar a causa de um erro, pois muitas vezes a causa é verificada pelos efeitos.

Para a análise das técnicas desportivas, Knudson (2007) considera 9 princípios do movimento:

- Princípio da força - movimento

- Princípio do impulso
- Princípio da inércia
- Princípio da amplitude de movimento
- Princípio do equilíbrio
- Princípio da coordenação das ações musculares
- Princípio da projeção ótima
- Princípio da rotação dos projéteis

4.1.4 Prescrição para a melhoria do rendimento

Depois da tarefa motora ter sido bem descrita, em termos anatômicos e mecânicos, e terem sido identificados os erros e as suas causas, o investigador precisa de decidir qual a estratégia adequada para produzir uma mudança efetiva na performance de acordo com o ideal em termos anatômicos e mecânicos (Luttgens, 1997).

Só depois de identificar as causas do erro e procurar as melhores opções para a sua correção, é que o treinador está em condições de seleccionar e prescrever os exercícios mais adequados para a melhoria do rendimento.

5. Bibliografia

Amadio, A.C.; Duarte, (1997) M. Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento. Laboratório de Biomecânica, Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo.

Bartlett, R. (2007). Introduction to sports biomechanics : analysing human movement patterns. Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, NY: Routledge.

Campos, M.A. (2002) Biomecânica da musculação, Editora Sprint, 2ªed., Rio de Janeiro

Correia, P.P., Pascoal, A. G., Silva, P. A., & Espanha, M. (1995). Anatomofisiologia; Estudos Práticos I - aparelho locomotor. Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana

Dobler, Günter. (2003) Cinesiologia: fundamentos, prática, esquemas de terapia. Editora Manole

Greene, D.P.; Roberts, S. (2005) Kinesiology – movement in the context of activity. Elsevier Mosby (2ª ed), St Louis

Hamill, J.; Knutzen, K.M. (2008) Bases biomecânicas do movimento humano. 2 ed. São Paulo: Editora Manole

Hoffman, S.J., Harris, J.C., (2000) Introduction to kinesiology studying physical activity, Human kinetics. Knudson, D., (2007) Fundamentals of Biomechanics, 2ªed, Springer, USA

Lippert, L.S. (2003) Cinesiologia Clínica para Fisioterapeutas. 3a ed. Rio de Janeiro: Ganabara Koogan

Luttgens, K ; Hamilton, N. (1997)) Kinesiology – Scientific basis of human motion Brown & Benchmark Publishers, New York, 9ª ed.

Rasch, P.J. (1991) Cinesiologia e Anatomia Aplicada. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan

CAPITULO 4: Eletromiografia

Autor: Ana Conceição

1. Introdução

A eletromiografia (EMG) consiste no método de estudo da função muscular (Clarys e Cabri, 1993; Herzog et al., 1994; De Luca, 2002) através do registo da atividade elétrica muscular, a qual, por sua vez, é proporcional ao nível de ativação muscular e dentro de determinados limites, ao nível da força (relativa) produzida pelo músculo em análise. A EMG é a maior expressão da contração muscular, tratando do registo direto dos potenciais elétricos dos músculos ativos.

Desde que a contração do músculo-esquelético é responsável pelo movimento de ossos e articulações, a informação fornecida pela EMG é fundamental no sentido de perceber a biomecânica do músculo-esquelético.

Nesta perspetiva, a EMG, apresenta um elevado potencial como solução indireta para a muito vasta problemática da avaliação interna de parâmetros biomecânicos, como seja a intensidade da intervenção de determinado músculo ou, inclusivamente, a força que ele possa estar a desenvolver (Vilas-Boas, 2004).

No decorrer dos últimos anos, tem-se verificado vários progressos no sentido de compreender em termos biomecânicos a contração da célula tanto ao nível subcelular como celular, através de técnicas de voltagem, usando microelétrodos.

Através da EMG, é possível observar a variação do potencial elétrico muscular, que acontece entre os elétrodos. EMG é o termo genérico que expressa o método de registo da atividade elétrica de um

músculo quando realiza contração (Amadio e Duarte, 1996), através da gravação das mudanças no potencial elétrico no músculo que se gera em cada contração provocada pelo impulso nervoso motor (Bartlett, 1997), permitindo o estudo da função muscular (Basmajian e De Luca, 1985).

Bartlett (1997) salienta que a EMG nos fornece informações sobre o tempo e sequência de atividade de vários músculos no movimento desportivo e que também pode ser utilizada para validar informações acerca da atividade muscular exercida no sistema músculo-esquelético humano. Mas Clarys e Cabri (1993) referem que esta permite verificar o funcionamento muscular em determinados movimentos e posturas, realizar estudos da atividade muscular em desportos complexos, movimentos de reabilitação e de ocupação. Para os mesmos autores, a EMG também permite o estudo das contrações isométricas, avaliação da atividade muscular funcional e anatômica, estudos de coordenação e sincronização, verificar a especificidade e eficiência de programas de treino, estudos sobre fadiga e, finalmente, estudos relacionados com a análise da relação força muscular / EMG.

Assim, a EMG constitui atualmente, segundo Correia et al. (1993), uma técnica privilegiada no estudo do movimento humano, assumindo-se como cadeia metodológica fundamental entre os fenómenos neurais implicados no controlo do movimento e suas consequências mecânicas, em que o termo EMG explicita, só por si, o fundamento deste método de estudo da atividade neuromuscular: a representação gráfica da atividade elétrica do músculo. Assim, o

processo de interpretação do eletromiograma possibilita uma visão da coordenação muscular e de alguma forma pode apresentar uma correlação com os fenômenos internos e, por conta disso, alguns trabalhos tem sido realizados na tentativa de esclarecer a relação da eletromiografia com as respostas da força muscular (Amadio e Duarte, 1996). Contudo, não quantificam esta força, sendo a relação entre eletromiografia e força ao longo dos anos muito estudada (Correia et al., 1993; De Luca, 1997).

2.Evolução histórica da Eletromiografia

O movimento humano é complexo e tem sido estudado através de distintos mecanismos no qual a EMG tem um lugar de destaque nestes últimos tempos. Os mecanismos que explicam o movimento humano têm vindo a ser estudados e analisados por diferentes cientistas ao longo de várias décadas (Clarys e Alewaeters, 2003).

Para compreender o desenvolvimento da EMG é importante, senão mesmo imperativo, ter uma visão do desenvolvimento desta, que precisou de cerca de 300 anos para imergir como uma metodologia de investigação independente (Clarys, 2000). A razão pela qual demorou tanto tempo para adquirir este status teve a ver com as três direções que a EMG tomou durante o seu desenvolvimento, cada uma com diferentes abordagens e técnicas analíticas (Clarys, 2000).

Jan Swammerdam (1637-1680) foi um anatomista e biologista alemão que realizou os primeiros experimentos de estimulação elétrica

(Medved, 2001, Clarys and Alewaeters, 2003), seguido de Croone, em 1966 que concluiu através da secção de nervos que o cérebro envia sinais para os músculos causando contração muscular (Herzog et al., 1994), também Francesco Redi (1626-1698) foi o primeiro a reconhecer que os músculos geram energia elétrica (Medved, 2001), no entanto apenas mais tarde foi observada, por Duverney em 1679 e por Jallabert em 1750 e em 1786, 1791 e 1792 por Galvani (Clarys e Cabri, 1993), o efeito da eletricidade nos músculos. Seguidamente Alessandro Volta (1745-1827) desenvolveu um dispositivo que produzia eletricidade e que poderia ser aplicado para a estimulação muscular, tal como a origem do termo “volt” provém do seu nome (Cram and Durie, 2004).

Luigi Galvani o pai da neurofisiologia demonstrou que a “estimulação elétrica do tecido muscular produz contração e força”, devido á sua instrumentação ser limitada, a sua obra não foi totalmente aceite até quase 40 anos depois (Medved, 2001), Carlo Matteucci em 1838 constatou que a bioeletricidade está interligada com a contração muscular, posteriormente em 1842, demonstrou a existência de um potencial de ação muscular (Medved, 2001). Du Bois Reymond (1849) terá sido um dos primeiros cientistas do desporto, ao qual explicou a atividade muscular concêntrica e excêntrica, tal como a sua relação com a resistência e força muscular.

Guillaume Duchenne (1806-1875) em 1850 - aplicou a estimulação elétrica para músculos esqueléticos intactos. O termo eletromiografia provém de Etienne Marey, que modificou

Lippman's capillary electrometer (1876) como uma de suas muitas contribuições para a cinesiologia (Medved, 2001).

Herbert Jasper (1906-1999) construiu o primeiro eletromiógrafo 1942-44 (Medved, 2001), criando também o eletrodo de agulha unipolar (Basmajian, 1978). John Basmajian em 1962 compila todas as informações conhecidas sobre EMG (Basmajian, 1978) criando também um fio fino para eletrodos Carlo J. De Luca, provavelmente a pessoa mais influente na história recente de EMG, escreveu o artigo frequentemente citado "O uso da eletromiografia de superfície em Biomecânica" (De Luca, 1997), advertindo contra a falta de compreensão nas limitações do EMG (De Luca, 1997).

Em paralelo e em analogia após 200 anos com o desenvolvimento da cinemática e cinematográfica, a "electrology" dos primeiros pioneiros evoluiu para a eletromiografia cinesiológica (EMG) (Clarys, 1994).

3. Atividade Neuromuscular

O movimento humano obedece à transformação da energia química existente no ATP em energia mecânica disponível para o trabalho muscular. Essa transformação específica de energia é conseguida pela ação dos músculos esqueléticos.

A EMG contempla o método de estudo da atividade neuromuscular (Birrer, 1986; Clarys & Cabri, 1993; Correia et al., 1995; Rouard et al., 1997; De Luca, 2002; Caty et al., 2006) e consiste no registo da atividade elétrica muscular, a qual, por sua vez é, como esperado, proporcional ao nível de ativação muscular e dentro de determinados limites, ao nível da força (relativa) produzida pelo músculo em questão.

Nesta lógica, torna-se importante caracterizar sucintamente a célula muscular e os fenómenos que nela ocorrem durante a contração muscular.

A célula muscular no estado de repouso caracteriza-se por uma diferente distribuição iónica no interior e exterior da sua membrana celular (sarcolema). Em consequência das características do sarcolema e dos processos de transporte ativo e difusão que aí ocorrem, verifica-se uma maior concentração de iões de sódio e cloro no exterior da membrana enquanto no interior predominam os iões de potássio e os grandes iões proteicos. Esta distribuição iónica resulta numa maior quantidade de cargas positivas no meio extracelular, criando no estado de repouso uma diferença de potencial entre o

exterior e o interior da membrana, designado por potencial de repouso.

O processo de excitação da célula muscular iniciado ao nível do motoneurónio alfa e que culmina com a ativação das proteínas contrácteis, passa pela alteração desse potencial de repouso, induzido pelo mediador químico libertado na placa motora. Essa alteração consiste num conjunto de fenómenos eletroquímicos-potencial de ação que se vão transferindo consecutivamente nos dois sentidos da membrana.

A entrada de uma fibra muscular em ação é, portanto, sempre antecedida de uma corrente eletroquímica que percorre a sua membrana. Na propagação da despolarização ao longo do sarcolema, gera-se uma diferença de potencial entre as zonas ativas e inativas. Esta diferença de potencial produz, devido às propriedades condutoras dos meios biológicos, uma corrente que se difunde à distância e que pode ser detetada e registada através de eléctrodos. O potencial recolhido não é o verdadeiro potencial de ação muscular mas um fenómeno eléctrico consecutivo à sua passagem.

Dada a reduzida amplitude dos sinais detetados é necessário proceder à amplificação do fenómeno antes de o registar.

A principal função dos músculos é transformar energia química em energia mecânica. Quando a palavra músculo é utilizada neste documento refere-se a um músculo-esquelético.

Ao possibilitar a captação e tratamento dessas alterações mioeléctricas, a EMG consegue ter um elevado potencial como solução

indireta para a muita vasta problemática da avaliação interna de indicadores relevantes, como seja a intensidade da intervenção do músculo ou, inclusivamente, a força que eles pode estar a desenvolver (Vilas-Boas, 2004).

4. Tipos de eletromiografia

São atualmente utilizadas duas formas distintas de recolher os sinais electromiográficos: EMG de superfície e EMG de profundidade. A diferente forma de recolher o sinal traduz-se em registos electromiográficos com significado distinto e, consecutivamente, com utilização em áreas distintas (Correia e Mil-Homens, 2004).

4.1 Eletromiografia de Superfície

Os potenciais que ocorrem no sarcolema das fibras ativas são conduzidos pelos tecidos e fluidos envolventes até à superfície da pele, captando a soma da atividade elétrica de todas as fibras musculares ativas (Basmajian e De Luca, 1985). Caracteriza-se por ser um método não invasivo e de fácil execução, que fica assim ligado à pele em cima do músculo que se pretende estudar (Herzog et al., 1994).

A EMG de superfície é de fácil manuseamento e controlo para o experimentador, grande conforto para o executante (Correia et al., 1993) e possibilita uma análise global do comportamento dos músculos (Acierno et al., 1995) pela EMG de superfície. Assim se justifica, não obstante as suas limitações (Basmajian e De Luca, 1985), como sejam, não ser suficientemente seletivo para músculos pequenos, portanto

fornece pouca informação sobre o comportamento das unidades motoras individuais e apresenta alterações mais pronunciadas das características do sinal detetado (Acierno et al.,1995). Contudo, Correia e Mil-Homens (2004) recomendam a sua utilização para áreas como o estudo cinesiológico e neurofisiológico dos músculos superficiais, a relação com a força e outros parâmetros biomecânicos ou em estudos psicofisiológicos. Sendo que Clarys (2000), refere que a maioria dos cientistas ligados ao fenómeno desportivo utilizam a EMG de superfície. Para além disso apresentam maior reprodutibilidade dos sinais registados (Acierno et al., 1995).

Tabela 1: Vantagens e Desvantagens da EMG de superfície e profundidade

	EMG de Superfície	EMG de Profundidade
Vantagens	Recolhe a máxima atividade possível Método não invasivo	Recolhe sinal de uma área específica Recolhe sinal de músculos específicos
Desvantagens	Crosstalk em pequenos músculos Artefactos Pressão de contacto	Invasivos Presença de contração forçada Risco dos elétrodos se moverem durante a contração

4.2 Eletromiografia de Profundidade

A EMG de profundidade baseia-se na colocação de eléctrodos, de agulha ou arame (Acierno et al., 1995), no interior do músculo, em contacto directo com as fibras musculares (Herzog et al., 1994). O registo obtido é resultado dos potenciais de acção de um conjunto de fibras musculares localizadas na proximidade do eléctrodo de deteção.

Os eléctrodos utilizando neste tipo de EMG, são mais seletivos, não permitindo alterações acentuadas do sinal detetado, pelo facto de ser um método invasivo (Basmajian e De Luca, 1985), contudo as suas vantagens podem também tornar-se desvantagens, não sendo assim, representativa da atividade total do músculo (Acierno et al., 1995), permitindo que ocorra deslocamento dos eléctrodos produzido pela contração muscular (Basmajian e De Luca, 1985).

5. Áreas de Aplicação da EMG

Desde a 2ª Guerra Mundial generalizou-se o recurso à EMG, nos dias de hoje a eletromiografia (EMG) tem sido aplicada a um conjunto de áreas que vão desde a reabilitação (Swinen et al., 2012), fisioterapia (O'Dwyer et al., 2011), terapia ocupacional (Kulin and Reaston, 2011), odontologia (Ardizzone et al., 2010), psicologia (Bornemann et al., 2011), bem como no Desporto e educação física (Fujita et al, 2011; Rogowski et al, 2011; Scurr et al, 2011; Cole and Grimshaw, 2008; Viitasalo et al., 1993; Wilderman et al., 2009; Carpes et al., 2011), sendo que Thomas et al. (1999), refere que existem diversas áreas onde a EMG pode ser aplicada referindo-as como sendo:

(1) na deteção do sinal mioeléctrico para posterior análise e determinação de disfunção ou anormalidades, (2) em ergonomia comparando posturas e movimentos, (3) em tratamentos fisioterapêuticos na observação da recuperação de um determinado feixe muscular e (4) no Desporto, determinando a situação muscular de atletas. Podemos então distinguir à partida, dois grandes tipos de aplicação e utilização da EMG: a EMG clínica e a EMG cinesiológica (Clarys e Cabri, 1993).

Em consequência, o desenvolvimento do sistema de aquisição e processamento de sinais electromiográficos que preconizamos tem, necessariamente, que atender à especificidade da investigação que se faz (De Luca, 2002). Conforme o descrito anteriormente Correia e Mil-Homens (2004) referem algumas condições para os estudos nas áreas cinesiológicas:

i. O sinal EMG deve ser recolhido com elétrodos de superfície (a fim de evitar o método invasivo de recolha do sinal EMG);

ii. O sistema deve permitir a realização de estudos de campo com alteração mínima das condições reais de execução e sem limitações na mobilidade do sujeito – o tipo de sistema que parece melhor se adaptar a esta exigência é a telemetria;

iii. Todo o conjunto formado pelos elétrodos, cabos e amplificadores, deve apresentar características que permitam evitar artefactos mecânicos (inerentes ao estudo de movimentos de grande amplitude e potência) durante a recolha do sinal EMG, possibilitando um registo da atividade mioeléctrica sem interferências;

iv. O sinal EMG analisado isoladamente tem pouco significado fisiológico. Em consequência, o sistema deve permitir a recolha sincronizada de outros sinais que permitam relacionar o sinal EMG com parâmetros inerentes à ação;

v. O processamento do sinal EMG é algo que não reúne consenso entre os autores especialistas. São vários os passos necessários de forma a permitirem uma análise qualitativa e quantitativa do sinal. Esses passos variam em função do objetivo do estudo, podendo estar ausentes ou assumir formas diversas de condição para condição. O sistema que preconiza deve permitir, de uma forma prática, a realização dos passos de processamento necessários. Não obstante, dado o largo espectro de aplicações possíveis com exigências distintas, pretende-se, tal como já foi referenciado anteriormente, um sistema de processamento aberto e versátil, que permita ao investigador optar pela metodologia mais adaptada às características do estudo que se pretende realizar.

A EMG pode ser aplicada de diversas formas, nomeadamente:

1. Estudos de coordenação neuromuscular
2. Estudos de controlo motor/postural e aprendizagem
3. Caracterização da participação muscular em ações motoras
4. Estudos sobre efeitos do treino na coordenação neuromuscular
5. Estudos sobre fadiga

6.Recolha de Sinal EMG

Os sistemas de EMG e o desenvolvimento de metodologias para os equipamentos de aquisição em EMG, tal como a computadorização de padrões de análise tem vindo a ser extremamente valiosas para bio-engenheiros, fisioterapeutas, biomecânicos no desporto, electrofisiologistas, e por outro lado para, os treinadores, atletas. Foi a partir do final de 1960 (Lewille, 1967), que surgiu a tendência para o desenvolvimento monitorizado de dispositivos telemétricos com o objetivo de analisar os movimentos humanos remotamente. Especificamente, para efeitos cinesio-biológicos os sistemas telemétricos sofreram uma evolução, passaram do registo de dois canais (Clarys, 1985; Lewille, 1967, 1968, 1973) para oito canais (Ellis, 1984; Guo & Yan, 1984). Nos dias de hoje, os sistemas podem atingir os 12 canais de aquisição (Pink et al.,1993).

6.1 Detecção do Sinal EMG

Os sinais EMG são detetados através de elétrodos, sendo estes, o instrumento básico desta técnica, que permitem medir a atividade elétrica do músculo (Amadio e Duarte, 1996). Um elétrodo consiste num aparelho onde uma corrente elétrica entra ou deixa um eletrólito (Acierno et al., 1995), isto é, é o ponto de conexão entre um corpo e o respetivo sistema de recolha. Os elétrodos podem ser agrupados em quatro categorias distintas, as duas primeiras, em função do contacto com o corpo, referem-se aos elétrodos invasivos, dentro do músculo, e aos elétrodos não invasivos, à superfície do músculo.

Neste documento iremos aprofundar mais detalhadamente os elétrodos de superfície, uma vez que são aqueles que são utilizados com mais regularidade no âmbito do desporto.

6.1.1 Elétrodos de Superfície

O eléctrodo de superfície é um sensor constituído por duas partes distintas: superfícies de deteção, normalmente metálicas, que ficam em contacto com a pele e captam o sinal mioeléctrico, e toda a estrutura que as envolve e suporta. De acordo com Winter (2005), as superfícies de deteção mais utilizadas nos elétrodos de superfícies são as de prata, dado apresentarem uma polarização bastante estável, embora elétrodos de ferro ou platina também ofereçam uma boa estabilidade, contudo qualquer combinação metal/gel conseguirá fazer a deteção (Acierno et al., 1995). A área de superfície de deteção afeta não só a impedância, como também o volume de deteção do eléctrodo – quanto maior for essa superfície, menor a impedância e maior o volume de deteção.

6.1.2 Configuração dos elétrodos

Existem duas técnicas diferentes para recolher a eletromiografia de superfície: monopolar e bipolar (Basmajian e De Luca., 1985). Na configuração monopolar apenas um eléctrodo é colocado na pele por cima do músculo a investigar (Pezarat Correia et al., 1998). Este eléctrodo deteta o potencial eléctrico relativamente a um eléctrodo de referência colocado num local onde não é afetado pela

atividade elétrica gerada pelo músculo a ser estudado. Esta configuração é utilizada fundamentalmente em ambientes clínicos e o principal problema que apresenta é a sua fraca resolução espacial (Basmajian e De Luca, 1985), toda a diferença de potencial elétrico entre o eletrodo de referência e o de detecção é recolhida e registada (Herzog et al., 1994), incluindo sinais não pretendidos como os provenientes de outros músculos.

Maior resolução espacial e aumento da rejeição de ruído podem ser obtidos com configuração bipolar (Basmajian e De Luca, 1985). Neste tipo de configuração diferenças de potencial na pele são detetadas por duas superfícies em relação a um eletrodo de referência (eletrodo terra), colocado num ponto neutro em relação ao músculo estudado (Acierno et al., 1995). Os dois sinais captados nas superfícies de detecção são posteriormente enviados para um amplificador diferencial onde a diferença entre os dois eletrodos é amplificada, sendo assim eliminado o sinal comum antes da amplificação. O sinal depois de recolhido tendo em consideração os fatores que afetam o sinal de EMG, os eletrodos (configuração, ponto motor, orientação da fibra, etc.), número de unidades motoras ativadas, o tipo de fibra, o pH, a circulação sanguínea, diferentes filtros dos eletrodos, velocidade de condução, crosstalk, interação entre fibras musculares, frequência de disparo da unidade motora, estabilidade do recrutamento (De Luca, 1997), será processado, ou seja, tratado através de um conjunto de técnicas para que seja possível medir com fiabilidade os valores obtidos, de modo a que posteriormente seja possível a sua análise.

6.2 Colocação dos Eléttodos

Existe alguma controvérsia na literatura científica quanto à localização dos elétrodos de superfície em relação ao eixo longo do músculo (Araújo e Amadio, 1996). Enquanto alguns autores sugerem a localização dos elétrodos no ponto médio entre as inserções musculares (Amadio e Duarte, 1996), outros sugerem a colocação no ponto motor. Outros sugerem ainda que essa colocação seja feita num ponto médio entre o ponto motor e a inserção distal do músculo a ser examinado (Bull et al., 1999). Este é um aspeto importante, uma vez que a amplitude e frequência do sinal são afetadas pela localização dos elétrodos. Desta forma, De Luca (1997), defende que a colocação deverá ser no ventre muscular.

6.2.1 Distância entre elétrodos

A distância entre os elétrodos constitui-se como um fator determinante a considerar, uma vez que influencia decisivamente o sinal obtido (Pezarat Correia et al., 1998). Neste contexto, Basmajian e De Luca (1985), De Luca e Knaflitz (1990) e Hermens et al. (1999), propõem a distância de 20 milímetros entre os dois elétrodos. É sugerida ainda a colocação dos elétrodos, tendo em conta, a forma e volume dos diferentes músculos corporais (De Luca, 1990).

6.2.2 Aspectos a ter em conta durante a recolha de dados de EMG

Vários foram os autores que descreveram os cuidados a ter durante a recolha. Neste sentido, foram-se criando algumas normas, que são expressas pela SENIAM, recomendações europeias para EMG de superfície (SENIEM, 1999):

Pele: As propriedades elétricas da pele influenciam a deteção dos potenciais elétricos, à superfície, dos músculos. Em consequência, é necessário preparar a pele adequadamente, de forma a reduzir a impedância do conjunto elétrodo/pele (retirando-se todos os pelos nas zonas a avaliar, esfregando-se de forma abrasiva e limpando-se posteriormente, com a aplicação de álcool etílico);

Local: O local onde os eléttodos são colocados influencia também a qualidade do sinal recolhido (como foi apresentado anteriormente). Nas contrações dinâmicas, os eléttodos devem ser colocados o mais próximo possível do meio do ventre muscular;

Orientação: A orientação das duas superfícies de deteção influencia a obtenção do sinal EMG. A orientação frequentemente utilizada é a longitudinal, onde a linha que une as duas superfícies de deteção deve ser paralela à orientação das fibras musculares, assumindo que a orientação das fibras é linear e que as mesmas são paralelas umas às outras;

Fixação: Para assegurar uma boa conexão entre os elétrodos e a pele, sugere-se a utilização de fitas adesivas que exerçam pressão constante sobre os elétrodos, reduzindo assim ao mínimo, a impedância elétrica entre essas duas estruturas.

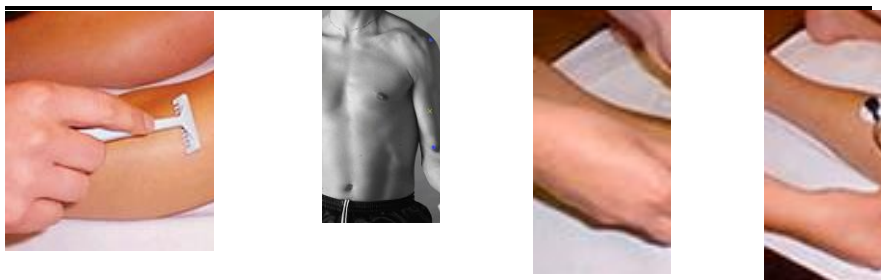


Figura 1: Procedimentos de Recolha de dados EMG (fonte: Seniam Project)

7. Tipos de interferências do sinal EMG

Na recolha dos sinais EMG através dos elétrodos de superfície, surge um conjunto de interferências de diversa ordem, que poderão ser recolhidas e amplificadas com o sinal EMG (Herzog et al., 1994):

8.1 Artefactos Mecânicos

Alterações, de baixa frequência, da linha base. Tal poderá dever-se ao movimento dos elétrodos e cabos de ligação, sendo mais frequente nos movimentos mais amplos e mais rápidos (De Luca, 1990).

8.2 Sinosóides de 50 ciclos

Sinusóides com frequência de 50 ciclos por segundo, que provêm de aparelhos elétricos vizinhos (Winter, 1979).

8.3 Eletrocardiograma

Quando os elétrodos são colocados em músculos próximos do coração (Winter, 1979).

8.4 Crosstalk

Recolha de sinais de outros músculos que não se pretende estudar (Basmajian e De Luca, 1985).

9. Amplificação do sinal

Winter (2005) mostra-nos, referindo vários exemplos, da diminuta voltagem dos sinais mioelétricos. Será portanto de esperar que este tenha de ser aumentado. No entanto, a voltagem apresentada pelos sinais mioelétricos deve ser tida em conta durante o processo de amplificação, no sentido de limitar a distorção das características do sinal obtido (Acierno et al., 1995). Aqui os elétrodos bipolares são benéficos na remoção da componente de ruído (Basmajian e De Luca, 1985).

Algumas das interferências referidas anteriormente podem ser eliminadas/ minimizadas, à posteriori ou à priori (fase de recolha dos dados).

Em consequência, não só é importante o equipamento que procede à recolha dos dados, como também as características e versatilidade do sistema de amplificação utilizado (Correia et al., 1998).

De acordo com Winter (1979), as características determinantes dos amplificadores EMG são várias: ganho; banda passante; impedância de entrada; resposta de frequência e fator de rejeição do modo comum. Não obstante, Acierno et al. (1995) dilatam ainda estas características até ao ruído, razão sinal / ruído e corrente de entrada.

10. Digitalização do sinal

Os sinais EMG caracterizam-se por serem contínuos no tempo (Correia e Mil-Homens, 2004). Todavia, como os processos mais evoluídos de processamento e armazenamento de dados estão associados à utilização de tecnologia digital, torna-se imprescindível a transformação destes em sinais discretos (Amorim et al., 1999). Esta operação é executada por intermédio de uma placa de conversão analógico-digital.

Todavia, para que o processo de amostragem não conduza à perda de informação do sinal armazenado, é necessário garantir que a frequência de amostragem seja pelo menos duas vezes superior à máxima frequência presente no sinal – Teorema de Nyquist, de 1928 (Acierno et al., 1995).

11. Processamento do Sinal EMG

Após o sinal EMG ser adquirido, existem distintas técnicas de processamento para avaliação do sinal, de acordo com os objetivos e problemas de estudo definidos.

Assim, podemos ter um análise de natureza qualitativa e/ ou de natureza quantitativa.

Na análise qualitativa, enquadra-se o processamento do sinal no domínio temporal, isto é, através da retificação do sinal EMG, com um tratamento posterior, podendo esta análise ser aplicada em vários domínios nomeadamente: indicação da atividade muscular, na estimação da força. Na análise quantitativa, o sinal é processado no domínio da frequência, a EMG orienta-se para o estudo da fadiga muscular (De Luca, 1997).

10.1 Domínio Temporal

O processamento no domínio temporal relaciona o conteúdo da amplitude do sinal ou a “quantidade de atividade”. É frequentemente referido como a estimação da amplitude.

A quantificação é usualmente precedida pela retificação do sinal EMG que deverá ter um valor médio de zero, devido aos desvios positivos e negativos. A retificação do sinal envolve colocar os valores negativos em positivos, o sinal retificado é expresso como o módulo do sinal EMG em bruto. Vários termos têm sido utilizados para expressar a amplitude do sinal EMG, normalmente com base num intervalo de tempo específico, como sendo a duração da contração.

As recomendações SENIAM especificam as durações de 0.25-2 s para contrações isométricas, 1-2 s para contrações inferiores a 50% de um MVC e 0.25-0.5 s para contrações maiores que 50% MVC. Estas durações mencionadas excedem as durações da atividade muscular em movimentos desportivos rápidos.

10.2 Domínio da Frequência

O sinal EMG pode ser alternativamente representado em função da frequência, dita representação no domínio da frequência.

Ambas as representações do sinal EMG são equivalentes, significando isto que especificam todas as características do sinal. No entanto, embora equivalentes, cada uma das representações realça aspetos particulares de modo que, enquanto formas alternativas de representação do sinal EMG, existem análise deste sinal que são realizadas numa ou noutra das representações. A representação no domínio da frequência é designada de espectro de frequências, ou simplesmente de espectro, uma vez que certas características do sinal são referidas em ordem a valores de referência. Em geral, o espectro de frequências apresenta o intervalo de frequências no qual o sinal possui valores significativos de energia. Embora a definição deste intervalo seja um pouco arbitrária, no caso da eletromiografia o espectro distribui-se nas frequências entre 1 e 1000 Hz, havendo porém diferenças entre os sinais registados à superfície e em profundidade.

No primeiro caso considera-se que os valores significativos de energia estão distribuídos entre os 10 e os 500 Hz, com grande concentração na banda de 20 a 250 Hz.

A análise espectral do sinal EMG é feita com base no espectro de densidade de potência (power density spectrum- PDS), que representa a distribuição da potência do sinal EMG ao longo da frequência. A sua obtenção é feita, na maior parte dos casos, com recurso à transformada rápida de Fourier (Fast Fourier Transform- FFT), que consiste num algoritmo de cálculo simplificado, daí mais célere, para obtenção do equivalente á transformada de Fourier para sinais discretos. Este procedimento pode ser realizado com grande facilidade, uma vez que o algoritmo FFT se encontra implementado em diversas aplicações de análise e processamento do sinal electromiográfico.

12. Bibliografia

Acierno, S.; Baratta, R.; Solomonow, M. (1995). *A Practical Guide to electromyography: for biomechanists*. Louisiana State University. New Orleans, USA.

Amadio, A; Duarte, M. (1996). *Fundamentos Biomecânicos para análise do movimento*. Laboratório de Biomecânica – Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil.

Amorim, C.; Silva, G.; Avelino, M. (1999). Desenvolvimento de sistema para aquisição de sinais electromiográficos segundo o princípio de elétrodos ativos. In: M. Kraeski, A. Moro, S. Melo; A. Ávila (eds), VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica, pp. 381-386. Santa Catarina, Brasil.

Ardizzone, I.; Celemin, A.; Aneiros, F.; Del Rio, J.; Sanchez, T.; Moreno, I. (2010). Electromyographic study of the activity of the masseter and anterior temporalis muscles in patients with temporomandibular joint (TMJ) dysfunction: comparison with the clinical dysfunction index. *Medicina Oral, patologia oral y cirurgia local*. 15(1):14-9.

Bartlett, R. (1997). Electromyography. In: R. Bartlett (ed.), *Introduction to Sports Biomechanics*, pp. 228-253. ExFnSpon. New York, USA.

Basmajian, V.; De Luca, C. (1985). *Muscles Alive*. Williams and Willkins, Baltimore, USA.

Birrer P. (1986). The shoulder, EMG and the swimming stroke. *Journal of Swimming Research*. 2: 20-23.

Bornemann, B.; Winkelman, P.; Van der Meer, E. (2011). Can you feel what you do not see? Using internal feedback to detect briefly presented emotional stimuli. *International Journal of Psychophysiology*. 85: 116-24.

Bull, M.; Ferreira, M.; Freitas, V.; Vitti, M.; Cury, P. (1999). Validação electromiográfica dos exercícios de remada com pegadas média e fechada para o condicionamento físico dos músculos trapézio (porção superior), e serrátil anterior (porção inferior). In: M. Kraeski, A. Moro, S. Melo, A. Ávila eds), VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica, pp. 355-368. Santa Catarina, Brasil.

Caty, V.; Aujouyannet, Y.; Hintzy, F.; Bonifazi, M.; Clarys, J.; Rouard, A. (2006). Wrist stabilization and forearm muscle coactivation during freestyle swimming. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 30: 1-7.

Carpes FP, Diefenthaler F, Bini R, Stefanyshyn R, Faria DJ, Mota, CB. (2011) Influence of leg preference on bilateral muscle activation during cycling. *Journal of Sports Science*. 29(2):151-9.

Clarys, J. (1983). A review of EMG in swimming: explanation of facts and/or feedback information. In: A. Hollander, P. Huijing, G. Groot (eds), *Biomechanics and medicine in swimming*, pp. 123-135. Champaign, Illinois, USA.

Clarys, J. (1985). A review of EMG in swimming: explanation of facts and/or feedback information. In: A. Hollander; P. Huijing, G. Groot (eds). *Biomechanics and medicine in swimming*, pp. 123-135. Champaign, Illinois, USA.

Clarys, J.; Cabri, J. (1993). Electromyography and the study of sports movements: a review. *Journal of Sport Sciences*, 11: 379-448.

Clarys, J. (1994). Electrology and localized electrization revisited. *Journal of electromyography and Kinesiology*, 4: 5-14.

Clarys, J. (2000). Electromyography in sports and occupational settings: an update of its limits and possibilities. *Ergonomics*, 43 (10): 1750-1762.

Clarys, J.; Alewaeters, K. (2003). Science and sports: a brief history of muscle, motion and *ad hoc* organizations, *Journal of Sports Sciences*, 21: 669-677.

Cole MH, Grimshaw PN. (2008). Electromyography of the trunk and abdominal muscles in golfers with and without low back pain. *Journal of Science Medicine Sport*. 11: 174-81.

Correia, P.; Santos, P.; Veloso, A. (1993). Electromiografia. Fundamentação fisiológica. Métodos de recolha e de processamento. Aplicações cinesiológicas. Universidade Técnica de Lisboa. Edições FMH. Lisboa, Portugal.

Correia, P.; Mil-Homens, P.; Veloso, A. (1995). Electromiografia. Fundamentação fisiológica. Métodos de recolha e processamento. Aplicações cinesiológica. Departamento de Ciências da Motricidade, Departamento de Ciências do Desporto. Edições FMH. Lisboa, Portugal.

Correia, P.; Santos, P.; Veloso, A. (1998). Estudo da Função Neuromuscular com recurso à Eletromiografia. *Episteme*, 2.

Correia, P.; Mil-Homens, P. (2004). A eletromiografia no estudo do movimento humano. FMH Edições. Lisboa, Portugal.

Cram, J.R.; Durie, M.D. (2004). The history of muscle dysfunction and SEMG. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*.28: 81-91.

Dainty, D.; Norman, R. (1987). Standardizing biomechanical testing in sport. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois, USA.

De Luca, C.; Knaflitz, M. (1990). Surface electromyography: what's new? Monograph of the neuromuscular research center. Boston University. Boston, USA.

De Luca, C. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13: 135-163.

De Luca, C. (2002). The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. Delsys Inc. USA.

Fujita, E.; Knaehisa, H.; Yoshitake, Y.; Fukunaga, T.; Nishizono, H. (2011). Association between knee extensor strength and EMG activities during squat movement. *Medicine and Science Sports Exercise*. 43: 2328-34.

Hermens, H.J.; Freriks, B. (1999). European recommendations for surface electromyography, results of the SENIAM project (CDrom). Roessingh Research and Development, Enschede.

Herzog, W.; Guimarães, A.; Zhang, Y. (1994). Biomechanics. Wiley. USA.

Kulin, J.; Reaston, M. (2011). Musculoskeletal disorders early diagnosis: A retrospective study in the occupational medicine setting. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 6: 1.

Lewillie, L. (1976). Variability of myoelectric signals during swimming. In: P.V., Komi (Ed), *Biomechanics VI*, pp. 230-234 University Park Press, Baltimore, USA.

Medved, V. (2001). *Measurement of Human Locomotion*, CRC Press, ISBN 0-8493-7675-0, Boca Raton, FL., USA. Merletti, Parker FA. (eds.). *Electromyography*. New Jersey: IEEE Press.

O'Dwyer, C.; Sainsbury, D.; O'Sullivan, K. (2011). Gluteus medius muscle activation during isometric muscle contractions. *Journal of Sport Rehabilitation*. 20:174-86.

Pink, M., Perry, J., Browne, A., Scovazzo, M.; Kerrigan, J. (1991). The normal shoulder during freestyle swimming: an electromyographic analysis of twelve muscles. *American Journal of Sports Medicine*, 19(6): 569-576.

Rogowski, I.; Rouffet, D. (2011). Trunk and upper limb muscle activation during flat and topspin forehand drives in young tennis players. *Journal of Applied Biomechanics*. 27: 15-21.

Rouard, A.H.; Billat, R.P.; Deschodt, V.; Clarys, J.P. (1997). Muscular activations during repetitions of sculling movements up to exhaustion in swimming. *Archives of Physiology and Biochemistry*. 105: 655-662.

Scurr, J.C.; Abbott, V. (2011). Quadriceps EMG muscle activation during accurate soccer instep kicking. *Journal of Sports Science*. 29: 247-51.

SENIAM(1999). European recommendations for surface electromyography. In: H. Hermens; B. Freriks; R. Merletti; D. Stegeman; J. Blok; G. Rau; C. Klug; G. Hogg (Eds), SENIAM 8. Roessingh Research and Development, Netherlands.

Swinnen, E.; Baeyens, J.P. (2012). Methodology of electromyographic analysis of the trunk muscles during walking in healthy subjects: A literature review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 22:1-12.

Winter, D. (1979). *Biomechanics of human movement*. J. Wiley Interscience Publication. New York, USA.

Winter, A. (1991). *The Biomechanics and Motor Control of Human Gait: Normal, elderly and pathological* (2nd ed.). Waterloo biomechanics. Waterloo, USA. New York, USA.

Winter, A. (2005). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement* (3rd ed.). Wiley. New York, USA.

Vilas-Boas, J. P. (2004). *Lição de Síntese*. Documento de apoio à disciplina de Biomecânica. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto, Portugal.

Viitasalo, J.T.; Hamalainen, K. (1993). Biomechanical effects of fatigue during continuous hurdle jumping. *Journal of Sports Science*. 11: 503-9.

Wilderman, D.R.; Ross, S.E. (2009). Thigh muscle activity, knee motion, and impact force during side-step pivoting in agility-trained female basketball players. *Journal of Athletic Training*. 44: 14-25.