Universidade do Porto

Faculdade de Ciências do
Desporto e de Educação Física

Avaliação Multimodal da Actividade Física

Um estudo exploratório em gémeos monozigóticos e dizigóticos

Maria Madalena de Castro Oliveira

Outubro 2001

UNIVERSIDADE DO PORTO

Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física

AVALIAÇÃO MULTIMODAL DA ACTIVIDADE FÍSICA

Um estudo exploratório em gémeos monozigóticos e dizigóticos

Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre em Ciências do Desporto no âmbito do Mestrado de Desporto de Recreação e Lazer

Orientador: Prof. Doutor José Maia

Maria Madalena de Castro Oliveira

Outubro de 2001

Agradecimentos

A concretização deste trabalho só se tornou possível graças ao apoio, incentivo e colaboração de várias pessoas. Em particular, quero expressar o meu sincero agradecimento a algumas que mais directamente estiveram, de algum modo, ligadas a este trabalho.

Para o Prof. Doutor José Maia vai o meu maior agradecimento pelo apoio, pela ajuda, pelo rigor, pela exigência e, acima de tudo pelo carácter humano que imprimiu a orientação deste trabalho. O meu abrigada por tudo o que me ensinou e pelos momentos que empenhadamente quis comigo partilhar. Sem as suas preciosas colaboração e disponibilidade não teria sido possível a concretização deste trabalho.

Para os meus pais pelo estímulo que sempre colocaram nas suas palavras e pela liberdade que sempre pautou a sua educação.

Para os meus irmãos por terem estado sempre presentes.

Para o Prof. Doutor Rui Garganta pela sua ajuda sempre disponível.

Para a Direcção da Escola a cujo quadro de nomeação definitiva pertenço e para os meus colegas de grupo pelas facilidades concedidas para a realização deste mestrado.

Para todos os meus amigos pelo apoio e amizade, em especial ao Fedro Rui pela sua disponibilidade infinita e para a Xana pela entre-ajuda e pelos bons momentos que passamos juntas a estudar.

Para a Paula Vilaça pela sua amizade e para o seu pai, Dr. Armindo Vilaça, pela leitura deste trabalho e pelas sugestões apontadas.

Gostaria ainda de salientar neste agradecimento todos os meus colegas que nas escolas identificaram os gémeos, assim como os respectivos pais, que concederam autorização à participação dos filhos. Não posso esquecer ainda os gémeos, cujo desempenho na recolha da informação foi decisivo para a concretização deste trabalho, a saber:

Bruno e Diana; João e Tiago; Ana Catarina e Ana Margarida; Rita e Joana; Patrícia e Sónia; Paula e Sílvia; Joana e Afonso; Ivo e João; Mónica e Sofia; Andréa e Daniela; Sónia e Sandra; Ronaldo e Fábio; Alexandra e Carlos; Pedro e Paulo; Ana e Ricardo; Hugo e Filipe; João e Helder; Orlando e Fernando; José Pedro e Tiago; Nídia e Telmo; Rui e Hugo; Sofia e Tiago; Pedro e Alberto; Mónica e Catarina; Bruno e André; Jacinta e Joana; Mariana e Milene; Isabel e Teresa; Orlanda e Alina; Bernardino e Cândido; Angela e Maria Alice; Miguel Rui e Pedro Nuno; Ana Isabel e Ana Maria; Francisco e André; Miguel e Ricardo; Joana e Elisa; Joana e Maria João; Joana e Mariana; Marta e Sara; Verónica e Marta; Ana e Célia; Marta e Vânia; Diana e Andreia; Felicidade e Fátima; Silvano e Emanuel; Hugo e Tiago; Adriana e Filipa; António e Paulo; Agostinho e Carminda; Susana e Cristina e Bruno e Filipe.

Resumo

O presente estudo visou testar a exequibilidade de uma avaliação multimodal da actividade física em gémeos monozigóticos (MZ) e dizigóticos (DZ), que foram monitorizados durante cinco dias consecutivos recorrendo simultaneamente a três instrumentos de avaliação – acelerómetro, pedómetro e questionário.

A amostra desta pesquisa foi constituída por 51 pares de gémeos de ambos os sexos e diferente zigotia, com idades compreendidas entre os 12 e os 18 anos, que à altura da recolha dos dados estudavam em escolas pertencentes aos distritos de Trofa, Vila Nova de Famalicão, Vila do Conde e Póvoa do Varzim.

Para a avaliação multimodal da actividade física recorreu-se a três instrumentos – acelerómetro, pedómetro e questionário. Os sujeitos foram monitorizados com o acelerómetro triaxial (TRITRAC – R3D) e o pedómetro (Yamax DW-SW 700) de Quinta a Segunda-feira. O questionário utilizado foi o de Baecke e col. (1982) que permite estimar o índice de actividade física total bem como a diferenciação em tipos distintos de actividade (actividade física na escola, no tempo de lazer e no desporto).

Os procedimentos estatísticos utilizados foram os seguintes: cálculo de resíduos de regressão múltipla em função de três ajustamentos distintos; coeficiente de correlação intraclasse; correlação canónica e índice de redundância de Stewart e Love; cálculo da heritabilidade (h^2) e estimação de modelos. Estes procedimentos foram efectuados nos seguintes programas estatísticos: Systat 10.0, SPSS 10.0 e TWINAN 90.

Os principais resultados e conclusões retirados desta pesquisa foram: (1) os cinco dias de avaliação apresentaram valores de fiabilidade superiores a 0.75 mostrando, por isso, serem suficientes para se estimar com precisão os níveis de actividade física habitual em gémeos MZ e DZ; (2) os índices de actividade provenientes do questionário parecem fornecer informações algo independentes do acelerómetro e do pedómetro; (3) apesar da consistência da estimação da actividade física, os valores médios dos diferentes indicadores fornecidos pelo acelerómetro e pedómetro apresentaram diferenças significativas em função dos dias de semana relativamente aos de fim-de-semana nos gémeos MZ e DZ; (4) as matrizes de correlação entre os cinco dias de registo apresentaram, nos gémeos MZ e DZ, valores entre 0.21 e 0.84 no conjunto dos indicadores de actividade física traduzindo, por isso, pouca estabilidade; (5) o efeito do envolvimento (comum e único) assumiu a maior importância para a explicação das diferenças interindividuais em seis dos sete indicadores de actividade física estudados não sendo, por isso, possível realçar efeitos genéticos em todas es expressões diferenciadas deste fenótipo.

Palavras-chave: actividade física, gémeos, acelerómetro, pedómetro, questionário

Abstract

The present study sought to test the feasibility of a multiform evaluation of the physical activity in monozygotic (MZ) and dizygotic twins (DZ), that were monitored for five consecutive days using three evaluation instruments simultaneously - accelerometer, pedometer and questionnaire.

The sample of this research was constituted by 51 pairs of twins of both sexes and different zygosity, aged between 12 and 18 years old, who studied in schools which belong to the districts of Trofa, Vila Nova de Famalicão, Vila do Conde and Póvoa of Varzim by the time the data was compiled.

Three instruments were used in the multiform evaluation of the physical activity - accelerometer, pedometer and questionnaire. The subjects were monitored with the triaxial accelerometer (TRITRAC - R3D) and the pedometer (Yamax DW-SW 700) from Thursday to Monday. The questionnaire used was Baecke and col. (1982) which allows to estimate the index of total physical activity as well as the differentiation between distinctive types of activity (physical activity at school, leisure time and sport).

The statistical procedures used were the following : calculation of residues of multiple regression according to three adjustments: intraclass correlation coefficient; canonic correlation and index of redundancy of Stewart and Love; heritability (h^2) and estimation of models. These procedures were accomplished by using the following statistical programs: Systat 10.0, SPSS 10.0 and TWINAN 90.

The main results and conclusions of this research were: (1) the five-day evaluation presented reliability numbers superior to 0.75 showing, that, they were enough to calculate accurately the levels of habitual physical activity in MZ and DZ twins; (2) the indexes of activity resulting from the questionnaire seem to supply information somehow independent of the accelerometer and the pedometer; (3) in spite of the consistency of the estimated physical activity, average resulting of different indicators which were supplied by the accelerometer and pedometer presented significant differences whether the days of the week and the weekend were concerned; (4) the correlation matrixes concerning the five days of register indicated, in the MZ and DZ twins, numbers between 0.21 and 0.84 in the set of indicators of physical activity, therefore revealing little stability; (5) the effect of the environment (shared and unique) assumed the most significant importance for the explanation of the interindividual differences in six of the seven indicators of physical activity studied, so it is not possible to enhance genetic effects in all the differentiated expressions of this phenotype.

Key-words: physical activity, twins, accelerometer, pedometer, questionnaire

Resumé

L`étude suivante a permis de teste la possibilité d`éxécution d`une évaluation multimodale de l`activité physique chez des jumeaux monozygotes (MZ) et dizygotes (DZ) qui ont été étudiés pendant cinq jours consécutifs avec le recours simultané à trois intruments d`évaluation – l`accéléromètre, le pédomètre et le questionnaire.

L`échantillon de cette recherche était constitué par 51 paires de jumeaux des deux sexes et de différente zygotie, à l`âge compris entre 12 et 18 ans qui, au moment de cette étude, étudiaient dans des écoles des villes de Trofa, Vila Nova de Famalicão, Vila do Conde e Póvoa de Varzim.

Pour l`évaluation multimodale de l`activité physique trois instruments ont été utilisés - l`accéléromètre, le pédomètre et le questionnaire. Les sujets ont été étudiés avec l`accéléromètre triaxial (TRITRAC – R3D) et le pédomètre (Yamax DW-SW 700) de jeudi à lundi. Le questionnaire utilisé a été celui de Baecke et col. (1982) qui permet d`estimer l`indice d`activité physique totale ainsi que la différenciation des types d`activités (activité physique à l`école, pendant les loisirs et au sport).

Les procédés statistiques furent les suivants: calcul de résidus de regression multiple en fonction de trois ajustements distincts; coefficient de corrélation intraclasse; corrélation canoniale et indice de redondance de Stewart e Love; calcul de l`heritabilité (h^2) et estimation de modéles. Ces procédés ont été effectués avec les programmes statistiques suivants: Systat 10.0, SPSS 10.0 et TWINAN 90.

Les principaux résultats et conclusions retirés de cette recherche sont: (1) les cinq jours d`évaluation ont présentés des taux de fiabilité supérieurs à 0.75 prouvant, ainsi, être suffisants pour que l`on estime avec précision les niveaux d`activité physique habituelle chez les jumeaux MZ e DZ; (2) les indices d`activité provenants du questionnaire semblent fournir des informations assez indépendantes de l`accéléromètre et du pédomètre: (3) malgré la consistence de léstimation de l`activité physique, les valeurs moyennes des différents indicateurs fournis par l`accélérométre et le pédomètre ont présenté des différences considérables en fonction des jours de la semaine par rapport aux week-ends chez les jumeaux MZ et DZ; (4) les matrices de corrélation entre les cinq jours d`études ont révélé, chez les jumeaux MZ et DZ, des valeurs entre 0.21 et 0.84 dans l`ensemble des indicateurs d`activité physique dénotant, donc, peu de stabilité; (5) l`effet d`implication (commun et unique) s`est révélé de la plus grande importance pour l`explication des différences interindividuelles dans six des sept indicateurs de l`activité physique étudiés d`où, ainsi, l`impossibilité de montrer les effects génetiques dans toutes les expressions différenciérs de ce phénotype.

Mots-clef: activité physique, jumeaux, acceleromètre, pedomètre, questionnaire

Índice

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 Objectivos e hipóteses de trabalho 8

1.2 Estrutura do trabalho 9

2 ACTIVIDADE FÍSICA 10

2.1 Conceito 11

2.2 Métodos de avaliação 13

2.2.1 Generalidades 13

2.2.2 Acelerómetros 16

2.2.2.1 Aspectos básicos 16

2.2.2.2 Estudos de validade e fiabilidade 18

2.2.2.3 Aplicações 23

2.2.3 Pedómetros 24

2.2.3.1 Aspectos básicos 24

2.2.3.2 Estudos de validade e fiabilidade 25

2.2.3.3 Aplicações 29

2.2.4 Questionários 31

2.2.4.1 Aspectos básicos 31

2.2.4.2 Estudos de validade e fiabilidade 31

2.2.4.3 Aplicações 34

3 ESTUDOS GENÉTICOS SOBRE A ACTIVIDADE FÍSICA 36

3.1 Generalidades 37

3.2 Pesquisas em animais 37

3.3 Pesquisas em humanos 42

3.3.1 Estudos de Actividade Física 45

3.3.2 Estudos de Prática Desportiva 49

3.3.3 Estudos de Dispêndio Energético 54

4 METODOLOGIA 56

4.1 Amostra 57

4.2 Determinação da zigotia 57

4.3 Avaliação da actividade física 58

4.3.1 Instrumentos de avaliação 58

4.3.1.1 Acelerómetro 59

4.3.1.2 Pedómetro 60

4.3.1.3 Questionário 61

4.3.2 Procedimentos gerais 62

4.3.3 Número de dias de avaliação 63

4.4 Procedimentos estatísticos 63

4.4.1 Aspectos Exploratórios 63

4.4.2 Remoção do efeito do sexo e da idade 63

4.4.3 Estudo da Fiabilidade 64

4.4.4 Cálculo do coeficiente de correlações intraclasse (t) 64

4.4.5 Correlação canónica 64

4.4.6 Cálculo de h^2 65

4.4.7 Programas estatísticos usados 67

5 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 68

5.1 Análise exploratória dos dados e remoção do efeito de covariáveis 69

5.2 Estudo da fiabilidade (consistência) 72

5.3 Aspectos da comunalidade e unicidade da avaliação multimodal 74

5.4 Padrão de actividade física 76

5.4.1 Valores médios diários dos diferentes indicadores de actividade física 76

5.4.2 Variação dos diferentes indicadores de actividade física entre sujeitos e entre dias 80

5.5 Cálculo de estimativas de efeitos genéticos e do envolvimento 84

6 CONCLUSÕES 96

7 BIBLIOGRAFIA 99

ANEXOS

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1: Sumário dos métodos de avaliação da actividade física (adaptado de Laporte e col., 1985; Casperson, 1989; Montoye e col., 1996). 15

Quadro 2.2: Resumo dos estudos revistos sobre validade e fiabilidade dos acelerómetros. 22

Quadro 2.3: Resumo dos estudos revistos sobre validade e fiabilidade dos pedómetros. 28

Quadro 2.4: Resultados de estudos de validade concorrente do questionário de Baecke com outros métodos de avaliação da actividade física (adaptado de Montoye e col., 1996). 32

Quadro 2.5: Estudos da fiabilidade do questionário da actividade física habitual de Baecke. 33

Quadro 3.1: Inventário de estudos gemelares sobre a temática da influência dos genes e do envolvimento na actividade física, na participação desportiva e no dispêndio energético. 44

Quadro 3.2: Distribuição dos pares de gémeos de diferente zigotia por grupos de idade (adaptado de Kaprio e col. 1981). 45

Quadro 3.3: Valores dos coeficientes de correlação intraclasse (t) e estimativas de heritabilidade (h^2) por intervalos de idade (adaptado de Kaprio e col. 1981). 45

Quadro 3.4: Valores de correlação na prática de actividade física no tempo de lazer dos gémeos MZ e DZ. 47

Quadro 3.5: Valores de correlação intraclasse dos gémeos DZ e MZ para a actividade física habitual e participação em exercício. 47

Quadro 3.6: Correlações de Pearson para o índice de actividade física total nos gémeos de diferente zigotia e sexo. 48

Quadro 3.7: Estimativas de variância dos parâmetros fundamentais do modelo genético (ACE) em cada sexo. 49

Quadro 3.8: Valores de correlação tetracóricos (r_t) no seio de cada par de diferente zigotia 49

Quadro 3.9: Estimativas de variância para os factores genéticos (a^2) e do envolvimento único (e^2). 50

Quadro 3.10: Valores de correlação tetracóricos (r_t) dos diferentes pares de gémeos. 50

Quadro 3.11:Valores do coeficiente de correlação de Pearson nos diferentes pares de gémeos. 51

Quadro 3.12: Valores de concordância de prática desportiva nos gémeos MZ e DZ dos dois sexos, bem como dos coeficientes de correlação tetracóricos (r_t) 52

Quadro 3.13: Valores das estimativas de variância dos parâmetros fundamentais do modelo genético (ACE) em cada sexo. 53

Quadro 4.1: Distribuição dos pares de gémeos de diferente zigotia por idade (MZ = monozigótico; DZ = dizigótico; m = masculino; f = feminino; so = sexo oposto). 57

Quadro 5.1: Valores médios (M), desvio padrão (dp) e amplitude (min-máx) de idade em cada sexo e zigotia. 70

Quadro 5.2: Variância explicada pelas covariáveis nas diferentes variáveis, nos gémeos MZ. 71

Quadro 5.3: Variância explicada pelas covariáveis nas diferentes variáveis, nos gémeos DZ. 71

Quadro 5.4: Valores das estimativas de fiabilidade ($r_{ii'}$) das variáveis para os cinco dias dentro de cada zigotia. 73

Quadro 5.5: Valores de Rc, Rc^2 e SL_{RI} para as várias análises de comunalidade e unicidade dos múltiplos conjuntos de indicadores de actividade física. 75

Quadro 5.6: Valores médios (M), desvio padrão (dp) e amplitude (min-máx) dos diferentes indicadores de actividade física – counts, mets, passos, km e kcal., para os cinco dias, dos gémeos MZ. 77

Quadro 5.7: Valores médios (M), desvio padrão (dp) e amplitude (min-máx) dos diferentes indicadores de actividade física – counts, mets, passos, km e kcal, para os cinco dias, dos gémeos DZ. 79

Quadro 5.8: Matrizes de Correlação (r) entre os cinco dias para as variáveis em estudo nos gémeos MZ. . 81

Quadro 5.9: Matrizes de Correlação entre os cinco dias (r) para as variáveis em estudo nos gémeos DZ ... 82

Quadro 5.10: Valores de correlação intraclasse (t) e estimativas de variância genética (a^2 e d^2), do envolvimento comum (c^2) e único dos gémeos (e^2). 87

Quadro 5.11: Resumo dos estudos sobre a temática da influência dos genes e do envolvimento na prática desportiva. 90

Quadro 5.12: Resumo dos estudos sobre a temática da influência dos genes e do envolvimento nos níveis de actividade física. 92

Quadro 5.13: Dimensão total das amostras e seu fraccionamento gemelar. Os estudos citados procuraram estimar os efeitos genéticos na actividade física. 94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Factores condicionadores do fenótipo actividade física (adaptado de Bouchard e col., 1997). ... 4

Figura 1.2: Abordagens disponíveis em Genética para o estudo de fenótipos de natureza contínua (adaptado de Bouchard col., 1997). 5

Figura 3.1: Valores médios da actividade física (open-field activity) de 6 linhagens de ratos, duas designadas muito activas (H_1 e H_2), duas de reduzida actividade (L_1 e L_2) e duas de controlo (C_1 e C_2) (adaptado de DeFries e col., 1978). 38

Figura 4.1: Exemplo de um dos acelerómetros TRITRAC – R3D usados. 59

Figura 4.2: Panorama global dos valores de actividade (counts) durante um dia. O gráfico da esquerda (A) refere-se a um par de gémeos MZ e o da direita (B) a um par de gémeos DZ. 60

Figura 4.3: Imagens do pedómetro utilizado. A imagem da esquerda mostra o aparelho fechado e a da direita o mesmo aberto. 61

Figura 5.1: Diagramas de Dispersão nos gémeos MZ (lado esquerdo da figura) e DZ (lado direito) para os diferentes indicadores de actividade física. 86

1 Introdução

O progresso das sociedades modernas, particularmente nos níveis socioeconómico e tecnológico, ocasionou uma menor parcela dedicada ao esforço físico e operou alterações significativas no comportamento com repercussões relevantes no quotidiano dos indivíduos. Nestas sociedades, provavelmente pela primeira vez na história da humanidade, milhares de pessoas não necessitam de ser fisicamente activas para obterem alimento, para trabalharem ou para se deslocarem (Montoye e col., 1996; Sallis e Owen, 1999), sendo-lhes possibilitado, se assim o entenderem, a adopção de um estilo de vida sedentário.

É por muitos reconhecido (Bouchard e col., 1994; Sallis e Owen, 1999; Bouchard e Rankinen, 2001) que um estilo de vida sedentário é um factor de risco para um grande número de doenças, que se torna mais prevalente com a idade, e que acarreta um elevado custo na redução da qualidade de vida e na longevidade. Em contraste, a actividade física regular é considerada um comportamento com associações benéficas no estado de saúde (Bouchard e Rankinen, 2001), nomeadamente no que respeita à prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade, hipertensão, osteoporose, desordens emocionais e alguns tipos de cancro (Bouchard col., 1994; Killoron e col., 1994; Montoye e col., 1996; Blair e col., 1999; Sallis e Owen, 1999; Kesaniemi e col., 2001). O forte corpo de evidências epidemiológicas, experimentais e clínicas acerca dos efeitos negativos do sedentarismo e das influências positivas de um estilo de vida fisicamente activo pode ser encontrado, por exemplo, na obra de Bouchard e col. (1994) e no relatório do *Surgeon General* do Centro de Estudos de Doenças dos EUA (CDC, 1996).

De acordo com Bouchard e Rankinen (2001), o número de publicações acerca da actividade física e da inactividade e dos seus efeitos num ou em vários factores de risco para determinadas doenças, bem como nos benefícios para a saúde ou nas taxas de mortalidade é cada vez mais elevado e adquire, actualmente, uma dimensão impressionante. Referem, no entanto, que a maioria dos estudos enfatizam os efeitos principais, valores médios dentro do grupo e diferenças entre grupos, prestando pouca atenção às diferenças interindividuais e à heterogeneidade do grupo e ao que determina a variação observável no seio da população.

É inequívoco que a actividade física, expressa de modo qualitativo ou quantitativo, apresenta uma grande variação no seio da população quanto ao tipo, duração, frequência e intensidade (Maia, 2001). Ainda não são totalmente conhecidos, em toda a sua extensão e interacção, os determinantes dos níveis de actividade física habitual. Factores como a

idade, sexo, estatuto socioeconómico ou condições para a prática, a par de outros determinantes relacionados com o envolvimento social e físico, bem como aspectos psicológicos e fisiológicos, possuem papéis importantes no estilo de vida, mais ou menos activo, que cada um de nós adopta. De acordo com Casperson e col. (1998) estes factores, conjuntamente, só explicam $^{1}/_{5}$ a $^{1}/_{3}$ da variação observável nos níveis de actividade física habitual dos adolescentes, o que significa que está por explicar a maior parte da variação nos níveis de actividade física ao nível da população. Qual ou quais os factores subjacentes à parte da variação que Casperson e seus colaboradores consideram inexplicável? Há, com certeza, factores intrínsecos ao próprio indivíduo a determinar a variação interindividual neste comportamento. Factores como o genótipo e o envolvimento único provirão, com certeza, um papel determinante no nível de actividade física habitual de cada sujeito.

Em termos de Epidemiologia Genética, as características observáveis passíveis de quantificação num qualquer indivíduo são designadas de fenótipos – isto é, a expressão métrica, em termos de traços discretos ou contínuos de um dado genótipo. A actividade física enquanto característica individual pode, e deve, ser entendida também como um fenótipo. Um fenótipo quantitativo contínuo - já que os níveis de actividade física se distribuem de acordo com a distribuição normal. Na sua essência, este fenótipo é de natureza complexa e multifactorial, resultado inequívoco da influência de múltiplos genes e distintos factores do envolvimento que atribuem a este comportamento uma marca indelével da história biológica e cultural da espécie humana (Bouchard e col., 1997; Plomin e col., 2000; Maia, 2001). Aquilo que caracteriza a natureza métrica dos fenótipos que suscita o interesse inquisitivo de um conjunto particular de investigadores é, tão simplesmente, a existência de diferenças interindividuais. Trata-se aqui de pesquisar não só a presença de variação e a sua quantificação, mas também a identificação das suas fontes e dos mecanismos que a regem. Até o observador menos atento é capaz de constatar que em fenótipos como o consumo de álcool e alcoolismo, o consumo de tabaco, o índice de massa corporal e a obesidade, ou as características das doenças cárdio-vasculares, por exemplo, apresentam uma grande variação no seio da população (Turner e col.,1995). No domínio aplicado das Ciências do Desporto, fenótipos como o consumo máximo de oxigénio, a flexibilidade, os níveis de actividade física, os valores de aptidão física ou o grau de treinabilidade das aptidões e habilidades motoras, entre outros, apresentam, também, uma enorme variação no seio de qualquer população num qualquer intervalo de idade (Bouchard e col., 1997; Plomin e col., 1997).

Como referimos anteriormente, a actividade física é hoje entendida como um fenótipo complexo de natureza multifactorial. A variação inequívoca dos valores deste fenótipo é governada por dois grandes agentes causais – os genes e o envolvimento (Bouchard e col., 1997; Plomin e col., 2000; Maia, 2001), ainda que a sua importância relativa possa variar em função da idade e do sexo.

A figura 1.1 pretende ilustrar a ideia de base desta pesquisa e que se centra no postulado de que este fenótipo é influenciado por um conjunto variado de factores (genes e envolvimento) que, numa dada população e num dado ponto da sua história, produz a variação observável.

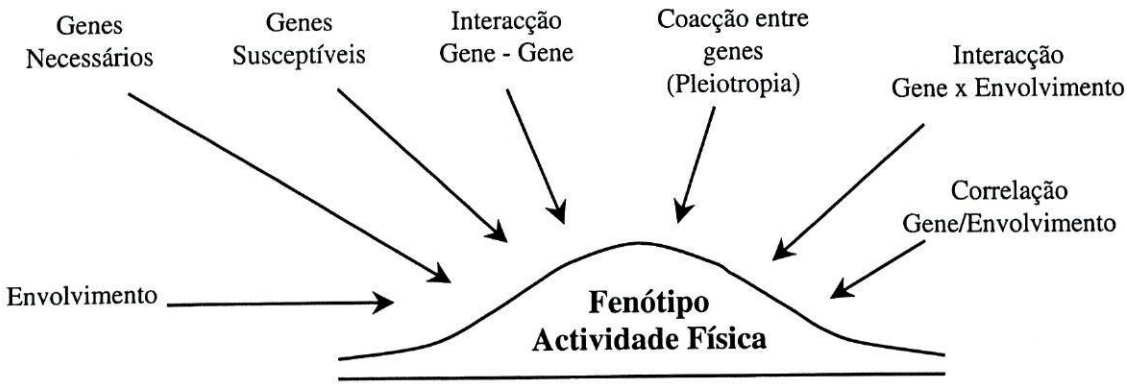


Figura 1.1: Factores condicionadores do fenótipo actividade física (adaptado de Bouchard e col., 1997).

Embora o fraccionamento da variação total em partes, devidas às diferentes causas que governam a variação, não seja uma tarefa difícil, o surgimento de novas tecnologias e processos de análise muito mais poderosos, no âmbito da Epidemiologia Genética, trouxeram a promessa de uma visão mais detalhada e profunda do fenómeno (ver Flint e col., 1995; Bouchard e col., 1997). A Epidemiologia Genética ocupa-se, na sua essência, do estudo da variabilidade humana tentando determinar as relações entre a variação nas sequências de ADN, interacção entre genes (fenómeno de epistasia), co-acção entre genes (fenómeno de pleiotropia), com estilos de vida distintos e outros factores do envolvimento (Bouchard e col., 1997) e pretende interpretar, numa primeira etapa, o quanto da variação presente nas diferenças entre sujeitos é atribuída a factores genéticos transmitidos no seio de famílias nucleares.

É inequívoco que dentro de uma qualquer população há variação genética. Com a excepção dos gémeos monozigóticos, cada um de nós é geneticamente único.

Conjuntamente à variação genética existe a variação do envolvimento. Os estudos realizados neste âmbito, com amostras constituídas por famílias nucleares ou gémeos, interessam-se em pesquisar, numa primeira etapa, o quanto da variação observada no fenótipo é consequência da variação genética e quanto pode ser atribuído aos factores do envolvimento (Turner e col., 1995).

Encontram-se disponíveis na literatura duas abordagens para o estudo das bases genéticas de um dado fenótipo quantitativo: a metodologia do genótipo não medido ou não identificado, designada de *Top – Down* e a metodologia do genótipo medido ou identificado, designada de *Botton – Up*, que se ilustra na figura 1.2 (Bouchard e col., 1997).

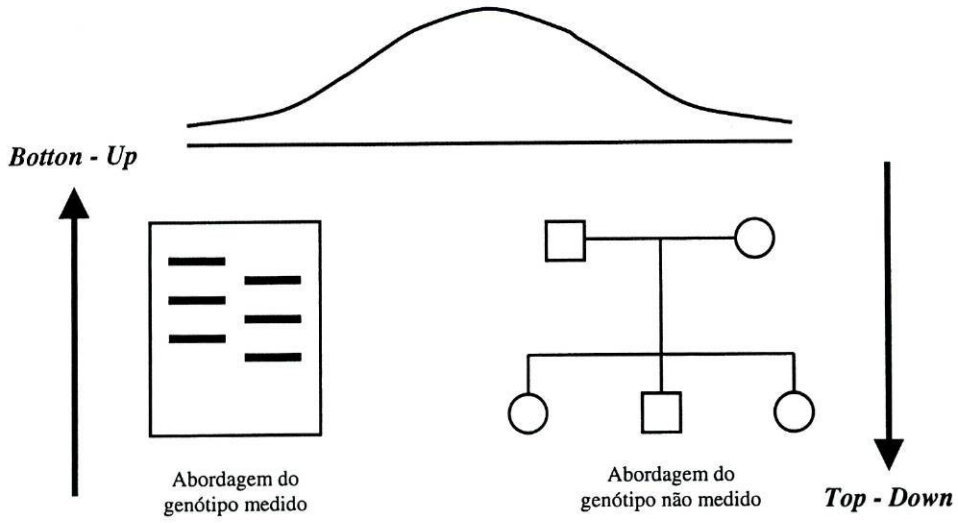


Figura 1.2: Abordagens disponíveis em Genética para o estudo de fenótipos de natureza contínua (adaptado de Bouchard col., 1997).

A metodologia *Top – Down* baseia-se em análises estatísticas da variação observável no fenótipo em grupos de sujeitos geneticamente relacionados, isto é, famílias nucleares ou gémeos. Essas análises estatísticas permitem estimar, na variação total presente no fenótipo, o quanto é devido à variação genética dos sujeitos. A metodologia *Botton – Up* parte da variação na frequência de um dado gene e tenta avaliar o impacto da variação ao nível do ADN no fenótipo quantitativo em estudo (Bouchard e col., 1997), recorrendo para tal a estudos de associação ou de *linkage* (uma análise exaustiva destas técnicas e procedimentos pode ser consultada em Liu, 1998).

O delineamento sequencial implícito nos estudos de Epidemiologia Genética que se propõem estudar as bases genéticas de fenótipos quantitativos multifactoriais é composto pelas seguintes fases: (1) determinação de agregação familiar, isto é, a tendência para o fenótipo se aglomerar com frequência no seio de famílias. A presença de agregação familiar pode ser testada calculando-se razões F em que se contrastam famílias nucleares entre si. Espera-se que haja diferenças substanciais entre famílias, relativamente à variação no seio de cada família (Bouchard e col., 1997; Maia e col., 2001); (2) quantificação da contribuição dos factores genéticos e do envolvimento responsáveis por essa agregação. Os métodos usados requerem abordagens em famílias nucleares ou gémeos e análises estatísticas que permitam estimar, na variação total presente no fenótipo, o quanto é devido à variação genética dos sujeitos, ou seja, o cálculo da heritabilidade (Bouchard e col., 1997); (3) identificação de zonas específicas dos cromossomas onde se pensa estar um conjunto de genes (oligogenes) que contribuem de modo aditivo com percentagens de variância distinta para a expressão fenotípica total (isto é os *quantitative trait loci*-QTL´s); (4) finalmente, a localização dos genes e o esclarecimento dos seus mecanismos de acção. A combinação da Biologia Molecular com a Epidemiologia Genética, aliada aos grandes avanços a nível tecnológico, proporcionam o isolamento ou a localização de genes em determinadas zonas dos cromossomas responsáveis por certas doenças. As complexas análises de segregação aplicadas a fenótipos de natureza multifactorial, podem providenciar evidências estatísticas dos efeitos de um gene maior e podem ajudar no esclarecimento da forma como é herdado e transmitido. O desenvolvimento da abordagem que está inerente aos estudos dos *Quantitative Trait Toci*, para traços ou fenótipos de natureza multifactorial, proporciona aos geneticistas a determinação dos suportes genéticos de um fenótipo sem o prévio conhecimento dos genes envolvidos (Bouchard e col., 1997).

Avaliar a actividade física habitual é avaliar um comportamento complexo que tem por base hábitos e práticas individuais que possuem uma variação sazonal que pode ser considerável de dia para dia, de estação para estação e de ano para ano (Sallis e Owen, 1999). Na literatura disponível é relativamente fácil encontrar uma grande diversidade de metodologias para a avaliação e medição da actividade física. A escolha da mais adequada ou o número de dias de avaliação necessários, são questões que apresentam alguma controvérsia. Para além de outros factores, os propósitos do estudo, as idades dos participantes e a dimensão da amostra (entre outros aspectos de ordem prática),

condicionam, logo à partida, a opção a tomar (Montoye e col., 1996; Kohl e col., 2000; Bassett, 2000).

O conhecimento actual no domínio da actividade física, nomeadamente o de carácter epidemiológico, baseia-se em estudos que recorreram fundamentalmente a questionários de actividade física, devido aos seus baixos custos, às facilidades de implementação e à grande dimensão das amostras. Contudo, possuem limitações inerentes, uma vez que são por natureza subjectivos (Bassett, 2000). Por essa razão, recomendações recentes sugerem a utilização de métodos objectivos para avaliar a actividade física que, face ao seu carácter multifacetado, reclama, também, uma instrumentação multimodal (Freedson e Miller, 2000; Kohl e col., 2000; Bassett, 2000)

Embora escassos, os estudos que abordaram as questões dos factores genéticos na variação dos níveis da actividade física recorreram, na sua essência, a um questionário para a marcação, ligeiramente diferenciada, deste fenótipo. É óbvio que este facto se prende fundamentalmente com questões operacionais e de dimensão da amostra que, neste tipo de pesquisas, terá de ser de magnitude elevada por forma a estimar, com grande precisão, o quanto da variação total se deve a variação genética e a variações no envolvimento, o que, só por si, condiciona a escolha do instrumento de avaliação. A utilização de múltiplos instrumentos objectivos de avaliação de actividade física impõe constrangimentos enormes que obrigam, necessariamente, a que as amostras sejam mais reduzidas. Este facto coloca, logo à partida, algumas restrições na identificação da variação no seio da população dado que o n observado é reduzido e também impõe problemas à qualidade da estimação dos efeitos genéticos e do envolvimento face à redução do poder estatístico. Contudo, e mesmo correndo estes riscos, a presente pesquisa pretende, de uma forma vincadamente exploratória, responder ao desafio da avaliação multimodal da actividade física. Acresce a este facto, a necessidade de marcar uma estimativa mais plausível da actividade física monitorizando durante alguns dias os sujeitos, para estudar não só a sua variação, mas também as suas fontes, utilizando para tal gémeos monozigóticos (MZ) e dizigóticos (DZ).

1.1 Objectivos e hipóteses de trabalho

É pois no contexto anteriormente referido que surge o presente estudo. Importa salientar que se trata de um trabalho piloto de carácter exploratório, principalmente ao nível da instrumentação, e que pretende marcar a actividade física com recurso a três instrumentos distintos de avaliação, a saber: (1) acelerómetro triaxial, (2) pedómetro e (3) questionário. Importa também referir que condicionalismos materiais (apenas dispomos de 8 acelerómetros), humanos (só um investigador) e temporais (intrínsecos à realização de uma tese de mestrado) são responsáveis pela reduzida dimensão da amostra.

O objectivo principal deste estudo é pois o seguinte:

Testar a exequibilidade de uma avaliação multimodal da actividade física habitual em gémeos monozigóticos e dizigóticos que serão monitorizados durante cinco dias consecutivos recorrendo, simultaneamente, a três instrumentos – acelerómetro triaxial, pedómetro e questionário.

A fundamentação das hipóteses que orientam este estudo está intimamente relacionada com os quadros teóricos e resultados de investigações nesta área de conhecimento desenvolvidas nos capítulos 2 e 3. Tendo este contexto como pano de fundo, as hipótese são as seguintes:

Hipótese n.º 1 – Os cinco dias de avaliação apresentam uma consistência elevada (R>0.70) para estimar com precisão os níveis de actividade física habitual de gémeos MZ e DZ.

Hipótese n.º 2 – Apesar da consistência da estimação da actividade física, os valores médios dos diferentes indicadores fornecidos pelo acelerómetro e pedómetro apresentam diferenças significativas em função dos dias de semana relativamente aos de fim-de-semana nos gémeos MZ e DZ.

Hipótese n.º 3 – É notória uma variabilidade inter-sujeitos nos diferentes dias de avaliação que traduzirá um *tracking* moderado.

Hipótese n.º 4 – Não obstante a reduzida dimensão da mostra e o reduzido poder estatístico, é possível realçar efeitos genéticos na expressão diferenciada do fenótipo actividade física.

1.2 Estrutura do trabalho

A estrutura deste trabalho foi concebida para dar resposta ao objectivo formulado e é constituída pelas seguintes partes:

Capítulo 1 – Faz o enquadramento do estudo e justifica a sua pertinência. Refere o objectivo principal bem como as hipóteses deste trabalho.

Capítulo 2 – Procura definir o conceito de actividade física em termos operativos e clarificar as questões referentes aos instrumentos disponíveis na literatura para a sua avaliação. Caracteriza os instrumentos usados neste trabalho e resume o que na literatura existe de mais recente relativamente aos estudos de validade e fiabilidade.

Capítulo 3 – Apresenta o estado actual do conhecimento relativo aos aspectos genéticos da actividade física baseado no modelo animal e no modelo humano com amostras gemelares. O modelo animal incluiu estudos de selecção e estudos de *Quantitative Trait Loci*. O modelo humano apresenta, exclusivamente, estudos realizados em gémeos sobre a variação interindividual em diferentes fenótipos intimamente associados - actividade física, prática desportiva e dispêndio energético.

Capítulo 4 – Refere a amostra, a metodologia, os procedimentos e os programas estatísticos utilizados na realização deste trabalho.

Capítulo 5 - Apresenta, analisa e discute os resultados desta pesquisa comparando-os, sempre que possível, com os resultados provenientes de outras pesquisas.

Capítulo 6 – Apresenta as principais conclusões deste trabalho.

Capitulo 7 – Refere a bibliografia consultada para a realização deste estudo.

2 Actividade Física

2.1 Conceito

Um dos aspectos importantes em qualquer pesquisa no lato domínio da avaliação da actividade física é, sem sombra de dúvida, o da exigência de uma definição clara e inequívoca do seu conteúdo.

A actividade física é um fenómeno/comportamento extremamente complexo (Casperson e col, 1985; Montoye e col., 1996; Sallis e Owen, 1999), sendo actualmente considerado como um conjunto de comportamentos que inclui todo o movimento corporal (Sallis e Owen, 1999) a que se atribui um significado díspar em função do contexto em que é realizada.

O conceito de actividade física tem sido objecto de alterações ao longo do tempo e de todas as definições que se podem encontrar na literatura, seleccionamos a de Casperson e col. (1985) por ser a que mais consensos reúne (Laporte e col., 1985; Bouchard e col., 1994; Bouten e col., 1994; Pate e col., 1994; Sallis e Patrick, 1994; CDC/ACSM, 1995; Freedson e Melanson, 1996; Armstrong e col.,1997; Kohl e col., 2000), e por ser também a que em termos operativos mais se encaixa nos propósitos deste estudo. Actividade física é entendida como qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que resulte em dispêndio energético. Assim, toda e qualquer actividade física protagonizada pelo sujeito no seu dia-a-dia cabe nesta abrangência, já que contribui para o dispêndio energético total, isto é, a actividade física utiliza nas deslocações, nas tarefas da vida diária, nas actividades em tempo de lazer, nas actividades desportivas mais ou menos organizadas, no trabalho e, no caso das crianças, na escola e nas suas actividades lúdicas.

Dado que a existência humana obedece à lei da conservação da energia, a medição e quantificação da actividade física é frequentemente expressa em termos de dispêndio energético (Montoye e col., 1996), se bem que sejam utilizadas, também, outras possibilidades. A quantidade de energia necessária para a realização de uma actividade pode ser medida em Kilocalorias (Kcal) ou Kilojoules (Kj). Em alternativa, a actividade física pode ser expressa em watts, como a quantidade de trabalho produzido, em minutos e horas que indicam períodos de tempo de actividade, como contagens de movimento (*counts*) que representam unidades de movimento, ou até como um valor numérico obtido a partir das respostas dadas a um questionário (Montoye e col., 1996).

O dispêndio energético total associado à actividade física é determinado pela quantidade de massa muscular envolvida, pela intensidade, duração e frequência das contracções musculares. Embora todos nós sejamos mais ou menos activos, o valor total da actividade física depende fundamentalmente daquilo que cada um realiza durante um determinado período de tempo; este valor evidencia uma forte variação interindividual, que se comporta de acordo com a distribuição normal (Casperson e col., 1985).

Importa esclarecer que a expressão dispêndio energético não deve ser usada como sinónimo de actividade física. Em primeiro lugar porque, apesar do dispêndio energético ser uma consequência da actividade física, quando falamos do dispêndio energético total incluímos outras componentes como sejam a taxa de metabolismo basal e o efeito térmico induzido pela assimilação e digestão dos alimentos. Em segundo lugar, porque a quantidade de energia despendida por um indivíduo é entendida sempre como um valor relativo, equacionado em função da sua massa corporal. Um indivíduo dimensionalmente pequeno que seja extremamente activo pode gastar, diariamente, a mesma quantidade de Kilocalorias que um indivíduo dimensionalmente maior e que seja sedentário. Daqui que não se possa afirmar que sejam semelhantes em termos de actividade física (Kohl e col., 2000). Por isso, sempre que a actividade física for expressa em termos de dispêndio energético, Kilocalorias ou Joules, a massa corporal do indivíduo tem que ser tomada em consideração (Montoye e col., 1996). A expressão MET (abreviatura de equivalente metabólico) é utilizado para significar o dispêndio energético em função do peso do sujeito. Por equivalente metabólico entende-se o valor correspondente à energia despendida em repouso, representando este valor uma referência para a classificação da intensidade das actividades (Montoye e col., 1996). Assim sendo, os valores de dispêndio energético são expressos em múltiplos de METs, correspondendo um MET a um gasto equivalente ao valor de energia metabólica despendida pelo sujeito em repouso, por quilo de peso, isto é, 3.5 ml $O_2 \bullet Kg^{-1} \bullet min^{-1}$ (McArdle e col., 1992; Freedson e col., 1998).

A actividade física é frequentemente entendida como um constructo multidimensional, onde se incluem variáveis como o tipo, a frequência, a intensidade, a duração e, embora menos referida, a circunstância e o propósito da actividade (Bouchard e col., 1994; Montoye e col., 1996). Segundo estes últimos autores, o envolvimento físico (por ex.: as circunstâncias em que se realizam a actividade, isto é, altitude, temperatura ambiente, etc.) como o conteúdo emocional ou psicológico, podem alterar os efeitos fisiológicos de uma actividade. A frequência, a intensidade e a duração podem ser

combinadas para providenciarem informações acerca da quantidade de energia gasta na actividade física.

Importa salientar que o dispêndio energético diário total é composto por 3 componentes (McArdle e col., 1992; Montoye e col., 1996):

- **a taxa de metabolismo basal**, isto é, a energia necessária para o corpo manter a sua temperatura, bem como as contracções musculares involuntárias;
- **o efeito térmico da alimentação**, isto é, a energia necessária à digestão e assimilação dos alimentos;
- **a quantidade de energia despendida na actividade física**, isto é, todo o movimento corporal realizado voluntariamente e durante todo o dia.

As duas primeiras componentes apresentam uma variabilidade inter e intra individual pequena (o seu contributo no dispêndio energético diário total é de cerca 60 a 75%) comparativamente com a maior fonte de variação que é, sem sombra de dúvida, a que advém da enorme variabilidade dos valores da actividade física dos sujeitos (Montoye e col., 1996; Bouchard e col., 1997).

2.2 Métodos de avaliação

2.2.1 Generalidades

A avaliação de um comportamento tão complexo como a actividade física reveste-se de complexidades e dificuldades ao nível da precisão da sua medição (Freedson e Melanson, 1996). Na literatura podemos encontrar uma grande diversidade de metodologias para avaliar a actividade física. Essa diversidade é, pelo menos em parte, justificada pelo vasto conjunto de dimensões que o fenómeno apresenta e pelas complexas relações que cada uma delas estabelece com diferentes aspectos da saúde (Laporte e col., 1985, Montoye e col., 1996). De acordo com a dimensão da actividade física que se pretende estudar deverá emergir uma diferente operacionalização do conceito assim como o instrumento de medição mais apropriado. Cada uma das abordagens na avaliação é susceptível de medir apenas uma parte do padrão do comportamento global (Laporte e col., 1985). Por exemplo, enquanto que uns instrumentos medem o dispêndio energético, outros medem a frequência, a duração, a intensidade ou o tipo de actividade.

A escolha dos instrumentos de avaliação deverá ser governada pelos objectivos da pesquisa (Laporte e col., 1985; Montoye e col., 1996; Kohl e col., 2000), estar dependente das idades dos participantes (Kohl e col., 2000) e de questões de ordem prática que se prendem com custos, tempo para a realização do estudo, aceitabilidade do instrumento por parte da amostra e exequibilidade (Laporte e col., 1985). Para além destes factores, há ainda a considerar a circunstância da opção dever também ter por base a validade, fiabilidade e praticabilidade do instrumento (Freedson e Melanson, 1996). Para ser válido, o instrumento deve medir aquilo que se propõe medir; para ser fiável deve ser consistente perante as mesmas circunstâncias; se for fidedigno e válido é também preciso (Laporte e col., 1985); para ser prático deve ter "custos" aceitáveis tanto para o investigador como para o participante. Outras considerações deverão incluir a intrusão provocada pelo instrumento, a sua influência nos níveis de actividade física dos participantes, as possíveis falhas e a "contaminação" ou alteração dos dados (Ainsworth e col., 1994; Montoye e col., 1996).

Torna-se, portanto, evidente, quão difícil é medir com precisão um fenómeno que é multidimensional por natureza, e que é passível de ser avaliado de diferentes formas. Tornar-se-á claro também que qualquer técnica ou instrumento de avaliação mede somente uma parte do "todo"do fenómeno actividade física habitual (Montoye e col., 1996; Basset, 2000). Daqui que uma avaliação mais completa reclame uma recolha de informação associada às diferentes dimensões (Basset, 2000), e que seja multimodal na sua instrumentação.

Os métodos existentes podem ser divididos em duas grandes categorias: os métodos laboratoriais e os métodos de terreno. No quadro n.º 2.1 é apresentada uma listagem desses métodos segundo as indicações de Laporte e col. (1985), Casperson (1989) e Montoye e col. (1996). Descrições mais detalhadas acerca dos mesmos podem ser encontradas na literatura mencionada.

Quadro 2.1: Sumário dos métodos de avaliação da actividade física (adaptado de Laporte e col., 1985; Casperson, 1989; Montoye e col., 1996).

Métodos Laboratoriais	**Métodos de terreno**
1. Fisiológicos	1. Diário
• Calorimetria directa	2. Classificação profissional
• Calorimetria indirecta	3. Questionários e entrevistas
	4. Marcadores fisiológicos
2. Biomecânicos	• "Double Labeled Water"
• Plataforma de força	• Aptidão cárdio-respiratória
	5. Observações comportamentais
	6. Monitorização mecânica e electrónica
	• Sensores do movimento
	- Pedómetro
	- Acelerómetro
	• Monitores de frequência cardíaca
	7. Aporte Nutricional

Na categoria relativa aos métodos laboratoriais, encontramos os procedimentos mais objectivos e precisos, mas que exigem equipamentos sofisticados e dispendiosos para além de processos de análise de dados bastante complexos. A maior parte destes métodos não pode ser aplicada em estudos epidemiológicos, mas servem de critério de validação para os métodos de terreno. No segundo grupo, encontram-se os métodos de terreno, menos complexos, aplicáveis em contextos diferenciados e em amostras de grande amplitude, porém, menos precisos (Montoye e col. 1996). Esta é uma matéria de alguma controvérsia dada a inexistência de um método universalmente aceite que meça todas as componentes da actividade física em condições de "free living".

O conhecimento actual na área da actividade física, principalmente o de carácter epidemiológico, baseia-se em estudos que recorreram aos questionários de actividade física devido aos seus baixos custos e facilidades de implementação. Contudo, é evidente que possuem limitações inerentes, já que são por natureza subjectivos (Basset, 2000). Torna-se pois necessário explorar métodos alternativos que não estejam dependentes da aptidão do sujeito em recordar o seu padrão de actividade, especialmente em idades muito jovens. Os sensores do movimento têm a potencialidade de eliminar este tipo de problemas (Freedson e col., 1998).

Um grande número de aparelhos mecânicos e electrónicos têm vindo a ser desenvolvidos com o intuito de trazer objectividade e precisão às medições. Dentre os

instrumentos que monitorizam o movimento, encontram-se os acelerómetros e os pedómetros (dois dos instrumentos usados nesta pesquisa), métodos alternativos aos questionários, que medem a aceleração corporal e estimam o dispêndio energético associado. Os pedómetros apenas quantificam o movimento e os acelerómetros medem simultaneamente a quantidade, intensidade e direcção do movimento (Laporte e col., 1985). Uma vez que o questionário, o pedómetro e o acelerómetro foram os instrumentos de avaliação da actividade física neste estudo, apresentamos de seguida informações mais pormenorizadas acerca destas ferramentas.

2.2.2 Acelerómetros

2.2.2.1 Aspectos básicos

Os acelerómetros são sensores do movimento, sensíveis a variações na aceleração do corpo num ou nos três eixos e, por isso, capazes de providenciar uma medição directa e objectiva da frequência, intensidade e duração dos movimentos referentes à actividade física realizada (Bouten e col., 1994). Quando um sujeito se move, o corpo sofre uma aceleração, teoricamente proporcional à força exercida pelos músculos responsáveis por essa aceleração e, por isso, proporcional à energia despendida (Montoye e col., 1996). A avaliação da actividade física através da medição do movimento do sujeito é cada vez mais apelativa porque, à partida, toda a actividade física requer movimento; os mais activos movem-se mais do que os menos activos, e por outro lado, a quantidade de movimento é, provavelmente, mais precisa na avaliação da actividade física do que a estimação do dispêndio energético (Laporte e col., 1985). Os sensores do movimento são actualmente utilizado para quantificar uma generalidade de movimentos realizados quotidianamente e para efectuar estimativas do dispêndio energético correspondente.

Os acelerómetros estão cada vez mais disponíveis no mercado em menores dimensões; por este motivo são mais práticos e também tecnologicamente mais sofisticados, providenciando informações mais precisas. O acelerómetro uniaxial mede apenas a aceleração corporal no eixo vertical, enquanto que o triaxial detecta a aceleração em 3 eixos (X, Y e Z). Tendo em conta que a movimentação do corpo é pluridireccional, vários autores indicaram a medição nos três eixos como o método mais apropriado para a avaliação da actividade física e do dispêndio energético, comparativamente com a medição do movimento corporal num só eixo (Montoye e col., 1996; Eston e col., 1998; Leenders e

col., 2000). Outros autores referem que actividades esporádicas como as realizadas pelas crianças podem não ser adequadamente medidas através de um aparelho unidimensional (ver por exemplo Welk e Corbin, 1995).

Os avanços na tecnologia dos sensores do movimento conduziram ao desenvolvimento de sensores mais sofisticados tal como o TRITRAC – R3D. Este aparelho tem sido proposto como um método adequado de avaliação da actividade em crianças e outros grupos populacionais (Bouten e col., 1994; Chen e Sun, 1997; Coleman e col., 1997; Sherman e col., 1998).

As vantagens deste aparelho incluem: (1) a possibilidade de ser aplicado a qualquer escalão etário; (2) o facto de ser compatível com as actividades quotidianas, permitindo assim avaliar os sujeitos em condições reais de vida; (3) a grande capacidade de armazenamento de dados; (4) a não existência de comandos que possam ser manipulados externamente e (5) a capacidade de avaliar a actividade durante períodos de tempo específicos, possibilitando a análise da frequência, duração e intensidade. Contudo, têm também algumas limitações. O dispêndio energético não aumenta à medida que aumenta a carga de trabalho, nomeadamente com o levantamento de pesos ou com o trabalho estático (Jakicic e col., 1999); tendem a sobrestimar o dispêndio energético na marcha e a subestimar esse gasto associado a muitas outras actividades; são imprecisos na estimação do dispêndio energético associado à posição de sentado e nos movimentos da parte superior do tronco e não podem ser usados em actividades aquáticas (Bassett, 2000). Para além das limitações referidas, Croker e col. (2001) enumeraram outras relativas à praticabilidade do aparelho. Este autor realizou recentemente um estudo com intenção de avaliar precisamente questões relacionadas com este problema. Foi realizado em 79 crianças com uma média de 11 anos de idade que usaram o TRITRAC – R3D durante 7 dias consecutivos. Apesar dos telefonemas diários e das visitas às escolas, a maior parte dos participantes teve os seguintes problemas: (1) esquecimento na colocação; (2) desconforto no seu uso e embaraço público; (3) impossibilidade de uso durante a realização de actividades aquáticas e (4) a não autorização para uso durante as actividades físicas organizadas. Os resultados colocam algumas reticências quanto à viabilidade do TRITRAC para a avaliação da actividade física durante períodos extensos de tempo, sobretudo neste grupo etário. Convém, contudo, realçar a circunstância de condicionalismos culturais da pesquisa anterior, bem como a ausência de forte generalização das conclusões face à dimensão reduzida da amostra. Outros estudos não

têm encontrado tais limitações (ver por exemplo Welk e Corbin, 1995; Coleman e col., 1997; Welk e col., 1998; Ekelund e col., 2001).

2.2.2.2 Estudos de validade e fiabilidade

Diversos estudos examinaram a validade da acelerometria e especificamente do TRITRAC-R3D na avaliação da actividade física e do dispêndio energético sob diferentes perspectivas em amostras de crianças e jovens (Welk e Corbin, 1995; Coleman e col., 1997; Welk e Col., 1998; Eston e col., 1998; Louie e col., 1999; Ekelund e col., 2001), e em adultos (Bouten e col., 1994; Chen e Sun, 1997; Sherman e col., 1998; Jakicic e col., 1999; Nichols e col., 1999; Welk e col., 2000b).

Por validade entenda-se o grau de precisão com que o instrumento mede ou avalia o que se propõe medir ou avaliar (Maia, 1995; Laporte e col.,1985; Kohl e col., 2000). A determinação da validade realiza-se comparando os resultados com os valores de outro método-critério, de preferência um "gold standard". Relativamente às questões de validade, Kohl e col. (2000) referem que estudos sobre instrumentos de avaliação desenhados para avaliar um constructo (actividade física), que são validados recorrendo ao uso de ferramentas que avaliam um outro constructo (por exemplo o dispêndio energético), estão com certeza limitados no total de concordância ou validade esperada por causa da combinação imprecisa do método de avaliação e do critério de validação.

Dois estudos recentes usaram a frequência cardíaca como critério de validação do TRITRAC – 3RD na avaliação da actividade física de crianças em circunstâncias de vida real (Welk e Corbin, 1995; Coleman e col., 1997) .

Welk e Corbin (1995) investigaram a validade concorrente do TRITRAC – 3RD em crianças dos 9 aos 11 anos de idade. As correlações encontradas foram moderadas (r = 0.50) para os 3 dias de monitorização. Contudo, quando os autores fizeram a divisão do dia nas suas diferentes partes, observaram variações nas correlações entre as medidas, dependendo do tipo e duração da actividade das crianças. As correlações eram mais elevadas nas actividades espontâneas, onde as crianças tinham oportunidade de ser mais activas (r = 0.83 a r = 0.89) e mais baixas quando a actividade era menor (sala de aula, r = 0.41) ou era estruturada (aula de educação física, r = 0.69). Os autores concluíram, face aos resultados, que o TRITRAC era um instrumento válido na avaliação da actividade física diária das crianças. Coleman e col. (1997) reportam a validade do TRITRAC – 3RD na avaliação da actividade física nos tempos livres de crianças obesas (8 a 12 anos). Os dados

do TRITRAC foram convertidos em METs e a correlação encontrada com a frequência cardíaca foi de 0.71. Os resultados do estudo sugeriram que o vector magnitude do TRITRAC poderia providenciar uma estimativa mais compreensível da actividade física do que o vector do eixo vertical.

Welk e Col. (1998) propuseram-se determinar qual dos "indicadores", frequência cardíaca ou TRITRAC, providenciava a medição mais válida em duas situações de avaliação, usando como medida critério a observação directa (*Childrens Activity Record System* – CARS). Os resultados sugeriram que os dois instrumentos providenciavam uma informação similar, mostrando o TRITRAC ser um "instrumento-indicador" válido da actividade física em situações de maior e menor actividade (uma situação mais activa protagonizada pela aula de educação física e outra menos activa em sala de aula).

Eston e col. (1998), num estudo realizado com o propósito de identificar os coeficientes de validação de vários instrumentos na avaliação da actividade física em 30 crianças galesas (idade: 8 a 10 anos), concluíram que a acelerometria triaxial providencia a melhor avaliação da actividade física, já que mostrou as correlações mais elevadas com o consumo de oxigénio, medida critério utilizada pelos investigadores (r = 0.90). Louie e col. (1999) chegaram às mesmas conclusões quando aplicaram o mesmo estudo numa amostra de 31 crianças chinesas com idades compreendidas entre 8 e 10 anos. Ambos os estudos encontraram correlações mais elevadas entre o vector magnitude do TRITRAC e a medida critério.

A "double labeled water", método considerado "gold standard" na determinação do dispêndio energético total em condições reais de vida, foi utilizada como medida-critério de validação num estudo recentemente realizado por Ekelund e col. (2001) em crianças com uma média de 9.1 anos de idade. Os investigadores propuseram-se validar, ao longo de duas semanas, o acelerómetro uniaxial Computer Science and Aplication`s (CSA) para a avaliação da actividade física. Como segundo objectivo, pretenderam desenvolver equações de predição do dispêndio energético total e do dispêndio energético na actividade, a partir de valores das contagens de actividade (counts) providenciados pelo acelerómetro e também de variáveis antropométricas. Os autores concluíram que as contagens de actividade do acelerómetro providenciam dados válidos para se avaliar a quantidade total de actividade física em crianças de 9 anos de idade; que contribuíram significativamente para a explicação da variância no dispêndio energético total e que foi o melhor preditor do dispêndio energético na actividade física.

Em adultos e em condições laboratoriais foram realizados vários estudos de validação de que destacamos os mais actuais. Chen e Sun (1997) realizaram uma pesquisa profunda para avaliar a validade da estimativa do dispêndio energético do TRITRAC-R3D, recorrendo a uma câmara de respiração (calorimetria indirecta) como critério de validade. Os 125 sujeitos testados, 53 homens e 72 mulheres dos 19 aos 62 anos, viveram durante dois dias nesta sala em condições "semelhantes" ao seu dia-a-dia. No primeiro dia viveram segundo o seu padrão de actividade física "normal" (dia normal) e no segundo executaram alguns exercícios, tais como corrida e "stepping" num período de tempo pré determinado (dia de exercício). A estimativa do dispêndio energético do TRITRAC para os dois dias avaliados esteve altamente correlacionada com o dispêndio energético total medido por calorimetria ($r = 0.93$), o mesmo se passando numa análise tendo por base o dispêndio energético minuto a minuto ($r = 0.86$). O dispêndio energético formulado pelo TRITRAC na situação de repouso, foi semelhante aos valores medidos por calorimetria indirecta. Contudo, verificou-se que o TRITRAC subestimava o dispêndio energético total, tanto no dia considerado normal como no dia de exercício. Subestimou, também, o dispêndio energético na actividade física de uma forma geral, assim como nos casos específicos de actividades físicas sedentárias e de baixa intensidade.

Sherman e col. (1998) realizaram uma pesquisa em 10 homens e 6 mulheres com uma média de idades de 24 ± 3 anos, com o propósito de avaliar a capacidade do TRITRAC-R3D para a medição do dispêndio energético nas seguintes situações: repouso antes do exercício, marcha no tapete rolante e repouso logo após o exercício. Os autores encontraram uma relação significativa entre o dispêndio energético derivado da calorimetria indirecta e o dispêndio energético obtido no acelerómetro ($r = 0.96$). Daqui que tenham concluído que o acelerómetro usado mediu de forma precisa o dispêndio energético excepto na situação de repouso logo após o exercício. Tal facto ficará, provavelmente, a dever-se às limitações do acelerómetro para estimar com precisão o dispêndio energético associado ao declínio no consumo de oxigénio após o esforço.

Welk e col. (2000b) investigaram a validade relativa (concorrente) e absoluta de 3 sensores do movimento contemporâneos: TRITRAC, CSA e Biotrainer. O estudo foi realizado perante circunstâncias laboratoriais e de terreno em 52 adultos de ambos os sexos com uma média de idades de 29 anos, servindo a calorimetria indirecta de medida-critério para testar a validade dos aparelhos. Os participantes realizaram duas rotinas que pretendiam simular um conjunto de actividades da vida diária. A correlação entre os

aparelhos e o consumo de oxigénio foi superior na circunstância laboratorial comparativamente com a de terreno. No laboratório, o CSA produziu estimativas de dispêndio energético precisas, enquanto que o TRITRAC e o Biotrainer tenderam o sobrestimar o dispêndio energético (1 a 36%). Contudo, verificou-se que o TRITRAC possuía um erro menor na estimação individual do dispêndio energético. No terreno, todos os aparelhos subestimaram o dispêndio energético (entre 42 e 67%). Os autores concluíram que cada aparelho produziu informações semelhantes, a avaliar pelas correlações encontradas entre si, tanto no laboratório como no terreno.

Dois estudos foram realizados com o propósito de examinar tanto a validade como a fiabilidade do TRITRAC-R3D em amostras constituídas por jovens adultos (Jakicic e col.,1999; Nichols e col.,1999). Quando falamos de fiabilidade estamos a referir-nos à consistência dos resultados de um instrumento (repetibilidade), ou seja, se apresenta os mesmos resultados perante as mesmas circunstâncias na medição de uma variável (Laporte e col., 1985; Kohl e col., 2000).

Jakicic e col. (1999) examinaram a validade e a fiabilidade do TRITRAC-R3D na estimação do dispêndio energético em várias formas de exercício em laboratório (marcha no tapete rolante, corrida no tapete rolante, subida e descida de degraus ("stepping"), pedalagem em bicicleta ergonómica e "slideboard"), usando como medida-critério de validação a calorimetria indirecta. A amostra foi constituída por 14 homens e 6 mulheres com idades compreendidas entre os 18 e os 35 anos. Os resultados mostraram uma correlação significativa entre os dois acelerómetros usados (fiabilidade inter-instrumento), um do lado direito e outro do lado esquerdo, para todos os exercícios examinados ($r = 0.42$ a 0.92). A diferença no dispêndio energético estimado por cada um dos aparelhos durante a marcha, subida de degraus ("stepping") e "slideboard" foi menor a 1 $kcal \cdot min^{-1}$. Foi comprovada a validade do aparelho já que houve uma correlação significativa entre o dispêndio energético estimado por cada um dos acelerómetros e a calorimetria indirecta. No entanto, a estimativa do TRITRAC foi menor do que a estimativa determinada via calorimetria indirecta, aumentando essa discrepância à medida que aumentava a carga de trabalho.

Nichols e col. (1999) examinaram também a fiabilidade (inter-instrumento e inter-sessões) e a validade do TRITRAC-R3D na estimação do dispêndio energético durante a marcha e a corrida, em 60 jovens adultos com idades entre os 18 e os 35 anos. A calorimetria indirecta foi a medida critério de validação usada. Os coeficientes de

fiabilidade dos aparelhos, usados no lado esquerdo e direito da anca, variaram entre 0.73, a 9.7 km/h e 0.87, a 3.2 km/h, enquanto que os coeficientes entre as sessões demonstraram que o TRITRAC é altamente fiável de dia para dia para todas as velocidades testadas (R= 0.87 – 0.92). Relativamente à determinação da validade, os autores concluíram que os dados indicaram que o TRITRAC distingiu com precisão várias intensidades de marcha e de corrida ao nível do solo com a ressalva que não foi sensível a alterações na inclinação do tapete. No quadro 2.2 apresentamos o resumo dos estudos revistos sobre a validade fiabilidade dos acelerómetros.

Quadro 2.2: Resumo dos estudos revistos sobre validade e fiabilidade dos acelerómetros.

Referência/ Tipo de estudo	**Amostra/ condições da avaliação**	**Critério de validação**	**Resultados sumários**
Welk e Corbin (1995) Validade – Tritrac-3RD	35 crianças, idades: 9 aos 11 • 3 dias não consecutivos	Frequência cardíaca (FC)	r = .58 Vmag* vs. FC
Coleman e col. (1997) Validade – Tritrac-3RD	35 crianças, idades: 8 aos 12 • 3 dias de avaliação das actividades no tempo de lazer	Frequência cardíaca	r = .71 METs vs. FC
Welk e col. (1998) Validade – Tritrac-3RD	32 crianças, idades: 10 aos 12 •3 dias não consecutivos	Observação directa (*Children`s activity record system – CARS)*	r = .70 a .77 Vmag vs. *scores* de observação
Eston e col. (1998) Validade – Tritrac-3RD	30 crianças, idades: 8 aos 12 • 5 actividades típicas das crianças – 4 minutos para cada actividade, em laboratório	Calorimetria indirecta	r = .90, para todas as actividades combinadas Vmag vs. consumo O_2
Louie e col. (1999) Validade – Tritrac-3RD	31 crianças, idades: 8 aos 12 • 5 actividades típicas das crianças – 4 minutos para cada actividade, em laboratório	Calorimetria indirecta	r = .94, para todas as actividades combinadas Vmag vs. consumo O_2
Ekelund e col. (2001) Validade – CSA	26 crianças com 9 anos • durante 14 dias em condições de *free-living*	*Double labeled watter*	r = .39 counts vs. dispêndio energético (DE) total r = .54 counts vs. DE associado com a actividade
Chen e Sun (1997) Validadade– Tritrac-3RD	125 sujeitos, idades: 19 aos 62 • 2 dias numa câmara de respiração	Calorimetria Indirecta	r = .93 DE derivado do Tritrac vs. DE via calorimetria
Sherman e col. (1998) Validade – Tritrac-3RD	16 sujeitos, média de idades 24 ± 3 anos • avaliação em situação de repouso e marcha no tapete	Calorimetria indirecta	r = .96 DE estimado pelo Tritrac vs. DE via calorimetria

Welk e col. (2000b) Validade – Tritrac-3RD	52 sujeitos, média de 29 anos • avaliação durante execução de 2 coreografias de 30m cada, que simulavam actividades da vida diária	Calorimetria indirecta	para o conjunto das 2 coreografias r = .55 Vmag vs. consumo O_2
Jakicic e col. (1999) Validade – Tritrac-3RD Fiabilidade inter instrumento Fiabilidade intra instrumento	20 sujeitos, idades: 18 aos 35 • durante a realização de 5 actividades em laboratório – marcha e corrida no tapete, *stepping, sliboard*, e *cycling* • todas as actividades foram realizadas com um acelerómetro usado do lado direito outro do lado esquerdo da cintura • cada actividade foi avaliada em dois blocos de 5 minutos cada	Calorimetria Indirecta	Marcha - r = .78 a .86 Corrida - r = .79 a .92 *Stepping* - r = .54 a .75 *Sliboard* - r = .68 a .91 *cycling* - r = .04 a .45 Marcha - r = .76 a .87 Corrida - r = .80 a .92 *Stepping* - r = .42 a .88 *Sliboard* - r = .75 a .87 *cycling* - r = .54 a .89 Marcha - r = .86 a .96 Corrida - r = .68 a .92 *Stepping* - r = .56 a .81 *Sliboard* - r = .71 a .89 *cycling* - r = .71a .91 DE derivado do Tritrac vs. DE via calorimetria
Nichols e col. (1999) Validade – Tritrac-3RD Fiabilidade inter instrumento Fiabilidade inter sessões	60 sujeitos, idades: 18 aos 35 • avaliação durante marcha e corrida no tapete rolante • foi usado um acelerómetro do lado direito e outro do lado esquerdo da anca • as actividades foram realizadas no dia 1 e dia 2	Calorimetria indirecta	r média = .90 r = .73 a .87 r = .87 a .92 DE estimado pelo Tritrac vs. DE via calorimetria

*Vmag – vector resultante

2.2.2.3 Aplicações

Para além das pesquisas anteriormente referidas e muitas outras que se podem encontrar na literatura internacional, em Portugal e especificamente na FCDEF –UP[1] temos conhecimento de dois estudos onde o TRITRAC foi aplicado para a medição da actividade física e somente em idosos (Cachapuz, 1998 e Rodrigues, 2000). Outros dois estudos usaram o acelerómetro uniaxial CSA em crianças (Santos, 2000) e em idosos activos (Ribeiro, 2000).

[1] Do nosso conhecimento não há informações publicadas noutras instituições sob a forma de monografia, teses ou dissertações de mestrado e doutoramento.

O acelerómetro mostra-se um instrumento extremamente útil para a avaliação da actividade física habitual; do dispêndio energético associado e do padrão de actividade física em termos de intensidade, frequência e duração na população idosa (ver por exemplo Cachapuz, 1998, Rodrigues, 2000 e Ribeiro, 2000). Os autores constataram, de uma forma geral, que os idosos apresentam valores médios muito baixos de dispêndio energético, níveis de actividade física habitual baixíssimos e um padrão que se caracteriza na sua globalidade por actividades de baixa intensidade.

A pesquisa realizada em crianças com o acelerómetro uniaxial CSA (Santos, 2000), permitiu mostrar que os jovens do estudo parecem cumprir as recomendações propostas por entidades internacionais, já que tanto os rapazes como as raparigas acumularam mais de 30 minutos diários de actividade moderada, vigorosa e muito vigorosa. Os resultados revelaram também que os rapazes são mais activos que as raparigas, particularmente nas actividades mais intensas e que a actividade física parece declinar acentuadamente no sexo feminino. O estudo foi realizado em crianças e jovens do Grande Porto com uma amostra constituída por 157 sujeitos dos 8 aos 16 anos de idade de ambos os sexos que usaram o CSA aparelho durante 3 dias consecutivos da semana

---

Em síntese, o TRITRAC é um instrumento que fornece informações acerca da intensidade, frequência e duração da actividade física. Apesar das limitações que referimos, os estudos evidenciam que é válido para avaliar a generalidade do movimento em condições de "free living" e o dispêndio energético associado, em populações onde a marcha e a corrida, ou outros movimentos semelhantes que desloquem o centro de massa, sejam os mais representativos do padrão de actividade como é o caso das crianças, e daqui permitam a comparação entre sujeitos.

2.2.3 Pedómetros

2.2.3.1 Aspectos básicos

O pedómetro electrónico é um aparelho simples desenhado para avaliar o comportamento do indivíduo durante a marcha, efectuando registos do número de passos e a estimativa da distância percorrida (Laporte e col., 1985). Similar a outros sensores do movimento, o pedómetro detecta as acelerações verticais do corpo.

A marcha é uma das formas mais comuns de actividade física e muitas vezes a que mais contribui para a actividade física diária total. É frequentemente usado para as deslocações de um lado para outro, para as actividades recreativas e para a realização das tarefas da vida diária (Bassett e col., 2000a). O pedómetro tem a potencialidade de providenciar, a custos reduzidos, medições objectivas e precisas da actividade física diária relativa à deslocação a pé, que por sua vez é responsável por uma fracção substancial do dispêndio calórico total na actividade física (Bassett e col., 1996; Leenders e col., 2000). Uma das vantagens destes aparelhos é o facto de possibilitarem o registo de dados num largo período de tempo, permitindo a avaliação de padrões de actividade física num ou em vários dias. Contudo, quando usados como instrumentos de investigação apresentam algumas limitações. Embora possuam uma precisão regular na contagem dos passos, não são sensíveis a acelerações verticais acima de certos limites. Daqui que não façam distinções entre a marcha e a corrida e assumam que o sujeito gasta uma quantidade constante de energia por passo. Para o *Yamax Digi-Walker* (aparelho usado neste estudo), o valor assumido é de cerca 0.55 cal/kg/passo independentemente da velocidade a que o sujeito se desloca. Outras limitações prendem-se com o facto de não fornecerem informação acerca da duração, frequência e intensidade da actividade física (Bassett, 2000) e de não serem sensíveis à actividade que não envolva a locomoção ou que envolva o exercício isométrico (Freedson e Miller, 2000). No entanto, os pedómetros são úteis para a distinção entre grupos com diferentes níveis de marcha, providenciando informação válida acerca deste comportamento (Bassett, 2000).

2.2.3.2 Estudos de validade e fiabilidade

Embora pedómetros mais antigos carecessem de validade e fiabilidade, os avanços na tecnologia trouxeram melhoramentos à qualidade dos aparelhos e da informação que providenciam. Especificamente, o modelo em causa tem sido muito usado por investigadores, devido aos seus elevados graus de precisão e fiabilidade. Recentemente, Bassett e col. (1996), num estudo de comparação da precisão de cinco pedómetros (contemporâneos) de marcas diferentes, na medição da distância percorrida a pé em adultos com idades compreendidas entre os 18 e os 65 anos, encontraram resultados aceitáveis para a maior parte dos aparelhos exibindo um deles, o *Yamax Digi-Walker* uma fiabilidade e validade excepcionais. O autor mostrou que diferentes tipos de pisos não afectavam a precisão dos aparelhos e que dos cinco estudados, o "Yamax" foi o mais

preciso tanto na medição do número de passos como da distância percorrida, para todas as velocidades testadas. Apesar do facto de variações na velocidade de deslocação afectarem os resultados, se o indivíduo caminhar com velocidades entre os $54m \bullet min^{-1}$ e os $107m \bullet min^{-1}$, o pedómetro produzirá valores relativos à distância percorrida que estarão dentro de limites de erro de 20% da distância realmente percorrida. Acrescente-se que, se a velocidade de marcha for intermédia, os valores terão um erro à volta de 10% dos valores reais. Numa avaliação de terreno, ao longo de um percurso de 4.88km a pé, o Yamax produziu valores de distância percorrida e passos dentro de limites de erro de 1% dos reais valores. Os investigadores referiram que os resultados do estudo indicavam que alguns dos mais recentes pedómetros electrónicos mostraram uma maior precisão absoluta do que os pedómetros mecânicos antigos e que possuem uma qualidade elevada em estudos epidemiológicos da actividade física em circunstâncias reais de vida. Referiram ainda que o pedómetro electrónico pode ser utilizado como medida-critério de validação de questões sobre a distância percorrida a pé, em questionários de actividade física .

Os resultados de Welk e col. (2000a), obtidos numa amostra de 31 adultos com uma média de idade de 29.0± 8.0, foram consistentes com os de Bassett e col. (1996) em muitos registos. Ambos não encontraram diferenças no total de passos dados na marcha ou na corrida em diferentes pisos. Ambos os estudos encontraram também menor fiabilidade nas velocidades de deslocação mais baixas.

Eston e col. (1998) encontraram valores de correlação entre o dispêndio energético estimado pelo pedómetro (colocado na anca) e o consumo de oxigénio medidos em crianças galesas (15 rapazes e 15 raparigas, idade média 9.3 ± 0.8 anos), que se situaram entre 0.78 e 0.92 para a totalidade das cinco actividades estudadas, correlação essa que foi significativamente superior às correlações correspondentes para o acelerómetro uniaxial utilizado (r = 0.85) e para a frequência cardíaca (r = 0.85). O estudo pretendeu determinar a validade da frequência cardíaca, da pedometria e da acelerometria na predição do gasto energético. Louie e col. (1999) encontraram correlações muito similares embora ligeiramente superiores, num estudo com o mesmo desenho do anterior aplicado numa amostra de crianças chinesas.

Leenders e col. (2000), num estudo realizado em 12 mulheres em situação de vida real, reportaram validade relativa do "Yamax" e do acelerómetro quando compararam estes dois métodos de avaliação com o PAR (*Physical Activity Recall interview*). O dispêndio energético relacionado com a actividade física estimado a partir do PAR foi

significativamente superior ao estimado pelo TRITRAC ou pelo Yamax. Os autores chamam a atenção para o facto de existir uma grande probabilidade destas diferenças nas estimativas estarem relacionadas com o facto de cada instrumento medir diferentes formas de actividade física e de traduzirem através de processos diferentes essa informação em dispêndio energético. Referem ainda que, como não foi usada uma medida-critério "gold standard" como o caso da *Doubly Labeled Water*, as conclusões devem ser entendidas com alguma cautela. Os autores salientaram que a relação entre os resultados do TRITRAC e do Yamax indicava que o número de passos registado pelo pedómetro era representativo da actividade física diária total estimada pelo TRITRAC. Embora o pedómetro meça passos e não a intensidade do movimento corporal, a correlação entre o número médio de passos dados por dia e as contagens de actividade (vector magnitude) do TRITRAC foi significativa e elevada ($r = 0.88$ a 0.93, $p<0.0001$). Esta correlação evidencia que uma grande parte da actividade física medida através do TRITRAC ficou a dever-se à deslocação a pé.

Tal como atrás referimos, a quantificação da distância percorrida diariamente é um aspecto importante quando queremos avaliar a actividade física habitual, já que esta é uma das formas mais comuns de actividade e parece contribuir grandemente para o nível diário de actividade física. Recentemente, investigadores reportaram que alguns questionários sobre actividade física podiam produzir estimativas imprecisas de distância diária percorrida a pé (ver por exemplo Ainsworth e col., 1993; Richardson e col., 1993). Relativamente a esta questão, Bassett e col. (2000a) realizaram um estudo com o propósito de comparar a avaliação da distância diária percorrida entre um questionário *(College Alumnus Questionnaire* PAI-CAQ) e o pedómetro (Yamax). A amostra foi constituída por 96 adultos (25 aos 70 anos) de ambos os sexos com vastos hábitos de actividade física. Os resultados mostraram que os indivíduos, no questionário, subestimam a distância diária percorrida comparativamente com os resultados obtidos com o pedómetro (1.43 ± 1.01 vs 4.17 ± 1.61 $km \cdot d^{-1}$). Também os resultados relativos ao gasto de energia na marcha foram mais baixos quando obtidos com o questionário comparativamente com os do pedómetro (555 ± 405 vs 1608 ± 640 $Kcal \cdot s^{-1}$). Com o propósito de determinar a validade do aparelho, o autor realizou um estudo piloto onde os sujeitos usaram o pedómetro durante 24 horas e sempre que se deslocavam o faziam empurrando uma "roda de medição". As correlações encontradas entre o pedómetro "Yamax" e a roda de medição foi de $r = 0.977$, daqui que tenham verificado que o pedómetro providencia uma avaliação precisa da distância

percorrida. No quadro 2.3 apresentamos um resumo dos estudos revistos sobre a validade e fiabilidade dos pedómetros.

Quadro 2.3: Resumo dos estudos revistos sobre validade e fiabilidade dos pedómetros.

Referência/ Tipo de estudo	**Amostra/ condições da avaliação**	**Critério de validação**	**Resultados sumários**
Bassett e col. (1996) Validade – Yamax DW 500	<u>Parte I</u> • 20 sujeitos, idades: 18 aos 65 caminhar durante 4.88Km com um pedómetro de cada lado da cintura	<u>Para a distância</u> - roda de medição (*Rolatape Corporation, Model 400, Spokane WA)* <u>Para o n.º de passos</u> - um contador manual (o sujeito carrega num manipulo em cada movimento de uma das pernas)	- percentagem de passos registados pelo pedómetro = 100.7 ± 1.5 - n.º de passos contados pelo pedómetro = 5916 ± 568, n.º real de passos dados = 5874 ± 528 (dentro de limites de erro de 1%)
Fiabilidade	<u>Parte II</u> 10 sujeitos • 400m em piso de pista e em passeio		- diferentes pisos não afectaram a precisão do pedómetro
Validade	<u>Parte III</u> 10 sujeitos • marcha em tapete rolante a diferentes velocidades	<u>Para a distância</u> - roda de medição (*Rolatape Corporation, Model 400, Spokane WA)*	- para velocidades entre os 54m• min^{-1} e os 107m• min^{-1}, o pedómetro produziu valores relativos à distância percorrida que estavam dentro de limites de erro de 20% da distância realmente percorrida; para velocidade de marcha intermédia, os valores terão um erro à volta de 10% dos valores reais
Welk e col. (2000a) Validade – Yamax DW 500	31 adultos, média de idade: 20 anos <u>Parte I</u> • durante um percurso de rua e tapete rolante, 1.61Km, a diferentes velocidades (marcha e corrida)	Observação directa	- registo do n.º de passos dentro de um limite médio de erro de 10%
	<u>Parte II</u> • 7 dias para cada uma das condições: (1) uso do pedómetro durante todo o dia excepto dormir e banho (2) uso do pedómetro durante todo o dia excepto dormir, banho e actividades físicas estruturadas	*7-d physical activity recall* -PAR	- (1) coeficiente de correlação (CC) entre n.º médio de passos dia e dispêndio energético (DE) estimado pelo PAR = .34 (2) CC entre n.º médio de passos dia e (DE) estimado pelo PAR = .06
Eston e col. (1998) Validade – Yamax DW 200	30 crianças, idades: 8 aos 12 • durante 5 actividades típicas das crianças – 4 minutos para	Calorimetria indirecta	CC para todas as actividades combinadas, entre consumo O_2 e DE

	cada actividade, com 3 pedómetros: anca, tornozelo e pulso		estimado pelo pedómetro Anca = .80 Tornozelo = .78 Pulso = .67
Louie e col. (1999) Validade – Yamax DW 200	31 crianças, idades: 8 aos 12 • durante 5 actividades típicas das crianças – 4 minutos para cada actividade, com 3 pedómetros: anca, tornozelo e pulso	Calorimetria indirecta	CC para todas as actividades combinadas, entre consumo O_2 e DE estimado pelo pedómetro Anca = .85 Tornozelo = .82 Pulso = .29
Leenders e col. (2000) Validade – Yamax DW 500	12 mulheres • durante 7 dias em condições de *free-living*	- *7-d physical activity recall* -PAR - TRITRAC – R3D - CSA	- CC entre DE estimado pelo PAR e DE estimado pelo pedómetro = .94 - CC entre counts Vmag e n.º médio de passos/dia = .93 - CC entre counts CSA e n.º médio de passos/dia = .84
Bassett e col. (2000a) Validade – Yamax DW 500	96 sujeitos, idades: 25 aos 70 • durante 7 dias excepto dormir e actividades desportivas e de lazer	- *College Alumnus questionnaire* (PAI – CAQ)	- CC entre distância percorrida estimada pelo PAI – CAQ e pedómetro = .41
	17 sujeitos • durante 24 h	- durante as 24h, sempre que se deslocavam usavam uma "roda de medição"	- CC entre distância percorrida medida pelo pedómetro e roda de medição = .97

2.2.3.3 Aplicações

De acordo com o nosso conhecimento, não existe nenhuma investigação realizada até esta data em Portugal no âmbito da actividade física com recurso a este instrumento. Temos conhecimento de dois estudos na literatura internacional que recorreram a esta ferramenta para avaliar a actividade física. Foi usado numa pesquisa com 493 suíços integrados no estudo MONICA sobre os factores de risco para doenças cárdio-vasculares (Sequeira e col., 1995). Estes autores registaram na sua pesquisa um declínio no número diário de passos dados em função da idade, similar ao que aconteceu num estudo com 500 cidadãos japoneses (Hatano, 1997). Os investigadores japoneses advogam a realização de 10.000 passos por dia como a dose recomendável para se obter benefícios para o estado de saúde (Hatano, 1993).

Ambos os investigadores expressaram a actividade física em passos/dia, uma "unidade" que embora não seja comummente usada é facilmente monitorizável e quantificável através do pedómetro, marcando de uma forma distinta do acelerómetro a actividade física diária do sujeito.

Apesar de não ter sido amplamente usado numa grande variedade de populações para a avaliação da actividade física, já foi investigada a sua utilidade para a monitorização da actividade física de crianças (ver por exemplo Eston e col., 1998 e Louie e col., 1999) e adultos (ver por exemplo Bassett e col., 1996 ; Welk e col., 2000a; Leenders e col., 2000). Aplicado de forma isolada, não se torna o instrumento ideal para a avaliação da actividade física. Contudo, combinado com outras ferramentas adquire maior validade, principalmente quando se pretende medir a generalidade do movimento, isto é, o total de actividade física, relacionado com a deslocação a pé. Tem também muita utilidade para validar questões relacionadas com a distância percorrida em questionários sobre a actividade física.

O pedómetro está a ser usado em programas de promoção da actividade física com vista ao cumprimento da "dose " diária recomendada para que haja benefícios relacionados com a saúde. Dez mil passos diários parecem ser os necessários para que o indivíduo se situe na categoria de activo. O pedómetro permite fazer um seguimento da actividade diária relacionada com a marcha e parece ter muita utilidade como ferramenta de motivação para o aumento dessa mesma actividade. Isto deve-se ao facto do aparelho providenciar "feedback" acerca do comportamento e de permitir que se estabeleçam metas ou objectivos concretos que são facilmente atingíveis (Bassett, 2000).

Em síntese, o pedómetro é um instrumento que avalia de forma objectiva a actividade física relacionada com a deslocação a pé, registando o número de passos e as estimativas da distância percorrida e da energia despendida. Os estudos de validade e fiabilidade providenciam evidência substancial acerca da validade do pedómetro, nomeadamente da marca Yamax, como um indicador objectivo da actividade física habitual.

2.2.4 Questionários

2.2.4.1 Aspectos básicos

Os questionários representam um dos métodos mais fáceis, práticos e económicos de se estimar a actividade física, principalmente em estudos de carácter epidemiológico onde as amostras atingem grandes dimensões. Apresentam, contudo, alguns problemas de objectividade, nomeadamente devido à dificuldade dos indivíduos se recordarem com exactidão das actividades realizadas, bem como a tendência para sobrestimar as variáveis tempo e intensidade das actividades (Laporte e col., 1985; Montoye e col., 1996: Leenders e col., 2000).

No nosso estudo utilizámos o questionário de Baecke e col. (1982), um questionário constituído por três partes distintas, em que cada uma estima um índice que reflecte aspectos distintos da actividade física. A primeira parte pretende estimar o índice de actividade física diária no trabalho e no tempo de escola (IAFT/E); a segunda parte é dedicada às actividades desportivas (IAFD) e a terceira visa avaliar a actividade nos tempos de lazer (IAFL). O questionário tem por objectivo estimar a actividade física total. Esta pode ser determinada através do somatório dos valores encontrados em cada uma das dimensões.

2.2.4.2 Estudos de validade e fiabilidade

Os estudos de validade conhecidos são apresentados de forma sumária no quadro n.º 2.4 Embora nem todos os instrumentos critério utilizados para estudar a validade do questionário de Baecke e col. (1982) possam ser considerados "gold standard", os resultados obtidos indiciam a enorme potencialidade que o questionário apresenta em avaliar diferentes componentes da actividade física .

Quadro 2.4: Resultados de estudos de validade concorrente do questionário de Baecke com outros métodos de avaliação da actividade física (adaptado de Montoye e col., 1996).

Outro s métodos	**Amostra**	**Coeficiente de correlação**	**Referência**
Acelerómetro Caltrac (4 dias)	28 mulheres	0.53*	Mahoney & Freedson, 1990
Doubly labeled water (Mets)	28 homens	0.32*	Gretebeck e col., 1993
Acelerómetro Caltrac 7dias (Mets)		0.52*	
Acelerómetro Caltrac , kcal		0.20*	
Large-Scale Integrated Motor Activity Monitor	130 mulheres (exercitante)	-0.11 a 0.20*	Cauley e col., 1987
	125 mulheres (controlo)	0.09 a 0.16*	
Questionário de Paffenbarger	130 mulheres (exercitante)	0.09 a 0.48*	Cauley e col., 1987
	125 mulheres (controlo)	0.14 a 0.36*	
Ingestão calórica	21 mulheres	0.38*	Albanes e col., 1990
Questionário de Paffenbarger		0.56*	
Questionário 7-dias		0.16*	
Questionário de Framingham		0.57*	
Questionário *Minnesota Leisure time*		0.36*	
Questionário *Health Insurance Plan of New York*		0.78*	
Questionário *Lipid Research Clinics*		0.68*	
Three 24h recall	31 homens e mulheres 63 – 80 anos	0.78*	Voorrips, Ravelli, Dongelmans, Deurenberg, e Van staveren, 1991
Pedómetro		0.72*	
Acelerómetro Caltrac , kcal (7 dias)	7 homens e 26 mulheres	0.32*	Miller e col., 1994
Questionário 7-dias		0.07	
Questionário *Godin-Shephard*		0.61*	
$V0_2$ máx	64 homens e mulheres	0.54*	Jacobs e col., 1993
Tapete rolante		0.51*	
Questionário *Minnesota Leisure time*	73 homens e mulheres	0.37*	
Acelerómetro Caltrac, Mets		0.19*	
Acelerómetro Caltrac, kcal		-0.08	
Acelerómetro Tracmor (counts)	134 homens com 40 anos de idade	0.47**	Philippaerts, 1998
Ingestão Calórica		0.21	
$V0_2$ máx		0.49**	
Doubly labeled water	30 homens de 40 anos	0.69**	Philippaerts, 1998

*P<0.05; ** P<0.001

A fiabilidade do questionário foi estudada por Baecke e col. (1982), Jacobs e col. (1993), Pols e col. (1996) e Philippaerts (1998). O quadro n.º 2.5 mostra uma síntese desses estudos.

Quadro 2.5: Estudos da fiabilidade do questionário da actividade física habitual de Baecke.

Estudo	Tempo entre o teste e o reteste / Estatística	Amostra	Resultados		
Baecke e col. (1982)	3 meses *r* de Pearson	139 homens e 167 mulheres idades – 20 a 32	AFT AFD AFL	0.88 0.81 0.74	
Jacobs e col. (1993)	1 mês *rho* de Spearman ajustado para a idade	28 homens e 50 mulheres idades – 20 a 59	AFT AFD AFL AFTT	0.78 0.90 0.86 0.93	
Pols e col. (1996)	5 e 11 meses *r* de Pearson	64 homens idades – 20 a 70		5 meses	11 meses
			AFT AFD AFL AFTT	0.89 0.88 0.76 0.85	0.83 0.81 0.71 0.80
		62 mulheres idades – 20 a 70	AFT AFD AFL AFTT	0.80 0.71 0.83 0.83	0.84 0.65 0.81 0.77
Philippaerts (1998)	1 mês coeficiente de correlação intraclasse	90 homens idades – 30 a 40	AFT AFD AFL AFTT	0.95 0.93 0.87 0.86	

Para além dos estudos anteriores, há que mencionar alguma pesquisa portuguesa sobre esta temática (Barcelos, 1997; Henriques, 2000; Sá, 2000; Cardoso, 2000). Todos recorreram à estimativa de fiabilidade relativa dada pelo coeficiente de correlação intraclasse (R).

Barcelos (1997) repetiu a aplicação do questionário a 9 elementos da amostra total (n= 174), com idades compreendidas entre os 39 e 58 anos. Os valores de R obtidos para todos os itens do questionário situaram-se entre 0.50 e 0.95. Henriques (2000) testou a fiabilidade numa sub-amostra de 70 sujeitos correspondendo a 13.3% da amostra total (n=523), e que era constituída por crianças e jovens dos 10 aos 17 anos. O período de tempo considerado para aplicação do reteste foi de um mês e as correlações encontradas para cada índice de actividade física em cada ano de escolaridade foram superiores a 0.80, evidenciando a elevada fiabilidade do questionário. Os valores de R, para todos os índices do questionário encontrados por Sá (2000) situaram-se entre 0.77 e 0.91, o que demonstra,

mais uma vez a elevada fiabilidade do questionário. O reteste foi efectuado uma semana após a 1ª aplicação em 75 sujeitos numa amostra total de 284 adolescentes do sexo masculinos do 10º ao 12º anos de escolaridade.

Cardoso (2000) encontrou valores de correlação intraclasse elevados que se situaram entre 0.78<R<0.93. Não foram referidos o intervalo de tempo nem a sub-amostra usados para o estudo da fiabilidade. A amostra total do estudo foi constituída por 786 crianças e jovens de ambos os sexos do 5º ao 12º anos de escolaridade, com idades compreendidas entre os 10 e os 18 anos.

2.2.4.3 Aplicações

Os questionários representam o instrumento mais prático e económico de avaliação da actividade física. Têm como principais vantagens os custos acessíveis e a facilidade de aplicação e utilizam-se, sobretudo, em estudos de natureza epidemiológica. Embora apresentem alguns problemas de objectividade, nomeadamente quando comparados com outros instrumentos, por exemplo acelerómetro ou pedómetro, está comprovada a sua validade e a sua fiabilidade. O questionário em questão neste estudo reflecte aspectos distintos da actividade física do sujeito - a actividade física no trabalho/tempo de escola (no caso das crianças); a actividade física no tempo de lazer e a actividade física relativa à prática desportiva, possibilitando o seu estudo diferenciado. A actividade física total pode ser determinada pelo somatório dos valores encontrados nestas três dimensões. Os dados obtidos através deste questionário possibilitam, portanto, a análise da variação dos índices de actividade física total bem como dos níveis de actividade nas três dimensões que comporta, em função de variáveis como a idade, sexo e o estatuto socioeconómico, entre outros. Por estar também adaptado para adultos, o questionário permite uma análise da actividade física intrafamília, isto é, no seio de cada família.

Em Portugal e especificamente na FCDEF - UP, existe um número considerável de estudos que recorreram ao questionário de Baecke para a avaliação da actividade física de crianças e jovens. Foi amplamente usado com propósitos de identificação dos índices de actividade física habitual de crianças e jovens ao longo da idade e suas relações com a aptidão física dos sujeitos (ver por exemplo Ferreira, 1999; Cardoso, 2000 e Henriques, 2000). Foi ainda aplicado por Victor (1999) com o propósito de analisar a percepção do estado geral de saúde e de actividade física em sujeitos com idades compreendidas entre os

10 e os 19 anos de idade. Tem sido também implementado para o estudo de questões relacionados com a temática da influência parental, da agregação familiar e da transmissibilidade nos hábitos de actividade física, ou seja, aspectos relacionados com a influência recíproca que cada um dos elementos constituintes do agregado familiar tem sobre os outros (ver por exemplo Pina de Morais e col.,1998; Pereira, 1999; Sá, 2000).

Em síntese, os questionários são os instrumentos mais práticos e comuns para a avaliação da actividade física em estudos onde as amostras adquirem proporções consideráveis, em virtude dos seus baixos custos, da sua praticabilidade e também da quantidade e detalhe de informação que é possível recolher.

3 Estudos genéticos sobre a actividade física

3.1 Generalidades

A investigação sobre a temática dos factores genéticos que governam fenótipos quantitativos de natureza complexa é realizada com recurso aos modelos animal e humano. No modelo humano incluem-se pesquisas com delineamentos tão diversos como agregação em famílias nucleares, gémeos, estudos de adopção, detecção de genes responsáveis por um determinado efeito e estudos de associação e *linkage* (Bouchard e col. 1997).

A grande vantagem da pesquisa no modelo animal relativamente ao modelo humano é o controlo que se pode conseguir de diversos factores que normalmente confundem os resultados da investigação neste último. Um dos exemplos é o controlo da heterogeneidade genética pelo recurso a cruzamentos entre sujeitos com primeiro grau de parentesco (*inbred strains*) ao longo de uma linhagem.

Neste capítulo, a revisão da literatura compreende pesquisas nos modelos animal e humano. No modelo animal incluem-se estudos de selecção e estudos de *Quantitative Trait Loci* (QTL´s). No modelo humano apresentam-se, exclusivamente, estudos realizados em gémeos sobre a variação interindividual em diferentes fenótipos intimamente associados - actividade física, prática desportiva e dispêndio energético.

3.2 Pesquisas em animais

Os estudos que referiremos em seguida, realizados com ratos e moscas do vinagre, suportam a hipótese da variação dos valores da actividade física estar, parcialmente, na dependência do genótipo. A primeira pesquisa é um estudo de resposta à selecção. Os estudos de selecção pretendem evidenciar a presença da influência genética na variação de um dado traço/fenótipo/comportamento (por exemplo, a actividade física), por forma a ser evidente uma resposta clara no diferencial de selecção. São realizados cruzamentos selectivos e sucessivos ao longo de uma linhagem, direccionados para a obtenção de valores médios superiores relativamente a um traço (por exemplo, no sentido em que os mais activos sejam cada vez mais activos), isto é, para uma distribuição distinta da dos progenitores, sobretudo nos seus valores médios.

DeFries e col. (1978) realizaram um estudo com o propósito de analisar a resposta à selecção de 30 gerações de ratos. Numa caixa de actividade sem qualquer obstáculo (*open*

field activity) um conjunto de feixes de células foto-eléctricas registava aspectos do comportamento dos animais. Os autores verificaram existir dois grupos extremos de ratos: enquanto uns temiam a caixa, defecavam, urinavam bastante (os níveis de defecação e urina estão relacionados com medo e baixa actividade) e se limitavam aos cantos da caixa, outros havia que a exploravam activamente não mostrando sinais de receio. Foram então constituídos para a pesquisa 3 grupos de ratos: o grupo de resposta elevada designados de muito activos; o grupo de resposta baixa ou de reduzida actividade; e um terceiro grupo, considerado de controlo, constituído por ratos escolhidos aleatoriamente. Os ratos mais activos foram cruzados entre si, o mesmo se passando com os ratos do grupo de menor actividade e do grupo de controlo. Dos descendentes dos muito e pouco activos, os mais e os menos activos foram novamente seleccionados para acasalamento selectivo no seio de cada linhagem. Este processo de selecção foi repetido ao longo de 30 gerações. Nos ratos, uma geração demora apenas 3 meses.

Desta pesquisa foi retirado o seguinte quadro de resultados e conclusões:

- conforme se observa na figura 3.1, ao longo das 30 gerações a selecção foi um sucesso. As linhagens mais activas tornaram-se cada vez mais activas e as linhagens menos activas cada vez menos activas. Importa esclarecer que a resposta à selecção só é bem sucedida se os factores hereditários forem importantes para o traço em estudo;

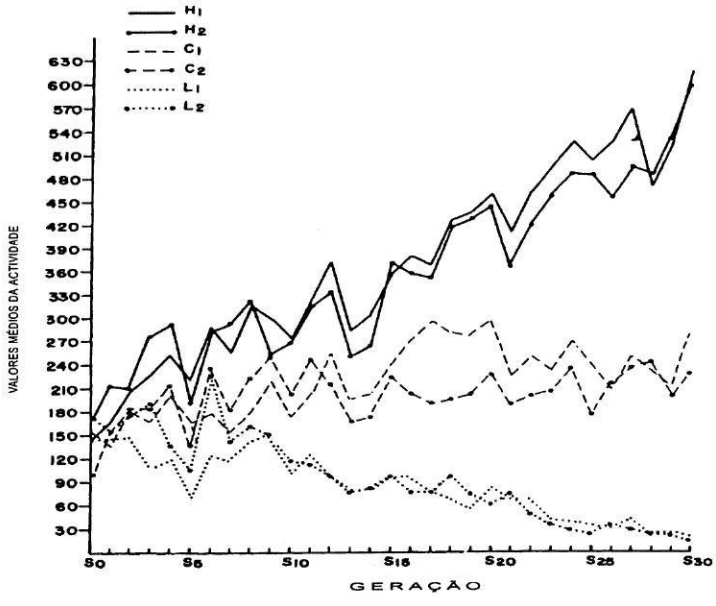


Figura 3.1: Valores médios da actividade física (*open-field activity*) de 6 linhagens de ratos, duas designadas muito activas (H_1 e H_2), duas de reduzida actividade (L_1 e L_2) e duas de controlo (C_1 e C_2) (adaptado de DeFries e col., 1978).

- ao fim de 30 gerações verificou-se uma diferença nos *scores* médios de actividade física 30 vezes superior nos mais activos relativamente aos menos activos. Os ratos da linhagem dos mais activos corriam o equivalente à distância de um campo de futebol durante os 6 minutos do teste, enquanto que os pertencentes às linhagens menos activas ficavam-se pelos cantos da caixa, a tremer;
- uma outra observação permitiu constatar que as diferenças entre a linhagem mais e menos activa aumentava em cada geração, sugerindo que um conjunto de genes contribuía para tal variação no comportamento. Se se tratasse somente de um ou dois genes responsáveis pelo comportamento, as duas linhagens separar-se-iam após algumas gerações e não divergiriam mais nas gerações futuras, o que não se verifica nesta pesquisa.

O estudo de Sokolowski e col. (1997), em moscas do vinagre (*Drosophila melanogaster*), veio mostrar que a variação natural de um gene determina um comportamento distinto: activas ou inactivas relativamente aos hábitos de busca de alimento. Os 20 anos de investigação dos autores em torno desta temática apontam para a existência de dois tipos de moscas: as extremamente enérgicas e activas na procura de comida (*rovers*) e as sedentárias ou pouco activas (*sitters*). A Dra. Sokolowski e seus colaboradores conseguiram relacionar este comportamento distinto com uma variação natural num gene responsável pela produção de uma determinada enzima que afectava as células nervosas e cuja produção era menor nas moscas inactivas. Os autores mostraram que a variação no gene determinava se a mosca era activa ou inactiva e que uma pequena diferença na quantidade de enzima produzida alterava o comportamento. Para se certificarem que tinham encontrado o gene correcto, inseriram-no no núcleo de ovos de moscas inactivas e o resultado foi surpreendente: as moscas que resultaram desses ovos comportavam-se como activas, voando energicamente à procura de alimento.

O terceiro estudo que iremos focar refere-se a *Quantitative Trait Loci* (QTL´s) e exige um esclarecimento prévio acerca do significado de QTL´s.

Ronald Fisher sugeriu, pela primeira vez, que as características ou traços quantitativos eram governados por múltiplos genes, sendo portanto de natureza poligénica. Considerou

que cada gene contribuía, de modo aditivo, com uma pequena percentagem para a variância total. Estava, pois, aberto o caminho para a conciliação das posições subjacentes às leis mendelianas relativas a fenótipos simples de natureza dicotómica com as ideias biométricas apresentadas por Francis Galton para traços quantitativos (Falconer, 1990). Durante a última década, tem-se verificado uma convergência notória entre técnicas e procedimentos de genética quantitativa e de genética molecular, no sentido da identificação de zonas em determinados cromossomas ou de genes responsáveis por traços quantitativos de natureza complexa (Plomin e col., 1997). A investigação que se realiza em torno da temática da genética do comportamento há muito que tomou esta direcção no sentido de identificar genes específicos responsáveis por diferenças interindividuais em vários comportamentos, mesmo aqueles que possuem características complexas e que são governados, simultaneamente, por factores génicos e do envolvimento, como é o caso da actividade física (Plomin e col., 1997).

Tal como referimos anteriormente, os traços quantitativos complexos, qualquer que seja a sua expressão num qualquer domínio da actividade humana, são influenciados por múltiplos genes e por múltiplos factores do envolvimento. *Quantitative Trait Loci* são um conjunto de genes (oligogenes) que contribuem de modo aditivo com percentagens de variância distinta para a expressão fenotípica total. A sua localização provável em zonas específicas de cromossomas é determinada por procedimentos rigorosos. Pensa-se que os QTL´s são responsáveis pela variação observável num traço sempre que se estudam elementos de famílias que se possam distinguir de modo mais ou menos dicotómico num dado fenótipo. Encontrar tais QTL´s só foi possível nos últimos anos graças aos avanços registados a nível tecnológico. O modelo animal tem sido particularmente útil para este tipo de investigação (ver por exemplo Liu, 1998; Rogers e col., 1999).

Encontrar as zonas onde estarão alojados os genes responsáveis pelas diferenças interindividuais no comportamento actividade física tem sido o propósito de algumas pesquisas realizadas em ratos. Um dos delineamentos utilizados para identificar QTL´s envolve a realização de acasalamentos sucessivos entre irmãos, pertencentes a uma mesma linhagem, e que se designa por *recombinant inbred* (RI) *strains*. Estes acasalamentos são extremamente úteis para este tipo de estudos porque permitem detectar a acção de múltiplos genes (QTL´s) num determinado fenótipo. A variação *intrastrain* numa população de ratos RI serve como medida da influência dos factores do envolvimento e do

erro experimental, enquanto que a variação *interstrain* reflecte, acima de tudo, diferenças genéticas (Mayeda e col., 1996).

Em humanos, cruzamentos experimentais desta natureza não são possíveis de realizar, o que não impede os investigadores de utilizarem outros delineamentos (sobre esta matéria ver, por exemplo, Rogers e col., 1999; Plomin e col., 2000). No entanto, devido ao elevado grau de homogeneidade do genoma entre mamíferos, os QTL´s identificados no modelo animal permitem, *à posteriori*, a identificação, no cromossoma humano, de regiões homólogas que subsequentemente poderão ser testados através dos métodos de associação ou *linkage* (Bouchard e col., 1997).

Mayeda & Hofstetter (1999) orientaram a sua pesquisa para a identificação de QTL´s influenciadores do ritmo circadiano da actividade de ratos. O sistema circadiano produz a nível fisiológico e comportamental ritmos que têm uma duração cíclica que se designa por período. Este período, nos ratos, é governado por vários genes. Pesquisas anteriores mostraram que no cromossoma 1 destes animais existia uma região entre 90 e 100 cM^2, isto é, um QTL, responsável pela governação deste ciclo para a actividade locomotora (Mayeda e col. 1996).

Os autores investigaram uma linhagem de ratos RI *strain* que possuía uma alteração congénita na região onde estaria esse QTL. Os resultados mostraram que estes ratos possuíam um período circadiano mais reduzido, confirmando que naquela região existe um QTL responsável pelas diferenças neste traço. Adicionalmente, os dados desta pesquisa sugeriram também que nesta mesma região do cromossoma 1 existe um *quantitative trait loci* responsável não só pela quantidade média de actividade diária dos ratos mas também pelo seu padrão de actividade locomotora. Um outro estudo realizado também em ratos RI *strain* com o propósito de detectar regiões nos cromossomas que estivessem associadas com a actividade física, permitiu identificar um QTL, no cromossoma 15, relacionado com a actividade física destes animais (Flint e col., 1995).

[2] cM – centimorgam. Um cM é equivalente a 1 milhão de pares de bases

Em síntese, os estudos referidos neste ponto pretendem mostrar o seguinte conjunto de ideias: 1) que a actividade física é governada por um conjunto indeterminado de genes; 2) que a actividade física não é um traço de natureza mendeliana, apesar de variações num só gene poderem alterar drasticamente um comportamento que é normalmente influenciado por vários genes (como se poderá observar no estudo da *Drosophila melanogaster*) e 3) que se começa a investigar a localização de bandas ou zonas em determinados cromossomas onde estarão alojados genes responsáveis pela variação no comportamento actividade física (estudos de QTL).

3.3 Pesquisas em humanos

Os delineamentos utilizados em epidemiologia genética para estudar a variação que ocorre no seio da população para qualquer traço métrico humano não são tão poderosos ou directos como os que resultam de estudos de selecção ou de *inbred strains*, que atrás referimos. A pesquisa em humanos não recorre a populações geneticamente definidas, tais como *inbred strains* ou manipulações experimentais muito controladas do envolvimento. Pelo contrário, limita-se ao estudo de ocorrências genéticas naturais e variações do envolvimento. No entanto, este empreendimento é, só por si, suficientemente complexo e elucidativo para informar acerca da importância de factores génicos na regulação da variação.

A natureza proporcionou aos investigadores situações experimentais únicas para o teste de hipóteses acerca da influência relativa dos genes e do envolvimento num determinado traço, característica ou comportamento humanos – o nascimento, crescimento e desenvolvimento de gémeos idênticos e fraternos.

Os gémeos idênticos ou monozigóticos (MZ) – cerca de 1/3 das gestações gemelares - resultam da divisão precoce de um zigoto proveniente da fecundação de um único óvulo por um só espermatozóide, produzindo assim dois indivíduos (ou mais) do mesmo sexo e geneticamente idênticos. Em 30% dos casos, a divisão do zigoto ocorre nas primeiras 72 horas após a fertilização, pelo que a gestação será bicoriónica e biamniótica, isto é, existem duas placentas (mesmo que fundidas) e tecido corial interposto entre as duas cavidades amnióticas. Se a divisão se der entre 4 e 8 dias após a fertilização a placenta será única, mas cada feto terá a sua própria cavidade amniótica (gestação monocoriónica–

biamniótica), o que se verifica em cerca de 65% dos casos. Se o zigoto se divide entre o 9° e o 13° dias após a fertilização, 5% dos casos, haverá uma só placenta e uma só cavidade amniótica para ambos os fetos (gravidez monocoriónica – monoamniótica). Por último, ocorrerão gémeos siameses se a divisão do zigoto acontecer depois do 13° dia após a fertilização (Graça, 1996; Cunningham e col., 1997).

Os gémeos fraternos ou dizigóticos (DZ) – cerca de 2/3 das gestações múltiplas - resultam da fecundação de dois óvulos por diferentes espermatozóides, pelo que podem ser de sexos diferentes e o seu património genético variar de acordo com a contribuição materna e paterna contida nas diferentes células fecundadas e fecundantes. Em termos médios, e dentro da população, considera-se que são geneticamente semelhantes em 50% dos seus genes, situação idêntica à que se passa com qualquer tipo de parentes em 1° grau. A gestação é sempre bicoriónica e biamniótica (Graça, 1996; Cunningham e col., 1997).

Em estudos gemelares parte-se do pressuposto que os gémeos MZ repartem 100% dos seus genes (sendo portanto cópias genéticas, isto é, possuem o mesmo genótipo) enquanto que os DZ, tal como acontece com todos os irmãos, repartem em termos médios 50% do seu património genético (Khouny e col., 1993; Turner e col., 1995; Falconer, 1990). Como se tornará evidente, se os factores genéticos forem importantes para um determinado traço ou comportamento, os indivíduos que compõem o par de gémeos MZ, geneticamente idênticos, serão mais semelhantes entre si do que os do par DZ, semelhantes apenas em 50% dos seus genes. Uma forte divergência intrapar para um qualquer fenótipo nos gémeos MZ traduzirá, como é obvio, uma forte influência do envolvimento (Turner e col., 1995).

Uma busca exaustiva[3] acerca da investigação empírica no domínio da influência dos genes e do envolvimento na actividade física em gémeos produziu resultados escassos. Foram localizados quatro textos sobre a actividade física e mais quatro sobre a participação desportiva. A participação desportiva assume aqui uma expressão distinta da actividade física, isto é, representa apenas uma fracção da actividade física total do sujeito. Como a presente pesquisa também trata de dados relativos ao dispêndio energético, são referidos, também, alguns estudos realizados com gémeos. No quadro 3.1 encontram-se, em síntese, os resultados dessa busca.

[3] As consultas foram efectuadas no Sportdiscus e Medline, no manual de Bouchard e col. (1997) e nos textos recentes de Beunen & Thomis (1999) e Maia (2001).

Quadro 3.1: Inventário de estudos gemelares sobre a temática da influência dos genes e do envolvimento na actividade física, na participação desportiva e no dispêndio energético.

Fenótipo/autor	País	Amostra
Actividade física		
Kaprio e col. (1981) – AF no tempo de lazer *"Habitos tabágicos, consumo de álcool e actividade física no tempo de lazer, em gémeos do sexo masculino"*	Finlândia	4594 pares de gémeos (1537 MZ + 3057 DZ) masculinos, com mais de 18 anos
Lauderdale e col. (1997) – AF moderada e intensa *"Determinantes familiares para a actividade física intensa e moderada: um estudo em gémeos"*	EUA	3344 pares de gémeos, todos dos sexo masculino, dos 33 aos 51 anos
Aarnio e col. (1997) – AF no tempo de lazer *" Agregação familiar na actividade física no tempo de lazer – um estudo em três gerações"*	Finlândia	3254 pares de gémeos (1697 MZ e DZ femininos e 1557 MZ e DZ masculinos), com 16 anos, e seus pais e avós
Pérusse e col. (1989) – AF habitual e participação em exercício *" Influências genéticas e do envolvimento nos níveis de actividade física habitual e participação em exercício físico"*	Canadá	1610 membros de 375 famílias, onde se incluíam 62 pares de gémeos MZ e 60 DZ
Maia (2001) – Actividade física total *"Aspectos genéticos da actividade física . Um estudo univariado em gémeos"*	Portugal	411 pares (203 MZ + 208 DZ) de ambos os sexos, dos 12 aos 25 anos
Participação desportiva		
Boomsma e col. (1989) *"Semelhança parental e de gémeos na participação desportiva e frequência cardíaca "*	Holanda	90 pares de gémeos (44 MZ + 46 DZ), dos 14 aos 20 anos e seus pais
Koopmans e col. (1994) *"Tabagismo e participação desportiva"*	Holanda	1578 pares de gémeos (578 MZ + 1000 DZ), dos 13 aos 22 anos e seus pais
Beunen & Thomis (1999) *"Determinantes genéticos da participação desportiva e actividade física diária"*	Bélgica	91 pares (36 MZ + 55 DZ) com 15 anos de idade
Maia e col. (1999) *"Aspectos genéticos da prática desportiva: um estudo em gémeos"*	Portugal	104 pares de gémeos (40 MZ, idade = 17,30 ± 5.82; 64 DZ, idade =17.86 ± 8.12)
Dispêndio energético		
Fontaine e col. (1985) *"Taxa metabólica basal em gémeos MZ e DZ"*	Canadá	39 pares (20 MZ, idade = 20.6 ± 2.9 e 19 DZ, idade = 21.4 ± 3.1)
Bouchard e col. (1989) *"Efeito genético nas taxas metabólicas de repouso e de exercício"*	Canadá	58 pares (21 DZ + 37 MZ) com mais de 14 anos
Goran (1997) *"Influências genéticas no dispêndio energético humano e na utilização de substratos"*	USA	37 pares de irmãos, 5 dos quais eram gémeos DZ, dos 5 aos 9 anos

3.3.1 Estudos de Actividade Física

Kaprio e col. (1981) pesquisaram a influência dos genes e do envolvimento na actividade física de gémeos. Os autores investigaram o fenótipo actividade física no tempo de lazer numa amostra constituída por 1537 pares de gémeos MZ e 3057 DZ com mais de 18 anos, todos do sexo masculino (detalhes no quadro 3.2).

Quadro 3.2: Distribuição dos pares de gémeos de diferente zigotia por grupos de idade (adaptado de Kaprio e col. 1981).

Grupos de idade	n.º de pares por zigotia	
(anos)	MZ	DZ
18-29	731	1628
30-39	351	812
40-49	191	563
50-59	137	300
60+	127	204
Total	1537	3507

Através de um questionário elaborado para o efeito, foram obtidas informações acerca da intensidade e duração das actividades físicas, dos anos de participação nas referidas actividades, da actividade física no trabalho e da percepção subjectiva do sujeito acerca do seu nível de actividade física diária. Estas variáveis foram submetidas a uma análise factorial para se obter *scores* factoriais de actividade física que posteriormente foram objecto de tratamento estatístico da análise de variância, por forma a ser possível calcular coeficientes de correlação intraclasse dos gémeos MZ e DZ e as estimativas de heritabilidade por grupos de idade.

Quadro 3.3: Valores dos coeficientes de correlação intraclasse (t) e estimativas de heritabilidade (h^2) por intervalos de idade (adaptado de Kaprio e col. 1981).

	Correlação intraclasse		
Grupos de idade	t_{MZ}	t_{DZ}	h^2
18-29	0.64	0.32	0.64
30-39	0.48	0.22	0.52
40-49	0.32	0.11	0.43
50-59	0.30	0.14	0.32
60+	0.33	0.01	0.62
Total	0.57	0.26	0.62

O valor de heritabilidade para o total da amostra é de 62% evidenciando a presença substancial de efeitos genéticos nos níveis de actividade física .

Lauderdale e col. (1997) investigaram o contributo dos factores genéticos e do envolvimento nos diferentes níveis de actividade física voluntária de 3344 pares de gémeos, com idades compreendidas entre os 33 e os 51 anos, todos do sexo masculino. Para o estudo da heritabilidade foram utilizados, apenas, 1006 pares MZ e 530 DZ. A actividade física foi avaliada a partir de um questionário com dois grupos de questões. O 1º grupo, com 6 *itens*, pretendia avaliar a actividade física moderada associada a actividades como, por exemplo, a marcha e subir escadas, enquanto que o 2º grupo, com 5 *itens*, avaliava a participação regular em actividades intensas específicas tais como a prática corrida, ciclismo, natação e jogos de raquete.

Os investigadores delinearam uma estratégia analítica capaz de dar resposta a duas das principais questões da epidemiologia genética: (1) Será que o fenótipo actividade física tende a agregar-se em famílias? (2) Estará a agregação familiar relacionada com a exposição a um dado envolvimento, susceptibilidade biológica herdada, ou a herança cultural? Os principais resultados e conclusões foram os seguintes:

- há um padrão semelhante de frequência das respostas dos gémeos MZ e DZ para as actividade físicas moderadas e intensas;
- para cada actividade moderada e intensa, as correlações dos MZ são sempre superiores à dos DZ, o que sugere um efeito genético na variação do fenótipo observado;
- as correlações para os MZ vão de 0.27 a 0.58 enquanto que para os DZ vão de 0.07 a 0.44;
- para as actividades consideradas intensas, como por exemplo a marcha ou corrida, jogos de raquete ou ciclismo, os valores de heritabilidade são de 0.53, 0.48 e 0.58 respectivamente;
- para as seis actividades consideradas moderadas, os valores de heritabilidade vão de 0.12 a 0.40; o índice de heritabilidade para as actividades moderadas é de 38%;
- nesta pesquisa, não se verificou a presença da influência dos factores do envolvimento comum.

Aarnio e col. (1997) estudaram 3254 pares de gémeos com 16 anos (1697 MZ e DZ femininos e 1557 MZ e DZ masculinos), seus pais e avós, com o propósito de investigar as

associações intra e intergeracional na actividade física no tempo de lazer no seio da família, no conjunto das três gerações. A actividade física foi avaliada através de um questionário distinto para cada geração que permitiu estimar os valores representativos de actividade física nos tempos de lazer. Os resultados relevantes para o nosso estudo são os seguintes:

Quadro 3.4: Valores de correlação na prática de actividade física no tempo de lazer dos gémeos MZ e DZ.

	Correlação (r)	n.º de pares
MZ_f	0.64	231
MZ_m	0.72	147
DZ_f	0.41	179
DZ_m	0.45	191
DZ_{so}	0.22	437

f – feminino; m – masculino; so – sexo oposto

As correlações mais elevadas são entre os pares MZ masculinos e MZ femininos, enquanto que os gémeos DZ de sexo oposto apresentam a correlação mais baixa.

Face ao padrão de correlação - $r_{MZf} > r_{DZf}$ e $r_{MZm} > r_{DZm}$ - é evidente a presença de efeitos genéticos e do envolvimento único dos membros de cada par.

O estudo de Pérusse e col. (1989) foi realizado numa amostra de 1610 membros de 375 famílias. Nesta amostra estavam incluídas famílias com gémeos MZ (62 pares) e DZ (60 pares). Os autores tiveram como propósito identificar os efeitos das influências genéticas e do envolvimento no que consideraram ser dois indicadores de actividade física – actividade física habitual e participação em exercício físico. Um questionário detalhado, e que pode ser aplicado tanto nas crianças como nos adultos, permitiu quantificar e estimar os níveis desses dois indicadores.

De seguida, apresentam-se, exclusivamente, os resultados relativos aos valores de correlação intraclasse dos gémeos, por serem aqueles que demostram pertinência para a presente pesquisa. Estes resultados não são apresentados por sexo, pelo facto de não estarem disponíveis no texto original.

Quadro 3.5: Valores de correlação intraclasse dos gémeos DZ e MZ para a actividade física habitual e participação em exercício.

	Níveis de actividade física habitual	Participação em exercício
DZ (n = 56)	0.62	0.76
MZ (n = 55)	0.72	0.74

No que se refere aos níveis de actividade física habitual o valor de correlação dos MZ não é muito superior ao dos DZ. Para a amostra total do estudo não foi encontrado um efeito genético muito elevado, dado que a estimativa de heritabilidade foi de 29%. A maior relevância nas diferenças nos níveis de actividade física foi atribuída aos factores do envolvimento não transmitidos pelos progenitores: cerca de 71%.

Para a participação em exercício é de notar que o valor de correlação intraclasse dos pares de gémeos DZ é ligeiramente superior ao dos MZ. No total da amostra, a totalidade da variância foi atribuída ao envolvimento culturalmente partilhado no seio da família (12%) e ao envolvimento único dos sujeitos (88%). Não foram observados efeitos genéticos já que $h^2 = 0$.

Do nosso conhecimento só existe uma pesquisa em Portugal sobre esta temática. Foi realizada por Maia (2001) com o propósito de estimar a quantidade de efeitos genéticos responsáveis pela variação inequívoca nos níveis de actividade física de gémeos MZ e DZ. A amostra foi constituída por 411 pares de gémeos de diferente zigotia dos 2 sexos, com idades compreendidas entre os 12 e os 25 anos. O fenótipo actividade física total foi obtido a partir do questionário de Baecke e col. (1982).

No quadro 3.6 são apresentados os resultados relativos às correlações de Pearson para o índice de actividade física total nos gémeos de diferente zigotia e sexo.

Quadro 3.6: Correlações de Pearson para o índice de actividade física total nos gémeos de diferente zigotia e sexo.

	MZ_m	DZ_m	MZ_f	DZ_f	DZ_{so}
Pares (n)	85	68	118	85	55
r de Pearson	0.71	0.43	0.80	0.70	0.44

(so = sexo oposto; m = masculino; f = feminino)

Face a estes resultados, o autor refere o seguinte: o padrão de correlações nos gémeos do sexo masculino sugere, de modo inequívoco, a presença de efeitos genéticos e do envolvimento comum e único a governar a variação nos níveis de actividade física. O mesmo não parece ser o caso no sexo feminino, dado que o valor de correlação dos gémeos DZ é muito próximo do dos gémeos MZ.

O autor usou 16 modelos alternativos para o teste de diferentes possibilidades de combinação de factores génicos e do envolvimento por forma a explicar a variância e covariância presente nos dados dos gémeos MZ e DZ. Essa metodologia de ajustamento de

modelos, utilizada em Biometria Genética (ver Neale e Cardon, 1992), revelou que o que melhor se ajustou é o que sugere que efeitos genéticos (A), do envolvimento comum (C) e do envolvimento único e aleatório (E) governam de modo distinto a variância observada no fenótipo em causa nos dois sexos (modelo escalar específico do sexo ACE). Os efeitos calculados para cada sexo são, em termos de percentagem de variância total, os seguintes:

Quadro 3.7: Estimativas de variância dos parâmetros fundamentais do modelo genético (ACE) em cada sexo.

Sexo	a^2	c^2	e^2
Masculino	68.4%	20%	11.6%
Feminino	39.8%	28.4%	31.8%

Em síntese, os resultados dos estudos referidos anteriormente convergem para as seguintes evidências: os valores de similitude dos pares de gémeos MZ para o fenótipo actividade física são, quase sempre, superiores aos dos DZ; as características genéticas dos sujeitos parecem contribuir indubitavelmente para a variação observada no fenótipo actividade física, a que se adicionam as influências do envolvimento partilhado no seio da família e do envolvimento único dos sujeitos.

3.3.2 Estudos de Prática Desportiva

A pesquisa de Boomsma e col. (1989) foi realizada em 90 pares de gémeos (idade: dos 14 aos 20 anos) e respectivos pais, com o propósito de estudar a semelhança dos gémeos e dos progenitores no que à participação desportiva dizia respeito. A informação sobre a prática desportiva foi recolhida através de uma questão que implicava uma resposta de natureza dicotómica, sim ou não. A questão era a seguinte: *está envolvido em actividades desportivas?*

Da análise dos dados foram obtidos os resultados apresentados no quadro n.º 3.8.

Quadro 3.8: Valores de correlação tetracóricos (r_t) no seio de cada par de diferente zigotia

	MZ_m	MZ_f	DZ_m	DZ_f	DZ_{so}
Pares (n)	16	28	15	17	14
r_t	0.89	0.90	0.14	0.70	-0.02

Os valores de correlação encontrados para o par do sexo feminino sugerem a forte presença do envolvimento comum. Para o sexo masculino, em contraste, essa presença não é tão evidente, uma vez que a correlação dos DZ é muito menor que o valor esperado, relativamente aos MZ. Baseado nestes valores, a contribuição dos factores genéticos e dos não genéticos (envolvimento) parecem diferentes nos sexos feminino e masculino. O valor de correlação de zero, encontrado nos gémeos DZ de sexo oposto, sugere a presença de factores diferentes a contribuir para a variância na participação desportiva em rapazes e raparigas.

Utilizada a metodologia de ajustamento de modelos para interpretar a contribuição distinta dos factores genéticos e do envolvimento na variância e covariância observadas nos gémeos MZ, DZ e DZ de sexo oposto, foram obtidos os resultados apresentados no quadro 3.9.

Quadro 3.9: Estimativas de variância para os factores genéticos (a^2) e do envolvimento único (e^2).

	a^2	e^2
Sexo feminino	0.35	0.65
Sexo masculino	0.77	0.23

No sexo feminino, os factores do envolvimento representam a maior contribuição para a variância observada nas respostas à prática desportiva. O contrário se passa para o sexo masculino já que a maior influência para a prática desportiva parece residir nos factores genéticos, sendo a^2 (fracção da variância fenotípica imputada às diferenças genéticas entre sujeitos) o dobro do observado no sexo feminino.

O segundo estudo holandês, da autoria de Koopmans e col. (1994) foi realizado numa amostra de maior dimensão, constituída por 1578 gémeos com idades compreendidas entre os 13 e os 22 anos e respectivos pais. Teve como propósito identificar os factores genéticos e do envolvimento responsáveis pelos hábitos tabágicos e de prática desportiva, ainda que aqui só o último fenótipo seja do nosso interesse.

A resposta dicotómica à questão - *pratica desporto?* - produziu os valores de correlação tetracóricos, apresentados do quadro 3.10.

Quadro 3.10: Valores de correlação tetracóricos (r_t) dos diferentes pares de gémeos.

	MZ_m	DZ_m	MZ_f	DZ_f	DZ_{so}
Pares (n)	249	241	329	303	456
r_t	0.89	0.60	0.85	0.72	0.35

Estes valores mostram que os pares de gémeos MZ são mais semelhantes do que os DZ na prática desportiva, sugerindo que factores genéticos contribuem para as diferenças interindividuais neste comportamento.

Não se constataram diferenças significativas nos valores de r_{MZm} e r_{MZf} bem como nos r_{DZm} e r_{DZf}. O valor de correlação para os DZ de sexo oposto é significativamente mais baixo que os valores dos DZ do mesmo sexo. Isto sugere factores diferentes a influenciar o comportamento do sexo masculino e feminino, isto é, genes e envolvimento comum expressos num sexo, provavelmente não se expressarão na mesma magnitude no sexo oposto.

Quando se testaram as hipóteses subjacentes ao padrão dos resultados anteriores, verificou-se que a contribuição dos factores genéticos e do envolvimento não difere entre sexos. As estimativas foram as seguintes: a^2 = 48%; c^2 (fracção da variância fenotípica imputada aos efeitos do envolvimento comum) = 38%; e^2 (fracção da variância fenotípica imputada aos efeitos do envolvimento único dos sujeitos) =12%.

O estudo proveniente da Bélgica foi realizado por Beunen & Thomis (1999) numa amostra de 91 pares de gémeos MZ e DZ, com 15 anos de idade. A variável estudada foi o número de horas/semana/ano despendidas na prática desportiva realizada no clube, com os amigos e/ou com a família, exceptuando o número de horas das aulas de Educação Física. Os valores de correlação obtidos neste fenótipo estão no quadro 3.11.

Quadro 3.11:Valores do coeficiente de correlação de Pearson nos diferentes pares de gémeos.

	MZ_m	MZ_f	DZ_m	DZ_f	DZ_{so}
Pares (n)	17	17	19	19	19
r de Pearson	0.66	0.98	0.62	0.71	0.23

As correlações intrapar no sexo feminino são superiores às do sexo masculino. O valor de r_{DZf} é mais de metade do valor r_{MZf}, sugerindo que os factores do envolvimento jogam um papel importante na prática desportiva.

O valor de correlação dos DZ_{so} (0.23) foi muito menor do que os valores encontrados para os DZ do mesmo sexo. Estas diferenças poderão ficar a dever-se a diferente susceptibilidade biológica na prática desportiva.

O recurso ao procedimento de ajustamento de modelos produziu os seguintes resultados:

- no sexo masculino o modelo ACE produziu $a^2 = 83\%$, $c^2 = 0\%$, $e^2 = 17\%$, o que permite concluir que nesta amostra, o tempo despendido na prática desportiva é fortemente dependente dos genes;
- no sexo feminino, o mesmo modelo revelou $a^2 = 44\%$, $c^2 = 54\%$, $e^2 = 2\%$, o que sugere que o tempo despendido na prática desportiva é mais influenciável por factores do envolvimento comummente partilhados no seio da família do que pelos genes.

O único estudo português sobre esta temática foi realizado por Maia e col. (1999) numa amostra de 104 pares de gémeos (40 MZ, idade = 17,30 ± 5.82; 64 DZ, idade =17.86 ± 8.12) do norte do país.

O cálculo dos valores de prática desportiva foi efectuado a partir do questionário de Baecke e col. (1982). Para além de uma resposta dicotómica (pratica/não pratica) o questionário permite estimar o valor de tal prática, com base no cálculo de um índice de prática desportiva que considera a intensidade (estimativa do dispêndio energético por modalidade), a duração da prática (n.° de horas semanais), bem como a frequência (n.° de meses por ano).

Na tabela 3.12 são apresentados os resultados relativos aos valores de concordância de prática desportiva bem como dos coeficientes de correlação tetracóricos.

Quadro 3.12: Valores de concordância de prática desportiva nos gémeos MZ e DZ dos dois sexos, bem como dos coeficientes de correlação tetracóricos (r_t)

		Concordância (%)			
Gémeos	Pares (n)	Ambos	Só 1	Nenhum	r_t
MZ_m	25	80.0	4.0	16.0	0.95
MZ_f	20	35.0	50.0	15.0	0.41
DZ_m	15	14.7	20.6	64.7	0.42
DZ_f	29	33.3	29.6	37.1	0.47
DZ_{so}	15	26.7	40.0	33.3	0.44

Da análise dos valores foi possível tecer os seguintes comentários:

- os valores mais elevados de prática desportiva conjunta ocorre nos gémeos MZ_m sendo a sua concordância muito superior à dos DZ_m. Em contraste, para o sexo feminino o valor de prática conjunta dos DZ é mais elevado do que MZ;

- o padrão de correlação mostra, sobretudo no sexo masculino, uma agregação familiar clara ($r_{MZm} > r_{DZm}$). Esta diferença é uma indicação segura da presença de influências genéticas na diferente adesão à prática do desporto, nesta amostra;
- no sexo feminino, os valores de *r* não seguem o padrão esperado para evidenciar a presença inequívoca de efeitos genéticos, uma vez que o valor de r_{MZf} não é superior ao r_{DZf};
- o valor de r_{DZso} não é significativamente distinto dos valores de r_{DZm} e r_{DZf} o que sugere a presença de factores do envolvimento que contribuem para a adesão da prática do desporto, em detrimento dos aspectos genéticos.

A metodologia de ajustamento de modelos revelou que o que melhor se ajustou aos dados e que mostrou melhorias substanciais relativamente aos outros é o modelo genético não implicando a presença de genes distintos a operar nos dois sexos.

No quadro 3.13 encontram-se os resultados do modelo final (ACE) que se revelou mais parcimonioso e de melhor ajustamento aos dados.

Quadro 3.13: Valores das estimativas de variância dos parâmetros fundamentais do modelo genético (ACE) em cada sexo.

Sexo	a^2	c^2	e^2
Masculino	0.82	0.08	0.10
Feminino	0.00	0.71	0.29

No sexo masculino, os resultados evidenciam um forte efeito genético nos seus índices de prática desportiva, dado que $a^2 = 0.82$ (82% da variância total é devida a diferenças genéticas entre os sujeitos). No sexo feminino a estimativa do efeito genético é zero sendo elevado o valor dos efeitos referentes ao envolvimento comumente partilhado no seio da família ($c^2 = 0.71$).

Em síntese, os resultados dos estudos que apresentamos evidenciam a presença de factores genéticos a governar a variação interindividual na prática desportiva, se bem que para o sexo feminino os factores do envolvimento pareçam ter um maior contributo nessa variação.

3.3.3 Estudos de Dispêndio Energético

Tal como já foi referido no capítulo 2 deste trabalho, o dispêndio energético total é normalmente fraccionado em três componentes distintas: dispêndio energético basal (DEB); dispêndio energético associado aos processos de ingestão, digestão, transformação e armazenamento dos macro-nutrientes e dispêndio energético associado à actividade física quotidiana.

Cerca de 70% do dispêndio energético diário é gasto com a taxa de metabolismo basal. Esta taxa é apenas ligeiramente mais baixa que o dispêndio energético de repouso. A energia despendida nesta componente (basal ou de repouso) está intimamente relacionada com a idade e o sexo, assim como com a quantidade de massa magra do indivíduo. A massa magra explica, por si só, 50 a 80% da variação observável na taxa de metabolismo de repouso (TMR). Estima-se que a variação intra-individual seja de 4 a 6% (Bouchard e col., 1997).

Depois de se ajustarem os valores da TMR para a composição corporal, idade e sexo do sujeito, a variação residual que subsiste é ainda cerca de 10%. A esta porção de variância "inexplicável" têm sido atribuídos factores genéticos. Para testar esta hipótese, foram realizados alguns estudos, embora muito poucos tenham gémeos nas suas amostras.

Fontaine e col. (1985) realizaram uma pesquisa com o propósito de investigar a influência da hereditariedade no DEB em 20 pares de gémeos MZ e 19 DZ. Foram encontrados valores de correlação intraclasse nos MZ que variaram entre 0.45 e 0.81 (de acordo com a unidade usada para expressar o DEB), valores esses que foram superiores aos dos DZ que se situaram entre 0.21 e 0.44. Resultados semelhantes foram encontrados por Bouchard e col. (1989). As correlações nos pares de gémeos MZ (0.72 a 0.79) foram superiores às encontradas nos DZ (0.30 a 0.50). A estimativa de heritabilidade encontrada neste estudo sugere que 70% da variância observada no DEB, depois do ajustamento para a idade, sexo, massa corporal e composição corporal, pode ser atribuída a factores genéticos. Os resultados destes estudos parecem sugerir, sem sombra de dúvida, que factores genéticos governam o dispêndio energético basal do indivíduo.

Apesar de existir uma variabilidade considerável entre os indivíduos, a magnitude do efeito relacionado com a segunda componente, que diz respeito ao efeito térmico da alimentação, representa cerca de 10% do dispêndio energético diário total. Do nosso conhecimento, apenas um estudo, cuja amostra continha gémeos (21 pares de gémeos DZ e 37 MZ), foi realizado com o propósito de analisar a influência dos factores genéticos nesta

componente (Bouchard e col., 1989). O dispêndio energético foi registado, por calorimetria indirecta, durante 4 horas após a ingestão de uma refeição de 1.000 kcal. As correlações encontradas para os DZ e MZ foram de 0.35 e 0.52 respectivamente, sugerindo um efeito genético de 30% para o efeito térmico da alimentação.

Estudos que tenham investigado os factores genéticos responsáveis pelo dispêndio energético relacionado com a terceira componente - actividade física diária - são também escassos. Tal facto deve-se, principalmente, a dificuldades metodológicas subjacentes à avaliação do dispêndio energético associado à actividade física em condições de *free-living*. Ou seja, não é fácil avaliar, de forma isolada, a energia que o indivíduo gasta na actividade física quotidiana. Incontestavelmente, a actividade física exerce o efeito mais profundo e variável sobre o consumo de energia nos humanos (McArdle e col., 1992). Em condições de *free-living*, a enorme dispersão nos valores de actividade física do sujeito representam a maior fonte de variação no dispêndio energético total diário entre indivíduos (Goran, 1997).

De acordo com Goran (1997), não havia, até à data, nenhum estudo publicado, em gémeos ou em famílias com recurso à técnica do "Double labeled water" para a avaliação do dispêndio energético em condições de *free-living*. Essa avaliação pode ser realizada combinando este método, para medir o dispêndio energético total, com a calorimetria indirecta, para medir o dispêndio energético de repouso e o efeito térmico da alimentação. Este autor recorreu ao "Double labeled water" para avaliar o dispêndio energético total, durante 14 dias, de 37 pares de irmãos (corn idades entre os 5 e os 9 anos), 5 dos quais eram gémeos DZ. O dispêndio energético de repouso foi medido através da calorimetria indirecta. A correlação intrapar do dispêndio energético associado à actividade física foi de 0.11. Uma vez que essa correlação foi calculada depois de efectuado o ajustamento do dispêndio energético total para o dispêndio energético de repouso, os valores sugerem a existência de influências genéticas diversas a governar a TMR e a taxa de dispêndio energético associada à actividade física.

Em síntese, o dispêndio energético total é um fenótipo complexo que compreende as taxas de metabolismo basal e de repouso, o efeito térmico dos alimentos e o dispêndio energético na actividade física. Embora poucas pesquisas tenham abordado estas questões, os resultados conhecidos parecem sugerir que os factores genéticos contribuem para as diferenças interindividuais no dispêndio energético.

4 Metodologia

4.1 Amostra

A amostra desta pesquisa é constituída por 51 pares de gémeos de ambos os sexos (n=102 sujeitos) que à altura da recolha dos dados possuíam entre 12 e 18 anos de idade e frequentavam escolas do ensino básico e secundário (entre o 7º e o 12º anos de escolaridade), pertencentes aos concelhos de Trofa, Vila Nova de Famalicão, Vila do Conde e Póvoa do Varzim. A análise do quadro 4.1 permite um conhecimento mais pormenorizado da distribuição dos pares de gémeos de diferente zigotia em função da sua idade.

Quadro 4.1: Distribuição dos pares de gémeos de diferente zigotia por idade (MZ = monozigótico; DZ = dizigótico; m = masculino; f = feminino; so = sexo oposto).

	Número de pares por zigotia e sexo					
Idade	MZ_m	MZ_f	DZ_m	DZ_f	DZ_{so}	**Totais**
12	2	2	--	--	1	5
13	2	5	--	2	2	11
14	3	1	5	--	2	11
15	2	5	2	1	1	11
16	1	1	1	--	1	4
17	--	5	1	--	--	6
18	--	3	--		--	3
Totais	10	22	9	3	7	51
	32		19			51

4.2 Determinação da zigotia

Por questões de ordem financeira, a determinação da zigotia foi efectuada com base num método indirecto. Trata-se de um questionário proposto por Peeters e col. (1998) elaborado para ser aplicado às mães, via telefone, com questões sobre 4 *itens*: opinião da mãe acerca da zigotia dos gémeos, similaridade global e confusão gemelar, similaridade específica em traços que se sabe estarem na dependência dos genes e opinião de um observador independente. Os autores determinaram a validade concorrente deste questionário, face à determinação de zigotia por exame do ADN e marcadores sanguíneos,

numa amostra constituída por 152 mães de gémeos do mesmo sexo com idades compreendidas entre os 2 e os 31 anos. O questionário mostrou uma validade elevada já que 98% dos gémeos foram bem classificados.

4.3 Avaliação da actividade física

4.3.1 Instrumentos de avaliação

Num capítulo anterior (cap. 2.2 – Métodos de avaliação) abordamos a problemática da escolha dos instrumentos de avaliação da actividade física, bem como os factores que lhe estão subjacentes. Referimos quão difícil é medir de forma válida e precisa este comportamento, intrinsecamente multidimensional e que, por isso, reclama uma abordagem instrumental multimodal.

A respeito da melhor metodologia para a avaliação da actividade física em condições de *free-living*, várias são as recomendações encontradas na literatura:

- que o investigador use uma metodologia combinada de instrumentos como por exemplo: a acelerometria combinada com a monitorização cardíaca ou acelerometria + questionário ou ainda múltiplos sensores do movimento (Bassett, 2000);
- que o investigador combine diferentes métodos de medição que avaliam o mesmo fenómeno, embora segundo diferentes perspectivas, para assim obter uma visão mais precisa do padrão diário de actividade física (Montoye e col., 1996);
- que o investigador use diferentes métodos para avaliar de uma forma mais completa todas as componentes da actividade física (Kohl e col., 2000);
- ou que o investigador combine a acelerometria com questionários para assim captar as várias formas de actividade diária do indivíduo (Hendelman e col., 2000).

Estas recomendações sugerem uma metodologia combinada de instrumentos. Face ao exposto, a marcação da actividade física foi efectuada através de três instrumentos de avaliação – acelerómetro, pedómetro e questionário. Cada um deles avalia de forma distinta, e simultaneamente complementar, a actividade física habitual.

4.3.1.1 Acelerómetro

O acelerómetro utilizado neste estudo foi o TRITRAC - R3D (medidas: 11 x 6.9 x 3.3 cm; peso: 170 g), um acelerómetro triaxial desenhado para ser usado à cintura, que avalia a aceleração corporal em três eixos (antero – posterior, médio – lateral e vertical) e que providencia um valor composto resultante, designado de vector magnitude ou vector resultante. Na figura 4.1 podemos visualizar um destes aparelhos.

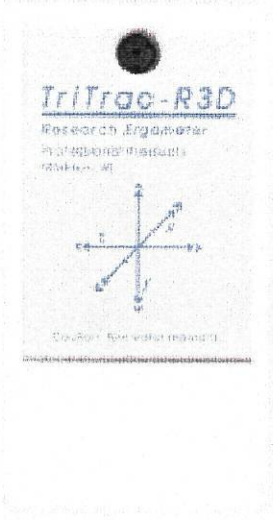


Figura 4.1: Exemplo de um dos acelerómetros TRITRAC – R3D usados.

Este acelerómetro efectua registos de actividade em intervalos de tempo que variam de 1 a 15 minutos, tem uma capacidade de armazenamento da informação de 31 dias e é alimentado por uma bateria de 9 volts. O instrumento recolhe dados em cada um dos três eixos e para o vector magnitude, no intervalo de tempo previamente programado. O TRITRAC foi programado para efectuar medições com intervalos de um minuto; foi entregue aos sujeitos após a introdução de informações relativas ao seu peso, altura, sexo e idade. Os sujeitos foram instruídos para colocarem o aparelho na cintura. Enquanto o sujeito não se move, o aparelho vai registando o gasto energético basal. Para efectuar este cálculo, o aparelho estima essa energia através de uma equação de predição usando como variáveis a idade, a altura, o peso e o sexo. Com o movimento, o dispêndio energético da actividade é adicionado à energia basal (Freedson e Miller, 2000; Leenders e col., 2000).

Os registos numéricos são armazenados em ficheiros que apresentam dados individuais relativos a: valores de actividade (counts) no eixo X; valores de actividade no eixo Y; valores de actividade no eixo Z; valores de actividade do vector resultante; valores

de actividade em kcal derivadas do vector resultante e valores de actividade resultantes da soma das kcal com o metabolismo basal. Tendo como referência os valores de kcal despendidas na actividade, os resultados podem ser convertidos para METs a partir da seguinte fórmula: [kcal*70*(peso em kg do sujeito)$^{-1}$]*tempo em minutos^{-1}. A figura 4.2 representa graficamente o panorama global do perfil dos valores de actividade (vector resultante) registados pelo acelerómetro durante um dia, num par de gémeos MZ e outro DZ.

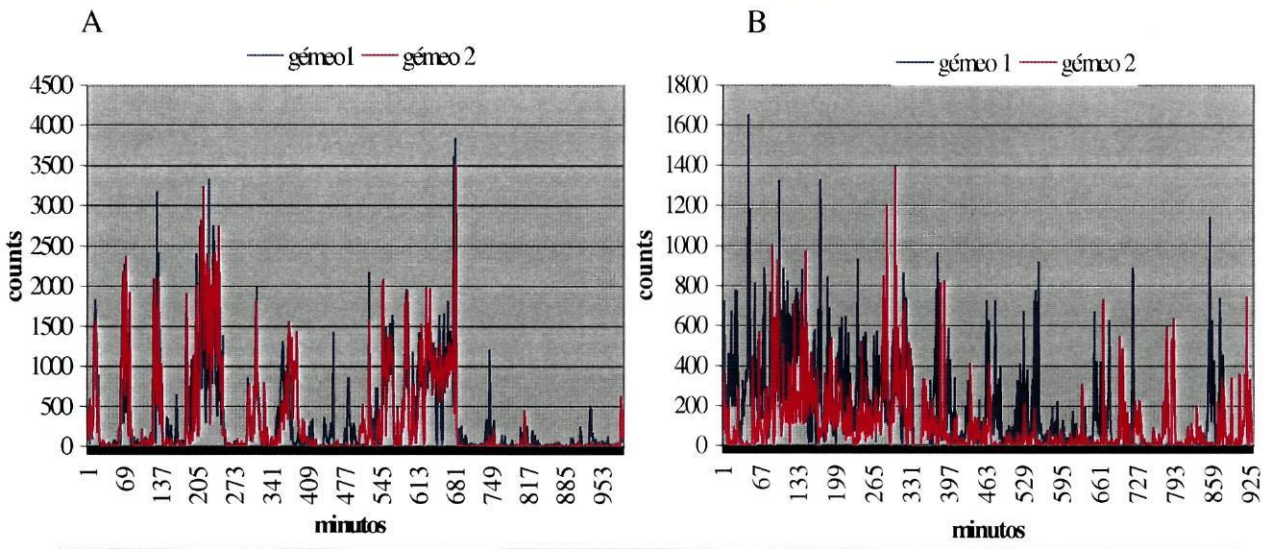


Figura 4.2: Panorama global dos valores de actividade (*counts*) durante um dia. O gráfico da esquerda (A) refere-se a um par de gémeos MZ e o da direita (B) a um par de gémeos DZ.

4.3.1.2 Pedómetro

O aparelho usado neste estudo foi o Yamax DW – SW 700 (Yamasa Corporation, Tokyo) que, em termos genéricos, tem um braço de alavanca horizontal que se move para cima e para baixo em resposta a oscilações verticais do corpo. Em cada passo o braço de alavanca move-se, faz um contacto eléctrico e um registo é efectuado (Bassett e col., 1996). Quando se introduz o valor estimado do comprimento da passada e o peso do indivíduo no microprocessador, o aparelho fornece-nos a distância percorrida e a estimativa do dispêndio energético para o número de passos dados (Bassett e col., 2000a). A figura 4.3 mostra imagens deste aparelho.

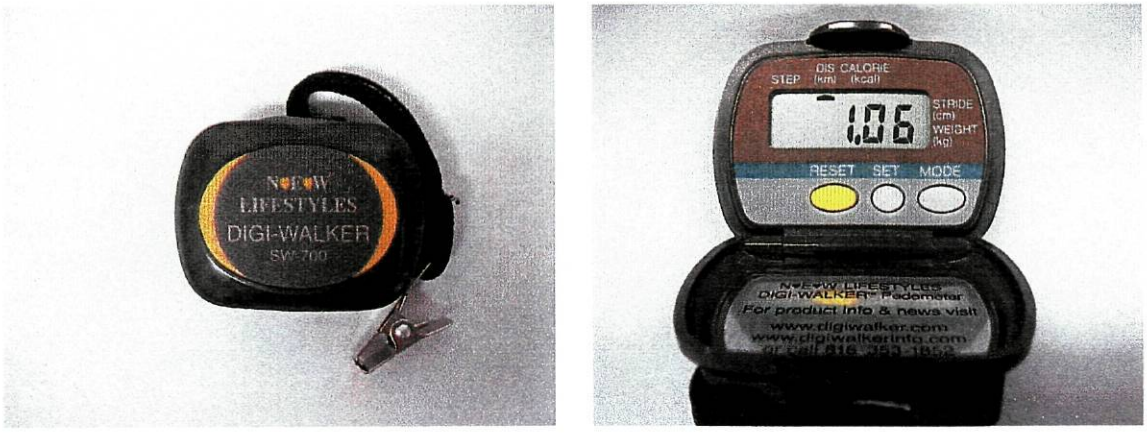


Figura 4.3: Imagens do pedómetro utilizado. A imagem da esquerda mostra o aparelho fechado e a da direita o mesmo aberto.

4.3.1.3 Questionário

O questionário usado foi o de Baecke e col. (1982). Este questionário é composto por 16 questões repartidas por três partes distintas, cada uma delas estimando um índice de actividade física. As respostas são indicadas numa escala de *Lickert* de 5 pontos. A primeira parte pretende estimar o índice de actividade física diária no trabalho/tempo de escola (IAFT/E); a segunda parte é dedicada às actividades desportivas (IAFD) e a terceira visa avaliar a actividade nos tempos de lazer (IAFL). Os índices de actividade física de cada uma das partes são calculados de acordo com as seguintes fórmulas:

1 – Índice de actividade física no trabalho/tempo de escola (IAFT/E)

$IAFT/E = [I_1 + (6-I_2)+I_3+I_4+I_5+I_6+I_7+I_8]/8$

2 – Índice de actividade física no desporto (IAFD)

$IAFD = (I_9+I_{10}+I_{11}+I_{12})/4$, em que $I_9 = \sum^2_{I=1}$ (intensidade x duração x frequência)

3 – Índice de actividade nos tempos de lazer (IAFL)

$IAFL = [(6- I_{13})+ I_{14}+I_{15}+I_{16}]/4$

O questionário tem por objectivo estimar a actividade física total. Esta pode ser determinada através do somatório dos valores encontrados em cada uma das dimensões.

Índice de actividade física total (IAFTOT) = IAFT/E + IAFD + IAFL

4.3.2 Procedimentos gerais

Depois de ter identificado o número de pares de gémeos existente em cada escola, um dos professor de Educação Física desse estabelecimento de ensino permitiu que se estabelecesse o primeiro encontro com os sujeitos. Nesse primeiro contacto, informamos os sujeitos dos objectivos da pesquisa e dos procedimentos. Os que acediam desde logo a participar eram pesados (com o mínimo de vestuário possível numa balança de marca Krups, valores registados em Kg), medidos (com fita métrica graduada em cm, com o sujeito descalço e encostado a uma parede) e feita a estimativa das passadas (os participantes foram instruídos para darem 10 passos à velocidade e ritmo considerados normais. A distância percorrida foi dividida por 10 e obtido o valor médio do comprimento da passada que posteriormente foi introduzido no pedómetro electrónico). Neste primeiro encontro foi solicitado aos gémeos o número de telefone de casa para o posterior contacto com os encarregados de educação. Esse contacto telefónico foi estabelecido no mesmo dia à noite para informar os pais dos objectivos da pesquisa e solicitar o seu consentimento. Após esse consentimento, foi marcado um segundo encontro para a entrega dos aparelhos previamente inicializados.

A recolha dos dados decorreu entre Outubro de 2000 e Fevereiro de 2001 em período de aulas escolares, com paragens nas interrupções lectivas. Foram utilizados 8 acelerómetros e 8 pedómetros e recolhidos dados de 4 pares por semana. A partir de dada altura apenas 3 pares foram recolhidos por semana por se terem detectado falhas num dos acelerómetros.

Seguindo os mesmos procedimentos para todos os pares, os aparelhos e todo o material de apoio foi entregue numa quarta-feira na escola ou na residência dos gémeos e recolhido no mesmo local na terça-feira seguinte. Os sujeitos usaram o aparelho de quinta a segunda-feira excepto para dormir, tomar banho, nadar, trocar de roupa e realizar actividades que pudessem pôr em causa a integridade do sujeito ou do aparelho.

Para além da instrução verbal, foi entregue a cada par um documento com as orientações para os cinco dias de avaliação da actividade física (ver anexo 1). Foi ainda entregue uma ficha de registo diário para cada dia (ver anexo 2) com intervalos de uma hora na qual os sujeitos registaram não só a hora a que colocaram e retiraram os aparelhos como também todas as actividades realizadas ao longo do dia. Foi ainda pedido que registassem no final de cada dia o n.º de passos, distância percorrida e Kcal despendidas,

dados fornecidos pelo pedómetro. As instruções para o preenchimento do diário foram dadas no momento de entrega dos aparelhos.

Os gémeos foram contactados por telefone dia sim dia não e tiveram acesso ao nosso contacto telefónico.

4.3.3 Número de dias de avaliação

A actividade física dos gémeos foi monitorizada com o acelerómetro e o pedómetro durante 5 dias consecutivos incluindo o fim de semana - de quinta a segunda-feira. Para além destes dois instrumentos de avaliação da actividade física, foi ainda aplicado o questionário de Baecke e col. (1982).

4.4 Procedimentos estatísticos

A informação recolhida pelo acelerómetro foi reduzida a somatórios diários de counts (vector resultante) e de Mets. A informação do pedómetro foi expressa em passos, quilómetros (km) e kilocalorias (kcal) diários. Foram ainda calculados valores médios dos cinco dias para alguns procedimentos estatísticos. Através do questionário foi possível estimar índices de actividade física na escola (IAFE) no tempo de lazer (IAFL) e no desporto(IAFD).

4.4.1 Aspectos Exploratórios

A análise dos dados será efectuada em várias etapas. Numa primeira proceder-se-á à inspecção dos dados, à detecção de erros e casos omissos e à análise exploratória de forma a determinarmos a normalidade das distribuições. Na presença de casos omissos numa qualquer variável, a opção será introduzir o valor médio obtido na amostra total em cada zigotia e no dia corresponde (isto, é o caso omisso será substituído pela média).

Posteriormente foi calculado o valor médio dos cinco dias para as variáveis resultantes do acelerómetro e pedómetro: counts, Mets, passos, km e kcal.

4.4.2 Remoção do efeito do sexo e da idade

Tal como é referido na literatura (ver por exemplo Bouchard e col. 1986; Bouchard e col. 1997), quando se lida com amostras gemelares de dimensão reduzida, há toda a

vantagem em considerar somente gémeos MZ e DZ, depois de se removerem os efeitos de variáveis concomitantes como a idade e o sexo (isto é, ajustamento para os efeitos do sexo e da idade). O cumprimento deste desiderato implicará o cálculo de resíduos de regressão múltipla em função de três ajustamentos distintos propostos pelos autores supracitados e que são: (1) idade + sexo; (2) idade + sexo + idade^2; (3) idade + sexo + idade^2 + (idade * sexo).

4.4.3 Estudo da Fiabilidade

A pesquisa acerca da fiabilidade dos registos diferenciados de actividade física (acelerómetro e pedómetro) foi realizada com base nos coeficientes de correlação intraclasse ($r_{tt'}$) obtido a partir do modelo de Análise de Variância de medidas repetidas. Fiabilidade é entendida aqui como consistência de um padrão de resposta ou comportamento.

4.4.4 Cálculo do coeficiente de correlações intraclasse (t)

O coeficiente de correlação intraclasse é calculado a partir dos valores dos quadrados médios obtidos da análise de variância (ANOVA) em cada par de gémeos, contrastando-se a Média de Quadrados intra par (MS_W), relativamente à média dos quadrados entre pares (MS_B). Apesar de haver múltiplas fórmulas para este cálculo, optamos pela sugestão de Snedecor e Cochram (1989) em que, $t = (MS_B - MS_W)/(MS_B + MS_W)$.

O coeficiente de correlação intraclasse expressa, no contexto dos estudos gemelares, uma medida de homogeneidade de pares de valores. Espera-se que a classe dos gémeos MZ seja mais homogénea que a dos DZ, isto é, que apresente valores de correlação intraclasse superiores ao dos DZ. Tal significa que a variância intrapar nos gémeos MZ é muito menor que a variação intrapar ocorrida nos gémeos DZ.

4.4.5 Correlação canónica

Para estudar aspectos da comunalidade e carácter único de cada procedimento de avaliação da actividade física recorrer-se-á à correlação canónica e ao índice de redundância de Stewart e Love.

4.4.6 Cálculo de h^2

O modelo central da Biometria Genética assenta no postulado de que qualquer fenótipo (P) observado e quantificado de modo contínuo ou discreto seja o resultado da influência aditiva de um indeterminado número de genes (G) e de efeitos diversificados do envolvimento (E) (Bouchard e col.,1997; Plomin e col., 2000), de que resulta a equação fundamental:

$$P = G + E. \quad (1)$$

A extensão desta equação básica do modelo de análise genética de fenótipos quantitativos de natureza complexa e multifactorial exige o estudo e repartição das causas associadas à variação dos valores observados do fenótipo ao nível da população. Trata-se, pois, do estudo e interpretação das diferenças interindividuais.

No seio da população, a variação total observada em qualquer traço fenotípico complexo (V_P) pode ser fraccionada em dois tipos de variância: variância genética (V_G), implicando necessariamente o carácter único de cada genótipo, isto é, de cada sujeito, e variância do envolvimento (V_E), ou seja, as características particulares e irrepetíveis que correspondem ao ambiente social, pessoal, etc. de cada indivíduo. A equação 1 é pois formalmente apresentada em termos de Genética Quantitativa do seguinte modo:

$$V_P = V_G + V_E \quad (2)$$

Esta equação pode ainda ser expandida para conter aspectos importantes da V_G e V_E. Assim, a contribuição genética total (V_G) pode ser fraccionada de forma a conter os efeitos aditivos dos genes (V_A), de dominância (V_D) e de epistasia (V_{Ep}). No entanto, a maior parte dos modelos genéticos usados para avaliar as fontes de variação genética assumem, em determinadas circunstâncias, que o efeito de dominância não é relevante e que não existe interacção entre genes (epistasia). Na equação 2 assume-se, também, a ausência de interacção entre o genótipo e o envolvimento, bem como a inexistência de correlação entre genótipo e envolvimento, a que se associa a forte assunção de ausência de acasalamento preferencial (Bouchard e col.,1997; Plomin e col., 2000). É evidente que em estudos gemelares de natureza não-experimental e univariados os pressupostos anteriores não apresentam uma forte limitação ao modelo formulado em (2). Noutros delineamentos experimentais ou quase experimentais com amostras de gémeos, de famílias nucleares e de

adopção é possível relaxar os pressupostos anteriores e colocá-los num modelo mais extenso e complexo.

Fraccionar a variância associada ao envolvimento em componentes distintas é uma possibilidade que reclama estudos em famílias nucleares cujos filhos sejam gémeos ou pesquisas exclusivamente gemelares sempre que se utilizam aspectos distintos das correlações esperadas em gémeos MZ e DZ. Assim, é possível fraccionar a variação do envolvimento em duas componentes distintas: a que é devida ao envolvimento comummente partilhado pelos indivíduos no seio da família (V_C) e a que é específica e única de cada indivíduo (V_{Esp}) e que contém, também, erros de medição. Temos, pois, um modelo final que pode ser formulado do seguinte modo (Plomin e col., 2000):

$$V_P = V_G + V_C + V_{Esp} \quad (3)$$

A partir destas fontes de variação é possível calcular uma medida do grau da determinação genética na variação ocorrida num dado fenótipo que se designada por heritabilidade (h^2). Heritabilidade representa a proporção de variância observada num fenótipo que pode ser atribuída a variação genética. A sua expressão em termos formais é a seguinte:

$$h^2 = V_G / V_P \quad (4)$$

O delineamento gemelar compreende um método que permite estimar a h^2 de um dado fenótipo. Baseia-se, essencialmente na comparação da semelhança entre gémeos MZ com a semelhança entre gémeos DZ e dos valores esperados para tal similitude se operarmos exclusivamente com efeitos genéticos que podem ser obtidos a partir dos coeficientes de correlação intraclasse ou de Pearson (Bouchard e col., 1997; Plomin e col., 2000). Espera-se, pois, que $t_{MZ} = 1.0$ e $t_{DZ} = 0.5$.

Assumindo que todos os efeitos genéticos são aditivos, que não existe interacção gene/gene (isto é, não se verifica epistasia), que os gémeos MZ repartem o mesmo genótipo e partilham o mesmo envolvimento comum (C), e que os gémeos DZ repartem, em média, metade dos genes e o mesmo envolvimento comum, as correlações esperadas em cada zigotia são as seguintes:

$$r_{MZ} = h^2 + c^2 \quad (5)$$

$$r_{DZ} = \tfrac{1}{2} h^2 + c^2 \quad (6)$$

Se subtrairmos os dois valores de correlação obteremos

$r_{MZ} - r_{DZ} = (h^2 + c^2) - (½ h^2 + c^2)$

$r_{MZ} - r_{DZ} = h^2 + c^2 - ½ h^2 - c^2$

$r_{MZ} - r_{DZ} = ½ h^2$

$$h^2 = 2(r_{MZ} - r_{DZ}) \quad (7)$$

Uma vez que a variância total é fixada em 1 e é composta de forma aditiva pela variância genética (h^2), do envolvimento comum (c^2) e do envolvimento único (e^2), temos que

$$h^2 + c^2 + e^2 = 1 \quad (8)$$

procedimentos muito simples de álgebra permitem "derivar" e^2 e c^2, em que e^2 é igual a

$e^2 = 1 - h^2 - c^2$

$e^2 = 1 - 2r_{MZ} + 2r_{DZ} - c^2$

$e^2 = 1 - 2r_{MZ} + 2r_{DZ} - 2 r_{DZ} + r_{MZ}$

$$e^2 = 1 - r_{MZ} \quad (9)$$

E c^2 é igual a

$c^2 = 1 - h^2 - e^2$

$c^2 = 1 - 2r_{MZ} + 2r_{DZ} - 1 + r_{MZ}$

$$c^2 = 2 r_{DZ} - r_{MZ} \quad (10)$$

4.4.7 Programas estatísticos usados

Os programas utilizados foram os seguintes: Systat 10.0, SPSS 10.0 e TWINAN 90.

5 Apresentação, análise e discussão dos resultados

Face ao carácter exploratório da presente pesquisa, foi nossa opção juntar a apresentação dos resultados e sua discussão por forma a obter um quadro coerente e lógico da própria estrutura das análises dos dados obtidos nos três instrumentos de avaliação. Esta parte do trabalho será apresentada sequencialmente, contando com os seguintes pontos que consideramos fundamentais e que decorrem das hipóteses previamente formuladas:

1- Análise exploratória dos dados e remoção do efeito de covariáveis

2- Estudo da fiabilidade (consistência)

3- Aspectos da comunalidade e unicidade da avaliação multimodal

4- Padrão de actividade física

5- Cálculo de estimativas de efeitos genéticos e do envolvimento

5.1 Análise exploratória dos dados e remoção do efeito de covariáveis

O estudo exploratório não revelou qualquer violação substancial ao pressuposto da normalidade das distribuições de valores das diferentes variáveis. A presença de não-respostas, em um ou mais dias para um ou mais dos indicadores de actividade física em estudo, em 5 pares (8 sujeitos) implicou a sua imputação pelo respectivo valor médio da zigotia e dia corresponde. Apesar do problema da não – resposta ou *missing values* ser complexo e permitir diferentes abordagens para a sua solução (ver Little e Rubin, 1987), face ao carácter mínimo de valores omissos foi decidido a sua substituição pela média. Em circunstâncias das do presente estudo esta solução é pacífica e não incorre em qualquer sobre ou subestimação quer da média amostral quer da respectiva variância.

Como os gémeos diferem na sua idade cronológica e no sexo, o quadro 5.1, apresenta, detalhadamente, estas características em função da zigotia e do sexo.

Quadro 5.1: Valores médios (M), desvio padrão (dp) e amplitude (min-máx) de idade em cada sexo e zigotia.

	MZ		DZ		
	MZ_m	MZ_f	DZ_m	DZ_f	DZ_{so}
N (pares)	10	22	9	3	7
idade M ± dp	13.80 ± 1.28	15.14 ± 2.01	14.78 ± 1.06	13.67 ± 1.03	13.86 ± 1.29
min - máx	12 - 18	12 - 16	13 – 15	14 - 17	12 - 16

Os valores médios da idade em cada sexo e zigotia não são significativamente diferentes, ainda que a variação presente seja inequívoca, tal como é apresentado pelo desvio padrão ou pela amplitude. Relativamente à dimensão da amostra, salientamos a discrepância no sexo feminino que apresenta um valor nos DZ substancialmente inferior ao dos MZ e a circunstância do número de gémeos MZ (n=32) ser superior ao dos gémeos DZ (n=19). Conforme veremos mais adiante, este é, já à partida, um sério entrave à determinação de efeitos genéticos e do envolvimento face à reduzida potência dos testes estatísticos, e consequente estimação de parâmetros.

Quando se lida com amostras gemelares de dimensão reduzida, e/ou na presença de covariáveis influenciadoras da variação presente no fenótipo em causa, uma solução de análise consiste em utilizar resíduos da regressão múltipla dos diferentes preditores na variável em estudo. Trata-se, pois, de cumprir dois desideratos: (1) trabalhar somente com gémeos MZ e DZ independentemente do seu sexo e idade cronológica; (2) estimar, com maior rigor, os efeitos genéticos e do envolvimento na variação presente num qualquer fenótipo, depois de removida a parte da variância atribuída ao sexo distinto e à diferença de idade dos sujeitos. Neste sentido, foram utilizados três ajustamentos de complexidade crescente e relativa aos efeitos aditivos ou não da idade e do sexo num dado fenótipo, e que são frequentemente referenciados na literatura (ver por exemplo Bouchard e col., 1986; Bouchard e col., 1997). O primeiro ajustamento considerou somente o efeito aditivo da idade + sexo; o segundo considerou o efeito linear e quadrático da: idade + sexo + idade^2; e o terceiro o efeito linear e quadrático da idade a que se adicionou o efeito interactivo da idade com o sexo: idade + sexo + idade^2 + (idade * sexo).

Os quadros 5.2 e 5.3 referem-se aos valores de variância explicada (R^2) pelas covariáveis de cada ajustamento nas duas zigotias.

Quadro 5.2: Variância explicada pelas covariáveis nas diferentes variáveis, nos gémeos MZ

	MZ		
Variáveis	Ajustamento 1 idade + sexo	Ajustamento 2 idade + sexo + idade^2	Ajustamento 3 idade + sexo + idade^2 + (idade * sexo)
Counts	10%	10%	9.7%
Mets	9.8%	10%	10%
Passos	13%	12%	11.5%
Km	20.8%	19%	18%
Kcal	0%	1.3%	0%
IAFL	0%	0%	3%
IAFD	0%	0%	1.6%
IAFE	0%	8%	1.4%

Os valores de R^2 variam entre 0% e 20.8%, sendo que as covariáveis influenciam particularmente os *Counts*, os *Mets*, o n.º de passos e o n.º de Km. Contudo, há a salientar a circunstância de não parecer haver qualquer ganho nos ajustamentos mais complexos, uma vez que R^2 permanece mais ou menos o mesmo. Nos índices de actividade física os valores de R^2 são praticamente inexistentes, implicando a ausência de qualquer efeito substancial associado à idade ou ao sexo na variância total observada.

Quadro 5.3: Variância explicada pelas covariáveis nas diferentes variáveis, nos gémeos DZ.

	DZ		
Variáveis	Ajustamento 1 idade + sexo	Ajustamento 2 idade + sexo + idade^2	Ajustamento 3 idade + sexo + idade^2 + (idade * sexo)
Counts	3.1%	5.4%	2.9%
Mets	2.9%	5.2%	2.6%
Passos	0%	0%	0%
Km	0%	0%	0%
Kcal	0%	0%	0%
IAFL	0%	0%	0%
IAFD	0%	0%	0%
IAFE	0%	0%	0%

Da variância total das diferenças nos gémeos DZ nos vários fenótipos em estudo, a quantidade de variância explicada pelo efeito das covariáveis sexo e idade considerada nos diferentes ajustamentos é baixa, situando-se entre 2.6 e 5.4%, e somente se verifica para as variáveis relativas à acelerometria. Nas outras variáveis, a variância fenotípica observada não parece ser explicada pelas diferenças na idade e no sexo dos gémeos já que R^2 é 0%. Esta circunstância diversificada no R^2 relativo à importância das covariáveis idade e sexo nos gémeos MZ e DZ implicou, dado o carácter exploratório do estudo e a reduzida dimensão da amostra, o não cálculo de resíduos de regressão para qualquer variável. A

consideração de resíduos obrigaria ao cálculo de variâncias de diferente magnitude e escalas nos gémeos MZ e DZ que poderiam condicionar alguns dos pressupostos fundamentais do modelo linear referido na metodologia. O problema da remoção dos efeitos de covariáveis distintas que condicionam a extensão da variância fenotípica tem sido abordado de modos distintos na literatura. Quando a amostra é de grande dimensão (isto é, centenas de pares de gémeos dos dois sexos em cada zigotia) é relativamente fácil a sua inclusão em modelos da Biometria Genética (ver Neale e Cardon, 1992); contudo, quando se lida com amostras pequenas, isto é, inferior a 50/100 pares em cada zigotia e de sexo diferente, opta-se pelo cálculo dos resíduos quando estes são significativos nos mesmos fenótipos e zigotias. Esta é a opção defendida em trabalhos da equipa do Prof. Claude Bouchard (ver por exemplo Bouchard e col., 1986; Bouchard e col., 1989). Referiremos alguns exemplos bem ilustrativos desta abordagem.

Bouchard e col. (1986) verificaram que o efeito da idade e do sexo explicavam 2.5% a 44.% da variação observada no consumo máximo de oxigénio em irmãos (n = 41) e gémeos MZ (n =106) e DZ (n =66). Uma vez que os efeitos da idade e do sexo mostraram ser importantes na variável em estudo, os autores ajustaram os dados para a idade e para o efeito aditivo da idade + sexo.

Num outro estudo (Bouchard e col., 1989), em 31 pares de pais-filhos, 21 pares de gémeos DZ e 37 pares MZ, acerca dos efeitos genéticos na variação observada na taxa de metabolismo de repouso e de níveis distintos de exercício, os autores constataram que a idade e o sexo explicavam aproximadamente 20 a 25% da variância na taxa de metabolismo de repouso. Para a situação de exercício não foram apresentados valores de R^2.

5.2 Estudo da fiabilidade (consistência)

Um dos problemas fundamentais da avaliação da actividade física diária refere-se, precisamente, ao número de dias de monitorização para se obter um registo consistente ou estável do padrão diversificado da actividade de cada sujeito. A literatura neste domínio particular não apresenta qualquer solução única ou consensual, reflectindo, por isso mesmo, a ausência de estudos em número suficiente para apontar um valor referencial. Na pesquisa presente a opção foi de cinco dias de monitorização – 3 dias de semana e 2 de fim-de-semana.

No quadro 5.4 são apresentados os resultados do estudo da fiabilidade ou consistência da monitorização que reflecte o padrão de actividade física nos cinco dias das variáveis do acelerómetro e do pedómetro, no seio de cada zigotia, em função do sexo.

Quadro 5.4: Valores das estimativas de fiabilidade ($r_{tt'}$) das variáveis para os cinco dias dentro de cada zigotia.

	MZ			DZ			
	Fem	Masc	Todos	Fem	Masc	So	Todos
			Acelerómetro				
Counts	0.78	0.84	0.84	0.86	0.81	0.78	0.79
Mets	0.81	0.88	0.85	0.86	0.79	0.79	0.78
			Pedómetro				
Passos	0.81	0.76	0.80	0.76	0.89	0.68	0.81
Km	0.82	0.78	0.83	0.77	0.92	0.71	0.84
Kcal	0.89	0.77	0.86	0.76	0.93	0.67	0.85

Fem – gémeos do sexo feminino; Masc – gémeos do sexo masculino; So – gémeos do sexo oposto; Todos – todos os pares de gémeos no seio de cada zigotia.

Para o acelerómetro, os valores de fiabilidade variam entre 0.78 e 0.88. Se tivermos em conta todos os elementos da amostra no seio de cada zigotia, verificamos que os valores são 0.84 e 0.85 para os MZ e 0.78 e 0.79 para os DZ.

Para o pedómetro os valores são, na generalidade, superiores a 0.75. Apenas 3 valores são inferiores a 0.75, embora sejam muito próximos de 0.70. Para o total da amostra os valores são superiores situando-se entre 0.80 e 0.86 para os MZ e 0.81 e 0.85 para os DZ.

A actividade física habitual é um fenómeno complexo que tem por base hábitos e práticas individuais que variam consideravelmente de dia para dia, de estação para estação e de ano para ano (Sallis e Owen, 1999). Nenhum indivíduo tem dois dias exactamente iguais de actividade física. Quanto maior for a variabilidade individual na actividade diária, mais dias serão necessários para se estimar, com segurança, o seu nível de actividade física habitual. No sentido de minimizar a variabilidade intra-individual, a literatura sugere que a avaliação deva contemplar vários dias consecutivos, incluindo os de fim-de-semana (Montoye e col., 1996; Freedson e Miller, 2000; Trost e col., 2000). Como referimos anteriormente, uma questão que desde logo se coloca é a seguinte: quantos dias serão necessários para minimizar essa variabilidade e para se atingir valores satisfatórios de fiabilidade?

A fiabilidade é a consistência na avaliação das variáveis no tempo. Estabilidade ou consistência é um tipo de fiabilidade que detecta a variabilidade da avaliação da actividade física ao longo do tempo e reflecte o erro de medição do instrumento bem como variações intraindividuais na actividade ao longo dos dias (Janz e col.,1995).

Um estudo realizado por Trost e col. (2000) com 381 crianças americanas de ambos os sexos do 1° ao 12° graus de escolaridade (entre 7 e 15 anos de idade) com o propósito de estabelecer o número de dias necessários para avaliar a actividade física habitual através de acelerómetros (CSA) veio mostrar que seriam necessários 4 a 5 dias de monitorização, no grupo dos adolescentes (entre o 7° e 12° graus de escolaridade), para se atingirem estimativas de fiabilidade $\geq$ a 0.70, que os autores consideram satisfatórias. Os autores encontraram neste grupo um coeficiente de fiabilidade entre .64 e .66 para 4 dias de monitorização e entre .76 e .77 para 7 dias. Concluíram que, dependendo das idades, 3 a 5 dias pareciam ser os necessários para se atingir coeficientes de fiabilidade de .80.

No nosso estudo muitos dos valores de fiabilidade das diferentes variáveis estiveram próximos ou foram superiores a .80 para os 5 dias de avaliação.

Num outro estudo, Janz e col. (1995) reportaram um coeficiente de correlação intraclasse (R) que variou entre .79 e .82 para 5 dias de monitorização com um CSA de 30 crianças dos 7 aos 15 anos de idade. De acordo com os dados do estudo, foi estimado que 4 ou mais dias de monitorização seriam os necessários para reduzir o erro de avaliação e se obter coeficientes de fiabilidade $\geq$0.70.

Embora as comparações entre estudos devam ser feitas com algumas reservas, tendo em conta as distinções nas amostras e no acelerómetro usado, podemos considerar que os valores de fiabilidade do nosso estudo estão em concordância com os resultados dos estudos apresentados e mostram uma estabilidade bastante satisfatória para os cinco dias avaliados.

5.3 Aspectos da comunalidade e unicidade da avaliação multimodal

O uso de diferentes metodologias na avaliação do fenótipo actividade física, tal como sugerido na literatura, implica, necessariamente, que a informação a obter reflicta o seu carácter multimodal.

Dado que na presente pesquisa se possui informação proveniente de três fontes – acelerómetro, pedómetro e questionário, é da maior conveniência verificar aspectos da sua comunalidade e unicidade para determinar:

- o valor da correlação canónica (Rc) entre pares de combinações lineares de variáveis, isto é, conjuntos únicos que expressam de modo multifacetado a ideia de actividade física;
- a magnitude da proporção de variância generalizada (Rc^2) associada às correlações canónicas de cada análise;
- o resultado da redundância de Stewart e Love (SL_{RI}). Este valor reflecte o quanto de variância cada conjunto independente extrai do conjunto dependente. Trata-se, pois, de reflectir a ideia de unicidade dos indicadores de cada conjunto.

O quadro 5.5 apresenta os resultados principais da correlação canónica para o conjunto das duas zigotias.

Quadro 5.5: Valores de Rc, Rc^2 e SL_{RI} para as várias análises de comunalidade e unicidade dos múltiplos conjuntos de indicadores de actividade física.

Conjunto de Observações Conj. Depend. / Conj. indep.	Rc	Rc^2	SL_{RI}
Mets / Passos	0.84	0.97	0.50
Mets / Km	0.85	0.97	0.48
Mets / Kcal	0.81	0.95	0.38
Mets / índices	0.35	0.24	0.06
índices / Passos	0.43	0.30	0.13
índices / Km	0.49	0.34	0.15
índices / Kcal	0.45	0.29	0.12

Os valores de Rc são muito elevados e todos altamente significativos, embora só se refiram aqui os primeiros valores de cada solução[4]. Os valores de proporção de variância generalizada dos 5 dias de registo de cada indicador dos 2 instrumentos reflectem, em nosso entender, convergência de aspectos da intensidade e duração das actividades, isto é, facetas da sua comunalidade. Contudo, os aspectos mais importantes deste quadro são, do nosso ponto de vista, os seguintes:

[4] Conforme é sabido, o número de correlações canónicas extraídas é igual ao número de indicadores ou dias do menor lote dos conjuntos *i* ou *j*.

- os valores de Rc entre os índices de actividade física do questionário, os *Mets* e a informação do pedómetro são baixos. Isto reflecte a ausência substancial de proporções de variância generalizada comum. Tal significa que estamos na presença de duas informações algo independentes, reflectindo facetas distintas do fenótipo complexo em estudo. Aliás não seria de esperar outra coisa, dado que o questionário procura marcar um ano de actividade física e os valores dos *Mets* e os do pedómetro reflectem somente uma semana de actividade. Acrescentamos a este dado a circunstância do *Met* ser um indicador da intensidade e os índices providenciados pelo questionário um compósito da intensidade, frequência e duração das actividades;
- os resultados da variância dos *Mets* que a informação proveniente do pedómetro e dos índices do questionário extraem (SL_{RI}) são baixos a moderados. Tal sugere aspectos da unicidade da informação, reforçando o carácter multimodal da avaliação da actividade física providenciado pelos diferentes instrumentos.

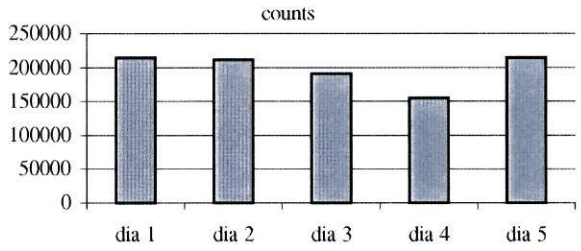
5.4 Padrão de actividade física

5.4.1 Valores médios diários dos diferentes indicadores de actividade física

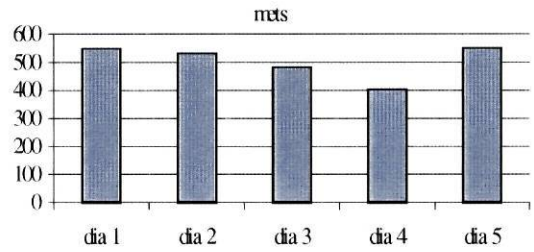
Para conhecermos o padrão de actividade física dos gémeos analisamos as alterações dos valores médios diários dos diferentes indicadores de actividade física em estudo - *counts, mets*, passos, km e kcal. No quadro 5.6 e são apresentados os resultados. De referir que os dias 1, 2 e 5 dizem respeito a Quinta, Sexta e Segunda-feira, respectivamente, representando, portanto, a actividade física durante os dias de semana, enquanto que os dias 3 e 4 referem-se a Sábado e Domingo, respectivamente, evidenciando a actividade física no fim-de-semana.

Quadro 5.6: Valores médios (M), desvio padrão (dp) e amplitude (min-máx) dos diferentes indicadores de actividade física – *counts, mets*, passos, km e kcal., para os cinco dias, dos gémeos MZ.

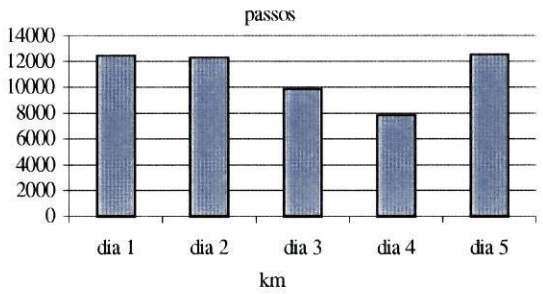
	counts		
Dias	M ± dp	Min	Máx
1	214310±82326	193745	234874
2	211643±88110	189634	233653
3	190511±96034	166523	214500
4	154645±85207	133361	175929
5	214175±85108	192916	235435



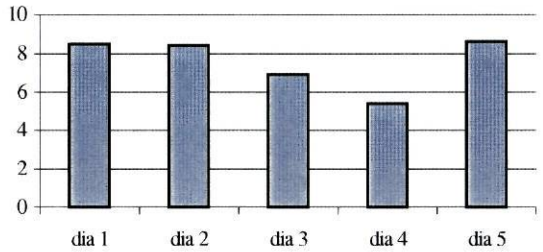
	mets		
Dias	M ± dp	Min	Máx
1	548±221	493	603
2	531±231	474	589
3	482±250	419	544
4	404±239	344	464
5	551±208	499	603



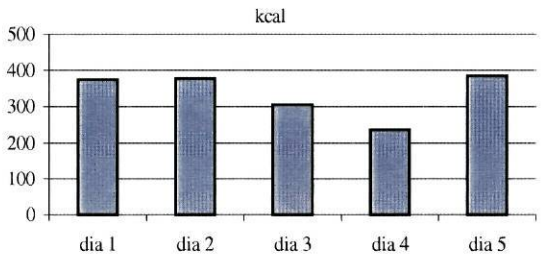
	passos		
Dias	M ± dp	Min	Máx
1	12441±4517	11313	13570
2	12311±5312	10984	13638
3	9838±6064	8323	11352
4	7846±5595	6449	9244
5	12522±5306	11197	13848



	km		
Dias	M ± dp	Min	Máx
1	8.5±3.2	7.7	9.3
2	8.4±3.7	7.5	9.3
3	6.9±4.1	5.9	7.8
4	5.4±4.0	4.4	6.4
5	8.6±3.9	7.7	9.7



	kcal		
Dias	M ± dp	Min	Máx
1	376±161	336	416
2	379±216	325	433
3	306±240	246	366
4	237±219	182	292
5	386±178	341	430



Os valores médios diários dos diferentes indicadores provenientes do acelerómetro e do pedómetro, cuja análise é facilitada pelas representações gráficas, evidenciam um

padrão distinto da actividade física durante os dias de semana e os de fim-de-semana. O Sábado e o Domingo apresentam em todos os indicadores valores médios significativamente inferiores ($p<0.05$) aos dias de semana, sendo o Domingo o dia em que esses valores são mais baixos. Em contraste, os três dias de semana apresentam valores semelhantes, evidenciando um padrão consistente de actividade física durante os dias úteis. Segunda-feira é o dia que apresenta valores médios superiores no conjunto dos 5 dias.

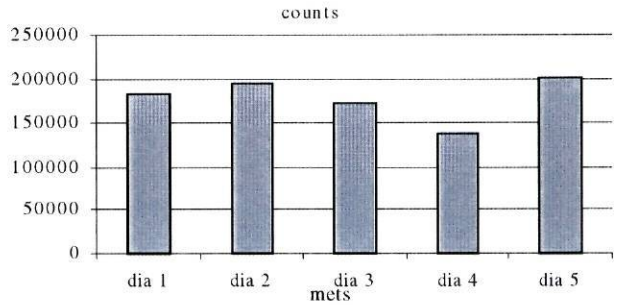
Para as contagens de movimento (*counts*), um indicador de actividade física proveniente do acelerómetro que fornece indicações relativamente à "quantidade" ou duração da actividade, apesar de se verificarem alterações nos valores médios ao longo dos cinco dias, apenas no Domingo se constata uma diferença com significado estatístico ($p<0.05$). O mesmo se passa para os *mets*, variável que fornece indicações relativamente à intensidade da actividade.

Para as variáveis fornecidas pelo pedómetro – passos, km e kcal – o cenário modifica-se ligeiramente. As diferenças dos valores médios diários apresentam significado estatístico ($p<0.05$) entre os dias do fim-de-semana (entre o Sábado e o Domingo), e entre estes e os três dias de semana. Isto é, os elementos que compõem a amostra dos gémeos MZ deslocam-se significativamente menos a pé ao fim-de-semana comparativamente com os dias de semana. Este quadro não é de todo surpreendente e provavelmente reflecte o que se passa na sociedade portuguesa em que o fim-de-semana é utilizado principalmente para descansar. Aliás, aquando da análise dos diários preenchidos pelos elementos da amostra durante o uso dos aparelhos, constatámos que estes dias começavam mais tarde, isto é, os sujeitos levantavam-se mais tarde e em muitos casos não saíam de casa. Acresce referir a circunstância dos dados terem sido recolhidos durante as estações de Outono e Inverno, épocas do ano em que as condições climatéricas não convidam a actividades recreativas "fora de portas". Relativamente aos dias de semana, pensamos que o horário escolar é o principal factor regulador da actividade física diária destes jovens, em período de aulas. Salientamos o facto da actividade física durante o fim-de-semana, particularmente ao Domingo - dias em que as actividades realizadas serão, em princípio, de escolha voluntária dos gémeos - apresentar valores inferiores em todos os indicadores.

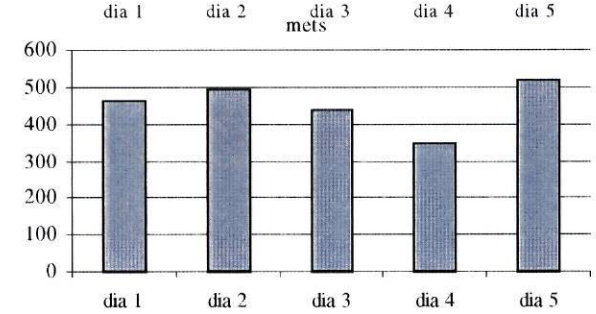
No quadro 5.7 são apresentadas as médias diárias obtidas pelos gémeos DZ nos diferentes indicadores de actividade física em estudo, para os cinco dias.

Quadro 5.7: Valores médios (M), desvio padrão (dp) e amplitude (min-máx) dos diferentes indicadores de actividade física – *counts, mets,* passos, km e kcal, para os cinco dias, dos gémeos DZ.

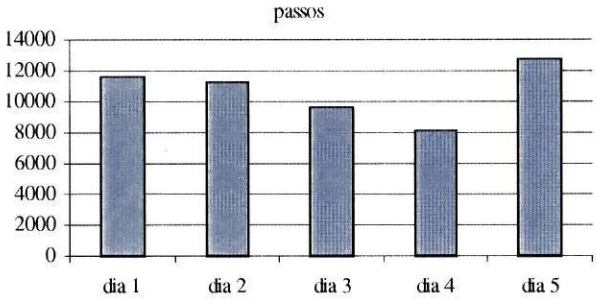
Dias	*counts* M ± dp	Min	Máx
1	182017±53853	164316	199718
2	194499±81776	167620	221378
3	173541±68951	150877	196204
4	137991±69772	115057	160925
5	200660±77160	175298	226022



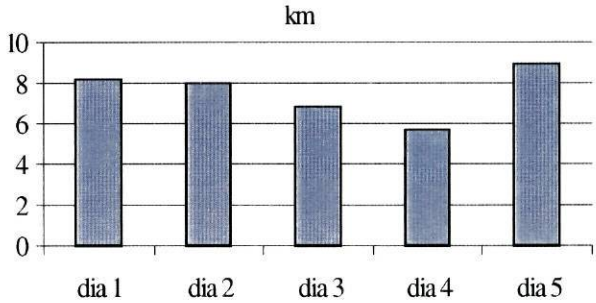
Dias	*mets* M ± dp	Min	Máx
1	463±139	417	508
2	495±212	426	565
3	441±179	382	499
4	349±180	290	409
5	519±189	457	581



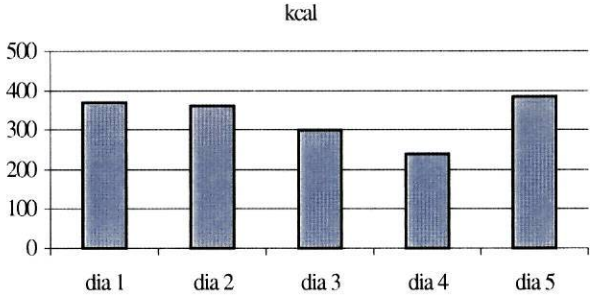
Dias	passos M ± dp	Min	Máx
1	11565±5260	9836	13294
2	11309±4862	9710	12907
3	9569±5103	7892	11246
4	8119±5211	6407	9833
5	12695±3726	11470	13919



Dias	km M ± dp	Min	Máx
1	8.2±3.9	6.9	9.5
2	8.0±3.6	6.9	9.1
3	6.8±3.8	5.5	8.0
4	5.7±3.8	4.4	7.0
5	8.9±2.8	7.9	9.9



Dias	kcal M ± dp	Min	Máx
1	368±189	306	430
2	359±175	301	416
3	299±189	236	361
4	239±182	179	299
5	385±158	333	437



Como facilmente se constata, os valores médios dos diferentes indicadores de actividade física obtidos pelos gémeos DZ não são substancialmente diferentes dos obtidos pelos MZ, embora se note que são ligeiramente inferiores. Também neste grupo, a

actividade física parece ser menor no fim-de-semana comparativamente com a semana, sendo o Domingo o dia que apresenta valores médios mais baixos e a Segunda-feira o dia que apresenta valores médios mais elevados. Relativamente às contagens de actividade e à intensidade da actividade, o quadro apresentado para os gémeos MZ repete-se aqui, sendo o Domingo o único dia com alterações na actividade física com significado estatístico ($p<0.05$). Relativamente aos indicadores de actividade fornecidos pelo pedómetro, as alterações na actividade física com significado estatístico ($p<0.05$) verificam-se entre Domingo e os dias de semana e entre Sábado e Segunda-feira. Não são significativas ($p>0.05$) entre os dias de fim-de-semana, em contraste com o que se verificou nos MZ, nem entre os dias úteis.

Resultados de alguns estudos têm mostrado a existência de diferenças na actividade física entre os dias úteis e o fim-de-semana (Trost e col., 2000). Daqui as recomendações para que se avaliem ambos os tipos de dias (Bassett e col., 2000a). Na literatura encontramos um número reduzido de estudos que recorreram a instrumentos objectivos para avaliar a actividade física habitual de adolescentes (Trost e col., 2000).

Os nossos resultados são semelhantes aos de Trost e col. (2000) onde adolescentes do 7° ao12° graus de escolaridade dos dois sexos (n=194), monitorizados durante 7 dias consecutivos com recurso a um CSA, exibiram níveis inferiores de actividade física moderada a vigorosa durante o período de fim-de-semana comparativamente com o período de semana.

5.4.2 Variação dos diferentes indicadores de actividade física entre sujeitos e entre dias

No quadro 5.8 são apresentadas as matrizes de correlação entre os cinco dias de registo para os indicadores de actividade física em estudo. Esta é uma outra forma de apresentar a ideia de padrão de actividade, sobretudo naquilo que se refere à dinâmica da variação interindividual ao longo dos 5 dias. Se os valores de correlação forem elevados ($r\geq.50$)[5], estamos na presença de estabilidade ou *tracking* da posição que cada sujeito

[5] De acordo com Bloom (1964), qualquer traço ou característica métrica medida em diferentes pontos do tempo evidencia estabilidade ou *tracking* se o valor de auto correlação for ≥.50.

ocupa no seio do seu grupo. Isto é, mantêm-se as posições relativas entre si no que se refere ao modo diverso de expressar a actividade física de cada um.

Quadro 5.8: Matrizes de Correlação (r) entre os cinco dias para as variáveis em estudo nos gémeos MZ.

	Counts				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Dia 1	1.00				
Dia 2	0.51	1.00			
Dia 3	0.57	0.51	1.00		
Dia 4	0.48	0.40	0.72	1.00	
Dia 5	0.54	0.54	0.46	0.38	1.00

	Mets				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Dia 1	1.00				
Dia 2	0.53	1.00			
Dia 3	0.58	0.51	1.00		
Dia 4	0.49	0.39	0.70	1.00	
Dia 5	0.64	0.55	0.53	0.42	1.00

	Passos				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Dia 1	1.00				
Dia 2	0.49	1.00			
Dia 3	0.51	0.50	1.00		
Dia 4	0.50	0.46	0.74	1.00	
Dia 5	0.42	0.40	0.30	0.26	1.00

	Km				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Dia 1	1.00				
Dia 2	0.51	1.00			
Dia 3	0.59	0.52	1.00		
Dia 4	0.54	0.51	0.76	1.00	
Dia 5	0.48	0.43	0.39	0.32	1.00

	Kilocalorias				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Dia 1	1.00				
Dia 2	0.62	1.00			
Dia 3	0.67	0.67	1.00		
Dia 4	0.66	0.68	0.84	1.00	
Dia 5	0.33	0.41	0.38	0.33	1.00

As correlações mais fracas (entre 0.26 e 0.68) verificam-se quase sempre entre o Domingo e os dias de semana, as mais fortes sempre entre o Sábado e Domingo (entre 0.70 e 0.84), enquanto as correlações entre os dias de semana, embora substancialmente inferiores às verificadas entre o Sábado e Domingo, se situam num intervalo que podemos considerar de moderadas (0.43-0.51). Estes resultados indicam que entre os dias de fim-de-semana e entre os dias de semana a relação da actividade física é mais forte (a actividade física é mais similar), do que entre os dois "tipos" de dias. Depois do que observamos no ponto anterior relativamente às médias diárias outro quadro não seria de esperar. No entanto, e para melhor interpretarmos estes resultados, é de toda a conveniência referirmo--nos à variância entre sujeitos em cada dia (resultados não apresentados)[6]. Assim, verificamos que apesar das correlações entre os mesmos dias serem "perfeitas" (igual a 1), a variância na actividade física entre sujeitos no dia 1 não é igual à do dia 2 e assim

[6] As matrizes de covariância são apresentadas em anexo.

sucessivamente. O Sábado e o Domingo apresentam sempre maiores variâncias na actividade física entre sujeitos excepto para as contagens de actividade, situação em que o dia que apresenta maior variância é, de forma destacada, o Sábado, seguindo-se a Sexta-feira, depois o Domingo e a Segunda-feira com valores semelhantes.

Para as variáveis *mets,* passos, km e kcal verifica-se um padrão mais ou menos consistente, onde o Sábado e o Domingo apresentam sempre valores de variância mais elevados comparativamente aos dias de semana.

De realçar, no entanto, que a variância de dia para dia é mais estável do que nos DZ onde existe uma diferenciação notória entre a similitude da variância durante o fim de semana e a variância nos dias de semana. No caso dos DZ a variância que se verifica ao Sábado é idêntica à que se verifica ao Domingo, enquanto durante os dias de semana os valores oscilam, sendo algumas vezes superiores e outras vezes inferiores.

No quadro 5.9 são apresentadas as matrizes de correlação entre os cinco dias de registo para os indicadores de actividade física em estudo, dos gémeos DZ.

Quadro 5.9: Matrizes de Correlação entre os cinco dias (r) para as variáveis em estudo nos gémeos DZ

	Counts				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Dia 1	1.00				
Dia 2	0.58	1.00			
Dia 3	0.21	0.34	1.00		
Dia 4	0.21	0.49	0.62	1.00	
Dia 5	0.51	0.63	0.26	0.38	1.00

	Mets				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Dia 1	1.00				
Dia 2	0.58	1.00			
Dia 3	0.21	0.34	1.00		
Dia 4	0.21	0.49	0.62	1.00	
Dia 5	0.49	0.62	0.31	0.33	1.00

	Passos				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Dia 1	1.00				
Dia 2	0.66	1.00			
Dia 3	0.36	0.36	1.00		
Dia 4	0.39	0.37	0.68	1.00	
Dia 5	0.48	0.57	0.41	0.37	1.00

	Km				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Dia 1	1.00				
Dia 2	0.70	1.00			
Dia 3	0.44	0.44	1.00		
Dia 4	0.43	0.41	0.72	1.00	
Dia 5	0.58	0.65	0.51	0.44	1.00

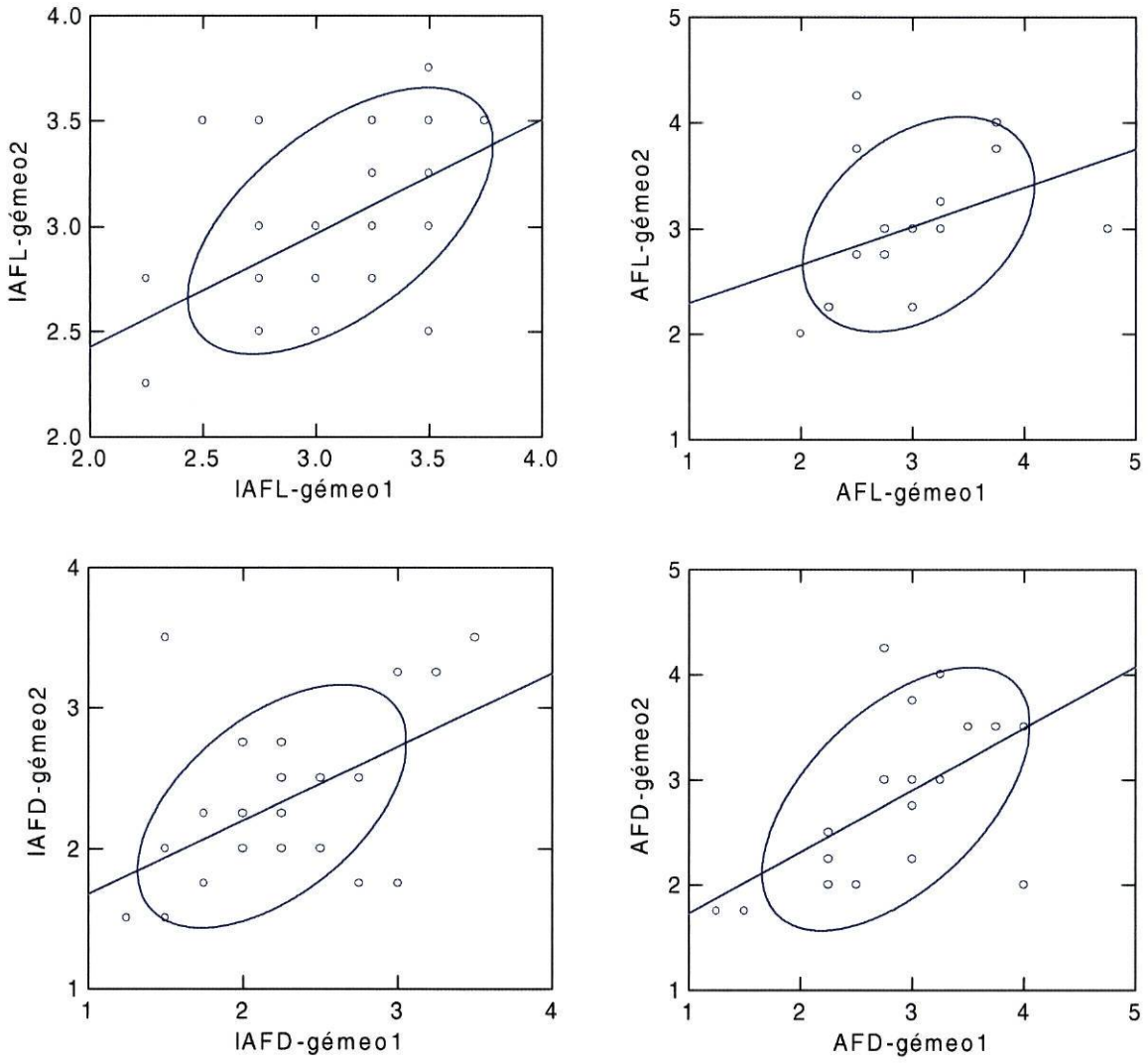
	Kilocalorias				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Dia 1	1.00				
Dia 2	0.76	1.00			
Dia 3	0.43	0.46	1.00		
Dia 4	0.42	0.48	0.72	1.00	
Dia 5	0.52	0.64	0.51	0.54	1.00

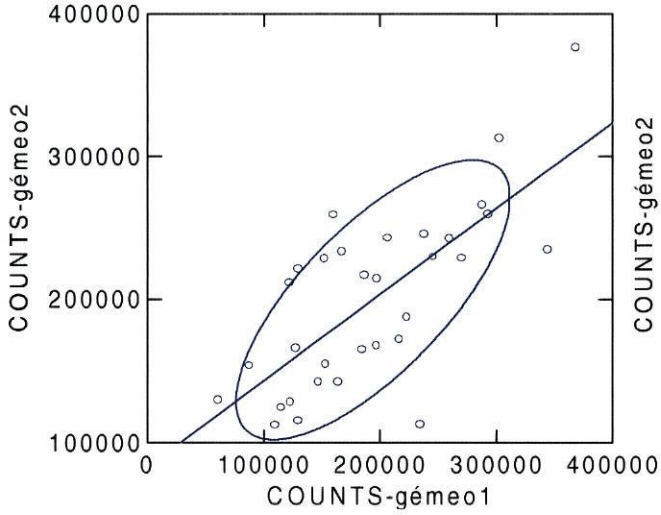
Para os *counts*, *mets*, passos, km e kcal verifica-se sempre o mesmo quadro que passamos a descrever: os valores de correlações mais elevados verificam-se sempre entre o Sábado e o Domingo (0.62 - 0.72) e os mais baixos sempre entre os dias de fim-de-semana e os dias de semana (0.21 – 0.51), enquanto que os valores de correlações entre os três dias de semana se podem considerar médios a elevados (0.48 e 0.70). Isto é, os valores das contagens da actividade, da intensidade da actividade, do número de passos, do n.º de km percorridos bem como das Kilocalorias gastas indicam que a actividade física realizada no Sábado se aproxima mais da actividade realizada ao Domingo do que com a realizada nos dias de semana. Apesar das correlações entre os dias de semana também serem elevadas, nunca atingem os valores de correlação verificados entre o Sábado e o Domingo, excepto para as Kilocalorias entre o dia 1 e dia 2.

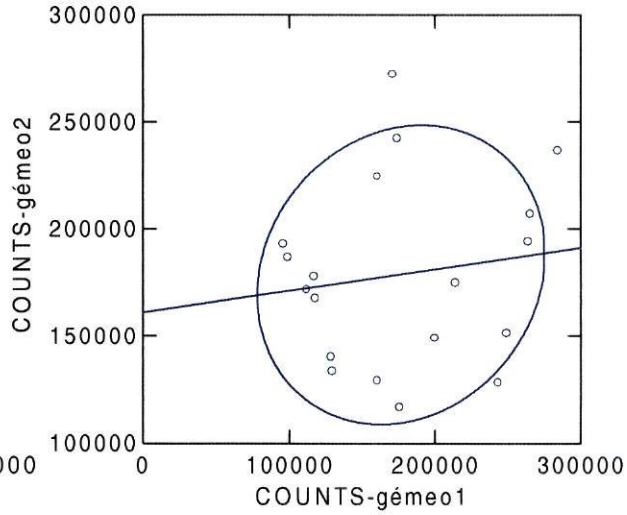
Por outras palavras, significa que a actividade física de Quinta-feira apresenta correlações mais elevadas com a actividade física realizada à Sexta e à Segunda-feira. A actividade física de Sexta-feira com a actividade física realizada na Quinta-feira e na Segunda-feira. A actividade física realizada no Sábado assemelha-se mais à realizada no Domingo do que à realizada nos outros dias. Por último, a actividade física realizada na Segunda apresenta, naturalmente, uma correlação mais elevada com a realizada na Quinta e na Sexta-feira do que com os dias de fim-de-semana.

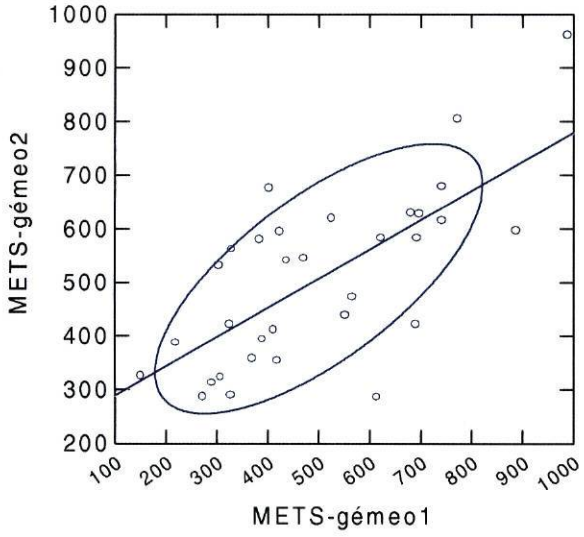
5.5 Cálculo de estimativas de efeitos genéticos e do envolvimento

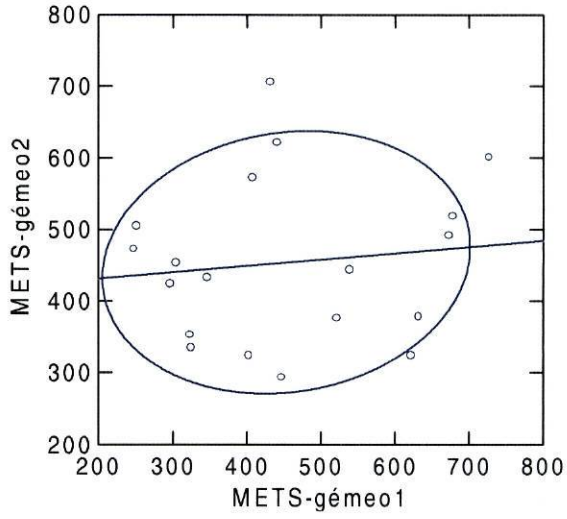
As representações gráficas que se seguem (figura 5.1) referem-se a diagramas de dispersão para os valores médios dos cincos dias de cada variável, em estudo, nos gémeos MZ e DZ e procuram ilustrar a possibilidade de identificar efeitos genéticos responsáveis pela variação interindividual. Os diagramas da esquerda referem-se sempre aos gémeos MZ e os da direita aos DZ.

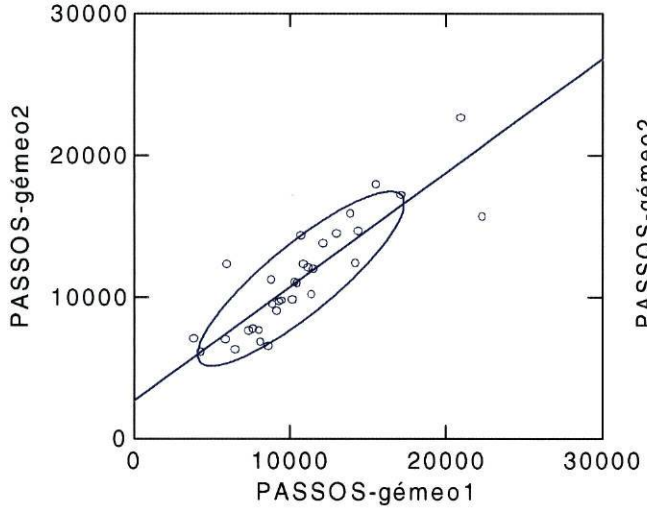


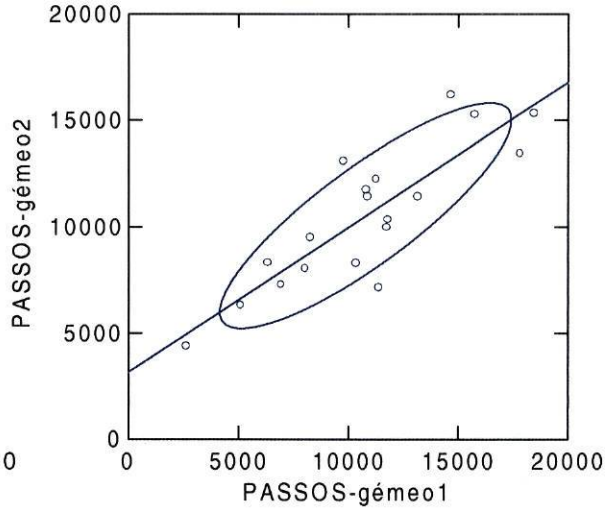

COUNTS-gémeo2
COUNTS-gémeo1
400000
300000
200000
100000
0
100000
200000
300000
400000


COUNTS-gémeo2
COUNTS-gémeo1
300000
250000
200000
150000
100000
0
100000
200000
300000


METS-gémeo2
METS-gémeo1
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000


METS-gémeo2
METS-gémeo1
800
700
600
500
400
300
200
200
300
400
500
600
700
800


PASSOS-gémeo2
PASSOS-gémeo1
30000
20000
10000
0
0
10000
20000
30000


PASSOS-gémeo2
PASSOS-gémeo1
20000
15000
10000
5000
0
0
5000
10000
15000
20000

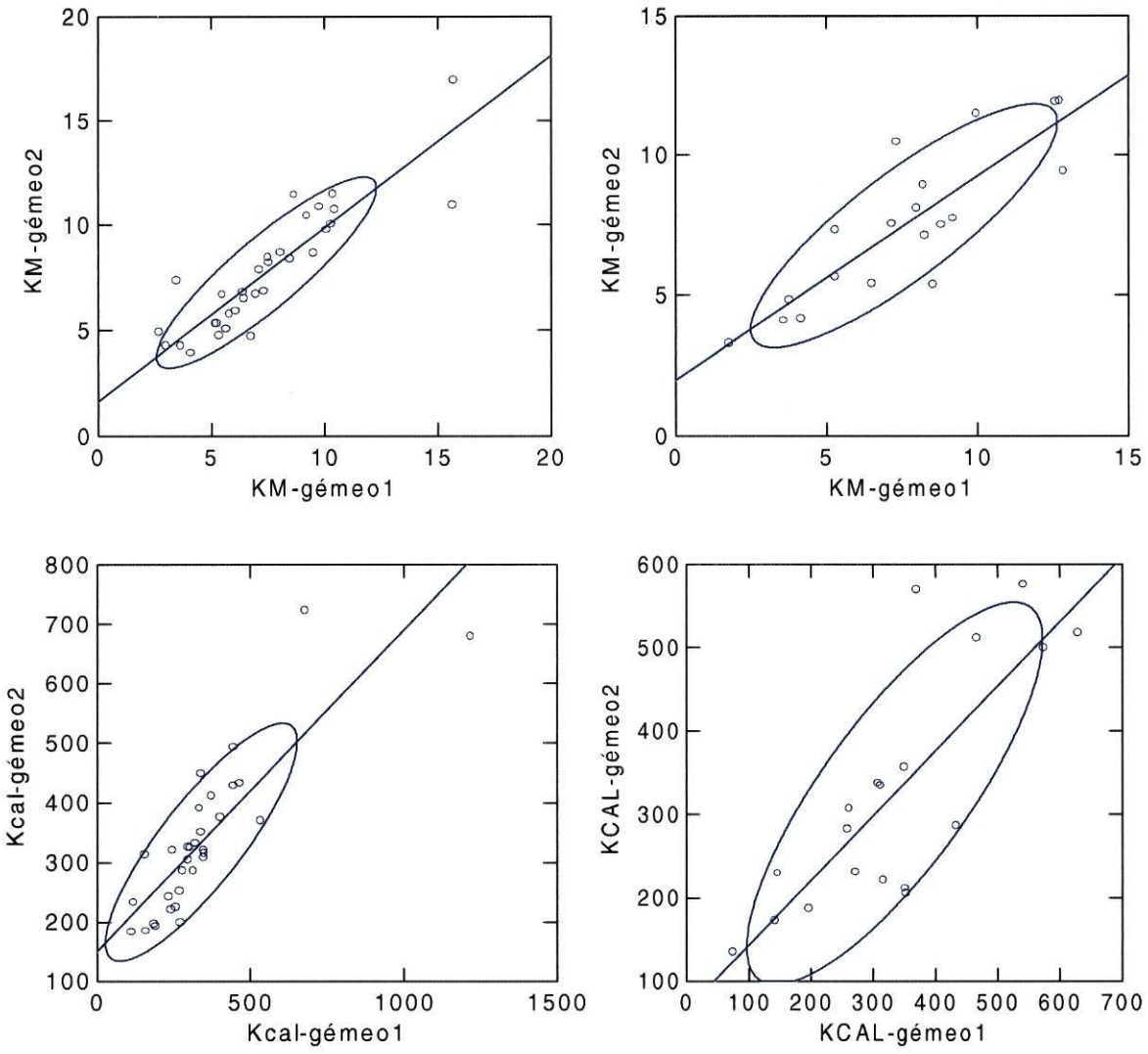


Figura 5.1: Diagramas de Dispersão nos gémeos MZ (lado esquerdo da figura) e DZ (lado direito) para os diferentes indicadores de actividade física.

Conforme se pode observar, é evidente uma maior concentração de pares de valores em torno da recta de regressão associada aos gémeos MZ e uma maior dispersão aos DZ, se bem que para as variáveis inferidas do questionário – IAFL e IAFD - as elipses sejam semelhantes em ambos os casos. Nas variáveis fornecidas pelo acelerómetro e pelo pedómetro é manifestamente evidente que os gémeos MZ apresentam uma menor dispersão da recta. Estes indicadores são, já à partida, uma indicação da presença de factores genéticos a governar a variação interindividual.

A variância intrapar em cada zigotia pode ser mais facilmente interpretada a partir do coeficiente de correlação intraclasse cujos resultados se encontram no quadro 5.10. O coeficiente de correlação intraclasse expressa, neste contexto, uma medida de homogeneidade de pares de valores. A partir dos valores de correlação intraclasse dos

gémeos MZ e DZ, e de acordo com as fórmulas apresentadas no capítulo da metodologia, foram calculados os efeitos genéticos (a^2)[7], do envolvimento comum (c^2) e do envolvimento único (e^2), à excepção das variáveis *counts, mets* e Kcal. em que tivemos que recorrer ao *software* TWINAN 90 para estimar as respectivas componentes, face à magnitude das correlações intraclasse.

Quadro 5.10: Valores de correlação intraclasse (t) e estimativas de variância genética (a^2 e d^2), do envolvimento comum (c^2) e único dos gémeos (e^2).

	t					
Variáveis	MZ	DZ	a^2	d^2	c^2	e^2
*Counts**	0.83	0.28	34.5%	---	---	65.5%
*Mets**	0.81	0.24	19.8%	40.9%	---	39.3%
Passos	0.92	0.91	2%	---	90%	8%
KM	0.94	0.92	4%	---	90%	6%
Kcal*	0.82	0.81	---	---	80.1%	19.9%
IAFD	0.69	0.65	8%	---	61%	31%
IAFL	0.64	0.56	16%	---	48%	36%

* os valores das estimativas foram obtidos do programa TWINAN 90

A análise dos dados foi efectuada em duas etapas: na primeira calcularam-se os coeficientes de correlação intraclasse. Estes valores permitem desde logo uma interpretação do seu significado com base nas comparações dos r_{MZ} com os r_{DZ}. Na segunda etapa foram utilizadas as formulas e a técnica de ajustamentos de modelos com diferentes possibilidades interpretativas de efeitos genéticos e do envolvimento para "explicar" a variação nos resultados obtidos.

A interpretação e discussão dos resultados apresentados neste quadro será efectuada de acordo com cada instrumento de avaliação. Assim, começamos por analisar os resultados relativos ao questionário. Tanto para as actividades no tempo de lazer (IAFL) como para as actividades desportivas (IAFD), os gémeos MZ apresentam valores de

[7] h^2 e a^2 representam a mesma ideia, isto é, proporção de variância observada num fenótipo que pode ser atribuída a variação genética.

correlação intraclasse superiores aos DZ. O efeito do envolvimento (comum e único) assume a maior importância para a explicação das diferenças interindividuais nestes dois tipos de actividade. A proporção de variação relacionada com factores do envolvimento não partilhado (envolvimento único - e^2 -) pelos membros de cada par assume uma importância considerável (31% e 36%), enquanto que os efeitos aditivos dos genes são de magnitude muito baixa (8 e 16%).

Os resultados do presente estudo relativos à actividade física no tempo de lazer não são consistentes com os resultados de Kaprio e col. (1981) e Aarnio e col. (1997), se bem que as amostras e os instrumento de avaliação sejam diferentes e por isso levantem limitações à comparação de resultados. O estudo de Kaprio e col. (1981) foi realizado numa amostra de 1537 pares de gémeos MZ e 3057 DZ, todos do sexo masculino, com mais de 18 anos de idade. Os valores de correlação intraclasse para o total da amostra foram de 0.57 nos MZ e de 0.26 nos DZ, o que produziu uma estimativa de heritabilidade de 0.62, evidenciando a presença substancial de efeitos genéticos a governar os níveis de actividade física no tempo de lazer. Este estudo contrasta em metodologia e amostragem com o de Aarnio e col. (1997) que obtiveram informação sobre a actividade física no tempo de lazer em 3254 pares de gémeos de ambos os sexos, com 16 anos de idade, mas os resultados são consistentes. Os valores de correlação no sexo masculino foram de 0.72 nos MZ e de 0.45 nos DZ e no sexo feminino de 0.64 nos MZ e 0.41 nos DZ. Face ao padrão de correlação, foi evidente a presença de efeitos genéticos (h^2 = sexo masculino 0.54; sexo feminino 0.46) e do envolvimento único dos membros de cada par (e^2 = sexo masculino 0.28; sexo feminino 0.59).

No nosso estudo, os efeitos do envolvimento comumente partilhado no seio da família e do envolvimento único são responsáveis por grande parte da variância na actividade física no tempo de lazer dos elementos da nossa amostra. Mais adiante lançaremos possíveis explicações para este facto.

O índice de actividade física no desporto permite a comparação com alguns estudos (Boomsma e col., 1989; Koopmans e col., 1994 e Beunen e Thomis, 1999) entre os quais está um português que recorreu ao mesmo questionário do nosso estudo para o cálculo dos valores de prática desportiva (Maia e col., 1999). Ainda que os procedimentos estatísticos usados não sejam os mesmos, os resultados encontrados por Maia e col. (1999) em 104 pares de gémeos de ambos os sexos com uma média de 17 anos de idade, permitem que se estabeleçam comparações com os resultados desta pesquisa. Os valores de correlação

tetracóricos para o sexo masculino foram de 0.95 para os MZ e 0.42 para os DZ, enquanto para o sexo feminino foram de 0.41 nos MZ e 0.47 nos DZ.

No sexo feminino, os valores de correlação não seguem o padrão esperado para evidenciar a presença inequívoca de efeitos genéticos, uma vez que o valor de r_{MZf} não é superior ao r_{DZf}. Neste sexo, a metodologia de ajustamento de modelos (ACE) revelou valores de estimativas de variância do efeito genético de zero e de 0.71 para os efeitos referentes ao envolvimento comumente partilhado no seio da família. Para os efeitos do envolvimento único dos sujeitos o modelo produziu um valor de 0.29. Perante a circunstância da estimativa de variância do efeito genético ser zero, o autor atribuiu algumas justificações. A primeira tem a ver com o elevado valor de variância atribuível aos efeitos do envolvimento comum. Os factores de ordem sociocultural do agregado familiar, bem como a influência dos pares, assumem, sem dúvida, papéis determinantes não só na adesão à prática desportiva como também nos valores dos seus níveis. A segunda diz respeito à dimensão reduzida da amostra. O autor sugeriu que, apesar da análise prévia à potência do teste ter mostrado que a dimensão da amostra era plausível para as inferências efectuadas, os valores encontrados poderiam reflectir a necessidade de uma amostra de maior dimensão.

As estimativas de variância são consistentes com as encontradas no nosso estudo na amostra total (h^2 = 8%; c^2 = 61% e e^2 = 31%). É de referir que a nossa amostra é maioritariamente feminina (57 elementos) e que tal facto pode estar por detrás destes resultados. Em contraste, os resultados do sexo masculino do estudo de Maia e col. (1999) evidenciam um forte efeito genético nos índices de prática desportiva já que 82% da variância total é devida a diferenças genéticas entre sujeitos.

Outros três estudos (Boomsma e col.,1989; Koopmans e col., 1994; Beunen e Thomis, 1999), dois deles em amostras pequenas, examinaram os determinantes genéticos e do envolvimento na participação desportiva, cujos resultados mais relevantes se encontram no quadro 5.11.

Como facilmente se constata, existem grandes diferenças nos valores de correlação e nas estimativas de heritabilidade e do envolvimento de estudo para estudo. As inconsistências dos resultados podem ficar a dever-se a: (1) diferentes dimensões das amostras; (2) fenótipo marcado de forma distinta e/ou utilização de diferentes procedimentos estatísticos no tratamento dos dados. Estas pesquisas foram apresentadas mais detalhadamente no terceiro capítulo deste trabalho.

Quadro 5.11: Resumo dos estudos sobre a temática da influência dos genes e do envolvimento na prática desportiva.

Estudo	Amostra	Coef. Correlação MZ M	Coef. Correlação MZ F	Coef. Correlação DZ M	Coef. Correlação DZ F	Estimativas de variância a^2 M	Estimativas de variância a^2 F	Estimativas de variância c^2 M	Estimativas de variância c^2 F	Estimativas de variância e^2 M	Estimativas de variância e^2 F
Boomsma e col. (1989)	90 pares de gémeos, dos 14 aos 20 anos	0.89	0.90	0.14	0.70	77%	35%	--	--	23%	65%
Beunen e Thomis (1999)	91 pares, com 15 anos de idade	0.66	0.98	0.62	0.71	83%	44%	0%	54%	17%	2%
Koopmans e col. (1994)	1578 pares de gémeos, dos 13 aos 22 anos	0.89	0.85	0.60	0.72	Ambos os sexos 48%		Ambos os sexos 38%		Ambos os sexos 12%	

Os resultados dos estudos que apresentamos evidenciam a presença de factores genéticos a governar a variação interindividual na prática desportiva, se bem que para o sexo feminino os factores do envolvimento pareçam ter um maior contributo nessa variação. O mesmo se passa no presente trabalho relativamente ao total da amostra constituída por gémeos de ambos os sexos.

No envolvimento comum incluem-se os efeitos não genéticos partilhados por gémeos MZ e DZ, como sejam a classe social, ambiente familiar e influência parental.

A prática desportiva organizada e a actividade física durante o período de lazer representam, para a maioria das crianças e jovens, uma pequena fracção da totalidade da sua actividade física diária, ainda que evidenciem aspectos da sua intensidade mais elevada.

A actividade física habitual pode ser marcada com o recurso a diferentes instrumentos de avaliação, sendo que nos estudos de carácter epidemiológico o questionário é o mais utilizado. O mesmo acontece em pesquisas que procuram estimar os aspectos genéticos da actividade física habitual em amostras constituídas por famílias nucleares ou por gémeos. Até à data não temos conhecimento de alguma pesquisa que recorresse a outra ferramenta a não ser a pesquisa de Goran (1997) que utilizou o "Double labeled water" para a avaliação do dispêndio energético em condições de "free – living" estimando, assim, o dispêndio energético associado à actividade física habitual. No presente estudo tivemos a possibilidade de calcular o coeficiente de correlação intraclasse e

estimar o valor de heritabilidade dos níveis de actividade física habitual avaliada por acelerómetro e pedómetro para além do questionário.

Para as variáveis relativas à actividade física relacionada com a deslocação a pé (passos, km e kcal), os valores de correlação dos gémeos MZ e DZ são muito próximos e no caso das kcal superiores nos gémeos DZ. Isto sugere que a actividade física relacionada com a deslocação a pé é mais influenciável por factores do envolvimento do dia-a-dia do que pelos genes. De facto, a grande parte da variância fenotípica (>95%) é atribuída aos factores do envolvimento comum e envolvimento único, enquanto que a proporção de variância atribuível ao efeito aditivo dos genes é muito baixa (2 a 4%). Parece-nos que os elevados valores de correlação que encontramos, tanto nos gémeos MZ como nos DZ, se devem à circunstância da maior parte dos gémeos desta amostra se encontrarem na mesma turma, partilharem o mesmo horário escolar e, por isso, se deslocarem juntos na maior parte do tempo fazendo com que os seus valores de actividade relacionada com a deslocação a pé sejam muito similares.

Para os indicadores de actividade física proporcionado pelo acelerómetro, *counts* e *mets*, o quadro altera-se substancialmente. Os valores de correlação dos gémeos MZ são mais do dobro dos valores dos DZ, evidenciando um efeito genético de dominância resultante da interacção de diferentes *alelos* em diferentes *loci,* e uma não responsabilidade do envolvimento comum na variância fenotípica observada (embora seja também possível que este padrão seja o reflexo de um envolvimento comum a jogar um papel mais importante nos gémeos MZ do que nos DZ).

O quadro 5.12 mostra os coeficientes de correlação bem como as estimativas de variância genética, do envolvimento comum e único dos gémeos de pesquisas sobre a contribuição genética para a explicação da variância interindividual na actividade física habitual (Maia, 2001), na actividade intensa e moderada (Lauderdale e col., 1997), e participação em exercício (Pérusse e col., 1989). Estes estudos foram objecto de tratamento mais detalhado no capítulo 3 deste trabalho.

Quadro 5.12: Resumo dos estudos sobre a temática da influência dos genes e do envolvimento nos níveis de actividade física.

		Coef. Correlação				Estimativas de variância					
		MZ		DZ		a^2		c^2		e^2	
Estudo		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Maia (2001)	AF total	0.71	0.80	0.43	0.70	68%	40%	20%	28%	12%	32%
						Ambos os sexos					
Pérusse e col. (1989)	AF habitual –	0.72		0.62		29%		0%		71%	
	Participação em exercício -	0.76		0.74		0%		12%		88%	
Lauderdale e col. (1997)	AF moderada	0.27<r<0.50		0.10<r<0.44		38%		0%		72%	
	AF intensa	0.39<r<0.58		0.7<r<0.35		48% a 58%		0%		42% a 62%	

Os resultados das estimativas de variância genética, do envolvimento comum e único do nosso estudo relativos aos indicadores de actividade física *counts* e *mets* reflectem alguma convergência com os resultados dos estudos referidos anteriormente, ainda que calculados por procedimentos distintos. Nestas pesquisas, entre 29 e 68% da totalidade da variância fenotípica é devida a diferenças genéticas entre os sujeitos, e mais uma vez se constatam diferenças dos valores de estudo para estudo. Os valores do nosso estudo encontram-se dentro deste intervalo e evidenciam que as características genéticas dos sujeitos parecem contribuir para a variação observada no fenótipo actividade física, a que se adicionam as influências do envolvimento único dos sujeitos.

Um aspecto nuclear relativo aos resultados, sobretudo à fraca magnitude dos efeitos genéticos obtidos dos dados de dois dos instrumentos usados, prende-se, necessariamente, com o problema da dimensão da amostra. Quando se lida com o delineamento gemelar ou outro mais complexo e se procura estimar a magnitude dos diferentes factores que são responsáveis pela variância presente num qualquer fenótipo medido de forma contínua ou discreta, é da maior importância não só a determinação da dimensão da amostra por forma a que o seu poder estatístico seja suficiente para formalmente rejeitar hipóteses nulas falsas, mas também a estimação, com a maior precisão possível de a^2, c^2 e e^2 (isto é, a amplitude dos intervalos de confiança para as estimativas pontuais deve ser o mais reduzida possível).

Neale e Maes (2001) apresentam uma lista de itens importantes que devem merecer, por parte do investigador, a maior consideração quando se realizam estudos de Epidemiologia Genética e se pretende mostrar o efeito pretendido. A lista é pois a seguinte:

- Qual é o efeito que o investigador considera, por exemplo, a^2 ou c^2?

- Qual é a magnitude do efeito na população estudada? Efeitos de maior valor são mais facilmente detectados do que aqueles de menor valor.

- Qual o nível de significância adoptado para rejeitar H_0?

- Qual a dimensão da amostra em estudo? Amostras de maior tamanho detectam com maior frequência e com mais precisão efeitos de magnitude reduzida.

- Qual o nível de medição da variável?

Os autores acima referidos, numa simulação para detectar um efeito de $e^2= 0.50$ e para um valor de potência de 80%, estimaram a dimensão da amostra em 1383 pares de gémeos.

No mesmo sentido vão as pesquisas de Nance e Neale (1989) que para detectar um $a^2 = 0.50$ necessitaram de uma amostra que oscilava entre os 511 a 1389 pares de gémeos em função do fraccionamento dos efeitos do envolvimento. Também Boomsma e Dolan (2000) simularam pesquisas de detecção de QTL´s de efeito pequeno a médio em estudos de *Linkage* e estimaram que o número mínimo de irmãos necessários seria de 1000.

Daqui se infere, desde logo, que qualquer pesquisa que pretenda detectar efeitos genéticos ou do envolvimento de média magnitude e que, simultaneamente, rejeite H_0 falsas, deve ter amostras de pares de gémeos MZ e DZ na casa das centenas ou de milhares. Tal não é o caso do presente estudo que só possui 51 pares de gémeos (ver quadro 5.13).

Quadro 5.13: Dimensão total das amostras e seu fraccionamento gemelar. Os estudos citados procuraram estimar os efeitos genéticos na actividade física.

Estudo	Ano	Dimensão total da amostra	Dimensão da amostra em função da zigotia
Kaprio e col. – AF no tempo de lazer	1981	4594 pares de gémeos masculinos, com mais de 18 anos	1537 pares MZ 3057 pares DZ
Lauderdale e col. – AF moderada e intensa	1997	3344 pares de gémeos, todos dos sexo masculino, dos 33 aos 51 anos	*Os autores não referem a dimensão da amostra em função da zigotia*
Aarnio e col. – AF no tempo de lazer	1997	3254 pares de gémeos, com 16 anos	1697 pares MZ e DZ femininos e 1557 MZ e DZ masculinos
Maia – Actividade física total	2001	411 pares de ambos os sexos, dos 12 aos 25 anos	203 pares MZ 208 pares DZ
Presente estudo	**2001**	**51 pares de ambos os sexos dos 12 aos 18 anos**	**32 pares MZ 19 pares DZ**

É mais do que evidente do quadro a discrepância nas dimensões das amostras, sobretudo no estudo de Maia (2001) e do presente estudo. Dos milhares de pares de gémeos das pesquisas de Kaprio e col. (1981), Lauderdale e col. (1997) e Aarnio e col. (1997), passamos às quatro centenas de Maia (2001) e meia centena do trabalho presente. Este é, em nosso entender, um dos fortes condicionalismos à demonstração de efeitos genéticos mais avultados dos resultados dos 51 pares de gémeos. Conclusão semelhante é apresentada por Lauderdale e col. (1997) para a ausência de efeitos genéticos moderados a substanciais na actividade física intensa. Tal condicionalismo é devido à reduzida frequência de pares de gémeos que registaram actividade física de intensidade elevada. Também Maia e col. (1999) refere o mesmo problema numa pesquisa acerca dos efeitos genéticos distintos em rapazes e raparigas no que à sua pratica desportiva diz respeito. Contudo, e tal como foi referido anteriormente, a natureza exploratória e multimodal da pesquisa tinha esta limitação. Relembramos que necessitamos cerca de 6 meses para obter a informação, e que as limitações temporais e instrumentais condicionaram a própria dimensão da amostra. Para que a dimensão da amostra rondasse os 200 ou 300 pares, necessitaríamos, para além de mais pedómetros e acelerómetros, mais pessoas envolvidas na recolha e armazenamento da informação e, pelo menos, cerca de 18 meses para a obtermos.

Em síntese, o objectivo central deste trabalho consistiu no teste à exequibilidade da avaliação multimodal da actividade física habitual em gémeos MZ e DZ. Parece-nos que, de facto, cada instrumento fornece informações algo independentes, reflectindo cada um diferentes facetas do complexo fenótipo actividade física e daqui os diferentes resultados das estimativas de variância dos efeitos genéticos e do envolvimento.

Não nos podemos esquecer que o questionário utilizado pretende estimar um ano de actividade física. O pedómetro reflecte somente a actividade física relacionada com a deslocação a pé não dando indicações acerca da sua intensidade. Já o acelerómetro, reflecte um quadro mais completo porque avalia a actividade física em três eixos, entrando em consideração com a aceleração dos deslocamentos. Quanto se transformam os dados em *mets* entra-se com informação relativa ao dispêndio energético gasto em actividade, isto é, à intensidade da actividade. Pensamos que este é sem dúvida o instrumento de avaliação que reflecte uma avaliação mais completa, pesa embora ser muito mais dispendiosa o morosa a sua utilização.

É inquestionável que os progenitores não só transmitem genes aos seus descendentes como também hábitos, valores, atitudes e estilos de vida, diferentes de acordo com a fase da vida, que juntos produzirão efeitos nos níveis de actividade física dos seus filhos. A par da modelação parental não podemos esquecer a importância dos modelos exteriores ao núcleo familiar, como sejam, por exemplo: os pares, os *mass média* e a escola. A actividade física enquanto comportamento intrinsecamente associado à vida humana é um reflexo claro do efeito interactivo e aditivo dos genes e do ambiente. Este comportamento não deve ser encarado exclusivamente como um produto de natureza sociocultural.

Permanece ainda por inventariar e por esclarecer os mecanismos pelos quais os genes influenciam os níveis de actividade física habitual e se esses efeitos são mediados por características físicas, fisiológicas ou psicológicas.

6 Conclusões

Da análise e discussão dos resultados deste estudo emerge o seguinte quadro de conclusões:

Os cinco dias de monitorização apresentam valores de fiabilidade bastante satisfatórios sendo todos superiores a 0.75 para o total da amostra no seio de cada zigotia. Aliás, a maior parte dos valores dos diferentes indicadores são superiores a 0.80. Cinco dias (3 dias úteis mais os 2 do fim-de-semana) parecem ser suficientes para se estimar com precisão os níveis de actividade física habitual já que apresentam uma estabilidade elevada. Assim sendo, a hipótese n.º 1 desta pesquisa não foi rejeitada.

Os cinco dias de avaliação apresentam uma consistência elevada (R>0.70) para estimar com precisão os níveis de actividade física habitual de gémeos MZ e DZ.

Tanto os gémeos MZ como os DZ apresentam valores médios diários, das diferentes expressões do fenótipo, que evidenciam um padrão distinto de actividade entre dias úteis e fim-de-semana. O fim-de-semana apresenta valores inferiores em todas as variáveis se bem que em algumas situações essas diferenças não apresentem significado estatístico.

Desta forma, não se rejeita a 2ª hipótese desta pesquisa.

Apesar da consistência da estimação da actividade física, os valores médios dos diferentes indicadores fornecidos pelo acelerómetro e pedómetro apresentam diferenças significativas em função dos dias de semana relativamente aos de fim-de-semana nos gémeos MZ e DZ.

Embora as correlações entre o Sábado e o Domingo e entre os dias de semana sejam moderados a fortes (0.62 – 0.84), as correlações entre estes dois tipos de dias são, na sua maioria, fracas a moderadas (0.21 – 0.68) traduzindo, por isso, alguma estabilidade. Por esta razão a 3ª hipótese formulada não é totalmente rejeitada:

É notória uma variabilidade inter-sujeitos nos diferentes dias de avaliação que traduzirá um *tracking* moderado.

O efeito do envolvimento (comum e único) assume a maior importância para a explicação das diferenças interindividuais em seis dos sete indicadores de actividade física estudados. Somente nas variáveis fornecidas pelo acelerómetro, *counts* e *mets,* as proporções de variância explicadas pelas diferenças genéticas entre os sujeitos foram substanciais e suportam a sugestão de um importante efeito genético nestas expressões do fenótipo actividade física.

Face aos resultados, rejeita-se, ainda que não totalmente, a 4ª hipótese deste trabalho.

Não obstante a reduzida dimensão da mostra e o reduzido poder estatístico, é possível realçar efeitos genéticos na expressão diferenciada do fenótipo actividade física.

7 Bibliografia

AARNIO, M.; T. WINTER; U.M. HUJALA; J. KAPRIO (1997): **Familial aggregation of leisure-time physical activity – a three generation study.** *Int. J. Sports Med.*, 18: 549-556.

AINSWORTH, B.E.; A.S. LEON; M.T. RICHARDSON; D.R. JACOBS, and R.S. PAFFENBARGER (1993): **Accuracy of the college alumnus physical activity questionnaire.** *J. Clin. Epidemiol.* 46: 1403-1411.

AINSWORTH, B.E.; H.J. MONTOYE, and A.S. LEON (1994): The Consensus Statement. In: **Physical Activity, Fitness and health: International Proceedings and Consensus Statement.** Bouchard, C.; Shephard, R., and Sthephens, T. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.

ARMSTRONG, N.; J. WELSMAN (1997): **Young People and Physical Activity**. Oxford University Press, New York.

BAECKE, J. A.H.; J. BUREMA; J.E. FRIJTERS (1982): **A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies**. *American Journal of Clinical Nutrition*, 36: 936-942.

BARANOWSKI, T.; C. MOOR (2000): **How many days was that? Intra-individual variability and physical activity assessment.** *Research Quarterly for Exercise and Sport,* 71 (2): 74 – 78.

BARCELOS, M.M.C.B. (1997): **Efeitos dos níveis de actividade física habitual, adiposidade e tamanho corporal na aptidão física. Um estudo em adultos dos dois sexos, dos 39 aos 58 anos de idade da Região Autónoma dos Açores.** Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

BASSETT, D.R. Jr (2000): **Validity and reliability issues in objective monitoring of physical activity.** *Research Quarterly for Exercise and Sport,* 71 (2): 30-36.

BASSETT, D.R. Jr.; B.E. AINSWORTH; S.R. LEGGETT; C.A. MATHIEN; J.A. MAIN; D.C. HUNTER, and G.E. DUNCAN (1996): **Accuracy of five electronic pedometers for measuring distance walked.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38 (8): 1071-1077.

BASSETT, D.R. Jr; A.L. CURETON, and B.E. AINSWORTH (2000a): **Measurement of daily walking distance – questionnaire versus pedometer.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (5): 1018-1023.

BASSETT, D.R. Jr; B.E. AINSWORTH; A.M. SWARTZ; S.J. STRATH; W.L. O`BRIEN, and G.A. KING (2000b): **Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (9): S471-S480..

BEUNEN,G.; M. THOMIS (1999): **Genetic determinants of sports participation and daily physical activity**. *International Journal of Obesity*, 3: 1-9.

BLAIR, S.; S. BRODNEY (1999): **Effects of physical inactivity and obesity on morbidity and mortality: current evidence and research issues**. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (11): S646-S662.

BLOOM, B.S. (1964): **Stability and Change in Human Characteristics.** New York: Wiley, 1964, p. 3.

BOOMSMA, D.I.; C.V. DOLAN (2000): Multivariate QTL analysis using structural equation modeling: a look at power studies under simple conditions. In Specton, T.D.; Snieder, H.; MacGregor, A.J.

(eds), **Advances in twin and Sib-pair analysis**. Greenwich Medical media, Ltd. London. pp: 203-218.

BOOMSMA, D.I.; M.B.D. VAN DER BREE; J.F. ORLEBEKE; P.C.M. MOLENAAR (1989): **Resemblances of parents and twins in sports participation and heart rate**. *Behavior Genetics*, 19 (1): 23-141.

BOUCHARD, C., and T. RANKINEN (2001): **Individual differences in response to regular physical activity.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (6): S446-S451.

BOUCHARD, C.; A. TREMBLAY; A. NADEAU; J.P. DESPRÉS; G. THÉRIAULT; M.R. BOULAY; G. LORTIE; C. LEBLANC, and G. FOURNIER (1989): **Genetic effect in resting and exercise metabolic rates**. *Metabolism* 38 (4): 364-370.

BOUCHARD, C.; R. LESAGE.; G. LORTIE; J. SIMONEAU; P. HAMEL; M.R. BOULAY; L. PÉRUSSE; G. THÉRIAULT, and C. LEBLANC (1986): **Aerobic performance in brothers, dizygotic and monozygotic twins**. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 18 (6): 639-646.

BOUCHARD, C.; R. MALINA; L. PÉRUSSE (1997): **Genetics of fitness and physical performance**. Champaign. Human Kinetics, Illinois.

BOUCHARD, C.; R. SHEPHARD and T. STEPHENS (1994): **Physical activity, Fitness and health: International Proceedings and Consensus Statement**. Champaign. Human Kinetics, Illinois.

BOUTEN, C.V.; K.R. WESTERTERP; M. VERDUIN, and J.D. JANSSEN (1994): **Assessment of energy expenditure for physical activity using a triaxial accelerometer.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26 (12): 1516-1523.

CACHAPUZ, C. (1998):**Actividade física em adultos idosos – um estudo realizado no concelho do Porto**. Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

CARDOSO, M.V.T. (2000): **Aptidão Física e Actividade Física da População Escolar do Distrito de Vila Real.** Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

CASPERSEN, C.J. (1989): **Physical activity epidemiology: Concepts, methods and applications to exercise science.** *Exercise and Sport Sciences Review,* 18: 423-473.

CASPERSEN, C.J.; K.E. POWELL, and G.M. CHRISTENSEN (1985): **Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research.**. *Public Health Reports,* 100 (2): 126-131.

CASPERSEN, C.J.; P. NIXON; R. DURANT (1998): **Physical activity Epidemiology applied to Children and adolescents.** *Exercise and Sport Sciences Review,* 26: 341-403.

CDC (1996): **Physical Activity and Health**: a report of the Surgeon General Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.

CDC/ACSM (1995): **Physical activity and public health.** A recommendation from the centers for disease control and the American College of Sports Medicine. *JAMA*, 273 (5): 402- 407.

CHEN, K.Y., and M. SUN (1997): **Improving energy expenditure estimation by using a triaxial accelerometer.** *J. Appl. Physiolog.*, 83 (6): 2112-2122.

COLEMAN, K.J.; B.E. SAELENS; M.D. WIEDRICH-SMITH; J.D. FINN and L.H. EPSTEIN (1997): **Relationships between Tritrac-R3D vectors, heart rate, and self – report in obese children.**

Medicine & Science in Sports & Exercise, 29 (11): 1535-1542.

CROCKER, P.R.E.; D.R. HOLOWACHUK, and K.C. KOWALSKI (2001): **Feasibility of Using the Tritrac Motion Sensor Over a 7-Day Trial With Older Children.** *Pediatric Exercise Science*, 13: 70-81.

CUNNINGHAM, F.G.; P.C. MACDONALD; N.F. GANT; K.J. LEVENO; L.C. GILSTRAP III; G.D.V. HANKINS; S.L. CLARK (1997): Multifetal Pregnancy. In: **Williams Obstetrics 20th Edition.** Appleton and Lange (eds). Edição Internacional: Prentice Hall Internacional. pp: 861-894.

DEFRIES, J.C.; M.C. GERVAIS, and E.A. THOMAS (1978): **Response to 30 Generations of Selection for Open-Field Activity in Laboratory Mice.** *Behavior Genetics*, 8 (1): 3-13.

EKELUND, U.; M. SJOSTROM; A. YNGVE; E. POORTVLIET; A. NILSSON; K. FROBERG; N. WEDDERKOPP, and K. WESTERTERP (2001): **Physical activity assessed by activity monitor and doubly labeled water in children.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (2): 275-281.

ESTON, R.G.; A.V. ROWLANDS; D.K. INGLEDEW (1998): **Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children`s activities.** *J. Appl. Physiolog.*, 84 (1): 362-371.

FALCONER, D.S. (1990): **Introduction to quantitative genetics.** Essex. Longman Scientific & Technical.

FERREIRA, J.C. (1999): **Aptidão Física, Actividade Física e saúde da população escolar do centro da área educativa de Viseu: estudo em crianças e jovens de ambos os sexos dos 10 aos 18 anos de idade**. Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

FLINT, J.; R. CORLEY; J.C. DeFRIES; D.W. FULKER; J.A. GRAY; S. MILLER, and A.C. COLLINS (1995): **A simple genetic basis for a complex phychological trait in laboratory mice.** *Science*, 269: 1432-1435.

FONTAINE, E.; R. SAVARD; A. TREMBLAY; J.P. DESPRES; E. POEHLMAN, C. BOUCHARD (1985): **Resting metabolic rate in monozygotic and dizygotic twins.** Acta Genet. Med. Gemellol. 34: 41-47.

FREEDSON, P.S., and E.L. MELANSON (1996): Measuring physical activity. In: **Measurement in Pediatric Exercise Science.** D. Docherty (eds). Champaign., Illinois. Human Kinetics. pp: 261-283.

FREEDSON, P.S.; E. MELANSON, and J. SIRARD (1998): **Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30 (5): 777-781.

FREEDSON, P.S.; K. MILLER (2000): **Objective monitoring of physical activity using motion sensors and heart rate.** *Research Quarterly for Exercise and Sport,* 71 (2): 21–29.

GILGER, J.W. (2000): **Contributions and Promise of Human Behavioral.** *Human Biology,* 7 (1): 229-255.

GORAN, M.I. (1997): **Genetic influences on human energy expenditure and substrate utilization.** *Behavior Genetics*, 27 (4): 389-399.

GRAÇA, L.M. (1996): **Medicina materno-fetal: fundamentos e prática clínica.** Volume II. Lisboa.

HATANO,Y. (1993): **Use of the Pedometer for promoting daily walking exercise.** *International Council for Health, Physical Education, and Recreation, 29* (4): 4-8.

HATANO,Y. (1997): **Prevalence and Use of Pedometer.** *Research Journal of walking*, 1: 45-54.

HENDELMAN, D.; K. MILLER; C. BAGGETT; E. DEBOLD, and P. FREEDSON (2000): **Validity of accelerometer for the assessment of moderate intensity physical activity in the field.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (9): S442-S449.

HENRIQUES, S. C. O. (2000): **Relação multivariada entre Actividade Física Habitual e Aptidão Física**. Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

JACOBS, D.R.; B.E. AINSWORTH; T.J. HARTMAN; A.S. LEON (1993): **A simultaneous evaluation of 10 comunly used physical activity questionnaire.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25: 81-1245.

JAKICIC, J. M.; C. WINTERS; K. LAGALLY; J. HO; R. J. ROBERTSON, and R. N. WING (1999): **The accuracy of the Tritrac-R3D accelerometer to estimate energy expenditure.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (5): 747-754.

JANZ, K. F.; J. WITT, and L. T. MAHONEY (1995): **The stability of children`s physical activity as measured by accelerometry and self – report.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27 (9): 1326-1332.

KAPRIO, J.; M. KOSKENVUO; S. SARNA (1981): **Cigarette smoking, use of alchool, and leisure-time physical activity among same-sexed adult male twins.** In *Progress in Clinical and Biological Research*. Allan R. Liss. New York: 37-46.

KESANIEMI, Y.A.; E. DANFORTH; M.D. JENSEN; P.G. KOPELMAN; P. LEFEBVRE; B.A. REEDER (2001): **Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (6): S351-S358.

KHOURY, M.J.; BEATY; B.H. COHEN (1993): **Fundamentals of genetic epidemiology.** New York. Oxford University Press.

KILLORON, A.; P. FENTEM; C. CASPERSON (1994): **Moving On. International perspectives on promoting physical activity**. Health Education Authority.

KOHL, H.W.; J. E FULTON; and C. J. CASPERSON (2000): **Assessment of Physical activity among children and adolescents: a review and synthesis.** *Preventive Medicine*, 31(2): S54 – S76.

KOOPMANS, J.R.; L J.P. VAN DOOMEN; D.I. BOOMSMA (1994): Smoking and sports participation. In: GOLDBOURT, U.; U. de FAIRE; K. BERG, (eds). **Factors in coronary heart disease**. Dordrecht, Kluwer Academic. pp: 217-235.

LAPORTE, R. E.; H. J. MONTOYE; C. J. CASPERSEN(1985): **Assessment of Physical Activity in Epidemiologic Research: Problems and prospects.** *Public Health Reports,* 100 (2): 131 - 146.

LAUDERDALE, D.S.; R. FABSITZ; J.M. MEYER; P. SHOLINSKY; V. RAMAKRISHNAN; J. GOLDBERG (1997): **Familiar determinants of moderate and intense physical activity: a twin study**. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29 (8): 1062-1068.

LEENDERS, N. Y. M.; W. M. SHERMAN, and H. N. NAGARAJA (2000): **Comparisons of four methods of estimating physical activity in adult women.** *Medicine & Science in Sports &*

Exercise, 32 (7): 1320-1326.

LITTLE, R.J.A.; D.B. RUBIN (1987): **Statistical Analysis with Missing Data.** New York: Wiley, pp: 278.

LIU, B.H. (1998): **Statistical Genomics.** CRC Press LLC. Boca Raton.

LOPES, V.P. (1997): **Análise dos efeitos de dois programas distintos de Educação Física na expressão da aptidão física, coordenação e habilidades motoras em crianças do ensino primário.** Dissertação de Doutoramento. FCDEF-UP. Porto.

LOUIE, L.; R.G. ESTON; A.V. ROWLANDS; K.K. TONG; D.K. INGLEDEW, and F.H. FU (1999): **Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for estimating the energy cost of activity in Hong Kong Chinese boys.** *Pediatric Exercise Science*, 11: 229-239.

MAIA, J.A.R. (1995): **Avaliação da aptidão física. Aspectos metodológicos e analíticos**. *Revista Horizonte*. XI 65: 190-197.

MAIA, J.A.R. (1996): **Avaliação da aptidão física. Uma abordagem metodológicos**. *Revista Horizonte*. XIII 73 (Dossier). Lisboa.

MAIA, J.A.R. (2001): **Aspectos genéticos da actividade física. Um estudo univariado em gémeos**. José António Ribeiro Maia Editor. Actas do Seminário Genética e Práticas Desportivo-Motoras, FCDEF-UP, Porto.

MAIA, J.A.R.; R. LOOS; G. BEUNEN; M. THOMIS; R. VLIETINCK; F.P. MORAIS; V. P. LOPES (1999): **Aspectos genéticos da prática desportiva: um estudo em gémeos**. *Revista Paulista de Educação Física*, 13 (2): 160-176.

MAIA, J.A.R.; V. LOPES; F.P. MORAIS (2001): **Actividade física e aptidão física associada à saúde. Um estudo de epidemiologia genética em gémeos e seus progenitores do arquipélago dos açores**. DREFD e FCDEF (eds). Porto. No prelo.

MAYEDA, A.R. and J.R. HOFSTETTER (1999): **A QTL for the Genetic Variance in Free-Running Period and Level of Locomotor Activity Between Inbred Strains of Mice**. *Behavior Genetics*, 29 (3): 171-176.

MAYEDA, A.R. and J.R. HOFSTETTER; J.K. BELKNAP; J.I. NURNBERGER (1996): **Hipothetical quantitative trait loci (QTL) for circadian period of locomotor activity in CXB recombinant inbred strains of mice**. *Behavior Genetics*, 26 (5): 505-510.

MCARDLE, W. D.; F. I KATCH, & V. L. KATCH (1992): **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro.

MCMURRAY, R G.; J.S. HARRELL; C. B. BRADLEY; J.P.WEBB, and E. M. GOODMAN (1998): **Comparison of a computerized physical activity recall with a triaxial motion sensor in middle-school youth.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30 (8): 1238-1245.

MONTOYE, H.; H. KEMPER; W. SARIS, and R. WASHBURN (1996): **Measuring Physical Activity and Energy Expenditure**. Human Kinetics. Champaign, Illinois.

NANCE, W.E.; M.C. NEALE (1989): **Partitioned twin analysis: a power study.** *Behavioral Genetics*, 19 (1): 143-150.

NEALE, M.C.; H.M. MAES (2001): **Methodology for genetic studies of twins and families.** Kluwer

Academic publishers B.V..Dordrecht.

NEALE, M.C.; L.R. CARDON (1992): **Methodology for genetic studies of twins and families.** Kluwer Academic publishers. Dordrecht.

NICHOLS, J.F.; C.G. MORGAN; J.A. SARKIN; J.F. SALLIS, and K.J. CALFAS (1999): **Validity, reliability, and calibration of the Tritrac accelerometer as a measure of physical activity.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (6): 908-912.

NICHOLS, J.F.; C.G. MORGAN; L. E. CHABOT; J.F. SALLIS, and K.J. CALFAS (2000): **Assessment of physical activity with the Computer Science and Applications, Inc., accelerometer: Laboratory versus field validation.** *Research Quarterly for Exercise and Sport,* 71 (1): 36-43.

PATE, R.R.; B.J. LONG, and G. HEATH (1994): **Descriptive Epidemiology of Physical Activity in Adolescents.** *Pedriatric Exercise Science*, 6: 434- 447.

PEETERS, H.; S.Van GESTEL; R. VLIETINCK; C. DEROM, and R. DEROM (1998): **Validation of a telephone zygosity questionnaire in twins of known zygosity.** *Behavior Genetics*, 28 (3): 159-163.

PEREIRA, P. (1999): **Influência parental e outros determinantes nos níveis de AF – um estudo em jovens do sexo feminino dos 12 aos 19 anos.** Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

PÉRUSSE, L.; A. TREMBLAY; C. LEBLANC; C. BOUCHARD (1989): **Genetic and environmental influences on level of habitual physical activity and exercise participation.** *Am. J. Epidemiology.* 129 (5): 1012-1022.

PHILIPPAERTS, R. (1998): **Physical activity and physical fitness in male adolescents and adults.** Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Educação Física e Fisioterapia. Universidade Católica de Lovaina. Lovaina.

PINA de MORAIS, F.; J. MAIA; M. POMBO (1998): **Grau de semelhança parental nos hábitos de actividade física. Comunicação apresentada ao Congresso de Educação Física e Desporto dos países de língua portuguesa.** Corunha. Espanha.

PLOMIN, R.; J. C. DEFRIES; G. E. MCCLEAN; M. RUTTER (1997): **Behavioral Genetics.** 3ª edição, H. Freeman and Company, New York.

PLOMIN, R.; J.C. DEFRIES; G.E. MCCLEAN; M. RUTTER (2000): **Behavioral Genetics.** 4ª edição, H. Freeman and Company, New York.

POLS, M.; P. PEETERS; H. KEMPER; H. COLLETE (1996): **Repeatibility and relative validity of two physical activity questionnaires in elderly women.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 8 (28): 1020-1025.

RIBEIRO, A.M.F.M. (2000): **Actividade física habitual em idosos activos: caracterização do tempo de actividade na semana e no fim de semana.** Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

RICHARDSONS, M.T.; A.S. LEON; D.R. JACOBS; B.E. AINSWORTH, and R. SERFASS (1993): **Comprehensive evaluation of the Minnesota Leisure Time Physical Activity Questionnaire.** *J. Clin. Epidemiol.* 47: 271-281.

RODRIGUES, M.M.G.C.S. (2000): **Aptidão Física e Padrões de Actividade física em adultos idosos: um estudo realizado nos concelhos de Vila do Conde e Póvoa do Varzim.** Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

ROGERS, L.; M.C. MAHONEY; L. ALMASY; A.G. COMUZZIE; J. BLAUGERO (1999): **Quantitative Trait Linkage Mapping in Anthropology.** *Yearbook of Physical Anthropology.* 42: 127-151.

SÁ, M. P. C.M. (2000): **Transmissibilidade nos Hábitos de Actividade Física.** Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

SALLIS, J, and K. PATRICK(1994): **Physical Activity Guidelines for Adolescents: Consensus Statement.** *Pedriatric Exercise Science*, 6: 302-313.

SALLIS, J.; OWEN, N. (1999): **Physical Activity & Behavioral Medicine**. Sage publications, California.

SÁNTOS, M.C. (1996): **Aptidão física e actividade física habitual:** Estudo Transversal em adultos Jovens dos dois sexos da Região Autónoma da Madeira. Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

SANTOS, M.P.M. (2000): **Avaliação da ctividade física habitual em crianças e jovens do Grande Porto.** Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

SEQUEIRA , M.M.; M. RICHARDSON; V. WIETLISBACH; B. TULLEN, and Y. SCHUTZ (1995): **Physical activity assessment using a pedometer and its comparison with a questionnaire in a large population study.** *American Journal of Epidemiogy*, 142: 989-999.

SHERMAN, W.M.; D.M. MORRIS; T.E. KIRBY; R.A. PETOSA; B.A. SMITH; D.J. FRID, and N. LEENDERS (1998): **Evaluation of a commercial accelerometer (TRITRAC – R3D) to measure energy expenditure during ambulation.** *International Journal Sports Medicine*, 19: 43-47.

SNEDECOR, G.W.; W.G. COCHRAM (1989): **Statistical Methods, 8th Edition.** Iowa Sate University Press. Ames.

SOKOLOWSKI, M.B.; R.J. GREENSPAN; H.S. PEREIRA; A. COULTHARD; R.A. SHAW; E. BURGESS; A. ROBICHON and K.A. OSBORNE (1997): **Natural behavior polimorphism due to a cGPM-dependent protein kinase of drosophila**. *Science. 277 (5327)*: 834.

TROS, S.G.; R.R. PATE; P.S. FREEDSON; J.F. SALLIS, and W.C. TAYLOR (2000): **Using objective physical activity measures with youth: How many days of monitoring are needed?.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (2): 426-431.

TURNER, J.R.; L.R. CARDON and J.K. HEWITT (1995): **Behavior Genetic Approaches in Behavioral Medicine.** Plenum Press, New York.

VICTOR, H. (1999): **Percepção do estado geral de saúde e Actividade Física.** Dissertação de Mestrado. Não publicada. FCDEF-UP. Porto.

WELK, G.J.; C.B. CORBIN (1995): **The validity of the Tritrac – R3D activity monitor for the assessment of physical activity in children.** *Research Quarterly for Exercise and Sport,* 66 (3): 202-209.

WELK, G.J.; C.B. CORBIN, and J.B. KAMPERT (1998): **The validity of the Tritrac – R3D activity monitor for the assessment of physical activity: II. Temporal relationships among**

objective assessments. *Research Quarterly for Exercise and Sport,* 69 (4): 395-399.

WELK, G.J.; J.A. DIFFERDING; R.W. THOMPSON; S.N. BLAIR; J. DZIURA, and P. HART (2000a): **The utility of the Digi – walker step counter to assess daily physical activity patterns.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (9): S481-S488.

WELK, G.J.; S.N. BLAIR; K. WOOD; S. JONES, and R.W. THOMPSON (2000b): **A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (9): S489-S497.

WILLIAMS, C.J.; J.C. CRISTIAN; J.A. NORTON (1992): **TWINAN90: a FORTRAN program for conducting ANOVA – based and likelihood-based analyses of twin data.** *Computer Methods and Programs in Biomedicine,* 38: 167-176.

ANEXOS

O que deves fazer?

1 – Quando te levantares de manhã, não esquecer de colocar o acelerómetro (aparelho maior) e o pedómetro (walker) tal como foi indicado e retirá-los somente ao deitar.
Para que os aparelhos funcionem bem, não podes andar com eles no bolço ou nas mãos, mas sim na cintura.

2 – Preencher o diário. No diário deves colocar o que vais fazendo ao longo do dia começando por registar a hora (hora e minutos) a que colocas os aparelhos, **por exemplo:**

7h – Levantei-me às 7.50h e coloquei os aparelhos…

8h – Saí para a escola às 8.10h. de carro/ a pé / de autocarro….. Tive aulas das 8.30 até às 9.20 e das 9.30 até às 10.20 …….etc, ou tive um furo das 10.30 às 11.30 onde estive a jogar futebol…..etc

14h – Saí da escola às 13.20h, vim a pé para casa e Almocei às 13.45h…….
….. Deves registar se tiveste aulas, se estiveste a brincar (e que tipo de brincadeira) ou a estudar, etc

19h – Tive treino de… até às…..

20h – Cheguei a casa às 20. 05h…e fui estudar/ver televisão/ajudar os meus pais até às……..

22h – Retirei os aparelhos para me deitar às 22.30h….

3 – Se tiveres aulas de Educação física, treinos ou se fizeres uma outra actividade fora do comum, não te esqueças de registar a hora no diário e se possível não retires os aparelhos.

4 – Nestes dias deves ter cuidado nas brincadeiras que fazes para não deixares cair os aparelhos.

5 – Se por alguma razão tirares os aparelhos, não te esqueças de escrever a hora e o porquê.

6 – Ao deitar, quando tirares os aparelhos não esquecer de registar no diário os valores indicados no pedómetro (Walker). Para isso basta abrires, carregares na tecla MODE (não podes tocar em mais nenhuma tecla) e registar os números que aparecem no STEP (n.º de passos); Km e Kcal. Depois de registares os números podes carregar na tecla amarela para colocar tudo a zeros. Fechas o aparelho e repetes a operação todos os dias.

No aparelho maior não precisas de fazer nada.

Se precisares de falar comigo podes ligar para os números de telefone: 252.417139 ou 967029206

Obrigada pela tua colaboração

MADALENA
OLIVEIRA

Dia – .....*

Diário

Hora	Registo das actividades realizadas durante o dia
7 h	
8 h	
9 h	
10 h	
11 h	
12 h	
13 h	
14 h	
15 h	
16 h	
17 h	
18 h	
19 h	
20 h	
21 h	
22 h	
23 h	
24 h	
.....h	

Ao deitar o pedómetro (Walker) indicava:

nº de passos_____

Km_____

Kcal_____

(foi entregue uma folha para cada dia de registo)

Matrizes de covariância

Gémeos MZ

counts

Dias	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo	2ª feira
5ª feira	6777540424				
6ª feira	3702305202	7763361119			
Sábado	4573167743	4383360252	9222631721		
Domingo	3369914533	3012264674	5936355882	7260326639	
2ª feira	3824470416	4092961079	3782182854	2813516145	7243444475

mets

Dias	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo	2ª feira
5ª feira	48806.4				
6ª feira	27214.3	53427.8			
Sábado	32160.1	29851.5	62461.1		
Domingo	26251.9	21928.9	41824.7	57071.1	
2ª feira	29547.2	26551.7	27741.6	20951.8	43318.5

Passos

Dias	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo	2ª feira
5ª feira	20404196				
6ª feira	11829333	28222639			
Sábado	14122598	16132614	36770307		
Domingo	12730721	13881898	25304215	31301480	
2ª feira	9971073	11269083	9625615	7928179	28159137

Km

Dias	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo	2ª feira
5ª feira	10.5				
6ª feira	6.3	14.0			
Sábado	7.9	8.2	17.4		
Domingo	6.9	7.6	12.7	15.8	
2ª feira	6.1	6.3	6.5	5.0	15.3

	Kcal				
Dias	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo	2ª feira
5ª feira	25923.9				
6ª feira	21615.9	46885.6			
Sábado	26283.9	34921.8	5770.3		
Domingo	23495.1	32689.6	44702.6	48175.5	
2ª feira	9740.9	16047.0	16404.6	12998.6	31763.9

Gémeos DZ

	counts				
Dias	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo	2ª feira
5ª feira	2900186552				
6ª feira	2591570882	6687328069			
Sábado	799647010.9	1918282037	4754234163		
Domingo	822505755.5	2817859369	3008506930	4868207221	
2ª feira	2152728608	3988578004	1431692826	2070491509	5953685915

	mets				
Dias	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo	2ª feira
5ª feira	19468.2				
6ª feira	17447.0	44988.6			
Sábado	5370.2	13042.6	32020.4		
Domingo	5437.5	18967.5	20214.8	32404.3	
2ª feira	12955.8	24976.8	10625.1	11359.5	35689.1

	passos				
Dias	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo	2ª feira
5ª feira	27665940.7				
6ª feira	17108107.7	23640122.9			
Sábado	9854300.4	9126143.7	26042483.6		
Domingo	10938503.6	9517846.1	18147017.8	27160000.3	
2ª feira	9422172.1	10395797.7	7931923.5	7220367.8	13880729.8

	Km				
Dias	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo	2ª feira
5ª feira	15.9				
6ª feira	10.2	13.0			
Sábado	6.9	6.3	14.9		
Domingo	6.7	5.8	10.7	14.9	
2ª feira	6.7	6.8	5.8	5.0	8.3

	Kcal				
Dias	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo	2ª feira
5ª feira	35631.8				
6ª feira	25261.5	30739.9			
Sábado	15268.0	15296.0	35770.4		
Domingo	14454.1	15419.9	24912.2	33213.5	
2ª feira	15551.9	18002.9	15381.5	15838.6	24987.5