

# *A estabilidade da Aptidão Física. O problema, essência analítica, insuficiências e apresentação de uma proposta metodológica baseada em estudos de painel com variáveis latentes*

Maia, J.A.R.\*  
Lefevre, J.\*\*  
Beunen, G.\*\*\*  
Claessens, A. \*\*\*\*

## **Resumo**

O presente ensaio trata o tema da estabilidade e a aptidão física. Discute o conceito de *tracking* ligado às noções de estabilidade e da predição da performance. Apresenta resultados de varios estudos no dominio da aptidão física e sobre eles aponta problemas metodológicos. Sugere como alternativa o Modelo Simplex Auto-regressivo com variáveis latentes com múltiplos indicadores e erros de medida — modelo que é facilmente resolúvel em programas estatísticos como o LISREL.

## **Abstract**

This essay covers the theme of physical fitness stability. It discusses the concept of tracking connected to the notions of stability and the performance prediction. It presents results from many studies in the field of physical fitness and points out methodological problems about them. It also suggests, as an alternative, the Simplex Self regressive Model with latent variables with multiple indicators and measure errors ----- -model that is easily resolvable in statistical programs as the LISREL.

## 1. INTRODUÇÃO

O tema que aqui vos trago, o da estabilidade da expressão da Aptidão Física (AF), é praticamente desconhecido nos países de língua portuguesa. Esta forte insuficiência é justificada, fundamentalmente, por duas ordens de razões:

- A primeira prende-se com o fato deste tipo de estudos exigir dados de natureza longitudinal e, tanto quanto julgo saber, são raros nesses países, até a data, pesquisas de natureza longitudinal sobre a AF.

- A segunda, decorrente da primeira, associa-se à natureza intrínseca da quase totalidade da investigação sobre a AF nos países lusófonos ser de natureza eminentemente transversal. Apesar dos esforços pioneiros de Sobral (1989) e do forte ressurgimento de trabalhos no amplo domínio da AF em crianças e jovens (Marques *et al.* 1992; Freitas, 1994; Sá, 1995; Almeida, 1995; e Fontoura, 1996 - em Portugal -; Prista, 1994 - em Moçambique; Matsudo, 1993 e 1996; Guedes e Guedes, 1997; Gaya, 1997 - no Brasil), ainda não passamos de *designs* de pesquisa de corte transversal.

Estranhamente andamos arredados de preocupações centrais de pesquisas de cariz epidemiológico e desportivo-motor no vasto domínio da ontogênese motora do ser humano, principalmente na adolescência e na adulta.

Esse tema da estabilidade e mudança na expressão da AF ocupa, por diferentes motivos, uma parte substancial da pesquisa na seleção de talentos desportivos (Maia, 1993), na Psicologia Industrial (Hoffmann, Jacobs e Gervas, 1992; Hauges, Schneider e Niles, 1990; Henry e Hulin, 1987), e em Epidemiologia (Ware e Wu, 1981; Van Luthe, Kemper e Twisk, 1994; Kelder, Perry, Klepp e Lythe, 1994; Twisk, Kemper e Snel, 1995).

No domínio do desenvolvimento motor e da expressão diferencial da AF, são bem conhecidas as pesquisas pioneiras sobre a sua estabilidade, realizadas que foram por Espenschade (1940), Clarke (1971), Rarick e Smoll (1976) e Beunen *et al.* (1979). O forte impacto atual da investigação sobre o proble-

ma da estabilidade ou instabilidade da AF e atividade física prende-se com a seguinte crença (Beunen *et al.* 1990; 1992; Malina, 1990; 1996):

- A prática regular e sistemática de atividade física e exercício, bem como o estado da AF transfere-se para o estado de adulto sob a forma de comportamentos adquiridos com fortes benefícios para a sua funcionalidade, hábitos de vida e saúde.

Essa crença encontra-se reforçada por estudos de natureza epidemiológica que atribuem ao exercício físico, nível de atividade física e aptidão física do sujeito uma redução substancial, entre outros aspectos, do risco de doença coronária, obesidade, osteoporose e *diabetes mellitus* tipo II (Bouchard *et al.*, 1990). Daqui que o tema seja da maior atualidade (ver, por exemplo, Bouchard e Shephard, 1992; Malina, 1990; 1996).

## 2. O CONCEITO

Na literatura internacional sobre essa matéria, é usual a utilização do termo *tracking*, de difícil tradução para Português. O significado do dicionário para *tracking* refere-se à manutenção de uma distância constante entre um par de rodas e/ou seguir uma pista que deixa marcas visíveis no terreno. Deste duplo significado emergem quatro aspectos que são importantes para entender o conteúdo e todo o processo analítico de identificação deste processo: (1) a presença de indicadores no terreno; (2) estabilidade das pistas; (3) "facilidade" em seguir uma pista, e (4) a possibilidade em "antecipar" pontos da pista a partir daqueles que são previamente conhecidos (Maia, 1996).

O *tracking* evidencia, também, uma pluralidade de significações para diferentes autores (Ware e Wu, 1981; Lefevre, 1994). Segundo esses investigadores, esse conceito tem sido operacionalmente expresso do seguinte modo:

- Tendência para as medidas seriadas de um sujeito se manterem no mesmo quartil na distribuição populacional da variável (i.e. estamos diante do *tracking* dos extremos).

Manutenção de um desvio constante da

**Na literatura internacional sobre essa matéria, é usual a utilização do termo tracking, de difícil tradução para Português. O significado do dicionário para tracking refere-se à manutenção de uma distância constante entre um par de rodas e/ou seguir uma pista que deixa marcas visíveis no terreno.**

média populacional em diferentes pontos do tempo.

- Manutenção da ordem dos valores esperados de dois sujeitos num dado intervalo de tempo.

Em alguns estudos de natureza epidemiológica, o termo *tracking* e a sua operacionalização têm sido utilizados para monitorizar a estabilidade de fatores de doença e risco relativo de doenças cardiovasculares (Malina, 1990; 1996).

Não obstante o caráter lato da palavra e da pluralidade da sua operacionalização, parece ser mais ou menos pacífico, em contextos epidemiológicos ou clínicos e em axiometria, que o termo *tracking* expressa duas noções intimamente associadas - a da estabilidade e a da predição (Beunen *et al.*, 1992; Lefevre, 1994; Maia, 1996; Malina, 1990; 1996; Roche, 1995). A noção de estabilidade refere-se à manutenção da posição relativa de um sujeito no seio de um grupo em momentos temporalmente distintos, e só é possível de ser conhecida em estudos de natureza longitudinal. Predição refere-se ao uso de uma ou mais variáveis cujos valores são conhecidos no instante  $t_0$  e que são utilizados para prever/predizer/prognosticar o seu valor, ou o de outra variável, no instante  $t_r$ . É evidente que esta noção e a sua operacionalização exigem séries de valores de variáveis predictoras e um bom modelo matemático.

Na pesquisa em AF, o termo *tracking* (ou estabilidade de uma característica ou tra-

ço métrico) refere-se à manutenção da posição relativa ou posto de um sujeito no seio de um grupo em diferentes pontos do tempo (Beunen *et al.*, 1990; 1992; Malina, 1990; 1996).

Como é que se identifica a presença do *tracking*? Essencialmente, em estudos axiométricos, de desenvolvimento psicomotor e epidemiológicos, é usual o recurso a quatro procedimentos - autocorrelação, ajustamento de modelos matemáticos, canalização e análise de risco em grupos extremos (Maia, 1996; Malina, 1996; Roche, 1995). Destes, o mais utilizado é, sem dúvida, o procedimento da autocorrelação ou correlação interidades. Trata-se, como a própria expressão indica, de calcular os valores do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre idades para os mesmo sujeitos. O valor barreira empírico para se considerar um traço estável é de 0,50 (Bloom, 1964), embora Malina (1996) sem qualquer justificação substantiva tenha apresentado as seguintes propostas:  $0,30 > r$  é baixo;  $0,30 < r < 0,60$  é moderado. A título de exemplo, apresentamos uma matriz de autocorrelação para a prova de corrida de 60 metros numa amostra de sujeitos que foi seguida longitudinalmente dos 12 aos 17 anos. Os valores que importa salientar no Quadro 1 são os que se encontram abaixo da diagonal principal, e que refletiriam, em função da sua magnitude, a estabilidade ou instabilidade da "performance" na prova ao longo do tempo.

### 3. RESULTADOS NO DOMÍNIO DA AF

Beunen *et al.* (1990; 1992) estudaram a

**Em alguns estudos de natureza epidemiológica, o termo tracking e a sua operacionalização têm sido utilizados para monitorizar a estabilidade de fatores de doença e risco relativo de doenças cardiovasculares (Malina, 1990; 1996).**

Quadro 1. Valores de autocorrelação para a prova de corrida de 60 metros (adaptado de Ponnet *et al.* 1993).

Idades	12	13	14	15	16	17
12	1,00					
13	0,82	1,00				
14	0,61	0,65	1,00			
15	0,64	0,63	0,81	1,00		
16	0,66	0,61	0,69	0,79	1,00	
17	0,70	0,66	0,73	0,77	0,80	1,00

estabilidade de um conjunto variado de itens da AF durante a adolescência e os 30 anos de idade. Para tal correlacionaram os valores obtidos aos 30 anos com os valores dos mesmos itens aos 13, 14, 15, 16, 17 e 18 anos de idade. O Quadro 2 apresenta uma versão reduzida dessas pesquisas.

Os valores de r são baixos a moderados, à exceção dos que se referem à componente da flexibilidade. A estabilidade é menor nas idades mais afastadas dos 30 anos (13 e 15 anos), e maior no final da adolescência - 18 anos, se bem que os valores se situem próximos do valor barreira de 0,50.

Ponnet *et al* (1994) estudaram a esta-

bilidade de vários itens da AF numa subamostra de 41 sujeitos dos 12 aos 15 anos de idade, proveniente de um estudo longitudinal misto composto por quatro *coortes* de idade seguidos durante 6 anos. A avaliação da AF associada à performance desportivo-motora contemplou sete testes (Quadro 3).

É praticamente evidente o declínio dos valores de autocorrelação dos 12/13 anos para os 12/15 anos, fato bem conhecido na literatura. Contudo, na generalidade, os valores são superiores ao valor de corte de 0,50, à exceção dos da prova de corrida vaivém. A justificação avançada para a variação nos valores de autocorrelação prende-se com a variabilidade no *timing* e "tempo" maturacional, bem como

**Quadro 2.** Valores de autocorrelação para cinco itens da AF associada à saúde (adaptado de Beunen et al., 1992).

Componente da AF	Teste	13/30	15/30	18/30	$r_x^1$
Adiposidade	Soma de pregas	0,47	0,50	0,55	0,51
Flexibilidade	<i>Sit-and-reach</i>	0,68	0,70	0,82	0,73
Força e resistência muscular	<i>Leg lifts</i>	0,44	0,55	0,53	0,50
Força e resistência da parte superior do tronco	Tempo de suspensão na barra	0,46	0,49	0,55	
Recuperação cardiorrespiratória	<i>Step-test</i>	0,26	0,36	0,36	0,33

Valor médio de correlação

**Quadro 3.** Valores de autocorrelação de sete testes marcadores da AF no intervalo de idade dos 72 aos 15 anos (adaptado de Ponnet et al., 1993).

Testes	12/13	12/14	12/15	$r_x^1$
Batimento de placas	0,58	0,45	0,63	0,55
<i>Sit-and-reach</i>	0,85	0,80	0,72	0,79
Impulsão vertical	0,95	0,90	0,87	0,91
<i>Arm pull</i>	0,78	0,73	0,55	0,69
<i>Leg lifts</i>	0,72	0,61	0,55	0,63
Tempo suspensão na barra	0,82	0,73	0,65	0,73
Corrida vaivém (10 x 5 m)	0,70	0,41	0,34	0,48
Corrida de duração (6 minutos)	0,78	0,83	0,63	0,75

Valor médio de correlação.

da sua influência na idade de ocorrência do pico de velocidade da altura e pico da velocidade da força.

Da literatura ressalta a insuficiência de dados de natureza longitudinal em pesquisas sobre a AF associadas à performance desportivo-motora e à saúde nos períodos da infância, adolescência e na adulta. Os dados dos Quadros 4, 5 e 6 procuram traçar um resumo sintético de uma parte substancial da informação disponível.

Os valores de autocorrelação são baixos a moderados. Importa salientar que o intervalo de idade considerado reflete um período de fortes modificações somáticas, motoras e sociopsicológicas próprias da puberdade, à qual se encontra intimamente associada uma forte marcação dos seus eventos biológicos e motores mais característicos.

O Quadro 5 apresenta alguns resultados da estabilidade dos testes que pretendem marcar as componentes da força explosiva, da velocidade e da agilidade.

Tal como anteriormente, os valores de correlação ano-a-ano são baixos a moderados. As justificações anteriormente apresentadas encontram eco, também aqui. Nos estudos de Branta et al. (1984) as principais justificações para tais resultados, sobretudo no intervalo dos 5-10 anos, referem-se à aquisição de padrões mais maduros de movimento.

O Quadro 6 mostra a reduzida produção científica no domínio do estudo da estabilidade do consumo máximo de oxigênio.

Tal como anteriormente, também aqui, os valores são baixos a moderados, à exceção dos de Kemper *et al* (1990) no intervalo de idade dos 16-21 anos. Os reduzidos valores de autocorrelação parecem refletir mudanças em atitudes e comportamentos relativamente à prática de exercício e atividade física dos sujeitos. O que aqui parece estar presente é o fraco poder preditivo do consumo máximo de O<sub>2</sub> aos 13 anos relativamente aos valores obtidos aos 21 anos.

Em resumo, a crença inicialmente apresentada, se bem que de elevada importância em termos de saúde pública e manutenção de comportamentos e atitudes relativamente à atividade física e AF, não parece ser fortemente suportada pela amostra de pesquisas previamente apresentadas. Os autores (Beunen et al, 1990; 1992; Kemper *et al*, 1990; Malina, 1990; 1996; Twisk et al., 1991) referem justamente que os valores de autocorrelação são baixos a moderados em intervalos de idade muito afastados no tempo. Daqui que se poderia questionar o suporte substantivo da crença e o procedimento analítico utilizado. É que talvez não seja o mais adequado. E é exatamente sobre este último ponto que iremos refletir de seguida, apresentando as suas insuficiências e propondo um procedimento diferente para abordar esse problema.

**...a crença inicialmente apresentada, se bem que de elevada importância em termos de saúde pública e manutenção de comportamentos e atitudes relativamente à atividade física e AF, não parece ser fortemente suportada pela amostra de pesquisas previamente apresentadas.**

**Quadro 4.** Valores de autocorrelação para medidas de força e resistência musculares de rapazes (adaptado de Malina, 1996; Ponnet et al., 1993).

Teste	Autores	Intervalo idade	valor de r
<i>Arm pull</i>	Beunen et al (1979)	12-17	0,63
	Ponnet <i>et al.</i> (1993)	12-15	0,55
	Carroñe Bailey (1974)	10-16	0,63
<b>Medida compósita de força</b>			
	<b>Tempo de suspensão na barra</b>		
	Beunen et al. (1979)	12-17	0,71
<i>Leg lifts</i>	Branta <i>et al.</i> (1984)	10-16	0,54
	Ponnet <i>et al.</i> (1993)	12-15	0,65
	Beunen et al. (1979)	12-17	0,47
<i>Sit-up's</i>	Ponnet <i>et al.</i> (1993)	12-15	0,55
	Ellis <i>et al.</i> (1971)	10-16	0,40

**Quadro 5.** Valores de autocorrelação para diferentes marcadores das componentes de AF em rapazes e moças (adaptado de Malina, 1996).

Testes/autores	Intervalo de idade	Rapazes	Moças
<b>Impulsão horizontal</b>			
Branta <i>et al.</i> (1984)	5-10	0,46	0,38
	8-14	0,62	0,54
Ponnet <i>et al.</i> (1993)	12-15	0,76	
<b>Impulsão vertical</b>			
Beunen <i>et al.</i> (1979)	12-17	0,71	
Branta <i>et al.</i> (1984)	5-10	0,43	0,31
	8-14	0,48	0,45
Ponnet <i>et al.</i> (1993)	12-15	0,87	
<b>Corrida de velocidade</b>			
Branta <i>et al.</i> (1979)	5-10	0,52	0,16
	8-14	0,46	0,59
Ponnet <i>et al.</i> (1993)	12-15	0,58	
<b>Corrida vaivém</b>			
Beunen <i>et al.</i> (1979)	12-17	0,62	
Branta <i>et al.</i> (1984)	5-10	0,24	0,46
	8-14	0,70	0,53
Ponnet <i>et al.</i> (1993)	12-15	0,34	

**Quadro 6.** Valores de autocorrelação para o consumo máximo de oxigênio expresso em ml.kg.min<sup>-1</sup> obtidos em rapazes e moças.

Autores	Intervalo de idade	Rapazes	Moças
Kemper <i>et al.</i> (1990)	13-21	0,36	0,46
		0,74	0,82
Twisk <i>et al.</i> (1995)	13-16	0,49	0,61
	13-21	0,35	0,42
	13-27	0,30	0,36

## 1. PROBLEMAS METODOLÓGICOS

### 7.7. AUTOCORRELAÇÃO

O recurso sistemático ao coeficiente de correlação de Pearson ou de Spearman enquanto medida exclusiva de estabilidade da AF não está isento de problemas que, em nosso entender, condicionam a interpretação substantiva que dele se faz. Pensamos que os mais importantes são os seguintes:

- **Significado substantivo** (Rogosa, 1979). Parece haver algum abuso interpretativo de natureza causal em estudos de estabilidade da AF. Contudo, é bem claro que o coeficiente de correlação nada informa sobre esse tópico complexo, i.é., o da causalidade. Correlação não é mais do que uma razão entre covariância e o produto dos desvios-padrão. É uma medida descritiva da relação entre duas variáveis normalizada pelos desvios-padrão sem que lhe seja atribuída qualquer referência de dependência funcional. Ora o que importa salientar, a partir da interpretação dos valores de autocorrelação, é um abuso, em nosso entender, de uma dependência funcional de  $t_2$  para  $t_1$ . Mas o mesmo pode ser dito de  $t_1$  para  $t_2$ . E aqui já não sabemos se o evento em  $t_2$  está dependente de  $t_1$  ou, caricaturando, o valor de  $t_1$  esta dependente do valor em  $t_2$ .

- **Amplitude dos dados nas medidas repetidas do mesmo indicador** (Asendorpf, 1992; Schumacker e Lomax, 1996). Se a amplitude dos dados evidenciar restrição, a magnitude de  $r$  diminuirá, e este fato é bem evidente quando tem uma amostra composta por sujeitos muito homogêneos, o que implica uma redução da variação do indicador em estudo. Se a distribuição dos valores possuir *outliers* ou for assimétrica, produz um  $r$  viciado. E se a assimetria for na mesma direção nos dois momentos de observação, o valor de  $r$  virá sobre-estimado, e se se situar em direções opostas, o valor será subestimado. Ora, sobre esta matéria não há qualquer referência em nenhum dos investigadores que recorre ao  $r$  nos seus estudos de estabilidade da AF.

- **Significado do valor empírico de  $r = 0,50$  para evidenciar estabilidade.** A proposta do valor de  $r = 0,50$  para sugerir a presença de estabilidade num qualquer traço métrico da AF foi efetuada por Bloom (1964). Importa desde já salientar que este valor empírico não

possui qualquer justificação substantiva. Pelo menos o seu proponente não a apresenta. Aquilo que dele pode ser dito é que expressa a noção de 25% de variância comum. Ou seja, 25% da variação dos valores num dado traço ou característica da AF em  $t_2$  é comum com os valores apresentados em  $t_1$ . E os restantes 75% de variância? Que justificação se lhes atribui? Mortimer, Finch e Kumka (1982) referem que os 75% de variância expressam, de forma compósita, erros de medida, potencialidade para a mudança no traço em causa e capacidade de resposta individual a influência exteriores.

### 1.2. DIMENSÃO DA AMOSTRA

Asendorpf (1992) refere de forma clara que o valor de estabilidade normativa não é uma característica do traço em questão, mas uma estatística fortemente dependente da qualidade da amostra. Este circunstancialismo reflete-se na importância da interpretação substantiva do valor de  $r$ , dada a sua forte sensibilidade à dimensão e processo de amostragem, o que limita severamente qualquer generalização do valor obtido. Convém não esquecer que o valor de  $r$  não é mais do que uma estatística amostrai, e que na quase totalidade dos estudos não se possui qualquer idéia do valor do seu erro padrão, nem qualquer tendência para a sua estimação pontual.

### 1.3. EFEITO SOCRÁTICO (JAGODZINSKI, KUHNEL E SCHMIDT, 1987)

Por efeito Socrático entende-se um efeito de aprendizagem ou de reteste quando se observam em  $t_2$ , os mesmos indicadores de  $t_1$ . Esse efeito é bem visível nos valores de fiabilidade ( $R$ ) das observações em momentos afastados do momento inicial. A tendência para os valores de  $R$  serem mais elevados reclama, nessa circunstância, um estudo mais detalhado da estabilidade do indicador em causa, de modo a separar o valor da estabilidade, do efeito do fator específico da variável e do erro de medida. E este problema sério nunca foi abordado pelos autores de estudos da estabilidade da AF.

### 1.4. VIOLAÇÃO DA NOÇÃO DE APTIDÃO FÍSICA (MAIA, 1995; MARSH E GRAYSON, 1994)

A análise corrente na literatura, i.é, da

estabilidade individual de cada indicador é uma violação clara da noção de AF, expressão que vem de ser multidimensionalmente entendida e analisada. Importa salientar, uma vez mais, que a AF é uma variável latente multifatorial. Ora, inferir sobre a estabilidade da AF a partir da análise univariada de cada indicador é, não só a negação deste conceito, como também "um erro metodológico". Se a preocupação do pesquisador é o estudo da estabilidade das diferenças individuais, e dado que lida com um construto multidimensional, então haveria que considerar essa globalidade e analisá-la como tal.

timativa. Importa acrescentar que, no caso de autocorrelações sucessivas, viola-se o pressuposto da independência dos erros de medida. E esse fato não é considerado pelos autores quando calculam os valores de r. A título de exemplo, o quadro seguinte expressa o que acabamos de dizer, onde é bem evidente a diferença entre valores de r quando se verifica uma correção pelos valores da fiabilidade. Por exemplo, o valor de r não corrigido entre o momento 2 e o momento 3 é de 0,633. Quando se corrige pela estimativa de fiabilidade para 0,806, um valor completamente distinto.

**1.5. VALORES DE R NÃO CORRIGIDOS PELAS ESTIMATIVAS DE FIABILIDADE (MARSH E GRAYSON, 1994A; 1994B)**

É evidente que o valor do coeficiente de autocorrelação é composto por duas componentes - uma que procura expressar a idéia de estabilidade e outra que contém erro de medida do indicador em causa. É conveniente não esquecer que, de acordo com a Teoria Clássica dos Testes, toda a medida contém uma determinada quantidade de erro cuja magnitude é preciso identificar e minimizar. Isso quer dizer que o valor de r é sempre uma subes-

**1.6. A ESTRUTURA SIMPLEX (JORESKOG E SORBOM, 1970; 1989; MARSH E GRAYSON, 1994B; RUDINGER, ANDRES E RIETZ, 1991)**

A estrutura simplex é um tipo de estrutura de covariância que ocorre com frequência em estudos longitudinais ou de painel quando uma variável é medida de forma repetida em diferentes ocasiões ( $t_1, t_2, t_3, \dots, t_k$ ) nos mesmo sujeitos. O Quadro 8 ilustra esta noção.

Ora, quanto mais próximo estiveram os pontos no tempo, tanto maior é o r, e quanto

**Quadro 7.** Valores de autocorrelação obtidos em cinco momentos seguidos. Abaixo da diagonal principal, encontram-se os valores de não corrigidos, e acima os valores corrigidos pelas estimativas de fiabilidade obtidas em cada um dos cinco pontos do tempo (adaptado de Marsh e Grayson, 1994b).

	momento 1	momento 2	momento 3	momento 4	momento 5
momento 1	-	0,687	0,596	0,535	0,387
momento 2	0,525	-	0,806	0,711	0,521
momento 3	0,465	0,633	-	0,811	0,556
momento 4	0,421	0,563	0,655	-	0,614
momento 5	0,304	0,414	0,448	0,499	-

**Quadro 8.** Estrutura simplex<sup>1</sup> para um único indicador observado em quatro pontos distintos do tempo ( $t_1$  a  $t_4$ ).

	t1	t2	t3	t4
t1	1,000			
t2	0,393	1,000		
t3	0,387	0,375	1,000	
t4	0,341	0,298	0,556	1,000

<sup>1</sup>A matriz deste quadro é uma matriz de correlação. Quando as variáveis estão estandardizadas (0,1), a matriz de correlação (R) é igual à matriz de covariância (E).

maior for a distância temporal tanto menor será o seu valor. Se tivermos observações ordenadas em  $i, j$  e  $k$  então,  $r_{ij} > r_{ik}$ , se os valores em módulo de diferença de  $j-i < k-i; j>i, k>j$ .

A estrutura de uma forma perfeita de simplex é do tipo seguinte (esta estrutura só é possível de análise quando os indicadores não possuem erros de medida).

Como é mostrado no Quadro 9, a estrutura simplex perfeita para um único indicador é observado em quatro pontos distintos do tempo ( $t_1$  a  $t_4$ ) em que facilmente se calculam os valores mais afastados no tempo. Assim, por exemplo, o valor  $r_{t_1t_3} = 0,838 \times 0,969 = 0,812$ , e o valor  $r_{t_1t_4} = 0,838 \times 0,969 \times 0,892 = 0,724$ .

Guttman (1955), quando apresentou essa formulação pela primeira vez (a sua proposta de simplex referia-se, sobretudo, à aplicação de testes de complexidade crescente) chamou a atenção para a dificuldade da análise estatística desta estrutura e Joreskog e Sorbom (1970, 1989) referem os sérios problemas de identificação quando se lida com o modelo de Wiley e Wiley (1970) para um único indicador.

A solução para esse problema reside nas propostas de Joreskog (1970) ao formular a noção de simplex quasi-markoviano, um modelo auto-regressivo que utiliza variáveis latentes compostas por múltiplos indicadores com erros de medida. E é a essência deste modelo que passarei a apresentar a partir de um exemplo (para uma discussão estatística formal, ver Joreskog e Sorbom, 1970, 1989; Rudinger, Andres e Rietz, 1991; Finkel, 1995). Contudo, é necessário que antes se esclareçam

alguns conceitos por forma a entender a estrutura proposta.

## 2. UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Baseado nas sugestões de Joreskog (1970; 1989) e a partir das insuficiências anteriormente referidas, passaremos a apresentar uma proposta para se estudar o problema da estabilidade multidimensional da AF, enquanto variável latente.

### 2.1. O CONCEITO DE VARIÁVEL LATENTE

A primeira noção a ser apresentada, do ponto de vista psicométrico, é a de AF. Essencialmente, a AF é uma abstração, uma ideação, um construto multidimensional, metaforicamente entendido como um diamante multifacetado (ver Figura 1).

Enquanto variável latente (para uma discussão filosófica e estatística deste termo, consultar Sobel, 1994), não é objeto de medição direta. Contudo, assume-se que é uma realidade do sujeito passível de identificação, descrição e categorização a partir de um conjunto de procedimentos simples. A operacionalização do seu conceito é efetuada a partir de um conjunto de indicadores indiretos que são medidos com determinado erro (Figura 2).

A equação matemática que formaliza este modelo fatorial é o seguinte,

$$x_i = \Lambda_x \xi + \delta \quad (1)$$

Quadro 9. Estrutura simplex perfeita para um único indicador observado em quatro pontos distintos do tempo ( $t_1$  a  $t_4$ ).

	t1	t2	t3	t4
t1	1,000			
t2	0,838	1,000		
t3	0,812	0,969	1,000	
t4	0,724	0,865	0,892	1,000

...a AF é uma abstração, uma ideação, um construto multidimensional, metaforicamente entendido como um diamante multifacetado...

em que  $x_i$ ,  $x_j$ ,  $x_k$ , e  $x_l$  são vetores coluna,  $p_{xl}$  para uma descrição mais detalhada sobre a natureza da análise fatorial confirmatória em língua portuguesa, ver Maia, 1996; Maia e Bacelar, 1994; 1996).

Cada um dos indicadores ( $x_i$ ) das facetas da AF (i.é., os testes marcadores) reflete de forma distinta a sua multidimensionalidade, e daqui a variação na sua validade convergente ( $\lambda_{ii}$ ,  $i=1,2,3,4,5$ ). Dada a presença inevitável de erros de medida ( $\delta_i$ ,  $i=1,2,3,4,5$ ), importa quantificar o seu valor

que se espera ser o mais pequeno possível. Esse modelo é extremamente versátil (Joreskog e Sorbom, 1989; 1993; Long, 1993; Maia, 1996) dada a possibilidade de fixar alguns dos seus *loadings* ( $\lambda_{ij}$ ) ou postular o mesmo valor para, por exemplo, dois deles e, do mesmo modo, fixar os valores dos erros de medida ou correlacioná-los. É conveniente salientar que esta representação da AF é uma plausibilidade emergente de estudos pioneiros de análise fatorial exploratória de Fleishman (1964). É, pois, esta representação plausível que será objeto de análise.

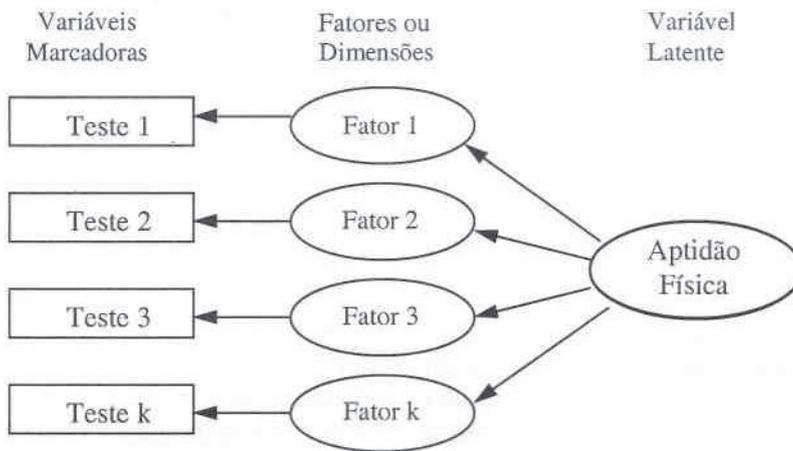


Figura 1. Estrutura multidimensional da AF.

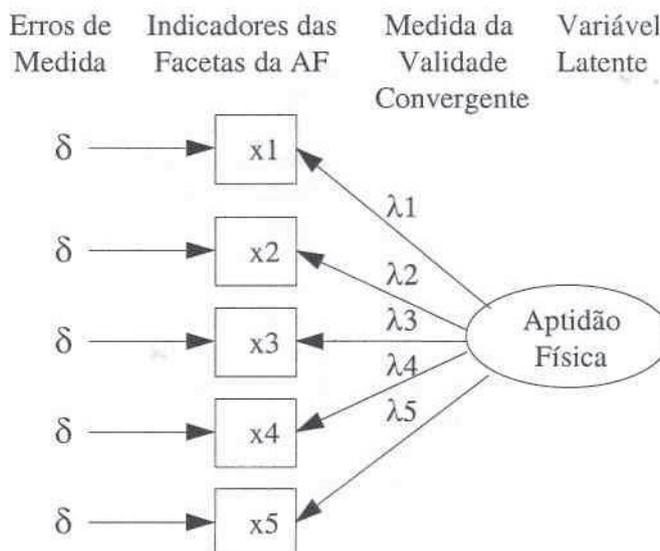


Figura 2. Estrutura fatorial da AF. Esta estrutura corresponde a uma solução de segunda ordem em que cada indicador marca um fator de aptidão. Essa solução corresponde à operacionalização de uma qualquer bateria que possui, por exemplo, cinco testes para marcar outras tantas facetas ou fatores da AF (adaptado de Maia, 1995).

2.2. O CONCEITO DE ESTABILIDADE REVISITADO

O estudo da estabilidade e da mudança é um tópico central de pesquisa dos psicólogos desenvolvimentalistas de orientação normativa ou diferencial (Nesselroade, 1991; Nesselroade e Featherman, 1991). É inequívoco que é deste grupo que tem saído a maior parte da investigação neste domínio. Em 1964, um psicólogo de nome Bloom escreveu um livro, clássico no gênero, *Stability and change in human characteristics* e que iria influenciar fortemente a pesquisa sobre essa matéria no quadro da investigação em Ciências do Desporto (ver Maia, 1993), sobretudo no tópico da estabilidade no domínio da AF. Entre algumas das suas idéias, passaremos a referir as que se enquadram no tópico deste trabalho:

**É conveniente apresentar uma distinção clara entre a noção de traço e estado (Nesselroade e Featherman, 1991) para melhor se entender aquilo que no sujeito e no domínio da AF é passível de mudança ou que permanece estável.**

- A relação entre medidas paralelas no tempo ( $a_n, a_{nA}$ ) é função dos níveis de desenvolvimento evidenciado nos momentos distintos.

- As variações no envolvimento produzem maior efeito numa característica no período de maior sensibilidade e mínimo no período de menor alteração ( $I_2 = I_1 + f(E_{2-1})$ , em que I é um traço quantitativo e E representa o envolvimento).

- Do ponto de vista empírico, uma característica estável é a que evidencia consistência em dois momentos temporalmente distintos e que, medida por autocorrelação, produz um valor mínimo de 0,50. À noção de estabilidade associa-se a idéia de previsibilidade de desenvolvimento que é entendido de forma mais ou menos linear, aditivo e cumulativo.

É evidente que o estudo da estabilidade ou da mudança de um qualquer traço reclama um *design* longitudinal que procura elucidar as questões do **como** e **porquê** das ocorrências e que se encontram sediadas no vasto quadro de fatores biológicos, do envolvimento e de intervenção (Keeves, 1988). Torna-se evidente que, em estudos desenvolvimentalistas, e a estabilidade da AF é um desses estudos, o contexto é sempre não-experimental, o que limita, de certo modo, a resposta ao porquê da estabilidade ou instabilidade. Contudo, é possível contornar essa insuficiência recorrendo a modelos mais complexos, por exemplo, *cross-lagged panel designs*.

É conveniente apresentar uma distinção clara entre a noção de traço e estado (Nesselroade e Featherman, 1991) para melhor se entender aquilo que no sujeito e no domínio da AF é passível de mudança ou que permanece estável. Enquanto que ao primeiro corresponde algo de estável na configuração das diferenças individuais, e aqui referimo-nos a todas as aptidões do ser humano, ao segundo é atribuída uma forte variabilidade intra-individual, isto é, a flutuação da magnitude da expressão de cada um dos indicadores de cada traço. Exemplo: Enquanto traço métrico, a AF é algo inerente ao próprio sujeito - não aparece num dado momento e desaparece noutra. Contudo, enquanto estado, os indicadores da AF expressam, em dados pontos do tempo, níveis distintos.

Mortimer, Finch e Kumka (1982) referem justamente que a questão central do desenvolvimento trata da natureza da interação entre a preservação da estabilidade de um conjunto de atributos e a sua mudança. Ou seja, trata do estudo da mudança intra-individual e das diferenças entre indivíduos na mudança intra-individual. Estes autores questionam a existência de um modelo descritivo e explicativo da estabilidade, interrogando-se precisamente sobre a consensualidade da definição de estabilidade (Bergman, Eklund e Magnusson, 1991; Von Eye, 1992). Convém referir que descrever um processo é algo relativamente simples. E assim tem sido, em grande parte, a história do estudo da AF. Coisa distinta é a explicação do seu valor num dado ponto do tempo ou em diferentes pontos do tempo. Para tal é necessária a existência de teoria(s). E sobre essa matéria os autores que se debruçam sobre a estabilidade da AF são omissos. Aliás, convém esclarecer que nem sequer existe uma teoria da AF! O que existe, e isso é claro, é uma vasta produção científica no domínio da sua operacionalização e aplicação em contextos distintos, do domínio escolar ao das profissões mais exigentes do ponto de vista funcional.

Mortimer, Finch e Kumka (1982) apresentaram quatro conceitos e operacionalizações distintas da noção de estabilidade - invariância estrutural, estabilidade normativa, nível de estabilidade e estabilidade ipsativa. Contudo, e apesar da divergência de posições, parece ser algo convergente a presença de duas categorias centrais de estabilidade (Ru-

dingler, Andres e Rietz, 1991; Assendorpf, 1992; Bock e Robins, 1993; Marsh e Garyson, 1994b):

- **Estabilidade das médias** (do inglês *mean stability*), que estuda a variação intra-indivíduos em momentos repetidos. Importa salientar que estabilidade das médias não se refere à idéia de estabilidade absoluta em que a resposta dos sujeitos permanece inalterável. É que se assim fosse não haveria desenvolvimento, dado que a expressão de um qualquer traço métrico seria constante. O que aqui está em causa é a natureza plástica da resposta dos sujeitos ao longo do tempo.

O recurso à análise de variância de medidas repetidas para estudar a tendência dos resultados (linear, quadrática, cúbica, ...) é o procedimento utilizado. O que aqui se faz é analisar o comportamento de uma única variável ao longo do tempo. É também possível, embora não seja muito freqüente, o recurso ao procedimento das séries temporais.

- **Estabilidade das diferenças individuais ou estabilidade da covariância** (do inglês *covariance stability*). O que aqui se estuda é a estabilidade das mudanças entre indivíduos nas mudanças intra-individuais. Dito de outro modo, "não é mais" do que o estudo da posição relativa dos sujeitos no seio de um grupo em diferentes momentos do tempo. Uma abordagem "simplista" desse problema tem-se situado no recurso ao coeficiente de correlação entre diferentes pontos do tempo para a mesma medida. Contudo, é preciso ter sempre presente a noção de multidimensionalidade de um qualquer atributo, bem como o carácter multivariado do problema. Ora, uma abordagem univariada é sempre uma visão reducionista deste problema (para uma consulta mais detalhada sobre este aspecto, consultar Magnusson, Bergman, Rudinger e Torestad, 1991). Daqui que a noção de estabilidade da covariância ou invariância estrutural reclame uma abordagem mais abrangente. A modelação de estruturas de covariância (Bollen, 1989; Joreskog e Sorbom, 1989; 1993; Schumacker e Lomax, 1996) é um dos procedimentos mais eficazes nessa matéria, dada à sua enorme versatilidade e flexibilidade para lidar com problemas de natureza multivariada e com um grau elevado de sofisticação.

### 2.3.1. Essência

Um estudo de painel (do inglês *panel study*) com variáveis latentes implica a existência de medidas repetidas dos mesmos indicadores num dado grupo de sujeitos em diferentes pontos do tempo, normalmente equiespaçados, embora nada impeça que sejam diferentemente espaçados (Finkel, 1995). Neste tipo de estudos, os momentos de observação e registo designam-se por ondas (do inglês *waves*). Dada a versatilidade desse *design* em contextos não-experimentais, é possível identificar com clareza dois aspectos centrais - o da mudança e o da estabilidade. Esse tipo de *design* possui um conteúdo informacional mais vasto e poderoso que o simples procedimento da autocorrelação. O que pretende esclarecer é a idéia de estacionaridade da AF, enquanto traço do sujeito, identificando dois aspectos nucleares - o do equilíbrio e desequilíbrio quando se consegue marcar, com precisão, a presença de eventos (e no intervalo etário que consideraremos assim será) que modifiquem a sua expressão.

No contexto dos modelos do LISREL (Linear Structural Relationships), recorre-se, nessas circunstâncias, ao designado submodelo 3b - um modelo auto-regressivo do tipo

$$\eta_2 = \beta \eta_1 + \zeta \quad (2)$$

em que  $\eta_2$  é a medida da variável latente da AF no ponto 2,  $\eta_1$  o seu valor no ponto 1,  $\beta$  o coeficiente de regressão (nesse caso, o valor de estabilidade e que deve ser próximo de 1) e  $\zeta$  uma variável de perturbação cujo valor deve ser o mais pequeno possível. Trata-se de efetuar uma regressão de  $\eta_2$  em  $\eta_1$  e conhecer a sua dependência funcional. Do ponto de vista da AF, estaríamos na presença da dependência dos valores de  $\eta_2$  dos de  $\eta_1$ , e, nesse caso, se fossem próximos de 1, evidenciariam uma forte estabilidade.

A Figura 3 expressa essa noção considerando exclusivamente as variáveis latentes (Aptidão Física) e os fatores perturbadores ( $\zeta$ ).

Marsh e Grayson (1994b) apresentam a classe de modelos neste domínio de estudos que recorre ao LISREL (Figura 4). Entre outras possibilidades, o LISREL, que é um pro-

**...é preciso ter sempre presente a noção de multidimensionalidade de um qualquer atributo, bem como o carácter multivariado do problema.**

grama estatístico de análise de estruturas de covariância oferece as seguintes vantagens (para mais detalhes ver Bollen, 1989; Finkel, 1995; Joreskog e Sorbom, 1989; Pedhazur e Schemelkin, 1991; Maia, 1996; Maia e Baccalar 1996):

- A possibilidade de testar a adequação do modelo global à estrutura dos dados a partir de testes estatísticos.

- O cálculo das estimativas dos parâmetros, erros padrão e seu significado estatístico.

- A apresentação de medidas de ajustamento global e a capacidade "explicativa" do modelo (através de medidas de variância-covariância explicada e de parcimônia).

- A identificação de erros no modelo.

- A sugestão de modificações no modelo no sentido da melhoria da sua qualidade descritiva e explicativa.

O modelo geral (M) apresenta as variáveis latentes correlacionadas, bem como os erros de medida. Dado que as mesmas variáveis são usadas repetidamente nos tempos  $t_1, t_2, \dots, t_k$ , verifica-se uma tendência para a correlação dos erros nos diferentes tempos de registro, conhecido que é o efeito da memória, do reteste e da aprendizagem, i.é., o efeito Sócrático (Finkel, 1995; Jagodzinski, Kuhnel e Schmidt, 1987; Joreskog e Sorbom, 1970, 1989, 1993). Uma versão mais restritiva é a do modelo  $M_2$  que não apresenta os erros correlacionados, e de difícil verificação em estudos empíricos. O modelo que aqui importa salientar é o  $M_3$ , hierarquicamente dependente de  $M_1$ , de estrutura simplex, auto-regres-

sivo, e que procura identificar a eventual mudança que ocorreu entre somente duas ocasiões, e que se encontra funcional e estruturalmente dependentes do momento anterior.

Desse modo, importa salientar, quando se estuda a estabilidade deste tipo de modelos a partir da metodologia do LISREL, a utilização de três informações convergentes:

1ª A que é evidenciada pelos valores de  $\rho_{i,i}$  e que refletem a noção de estabilidade do construto em causa, aqui o da AF, ou seja, a dependência funcional do valor da AF no tempo 2 relativamente ao tempo 1. Importa que o seu valor seja significativamente  $> 0$  e próximo de 1.

2ª A variância da variável latente que expressa a idéia de variação interindividual na mudança intra-individual.

3ª A da matriz de autocorrelação da variável latente. O que aqui temos é, tão somente, o "valor puro" de autocorrelação não afetado por qualquer erro de medida.

### 2.3.2. Exemplo

O estudo de crescimento de Lovaina é uma pesquisa simultaneamente transversal e longitudinal de uma elevada elegância de concepção, forte rigor metodológico e grande alcance substantivo em vários domínios (para detalhes deste estudo, ver Ostyn *et al.*, 1980; Beunen *et al.*, 1988, 1992). Entre 1969 e 1979, foram obtidos dados de 8.963 sujeitos do sexo masculino, dos quais 588 foram seguidos longitudinalmente durante 6 anos. Um dos aspectos desta investigação refere-se à análise da mudança ou estabilidade da expressão da AF ao longo do tempo. Para facilitar a apresenta-

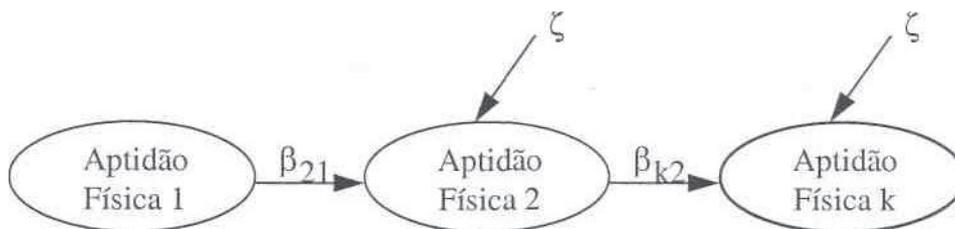
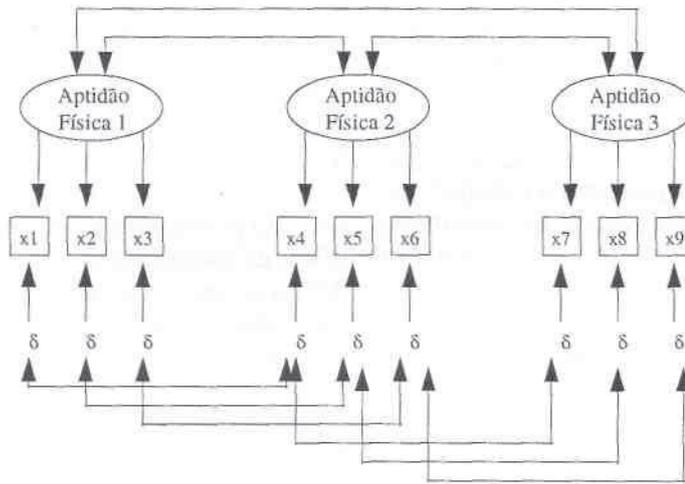
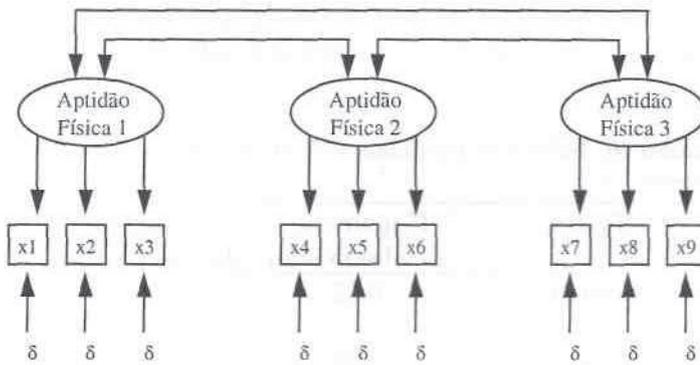


Figura 3. Modelo auto-regressivo de variáveis latentes (AF) para estudar a sua estabilidade ( $\rho_{i,i}$ ) em  $k$  momentos do tempo.

Modelo Genérico de Invariância Estrutural - M1



Modelo Genérico de Invariância Estrutural sem Erros Correlacionados - M2



Modelo simplex auto-regressivo quasi-Markoviano

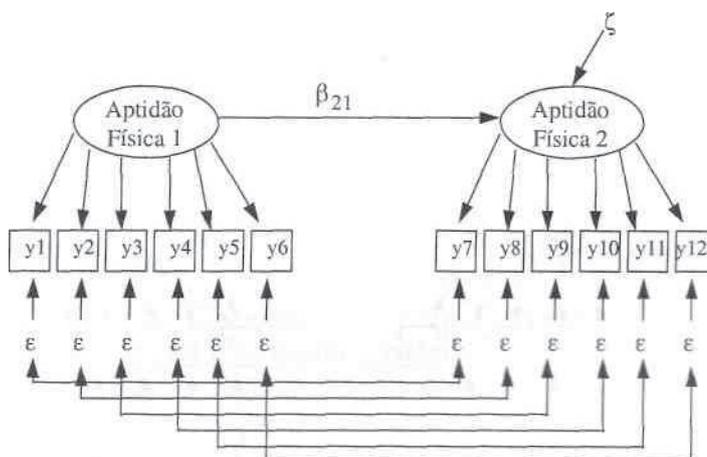


Figura 4. Classe de modelos com variáveis latentes e múltiplos indicadores para estudar a estabilidade ou invariância estrutural (os dois primeiros referem-se a exemplos de três momentos repetidos no tempo, enquanto que o terceiro só refere dois).

ção do modelo descrito anteriormente, iremos considerar somente duas ondas (*two-wave panel*), nas idades de 12.76 0.47 (amplitude 13-17) e de 14.69 (amplitude de 16-20), em 454 sujeitos (n = 454).

Da bateria de testes para medir a aptidão física associada à performance desportivo-motora foram selecionados os seguintes: batimento de placas, *sit-and-reach*, impulsão vertical, *arm-pull*, *leg-lifts* e corrida vai-vém.

O Quadro 10 refere-se aos valores de fiabilidade desses testes nos dois momentos de observação.

Todos os coeficientes são superiores ao valor empírico de corte de 0,70 sugerido por Nunnally (1978) para provas de natureza psicomotora, o que confirma a sua fiabilidade.

O modelo a testar para verificar da estabilidade, ou não, da AF enquanto variável latente é, pois, o mostrado na Figura 5.

em que  $\beta_{21}$  é a estimativa da estabilidade da AF e  $\epsilon$  um fator de perturbação que expressa a noção de "incapacidade" do valor da AF em 1 para condicionar a expressão da AF em 2.  $\epsilon$  reflete a extensão de tudo o que não foi considerado na dependência funcional de  $y_2$  para  $y_1$ .

O primeiro passo da análise é, pois, verificar da adequação do modelo de medida da AF no tempo 1, ou seja, testar a qualidade e capacidade dos seis indicadores em refletirem a noção multidimensional da AF. O Quadro 11 apresenta os valores da análise à estrutura da variável latente AF no primeiro momento da avaliação.

Do ponto de vista do ajustamento local, as estimativas dos parâmetros de todos os indicadores são estatisticamente significativos para  $p < 0,001$ . O seu valor estandardizado (ao equalizar a unidade de medida de cada indicador) reflete a distinção da importância na reflexão da AF. Do ponto de vista do ajustamen-

Quadro 10. Valores de fiabilidade obtidos pelo método teste-reteste.

Testes	1º momento de observação	2º momento de observação
Batimento de placas	0,82	0,73
Sit-and-reach	0,93	0,94
Impulsão vertical	0,79	0,76
Arm-pull	0,84	0,84
Leg-lifts	0,81	0,79
Corrida vaivém	0,81	0,81

Modelo simplex auto-regressivo no quasi-Markoviano

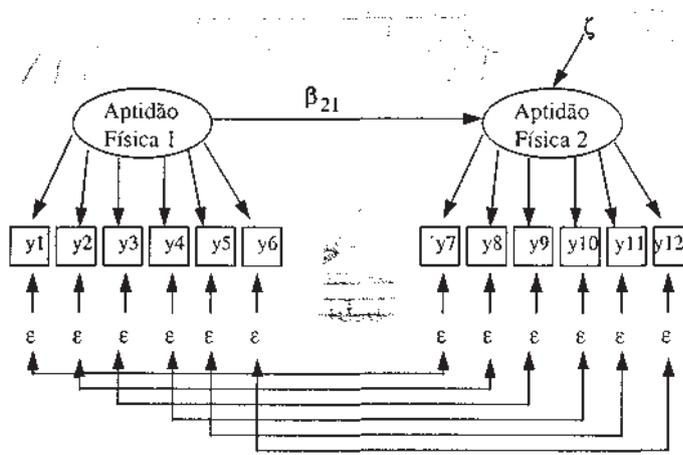


Figura 5. Modelo simplex auto-regressivo com variáveis latentes e erros nos indicadores para analisar a estabilidade da AF.

to global do modelo, e após a correlação entre os erros dos indicadores *sit-and-reach* com o *leg lifts*, as medidas são as seguintes:  $\chi^2 = 24,93$ ,  $p < 0,001$ ; RMSEA = 0,068 (*root mean square error of approximation*, medida da qualidade das estimativas dos indicadores do modelo, e do próprio modelo e que deve ser, em princípio, inferior a 0,10); RMSRst = 0,041 (*standardized root mean square error*, que mede a discrepância entre a matriz dos dados e a estrutura imposta pelo modelo e que deve situar-se próximo ou abaixo de 0,05); AGFI = 0,95 (*adjusted goodness of fit index*, medida de variância-covariância explicada pelo modelo e semelhante à medida de  $R^2$  no contexto da regressão múltipla, e que deve ser igual ou superior a 0,90); CFI = 0,94 (*comparative fit index*, medida da qualidade de ajustamento do modelo relativamente a um modelo nulo e que varia entre 0 e 1), o que sugerem uma boa qualidade de ajustamento.

Estando, pois, estabelecida a qualidade métrica do modelo de partida da AF, importa saber da sua invariância, i.é., do seu rigor em refletir a mesma estrutura dois anos depois. O que aqui está presente é a tentativa de resposta à seguinte questão - será que a mesma estrutura da medida da AF é válida para diferentes intervalos de idade? Será que estamos a medir a mesma noção aos 14 anos tal como é veiculada por um modelo inicial que se mostrou válido para os 12 anos? Sobre esta matéria, Finkel (1995) é categórico - o próprio conceito de estabilidade exige que o instrumento de medida possua a mesma estrutura e meça a mesma coisa em diferentes pontos do tempo.

Ora, o conhecimento da invariância estrutural é de fácil operacionalização no LISREL. Os resultados obtidos, para o ajustamento global foram os seguintes:  $\chi^2_{(20)} = 64,46$ ,

$p < 0,001$ ; RMSEA = 0,049; RMSRst = 0,062; GFI = 0,98; CFI = 0,94, o que estabelece a equivalência métrica da bateria. De fato, temos a mesma estrutura nos dois intervalos de idade a medir a mesma noção com os seus seis indicadores.

Estamos agora habilitados à análise da estabilidade da AF ao longo destes dois anos de intervalo, ou dito de outro modo, a conhecer a dependência funcional da AF aos 14,69 anos do valor evidenciado aos 12,75. O ajustamento do modelo simplex auto-regressivo apresentou um  $\chi^2_{(4)} = 174,76$ ,  $p < 0,001$ ; RMSEA = 0,080; RMSRst = 0,07; AGFI = 0,90; CFI = 0,95, o que atesta a sua qualidade. O valor de  $\beta_{21}$  (i.e., do coeficiente de estabilidade) é de 0,86, significativo para  $p < 0,001$ . Está, pois, demonstrada a elevada dependência funcional da AF aos 14,69 anos do valor evidenciado aos 12,75. O valor de  $R^2$  para a equação auto-regressiva é de 75%. Isto quer dizer que 75% da variabilidade da expressão da AF aos 14,69 anos é devida aos valores obtidos aos 12,75 anos. Como é sabido, quando o valor de  $\beta_{21}$  está estandardizado (como é o caso), o valor de autocorrelação é o mesmo. E dado que o valor de autocorrelação das variáveis latentes, sem erro de medida, é de 0,86, estamos perante um forte valor de estabilidade. Contudo, a matriz de covariância das variáveis latentes apresenta um dado interessante - a variância aos 12,75 anos é de 8,05 e aos 14,69 é de 17,77. Este aumento da variância (um pouco mais do dobro) reflete a forte variabilidade no *timing* e "tempo" maturacionais. Apesar de haver variação na mudança intra-individual, não houve grandes modificações na posição relativa interindividuos. Pensamos que, se assim não fosse, i.é., se não se verificasse a manutenção da posição relativa dos sujeitos, o valor de estabilidade seria muito baixo, i.é.,  $\beta_{21}$  seria próximo de zero.

Quadro 11. Solução do LISREL para o modelo de medida inicial.

Indicadores da AF	Valor não estandardizado	Erro padrão	Valor t	Valor estandardizado
Batimento de placas	3,17	0,44	7,22	0,42
<i>Sit-and-reach</i>	2,04	0,36	5,71	0,33
Impulsão vertical	3,34	0,32	10,60	0,63
<i>Arm pull</i>	4,19	0,51	8,15	0,47
<i>Leg lifts</i>	1,10	0,19	5,82	0,34
Corrida vaivém	-0,90	0,10	-9,21	-0,53

Pensamos, contudo, que é lícito colocar-se a seguinte questão: será possível utilizar este procedimento para se estudar a estabilidade, isoladamente, de cada um dos indicadores da AF? É claro que sim. O modelo a ser utilizado, um modelo auto-regressivo para indicadores únicos em estudos de painel, foi idealizado por Wiley e Wiley (1970) e é um caso particular do modelo anteriormente referido. Este novo modelo (Figura 6) é uma extensão para três ondas, já que o modelo com duas ondas apresenta fortes problemas de identificação (Finkel, 1995). Com duas ondas era difícil obter uma solução adequada, mesmo que se colocassem fortes restrições no modelo.

(AF) medida em três pontos distintos do tempo (12, 14 e 17 anos). O que aqui está presente não é mais do que estimar o valor da estabilidade ( $\eta_j$ ) de cada um dos indicadores da AF (para uma discussão detalhada deste modelo, bem como dos problemas associados à possibilidade de correlacionar os erros, ver Palmquist e Green, 1992). Para obter uma solução para este modelo, há que assumir que as estimativas da fiabilidade do mesmo item são iguais no tempo ( $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 1$ ), e que os erros de medida também o são ( $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3$ ). Com esses constrangimentos, o modelo é perfeitamente identificado, evidenciando um ajustamento perfeito (dado que o modelo é saturado, o  $\chi^2_{(0)} = 0, p = 1$ ). Os valores de estabilidade dos itens da AF ao longo desses três pontos do tempo estão no Quadro 12.

Temos, pois, a mesma variável latente

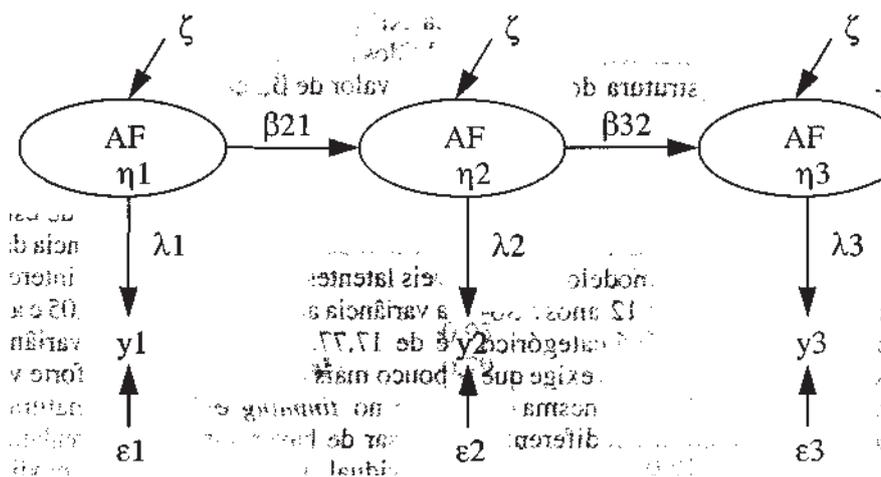


Figura 6. Modelo de painel com três ondas para estimar a estabilidade de cada indicador da AF.

Quadro 12. Valores de estabilidade para os itens da AF em três pontos do tempo (12, 14 e 17 anos).

Teste	$\beta_{21}$ (12 - 14)	$\beta_{32}$ (14 - 17)	R <sup>2</sup> Estrutural <sup>1</sup>
Batimento de placas	0,88	0,71	64%; 51%
Sit-and-reach	0,95	0,96	90%; 92%
Impulsão vertical	1,00	0,89	100%; 79%
Arm pull	0,88	0,71	77%; 50%
Leg lifts	0,75	0,96	56%; 91%
Corrida vaivém	0,78	0,71	61%; 51%

<sup>1</sup>Estes valores correspondem à quantidade de variância explicada por cada uma das equações estruturais do modelo. É conveniente não esquecer que temos duas equações auto-regressivas.

É evidente um forte valor ( $p < 0,001$ ) de dependência funcional dos valores da AF em idades afastadas do valor inicial, i.é., dos 12 anos. Os valores de  $R_2$  estrutural são superiores a 50%, o que em contextos bioculturais representam uma percentagem de variância explicada muito elevada. Conhecido que é o múltiplo leque de fatores biológicos e do envolvimento, atuando interativamente e/ou em covariação, sobre a expressão da AF, é notório encontrar valores dessa magnitude. Os resultados de autocorrelação das variáveis latentes, i.é., do escore verdadeiro de cada fator de AF que é marcado, não o esqueçamos, por cada item da bateria, estão no Quadro 13.

E, ao contrário do que é referido na literatura, verifica-se uma estabilidade moderada a elevada para os diferentes indicadores da AF. Com cinco anos de diferença, o valor de  $0,56 < r < 0,91$  é sempre significativo ( $p < 0,001$ ). Importa salientar que, ao contrário dos estudos de autocorrelação anteriormente mencionados, o que aqui temos são valores "puros" de correlação não contaminados por qualquer erro de medida.

Seria lícito questionar se esses valores não são um mero resultado da "manipulação" estatística de um modelo mais complexo. Pensamos que não. O que acontece é que os pesquisadores da estabilidade da AF não parecem estar na corrente das metodologias de análise mais eficazes nessa matéria, nem tampouco às inovações que têm sido oferecidas. Basta para tanto consultar três volumes de produção científica nesse vasto e complexo domínio de matérias - "Best Methods for the Analysis of Change. Recent Advances, Unanswered Questions, Future Directions", 1991; "Problems and Methods in Longitudinal Research. Stability and Change", 1991; "Analysing Social and Political Change. A Casebook of Methods", 1994. Os fortes desenvolvimentos

metodológicos que aqui se encontram mencionados nem sequer são referidos pelos autores dos estudos da estabilidade da AF. Os nossos resultados, provenientes de uma análise secundária de dados, vêm mostrar que afinal a crença anteriormente referida parece ter algum suporte empírico.

Em resumo, o que aqui se apresentou, face à complexidade do problema da estabilidade da AF, foi um modelo simplex auto-re-gressivo com variáveis latentes com múltiplos indicadores e erros de medida "facilmente re-solúvel" em programas estatísticos como o LISREL. A versatilidade e enorme flexibilidade desse programa, para além da informação que proporciona, torna-o num auxiliar precioso nesse domínio de estudo, revelando aspectos não anteriormente tratados pelos autores que estudaram esse problema recorrendo exclusivamente à autocorrelação intra-indicadores.

E o quadro de resultados obtido é distinto, sendo mais abrangente, preciso e esclarecedor no vasto domínio da estabilidade da AF.

Importa realçar que aqui, ao contrário do procedimento da autocorrelação, é possível testar um conjunto de enunciados prévios relativos à estabilidade da AF. Encontramo-nos, pois, no aliciante domínio dos testes de hipóteses que os testes empíricos caucionarão, ou não. E aqui o ganho substantivo é enorme.

**...o que aqui se apresentou, face à complexidade do problema da estabilidade da AF, foi um modelo simplex auto-regressivo com variáveis latentes com múltiplos indicadores e erros de medida "facilmente resolúvel" em programas estatísticos como o LISREL.**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. P. C. A relação entre autoconceito e aptidão física. Estudo comparativo entre atletas e não-atletas dos treze aos quinze anos de idade. Porto, 1995. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.

Quadro 13. Valores de autocorrelação do valor verdadeiro de cada fator de AF marcado por um teste.

Teste	12 -14 anos	14 -17 anos	12 -17 anos
Batimento de placas	0,88	0,71	0,57
Sit-and-reach	0,95	0,96	0,91
Impulsão vertical	1,00	0,89	0,91
Arm pull	0,88	0,71	0,62
Leg lifts	0,75	0,96	0,72
Corrida vaivém	0,78	0,71	0,56

- ASENDORPF, J. B. Continuity and Stability of Personality Traits and Personality Patterns. In: ASENDORPF, J. B., VALSINER, J. (eds). *Stability and change in development. A study of methodological reasoning*. Newbury Park: Sage Publications, 1992. p.116-142.
- BERGMAN, L., EKLUND, G., MAGNUSSON, D. Studying individual development: problems and methods. In: MAGNUSSON, D., BERGMAN, L.R., RUDINGER, G., TORESTAD, B. (eds). *Problems and methods in longitudinal research - stability and change*. Cambridge: Cambridge University, 1991. p. 1-27.
- BEUNEN, G., DE BEUL, G., OSTYN, M., RENSON, R., SIMONS, J., VAN GERVEN, D. Die Konstanz Motorischer Leistungen bei 12-bis 17-jährigen Jungen. In: WILLIMCZIK, K., GROSSER, M. (eds.). *Die Motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter*. Schomdorf: Verlag Karl Hoffmann, 1979.
- BEUNEN, G., LEFEVRE, J., CLAESSENS, A.L., LYSSENS, R., MAES, H., RENSON, R., SIMONS, J., VANDEN EYNDE, B., VANREUSEL, B., VAN DEN BOSSCHE, C. Tracking and prediction of adult fitness in males between the ages of 13 and 30 years. Paper presented at the VI th European Research Seminar - The Eurofit Tests of Physical Fitness, Izmir. Council of Europe, 1990.
- . Age specific correlation analysis of longitudinal physical fitness levels in men. *European Journal of Applied Physiology*. N.64. p.538-545, 1992.
- BLOCK, J., ROBINS, R.W. A longitudinal study of consistency and change in self-esteem from early adolescence to early adulthood. *Child Development*. N.64, p.909-923, 1993.
- BLOOM, B. S. *Stability and change in human characteristics*. New York: John Wiley & Sons, 1964.
- BOLLEN, K. A. *Structural equations with latent variables*. New York: Wiley, 1989.
- BOUCHARD, C. Discussion: heredity, fitness, and health. In: BOUCHARD, C, SHEPHARD, R. J., STEPHENS, T, SUTTON, J. R., MCPHERSON, B. D. (eds.). *Exercise, fitness, and health*. Champaign: *Human kinetics*, 1990. p. 147-153.
- BOUCHARD, C, SHEPHARD, R. J. Physical activity, fitness, and health: the model and key concepts. In: BOUCHARD, C, SHEPHARD, R. J., STEVENS, T. (eds.). *Physical activity, fitness, and health*. International proceedings and consensus statement. Champaign: *Human Kinetics Publishers*, 1992. p. 77-88.
- BRANTA, C, HAUBENSTRICKER, J., SEE-FELDT, V. Age changes in motor skills during childhood and adolescence. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. N.12, p.467-520, 1984.
- CARRON, A.V., BAILEY, D. A. Strength development in boys from 10 through 16 years. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, v.39, serial n.157, 1974.
- CLARKE, H. H. *Physical and motor tests in the medford boys 'growth study*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1971.
- COLLINS, L. M., HORN, J. L. (eds.) *Best methods for the analysis of chance. Recent advances, unanswered questions, future directions*. Washington: American Psychological Association, 1991.
- DALE, A., DAVIES, R. B. (eds.). *Analysing social and political change. A Casebook of Methods*. Londres: Sage Publications, 1994.
- ELLIS J. D., CARRON, A. V, BAILEY, D. A. Physical performance in boys from 10 through 16 years. *Human Biology*. N.47, p. 263-281, 1975.
- ESPENSCHADE, A. Motor performance in adolescence, including the study of the relationships with measures of physical growth and maturity. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, v.5, serial n.24, 1940.
- FINKEL, S. E. Causal analysis with panel data. *Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences*. Thousand Oakes: Sage, 1995. p. 7-105.
- FLEISHMAN, E. A. *The structure and measurement of physical fitness*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1964.
- FONTOURA, J. M. V. Efeitos das Condições Socio-económicas, Gordura Corporal e Estatuto Maturacional na Aptidão Física e Auto-Conceito Físico. Estudo em Jovens do Sexo Masculino com Idades Compreendidas entre os 13 e os 15 Anos. Porto, 1996. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.
- FREITAS, D. L. Aptidão Física na População Escolar da Região Autónoma da Madeira. Estudo em Crianças e Jovens dos Onze aos Quinze anos de Idade. Porto, 1994. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.
- GAYA, A., CARDOSO, M., TORRES, L., SIQUEIRA, O. Crescimento e Desempenho

- Motor em Escolares de 7 a 15 anos Provenientes de Famílias de Baixa Renda. - Indicadores para o Planejamento de Programas de Educação Física Voltados à Promoção da Saúde. *Movimento*, n.7, p. I-XXIV, 1997.
- GUEDES, D. R., GUEDES, J. E. R. P. *Crescimento, composição corporal e desempenho motor de crianças e adolescentes*. São Paulo: Balieiro, 1997.
- GUTTMAN, L. A. A generalized simplex for factor analysis. *Psychometrika*, v.20, p. 173-191, 1955.
- HAUGES, P. J., SCHNEIDER, B., NILES, K. Stability of performance: an interactionist perspective. *Journal of Applied Psychology*, v.75, n.6. p. 658-667, 1990.
- HENRY, R. A., HULIN, C. L. Stability of skilled performance across time: some generalizations and limitations on utilities. *Journal of Applied Psychology*, v.72, n.3, p. 457-462, 1987.
- HOFFMANN, D. A., JACOBS, R., GERVAS, S.J. Mapping individual performance over time. *Journal of Applied Psychology*, v.77, n.2, p. 185-195, 1992.
- JAGODZINSKI, W., KUHNEL, S. M., SCHMIDT, P. *Is there a "socratic effect" in nonexperimental panel studies?* *Sociological methods and research*, v. 15, n.3, p. 259-302, 1987.
- JORESOG, K. G. Estimation and testing of simplex models. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, n.23, p. 121-145, 1970.
- JORESOG, K. G., SORBOM, D. *Lisrel 7 user's guide*. Chicago: Scientific Software, 1989.
- . *Lisrel 8: structural equation modeling with the simplis command language*. Scientific Software International. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1993.
- KEEVES, J. P. Longitudinal research methods. In: KEEVES, J. P. (ed.). *Educational research, methodology, and measurement: an international handbook*. Oxford: Pergamon Press, 1988.
- KELDER, S. H., BERRY, C. L., KLEPP, K.I., LYTLE, L. L. Longitudinal tracking of adolescent smoking, physical activity, and food choice behaviors. *American Journal of Public Health*, v.84, n.7, p. 1121-1126, 1994.
- LEFEVRE, J. Tracking of physical fitness. Concepts and results. In: Seminário Internacional sobre o Crescimento, Maturação, Aptidão Física e Performance (1.: 1994: Porto). *Comunicação*. Porto: Faculdade de Ciências do Desporto, 1994.
- LONG, J. S. Covariance structure models: an introduction to Lisrel. *Sage university paper series on quantitative applications in the social sciences*, p. 7-34. Beverly Hills: Sage, 1983.
- MAGNUSSON, D., BERGMAN, L. R., RUDINGER, G., TORESTAD, B. (eds.). *Problems and methods in longitudinal research. Stability and change*. Cambridge: Cambridge University, 1991.
- MAIA, J. A. R. Abordagem antropobiológica da selecção em desporto. Estudo multivariado de indicadores biossociais da selecção em andebolistas dos dois sexos dos 13 aos 16 anos de idade. Porto, 1993. Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.
- . Avaliação da aptidão física. Aspectos metodológicos e analíticos. *Horizonte*, v.II, n.65, p. 190-197, 1995.
- . Avaliação da aptidão física. Uma abordagem metodológica. *Horizonte*, v.13, n.73. Dossier, 1996.
- . Um discurso metodológico em torno da validade de construto: posições de um lisrelita. In: ALMEIDA, L. S., ARAÚJO, S., GONÇALVES, M. M., MACHADO, C., SIMÕES, M. R. (eds.). *Avaliação psicológica: formas e contextos*, v.4. APPORT. Braga, p. 43-59, 1996.
- MAIA, J. A. R., BACELAR, S. Estudo exploratório e confirmatório da estrutura somática de jovens andebolistas dos 13 aos 16 anos de idade. In: PESTANA, D., TURKMAN, A., BRANCO, J., DUARTE PIRES, A. (eds.). *A estatística e o futuro e o futuro da estatística*. Lisboa: Edições Salamandra, 1994.
- . Padrão de adiposidade em jovens andebolistas: um estudo factorial exploratório e confirmatório. In: BRANCO, J., GOMES, P., PRATA, J. (eds.). *Bom senso e sensibilidade. As traves mestras da estatística*. Lisboa: Edições Salamandra, 1996.
- MALINA, R. M. Tracking of physical fitness and performance during growth. In: BEUNEN, G., GHESQUIERE, J., REYBROUCK, T., CLAESSENS, A. L. (eds.). *Children and exercise*. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1990.
- . Tracking of physical activity and physical fitness across the lifespan. *Research quarterly for exercise and sport*, v.64, n.3, p. 48-57, 1996.
- MARQUES, A. T., GOMES, P. B., OLIVEIRA, J.,

- COSTA, A., GRAÇA, A., MAIA, J. A. R. Aptidão física. In: SOBRAL, R., MARQUES, A. (eds.), *FACDEX — Desenvolvimento somato-motor e factores de excelencia desportiva na população portuguesa*. Lisboa: Ministério da Educação. Gabinete Coordenador do Desporto Escolar, 1992. p. 21-43.
- MARSH, H. W., GRAYSON, D. Longitudinal confirmatory factor analysis: common, time-specific, item-specific, and residual-error components of variance. *Structural equation modeling*, v.1,n.2, p. 116-145, 1994a.
- . Longitudinal stability of latent means and in individual differences: a unified approach. *Structural equation modeling*, v. 1, n.2, p. 317-359, 1994b.
- MATSUDO, V. R. K. Motor fitness characteristics of brazilian boys and girls from 7 to 18 years of age. *Deteção de Talentos*, p. 9-15, 1996.
- . Aptidão física nos países em desenvolvimento. *Espaço*, v.1, n.2, p. 23-32, 1993.
- MORTIMER, J. T., FINCH, M. D., KUMKA, D. Persistence and change in development: the multidimensional self-concept. In: *Life-span development and behavior*, v.4. New York: Academic Press, 1982. p.263-313.
- NESSELROADE, J. R. Intraindividual differences in intraindividual change. In: COLLINS, L. M., HORN, J. L. (eds.). *Best methods for the analysis of change. Recent advances, unanswered questions, future directions*. Washington: American Psychological Association, 1991.p.92-105.
- NESSELROADE, J. R., FEATHERMAN, D. L. Intraindividual variability in older adults' depression scores: some implications for developmental theory and longitudinal research. In: MAGNUSSON, D., BERGMAN, L. R., RUDINGER, G., TORESTAD, B. (eds.). *Problems and methods in longitudinal research - stability and change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. p.47-66.
- NUNNALLY, J. *Psychometric theory*. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1978.
- OSTYN, M., SIMONS, J., BEUNEN, G., REN-SON, R., VAN GERVEN, D. Somatic and motor development of belgium secondary school boys. *Norms and standards*. Leuven: Leuven University Press, 1980.
- PALMQUIST, B., GREEN, D. P. Estimation of models with correlated measurement errors from panel data. *Sociological methodology*, v.22, p. 119-146. Washington: American Sociological Association, 1992.
- PEDHAZUR, E. L., SCHMELKIN, L. P. *Measurement, design, and analysis. An integrated approach*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1991.
- PONNET, P., BEUNEN, G., CLAESSENS, A., LEFEVRE, J., MAES, H. Stability of athletic performance in untrained boys age 12 to 15 years. In: CLAESSENS, A. L., LEFEVRE, J., VANDEN EYNDE, B. (eds.). *World-wide variation in physical fitness*. Leuven: Institute of Physical Education. Katholieke Universiteit Leuven, 1993.
- PRISTA, A. Influência da actividade física e dos factores sócio-económicos sobre as componentes da estrutura do valor físico relacionadas com a saúde - estudo em crianças e jovens moçambicanos. Porto, 1994. Dissertação de Doutoramento. FCDEF-UP.
- RARICK, L. G., SMOLL, F. L. Stability of growth in strength and motor performance from childhood to adolescence. *Human Biology*, v.39, n.3, p. 295-306, 1976.
- ROCHE, A. F. Tracking in body composition and risk factors for cardiovascular disease from childhood to middle age. Comunicação apresentada no Symposium XVIII do European Group of Pediatric Work Physiology - Exercise and Fitness, Benefits and Risks. Dinamarca, 1995.
- ROGOSA, D. Causal models in longitudinal research. Rationale, formulation, and interpretation. In: NESSELROADE, J. R., BALTES, P. B. (eds.). *Longitudinal research in the study of behavior and development*. New York: Academic Press, 1979. p.263-302.
- RUDINGER, G., ANDRES, J., RIETZ, C. Structural equation models for studying intellectual development. In: MAGNUSSON, D., BERGMAN, L. R., RUDINGER, G., TORESTAD, B. (eds.). *Problems and methods in longitudinal research - stability and change*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 274-307, 1991.
- SA, J. E. F. V. Aptidão física e desporto escolar. Estudo em jovens dos dois sexos dos 13 aos 15 anos de idade da região autónoma dos Açores. Porto, 1995. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.
- SHUMACKER, R. E., LOMAX, R. *G.A beginner's guide to structural equation modeling*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1996.
- SOBEL, M. E. Causal inference in latent variable models. In: VON EYE, A., CLOGG, C. C. (eds.). *Latent variables analysis. Applications*

- for developmental research. Thousand Oakes: Sage Publications, 1994. p.3-35.
- SOBRAL, F. *Estado de crescimento e aptidão física na população escolar dos Açores*. SREC-DREFD. Região Autónoma dos Açores/ISEF-UTL. Lisboa, 1989.
- TWISK, J., KEMPER, H. C. G., SNEL, J. Tracking of cardiovascular risk factors in relation to lifestyle. In: KEMPER, H. C. G. (ed.). *The Amsterdam growth study. A longitudinal analysis of health, fitness, and lifestyle*. HK Champaign: *Human Kinetics*, 1995. Sport Science Monograph Series, v.6.
- VANLEUTHE, E. P., KEMPER, C. G., TWISK, J. W. R. Tracking of blood pressure in children and youth. *American Journal of Human Biology*, v.6, p. 389-399, 1994.
- VON EYE, A. Going beyond correlations: parameter specificity of stability and change. In: ASENDORPF, J. B., VALSINER, J. (eds.). *Stability and change in development. A study of methodological reasoning*. Newbury Park: Sage Publications, 1992. p. 150-154.
- WARE, J. H., WU, M. C. Tracking: prediction of future values from serial measurements. *Biometrics*, n.37, p. 427-437, 1981.
- WILEY, D. E., WILEY, J. A. The estimation of measurement error in panel data. *American Sociological Review*, n.35, p. 112-117, 1970.
- UNITERMOS
- Aptidão física.*
- \*Maia, J. A. R. é professor da Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto, Portugal. \*\*Lefevre, J. é professor da Faculdade de Educação Física e Cinesiterapia da Universidade de Lovaina, Bélgica. \*\*\*Beunen, G. é professor da Faculdade de Educação Física e Cinesiterapia da Universidade de Lovaina, Bélgica. \*\*\*\*Claessens, A. é professor da Faculdade de Educação Física e Cinesiterapia da Universidade de Lovaina, Bélgica.