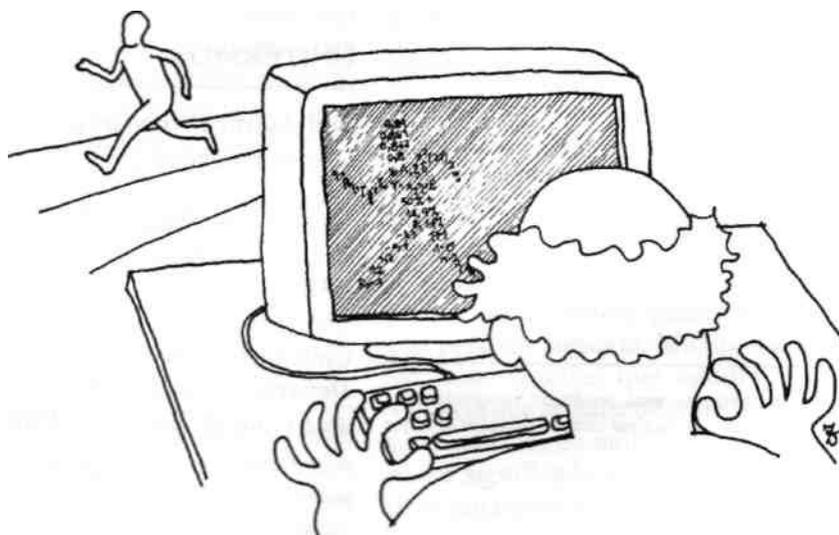


A modelação da Performance Desportivo-motora¹

um contributo centrado no pensamento de Fleischman e Quaintance e
na Modelação da Estrutura de Covariância

José Antônio Ribeiro Maia*



O trabalho que agora apresentamos corresponde a algumas inquietações decorrentes de um dos aspectos fundamentais da nossa dissertação de doutoramento - a possibilidade de modelar a *performance* desportivo-motora, a partir da integração das perspectivas de Fleishman e Quaintance (1984) e da metodologia da Modelação da Estrutura da Covariância. Trata-se sobretudo de uma exposição sem outras pretensões que não sejam a da estimulação da discussão e da crítica às idéias que avançaremos.

A possibilidade de modelar a *performance* desportivo-motora tem exercido um enorme fascínio em investigadores de diferentes áreas do conhecimento. A prová-lo estão as suas varia-

das e incessantes propostas. Thomas, Eclache e Keller (1989) oferecem uma visão lata deste movimento no contexto do desporto de rendimento. Convém referir, no entanto e de acordo com a nossa perspectiva, que as propostas pictográficas dos vários autores nem sempre correm em paralelo com o vigor que deveria ser exigido aos enunciados teóricos que lhes servem de base, excepção feita para o modelo de Bouchard e Godbout (1973).

Ao contrário do que decorre noutros campos do conhecimento, onde a idéia de complexidade parece reinar (Cappella, 1980; Fink, 1980; Joreskog, 1993), o próprio processo de modelação da *performance* em desporto de rendimento parece não ter passado, ainda,

da fase da primeira infância. Este quadro é devido a duas grandes ordens de razão: por um lado, os modelos semânticos desenvolvidos não tem sido mais do que simples instrumentos heurísticos de reflexão e estudo do ponto de vista conceptual; por outro, e apesar da elegância da estruturação verbal da alguns modelos, a operacionalização dos seus enunciados tem sido difícil, a sua especificação complicada, a par da inexistência de algoritmos para os solucionar.

A estas insuficiências pensamos ser pertinente adicionar três outras:

- A primeira e a mais importante refere-se à ausência de uma teoria formal da performance desportiva (Maia, 1993).

- A segunda prende-se não só com a ousadia de inúmeros investigadores em atribuírem empiricamente uma interpretação causai ao coeficiente de correlação, mas também com as interpretações interactivas derivadas de coeficientes numa matriz que foi construída de forma avulsa (Saris e Stronk-horst, 1984).

- A terceira tem a ver com a própria estrutura interna da maioria dos estudos empíricos. Descrição, interpretação e prognose da *performance* têm sido elaboradas, quase sempre, a partir dos dados - i.e. da construção de um pensamento (vide Maia, 1993: pp. 76-101) a partir de uma equação de regressão múltipla cuja solução foi obtida pelo procedimento *stepwise*, sem que se possua qualquer idéia da sua validade cruzada, nem tão pouco do seu poder de generalização.

Ao invés desta situação gostaríamos, se para tanto formos suficientemente capazes, de apresentar algumas idéias que, em nosso entender, parecem deixar antever o alargamento do pensável, bem como a possibilidade de alguma interactividade e integração entre teoria e prova empírica. Neste sentido, esta intervenção, repetimo-lo, procura vestir a roupagem da complexidade e da simplicidade, matizando-se de teoria e empirismo.

O CONCEITO DE MODELO

Antes de apresentarmos o modelo de estrutura de covariância e o da *performance* desportivo-motora, convém, desde já, apresentar algumas noções, por forma a evitar proble-

mas de comunicação. A primeira é a do próprio conceito de modelo. A título provisório consideremos a seguinte noção. Um modelo é uma estrutura composta por símbolos e por regras que estabelecem as relações entre os símbolos, isomórfica com a estrutura ou processo que pretende representar (Richards, 1980). Desta noção emergem três categorias fundamentais:

- A de simbolismo ou notação própria de um modelo e que permite a sua representação sob a forma gráfica (daqui a noção de modelo, pictográfico).

- A de existência de regras de relação estabelecidas pelas associações estruturais e que estão na origem da formulação matemática do modelo (daqui ressalta a idéia de modelo matemático).

- A de isomorfia que implica (1) a correspondência entre os elementos do modelo e daquilo que está a ser modelado e, (2) um comportamento análogo ao do sistema original. Ou seja, isomorfismo traduz correspondência estrutural e funcional.

É evidente que a exigência de isomorfismo estrito (i.e. do mapeamento um a um) pode e deve ser relaxada, dada a extrema dificuldade em conseguir-se uma paridade completa entre o modelo e o original. Deste modo, esta exigência categórica pode ser substituída pela de homomorfia que veicula a noção de existência de várias alternativas para o mapeamento. Um exemplo claro desta categoria é o seguinte: o recurso a um valor de potência muscular no movimento de extensão do cotovelo, medido num aparelho isocinético como indicador homomórfico da potência muscular desenvolvida num remate de um andebolista. Atualmente é impossível conseguir em laboratório um isomorfismo estrito na avaliação deste gesto realizado no contexto do jogo.

A idéia de homomorfia do modelo reside na necessidade de substituição (i.e. substituir partes correspondentes no original desde que se mantenha a semelhança estrutural e funcional) e de simplificação, dada a extrema dificuldade em modelar sistema em que, muitas vezes, não se conhecem com precisão as suas fronteiras, tão pouco a minúcia das suas estruturas e funcionalidades. É que modelar não é sinónimo de teorizar, mas sim tentar aprender uma complexidade a partir de etapas de

É evidente que a exigência de isomorfismo estrito (i.e. do mapeamento um a um) pode e deve ser relaxada, dada a extrema dificuldade em conseguir-se uma paridade completa entre o modelo e o original. Deste modo, esta exigência categórica pode ser substituída pela de homomorfia que veicula a noção de existência de várias alternativas para o mapeamento.

integração num crescendo de complexificação, em que o simples é sempre o ponto de partida. Convém deixar claro que simples nem sempre é sinónimo de fácil, tampouco de redutor. É uma necessidade imanente à abordagem de um qualquer problema.

inequívoca, não só o seu poder em análises complexas, mas também as promessas incluídas na enorme flexibilidade deste modelo.

Antes de apresentarmos a "pedra filosofal" gostaríamos de referir, ainda que brevemente, a idéia essencial da análise *path*, um dos primeiros elementos mais substantivos da pedra.

O MODELO DE ESTRUTURA DE COVARIÂNCIA

A Modelação da Estrutura da Covariância pode ser entendida como uma visão moderna da Alquimia Estatística dada não só a riqueza da sua teoria e do enorme poder heurístico da sua estrutura analítica, mas também a sua aventura de tentar transformar uma matriz de correlação ou de variância-covariância, aparentemente sem lógica, em precisidade de informação causal.

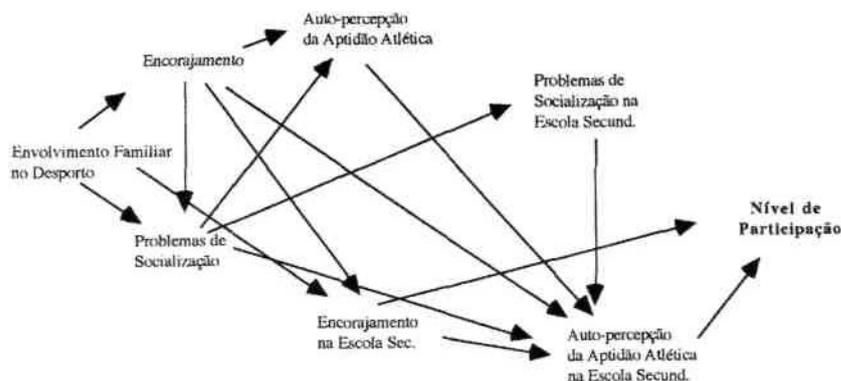
Passemos então a apresentar, desde já, algumas idéias befejadas com gotas de esperança na possibilidade de modelar a *performance*, e que se encontram consignadas na essência da Modelação da Estrutura da Covariância. A Modelação da Estrutura da Covariância pode ser entendida como uma visão moderna da Alquimia Estatística dada não só a riqueza da sua teoria e do enorme poder heurístico da sua estrutura analítica, mas também a sua aventura de tentar transformar uma matriz de correlação ou de variância-covariância, aparentemente sem lógica, em precisidade de informação causal (Asher, 1983; Cappella, 1980; Saris e Stronkhorst, 1984).

O projecto alquímico deste processo começou com o modelo da análise *path*, passando pelos sistemas de equações lineares dos econométristas e da análise factorial dos psicometristas e terminando na modelação das equações estruturais ou de covariância. Entre outros, os alquimistas mais famosos foram o geneticista Sewel Wright (1934), os metodólogos Simon (1957) e Blalock (1964), os sociólogos Duncan (1966) e Boudon (1965), o econométrista Goldberger (1972) e o estatístico e psicometrista Joreskog (1970). A pedra filosofal é hoje conhecida por LISREL. Nos últimos 20 anos, sua utilização crescente em inúmeras áreas de estudo marcam, de forma

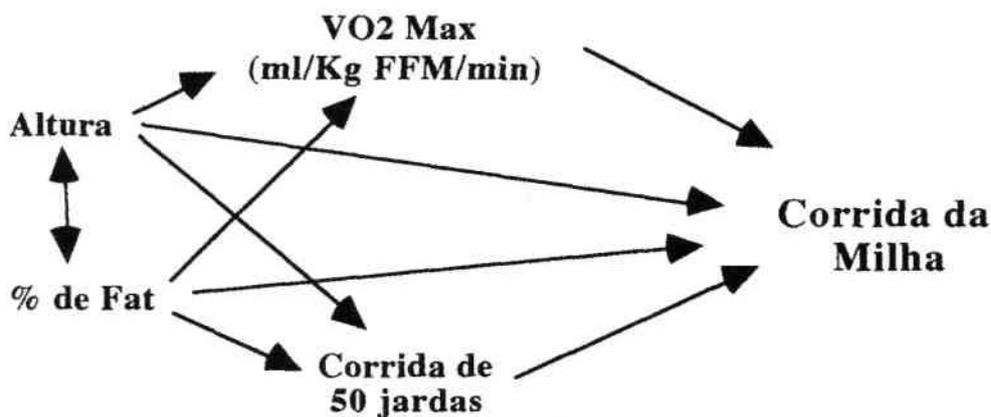
A análise *path*

A análise *path* teve a sua origem nos trabalhos de genética quantitativa do brilhante geneticista americano Sewell Wright. Iniciada em 1919, foi formalmente apresentada em 1934. A idéia de base era partir de uma matriz de correlação, à qual se impunha uma estrutura de relação causal, por forma a obter valores que reflectissem a magnitude das relações postuladas de acordo com regras de decomposição das correlações. Em 1966, o sociólogo Duncan expande as idéias de Wright para o contexto de estudos de natureza não experimental. Os contributos de Blalock e as perspectivas dos econométristas tornam-se decisivas, sobretudo na formulação da idéia de relação estrutural e nos métodos de estimação dos parâmetros do modelo. Em 1975, Specht adiciona uma nova pedra ao edifício. A partir de agora era possível não só estimar os parâmetros do modelo, como também testar a qualidade do seu ajuste aos dados (i.e. testar a qualidade das proposições teóricas). Este contributo abre a porta à possibilidade de testar diferentes modelos com e sem restrições (ou seja modelos mais parcimoniosos e teoricamente defensáveis).

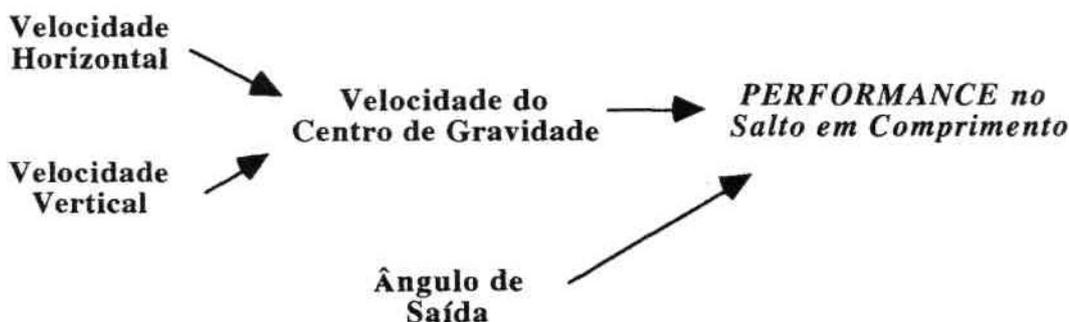
A título de exemplo gostaríamos de apresentar os modelos pictográficos de alguns estudos:



- O primeiro refere-se à investigação dos factores que afectam o nível de participação de sujeitos dos dois sexos em actividade desportivas.



- O segundo procura interpretar a influência distinta de um conjunto de variáveis no rendimento de uma prova de corrida de duração, bem como testar a validade concorrente desta prova face à de laboratório para medir o consumo máximo de oxigênio.



- O terceiro pretende conhecer o impacto das velocidades horizontal e vertical, bem como do ângulo de saída na performance do salto em comprimento.

Independentemente dos aspectos técnicos da análise, o que aqui nos interessa é sobretudo o problema essencial da interpretação, ou seja o da atribuição de significado à solução obtida, dado que correlação não implica causalidade. Esta tarefa pode, e deve, ser pensada à luz da hermenêutica, dado que toda a análise estatística substantiva está carregada de um simbolismo próprio que é preciso trazer à luz do dia.

Os resultados da análise *path* devem ser interpretados seqüencialmente, isto é, a partir de matizes de complexidade crescente face à riqueza do simbolismo subjacente (Asher, 1983; Specht, 1975; Visauta, 1986):

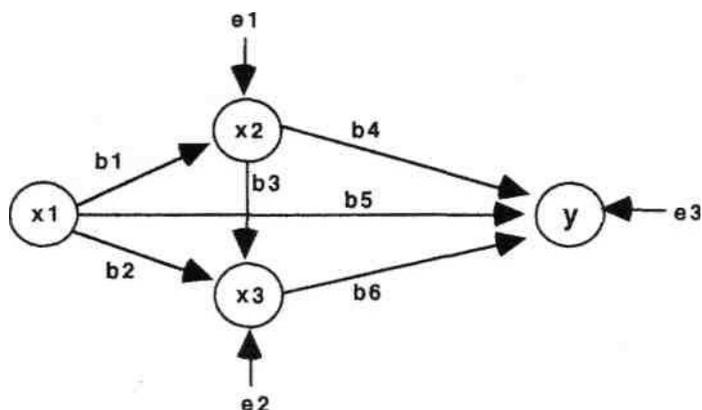
- Em primeiro lugar há que considerar os valores dos coeficientes *path* em cada uma das relações estruturais consignados no modelo

pictográfico. Estes coeficientes (bi) são entendidos da mesma forma que os pesos beta da regressão múltipla, e que atribuem um significado próprio às relações estruturais que afectam as variáveis explícitas no modelo, bem como dos erros do sistema (ei).

- Em segundo lugar deve tomar-se em linha de conta quatro tipos de efeitos, desde que especificados no modelo pictográfico, e que consignam a estrutura dos enunciados da teoria - os efeitos directos, os indirectos, os espúrios e os conjuntos.

- Em terceiro lugar há que verificar a qualidade do ajuste do modelo especificado relativamente à estrutura original dos dados. É o contraste do valor dos enunciados relativamente aos factos, à estrutura das interrelações das variáveis consideradas relevantes no modelo. Este processo é efec-

Figura 1: Especificação pictográfica de relações estruturais (bi) e dos erros do sistema (ei)



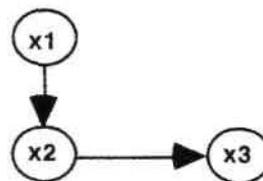
Em nosso entender, a riqueza heurística desta abordagem exprime de forma clara o primado da teoria, bem como a lição, cada vez mais esquecida, da fertilidade substantiva da interactividade teoria-análise.

Figura 2: Tipos fundamentais de efeitos. Representação gráfica.

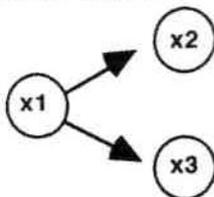
Efeito directo



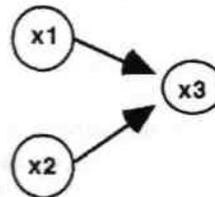
Efeito indirecto



Efeito espúreo



Efeito conjunto



tuado em duas etapas. A primeira tem que ver com o ajuste global do modelo, a partir da estatística de qui-quadrado à medida de variância multivariada explicada. A segunda refere-se ao valor da estatística t dos coeficientes *path* e que, de certo modo, lhes atribui significado no contexto da estrutura semântica do modelo.

É evidente neste processo, simultaneamente analítico e interpretativo, a possibilidade do seu pluralismo. Por um lado, fornece a oportunidade de gerar modelos hierárquicos mais ou menos restritos, a partir de um

modelo inicial, por forma a obter parcimônia interpretativa, substantivamente relevante e sem perda do carácter complexo do problema. Por outro lado, estabelece-se a possibilidade de testar modelos alternativos que expressem visões distintas do mesmo problema.

Em nosso entender, a riqueza heurística desta abordagem exprime de forma clara o primado da teoria, bem como a lição, cada vez mais esquecida, da fertilidade substantiva da interactividade teoria-análise (Bollen e Long, 1993; Joreskog, 1993; Saris e Stronkhorst, 1984).

Convém referir, no entanto, que a análise *path* encerra em si mesma dois obstáculos de complexidades, que parte sempre da de peso ao seu uso indiscriminado em contexto teórico, embora seja possível desenvolver pesos mais complexos, sobretudo quando se lida com variáveis latentes. Neste último caso, as restrições fundamentais são as seguintes (Haase, 1994; Fink, 1980; Saris e Stronkhorst, 1984):

- A primeira radica na necessidade das variáveis serem medidas sem erro. Esta situação é difícil de ser obtida. No entanto, se se controlarem as fontes de erro sistemático e se obtiverem estimativas de fiabilidade elevada, o modelo funciona bem.
- A segunda, e decisiva, prende-se com a caracterização unidimensional das variáveis que assumem uma estrutura conceitual mais complexa que deveria ser reflectida por indicadores múltiplos.

Este modelo é composto por dois submodelos (Joreskog, 1993) - o de medida e o estrutural. O sub-modelo de medida representa a estrutura do conjunto de variáveis predictoras ou independentes, e o conjunto de variáveis critério ou dependentes.

O submodelo estrutural é representado pelo fluxo de relações de "causalidade" entre os domínios das variáveis independentes e o das dependentes. Estes submodelos não são estritamente determinísticos, dado que contêm erros que permitem avaliar a extensão daquilo que não foi considerado.

Este modelo é extremamente flexível e versátil, permitindo a utilização do sub-modelo de medida de forma independente. O sub-modelo estrutural requer a análise completa do sistema de análise.

O submodelo estrutural é representado pelo fluxo de relações de "causalidade" entre os domínios das variáveis independentes e o das dependentes. Estes submodelos não são estritamente determinísticos, dado que contêm erros que permitem avaliar a extensão daquilo que não foi considerado.

Os modelos de medida e estrutural

A Modelação da Estrutura de Covariância é, simultaneamente, uma estrutura

Figura 3: Os modelos de medida - variáveis

latentes independentes e dependentes.

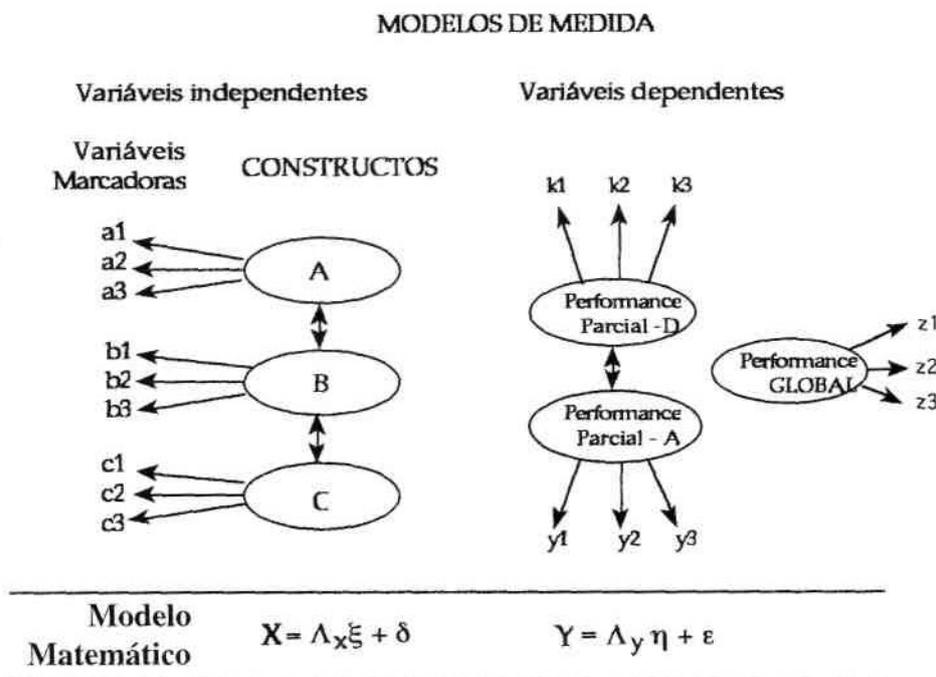
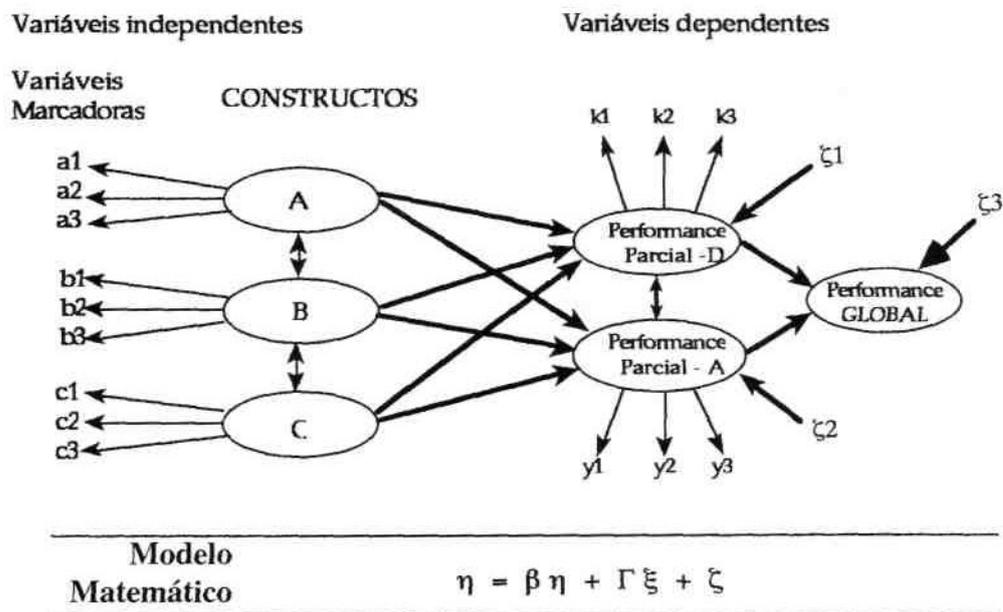


Figura 4: O modelo estrutural com variáveis latentes.

Modelo ESTRUTURAL



A estrutura do modelo é composta por cinco etapas que, apesar de poderem ser entendidas estritamente de per se, mantêm intacta a idéia de percurso vertical e interactividade.

Por forma a evitar entrar em aspectos conceptuais das operações formais do modelo, bem como da complexa teoria estatística subjacente, iremos recorrer a um exemplo de um dos nossos estudos que ilustra este processo (Maia e Bacelar, 1994), a partir exclusivamente do modelo de medida. Mais à frente abordaremos o modelo estrutural quando apresentarmos a proposta de modelação da performance desportiva no contexto do andebol.

A estrutura do modelo é composta por cinco etapas que, apesar de poderem ser entendidas estritamente de *per se*, mantêm intacta a idéia de percurso vertical e interactividade.

Consideramos, então, a primeira etapa que trata da formulação de um enunciado, teoria ou uma hipótese que será objecto de tratamento pelo modelo:

O andebol pela riqueza e complexidade da sua estrutura e funcionalidade, pode ser entendido como um nicho ecológico que evidencia particularidades únicas (Maia, 1993).

Este jogo desportivo colectivo coloca os atletas perante um quadro de exigências associadas a um conjunto variado de tarefas, que reclama, dos variantes de sucesso, a evidência de um perfil configuracional de traços que exprima o sucesso competitivo (Maia, 1989; 1993). Ora, aquilo que antropobiólogos e especialistas em diferentes áreas das ciências do Desporto pretendem indentificar e interpretar não é mais do que este perfil morfo-funcional distinto do atleta, que lhe permite expressar uma *performance* elevada num contexto de exigências mais ou menos circunscritas.

Decorrente deste entendimento e no sentido de indentificar o *design* estrutural dos atletas, expresso pelo seu perfil configuracional somático, esta pesquisa dirigiu a sua atenção para três objectivos:

1- O estudo da multidimensionalidade somática dos andebolistas.

2- Na eventualidade da emergência de uma estrutura coerente confirmar a sua robustez a partir da análise confirmatória do seu constructo (Bentler, 1980).

3- Decorrente da "validade" de constructo da estrutura somática procurar associá-la ao formalismo estrutural da variedade das tarefas do jogo.

Está, pois, lançado o nosso enunciado, i.e., a formulação verbal ou semântica daquilo que pretende ser identificado e testado e que, ao mesmo tempo, providencie um conjunto de informações relevantes para o treinador e o perito na selecção.

A segunda etapa do modelo, a da especificação, reclama uma atenção particular que se dirija para três aspectos decisivos:

- O primeiro tem que ver com a escolha das variáveis. Esta selecção deverá ser cuidada, dirigida pela literatura e pelo conhecimento do investigador. É evidente a necessidade de obtenção de valores cuja fiabilidade seja elevada. No estudo em causa foram consideradas

11 medidas somáticas que descrevem perímetros, comprimentos, diâmetros e massa corporal. As medições foram efectuadas por um antropometrista critério e os erros técnicos de medida extremamente reduzidos.

- O segundo refere-se à esquematização isomórfica do modelo semântico a partir de grafismos que nos conduza à visão do modelo pictográfico. A figura seguinte representa o modelo pictográfico considerado, bem como alguns resultados da análise factorial exploratória.

A partir do segundo aspecto, o terceiro dirige-se para a formulação do sistema de equações estruturais que descrevem as relações entre as variáveis. A figura seguinte mostra o modelo a ser testado. É evidente a presença de notação própria, de regras de correspondência isomórfica com o modelo semântico, bem como a possibilidade de formulação matemática.

Figura 5: Especificação pictográfica inicial com os resultados da análise factorial exploratória.

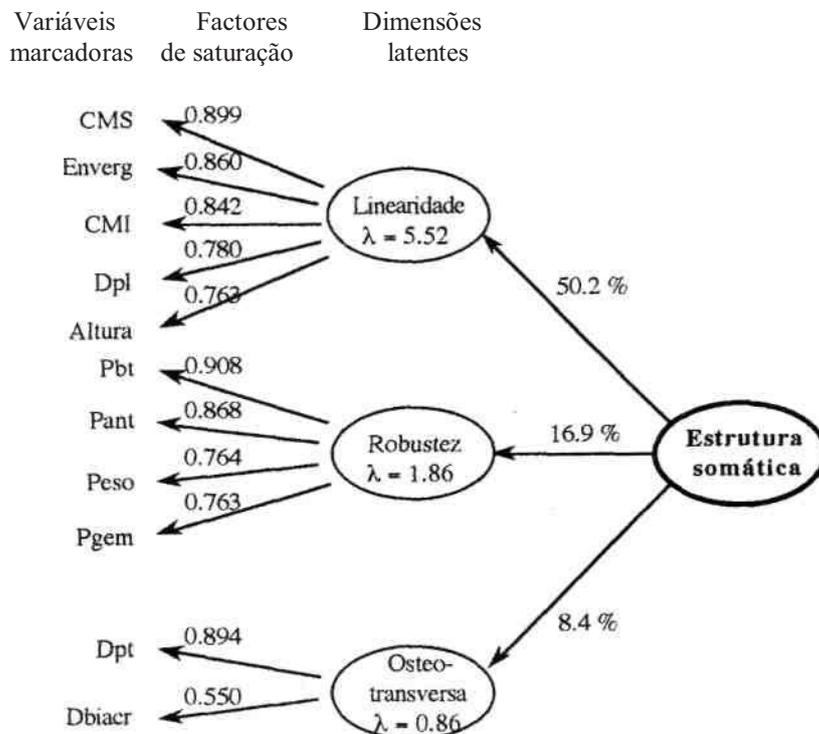
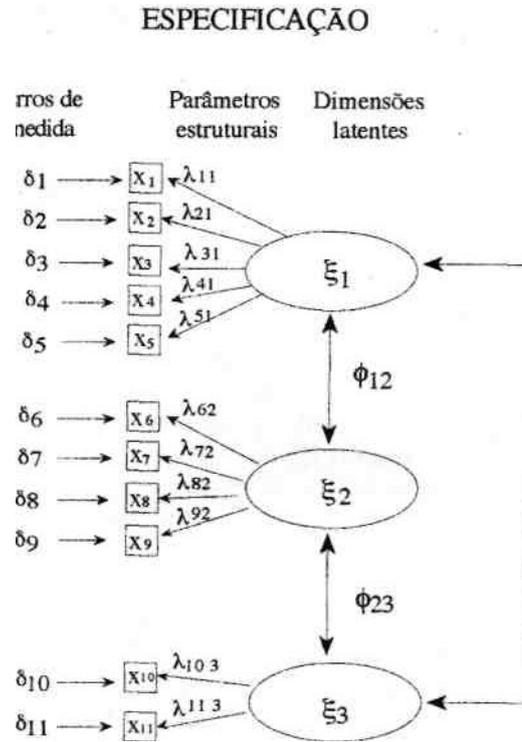


Figura 6: Especificação de acordo com o modelo do LISREL



Aqui está a formulação matemática do modelo de medida sob a forma matricial que facilmente seria convertido num sistema de equações lineares estruturais.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \\ x_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.00 & 0 & 0 \\ \lambda_{21} & 0 & 0 \\ \lambda_{31} & 0 & 0 \\ \lambda_{41} & 0 & 0 \\ \lambda_{51} & 0 & 0 \\ 0 & 1.00 & 0 \\ 0 & \lambda_{72} & 0 \\ 0 & \lambda_{82} & 0 \\ 0 & \lambda_{92} & 0 \\ 0 & 0 & 1.00 \\ 0 & 0 & \lambda_{11,3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \\ \delta_7 \\ \delta_8 \\ \delta_9 \\ \delta_{10} \\ \delta_{11} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{x} = \Lambda_x \boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\delta}$$

A terceira etapa refere-se à **identificação do modelo**, ou seja, ao estudo das condições para se obter uma solução única dos parâmetros. Um modelo está identificado quando existe uma convergência para uma única solução dos parâmetros estruturais das matrizes Λ_x (x), Φ (ξ) e

Δ (δ). Os parâmetros da matriz Λ_x correspondem ao contributo de cada indicador para amostrar uma dada facete de cada variável latente. Por exemplo, a altura, os comprimentos dos membros inferior e superior expressam a idéia de linearidade. O valor dos parâmetros da cada um destes in-

dicadores expressam, também, a idéia da sua validade convergente. Os parâmetros da matriz **Fi** referem-se à noção de interatividade das estruturas latentes dos atletas, ou seja, à associação única entre robustez, linearidade e dimensão ósteo-transversa, que confere uma configuração particular destes traços nos andebolistas. Os parâmetros estimados que se referem aos erros de medida estão consignados na matriz **Teta Delta**, que expressam a idéia da qualidade de erro cometido pelo antropometrista.

No modelo proposto, houve convergência e a solução obtida é bastante satisfatória.

A **quarta etapa** é a da **estimação dos parâmetros**. Trata-se aqui da decisão relativa à escolha dos diferentes procedimentos de estimulação. O LISREL 7 propõe vários, mas a escolha recai quase sempre no método da Máxima Verosimilhança, que foi o escolhido no nosso estudo. A teoria estatística associada aos diferentes procedimentos de estimação não é assunto que nos interesse no contexto desta intervenção (os interessados podem consultar Joreskog e Sorbom, 1989).

A **quinta etapa** é uma das mais delicadas de toda a modelação - a **avaliação do modelo** a ser efectuada na base de uma comunidade de bens entre a estatística e o enunciado formulado previamente no início do estudo.

A qualidade do ajustamento global da reespecificação do modelo foi avaliada a partir de quatro indicadores (Jreskog e Sorbom, 1989), Quadro 1:

- A prova de ajuste da razão de Máxima Verosimilhança produziu um X^2 baixo, indicador da elevada qualidade do ajuste do modelo (aceitação de H_0 - o modelo da covariância postulado ajusta-se muito bem à estrutura da covariância dos dados originais).

- O índice de bondade de ajuste é muito elevado. É uma medida da variância e covariância explicada pelo modelo e que varia entre 0 e 1. É uma medida independente do tamanho da amostra e menos sensível que o teste anterior aos desvios da normalidade multivariada.

- O índice ajustado aos graus de liberdade do modelo é, tal como o anterior, muito elevado o que confirma a qualidade do ajuste.

- A raiz quadrada média residual é também uma medida da qualidade do ajuste que se refere às "discrepâncias" entre a matriz original de variância e covariância dos dados e a matriz com restrições impostas pelo modelo. O seu valor é nitidamente inferior ao valor critério empírico utilizado de 0.5 (Byrne, 1989).

A segunda etapa da confirmação do modelo concentra-se na avaliação da bondade do ajuste dos parâmetros individuais. Neste domínio de análise, o LISREL 7 providencia dois indicadores fundamentais:

- Os valores t que se expressam pela razão entre o valor estimado do parâmetro e o seu padrão. A estatística t segue uma distribuição z. O valor desta razão reflecte o significado substantivo e estatístico da cada parâmetro estrutural (Quadro 2):

- Os valores dos resíduos estandarizados expressam a discrepância entre as

Quadro 1: Indicadores do ajuste global do modelo

Indicadores da bondade de ajuste	Valores
$X^2_{(27)}$	12.26, $p=0.993$
Índice de bondade de ajuste	0.983
Índice ajustado	0.959
Raíz quadrada média residual	0.021

Quadro 2: Valores dos parâmetros estruturais em cada dimensão latente

Parâmetros Estruturais	Solução Estandarizada	Valor t	p	Erro Padrão
λ_{11}	0.628	-		-
λ_{21}	1.100	5.856	<0.001	0.299
λ_{31}	0.953	6.777	<0.001	0.224
λ_{41}	0.739	6.836	<0.001	0.172
λ_{51}	0.796	6.324	<0.001	0.200
λ_{62}	0.930	-		-
λ_{72}	0.906	15.467	<0.001	0.063
λ_{82}	0.569	7.103	<0.001	0.086
λ_{92}	0.647	9.687	<0.001	0.072
λ_{103}	0.651	-		-
λ_{113}	0.509	4.504	<0.001	0.174
λ_{91}	0.301	4.129	<0.001	0.116
λ_{23}	-0.341	-3.678	<0.001	0.142
λ_{13}	0.231	2.141	<0.05	0.165

A confirmação do modelo multidimensional somático do andebolista expressa a relação entre um determinado design morfológico e os constrangimentos do jogo.

matrizes de variância e covariância dada (S) e a ajustada (***)). Nenhum resíduo é superior ao valor empírico de 2.0 (Byrne, 1989), tal como expressa o quadro 3.

Quadro 3: Sumário dos resíduos estandarizados

Valor mais pequeno	-1.036
Mediana	-0.004
Valor mais elevado	1.474

O modelo final e o funcionalismo do jogo

A confirmação do modelo multidimensional somático do andebolista expressa a relação entre um determinado *design* morfológico e os constrangimentos do jogo (Maia, 1993). A linearidade e a robustez veiculam a optimização interactiva estrutura-função. Deste modo, a linearidade representa, no quadro das exigências do jogo, um aspecto essencial do *design* do sujeito por forma a expressar vantagens mecânicas associadas à manipulação da

bola, aos remates, à posição base defensiva, aos saltos e corridas. As variáveis somáticas associadas à robustez e à dimensão ósteo-transversa expressam, também, as vantagens decorrentes nas situações de 1 x 1 na defesa e no ataque, na manipulação da bola e nos saltos.

Para além desta relevância interactiva estrutura-função, os resultados deste estudo sugerem a possibilidade de se construírem indicadores somáticos no processo de selecção de jogadores neste intervalo de idade.

Pemitam-me que teça algumas considerações, que considero importantes, no domínio da etapa da avaliação do modelo.

O critério Popperiano de demarcação deve ser utilizado no contexto da avaliação do modelo. É que o modelo especificado deve estar na correspondência isomórfica do enunciado que se apresenta como candidato à descrição, interpretação e predição do fenómeno em causa. A avaliação decorre em três etapas a partir de três critérios considerados relevantes - o da plausibilidade do modelo, o da

variância explicada e o da replicabilidade (Bollen e Long, 1993; Joreskog, 1993; Saris e Stronkhorst, 1984; MacCallum et al., 1992; 1993).

O primeiro, o **critério da Plausibilidade** do modelo é o julgamento acerca dos enunciados semânticos que se encontram consignados na especificação pictográfica e formulados nos sistemas de equações lineares estruturais.

Na idéia de Plausibilidade do modelo se ajustar aos dados, devem estar implícitas duas noções consideradas de extrema importância. A primeira refere-se às condições iniciais do modelo, às suas condições de fronteira e que se representam por um conjunto de restrições a serem aplicadas às diferentes matrizes do modelo. Pretende-se que seja obtida convergência, parcimônia e clareza interpretativa das estruturas postuladas, de modo a conseguir-se um ajuste mais elevado à estrutura de covariância original. A segunda reside no facto de apesar do modelo passar os testes empíricos, não significa que foi encontrado o "modelo" que descreve e interpreta o fenómeno em estudo. É que pode haver, e há certamente, um outro conjunto de modelos, com outros enunciados e especificações que reproduzam, também com sucesso, a estrutura de covariância original. Isto é, estamos no domínio aliciante da competição de modelos interpretativos equivalentes.

O segundo critério refere-se à **proporção de variância explicada** pelo modelo. É evidente que a obtenção de um modelo que explique a totalidade da variância da matriz de variâncias-covariâncias é uma impossibilidade. Daqui a exclamação de MacCallum et al. (1992: pp.490) "*no model fits real-world phenomena exactly*". É que não existe nenhum critério infalível de verdade (Popper, 1992), e deste modo a obtenção de uma solução satisfatória, i.e. de um modelo plausível, conjectural no dizer de Popper, candidato à expliação à ordenada da "desordem" da matriz de covariância é já, em si mesma, um avanço.

Ora, se as variáveis exógenas (i.e. as predictoras) não explicam variância suficiente das variáveis endógenas (os critério de performance), há forçosamente, que considerar várias possibilidades (Saris e Stronkhorst, 1984; Visauta, 1986):

- A existência de erros na especificação do modelo;
- A existência de erros de medida;
- A utilização de variáveis sucedâneas;
- A existência de insuficiências nos enunciados, i.e. na formulação verbal do modelo.

Mas então o que é que se considera variância explicada cujo valor seja suficiente? Para a maioria dos autores, o valor deve ser igual ou superior a 90%, partindo do princípio que a formulação teórica é robusta, clara e precisa, se dispõe de uma amostra com um número elevado de sujeitos ($n > 200$), se possui dados sem erros e provenientes de variáveis importantes e não há erros na especificação.

O terceiro critério é o da replicabilidade dos resultados. Se um modelo evidencia um ajuste elevado, reflexo da plausibilidade do seu enunciado e da precisão da sua especificação, e explica uma quantidade substancial de variância, não podemos ter ainda a certeza de ter encontrado o modelo correcto (Saris e Stronkhorst, 1984). Toda a solução em modelação contém, implícita numa dada medida, a idéia clara de falsificabilidade. É que nem sempre se considera o problema de capitalização no aleatório, sobretudo se a busca de especificação for realizada na mesma amostra, e se não possuímos qualquer noção acerca da estabilidade do modelo em diferentes amostras da mesma população, bem como da sua invariância estrutural no tempo (MacCallum et al., 1992).

No domínio da replicabilidade dos resultados há que considerar, forçosamente, duas situações distintas - a que ocorre no contexto da busca de especificação e formulação dos modelos alternativos (Joreskog, 1993; MacCallum et al., 1992):

- A primeira refere-se á geração de modelos embricados num modelo inicial.
- A segunda dirige-se para a pedra de toque de toda a modelação - a validação cruzada do modelo obtido.

Na primeira situação, da existência de modelos hierárquicos, em que a partir de um modelo inicial, e por problemas de ajuste, se processam reespecificações sucessivas, pode enfrentar-se dois casos (Bentler e Moijaart, 1989): o da modelação expansiva que decorre da adição de novos parâmetros que significam maior complexidade no sistema, ou o da

modelação parcimoniosa, cuja origem reside na necessidade de eliminação de parâmetros não significativos nas relações estruturais, por forma a obter simplicidade interpretativa. Nesta situação, a navalha de Occam é o objecto a ser alcançado. E evidente que em qualquer dos casos, deve ser sempre a teoria ou os enunciados postulados antecipadamente que orientam os dois tipos de reespecificação dos modelos. Convém referir que, em qualquer dos casos, se coloca o problema da estabilidade do modelo em amostragens sucessivas.

A segunda situação, a da validação cruzada do modelo é pensada, normalmente, no contexto da lógica da verificabilidade de Carnap (Carrillo, 1993) em que se entrecruzam testabilidade e confirmabilidade.

A idéia da testabilidade veicula a necessidade de submeter a um teste empírico um enunciado ou um conjunto de proposições teóricas. Toda a modelação da estrutura da covariância é percorrida por esta imposição - submeter ao rigor dos testes empíricos o valor da especificação do modelo, de modo a obter uma explicação satisfatória do problema (Breckler, 1990).

A idéia de confirmabilidade é operacionalidade a partir do seguinte esquema, tal qual como foi proposta por MacCallum et al. (1993), a partir das perspectivas de Browne e Cudek (1989): submete-se a especificação de um modelo a duas amostras distintas de uma mesma população, em que cada uma delas funciona como amostra de calibração da configuração do enunciado postulado. De seguida fazem-se, cada uma, buscas de especificação orientadas pela teoria, por forma a obter soluções que se ajustem à estrutura dos dados. A partir daqui, testar cada amostra a solução obtida, mas de forma cruzada, i.e. a solução A amostra B e a solução B na amostra A. Avalia-se a qualidade do ajuste final e calcula-se o índice de validação cruzada em cada amostra. O modelo mais parcimonioso e que evidencia o índice de validação mais elevado é o que se retém e que apresenta maior validade.

A ESTRUTURA DO MODELO DA PERFORMANCE DESPORTIVO- MOTORA

Centremos, finalmente, a nossa atenção na estrutura do modelo da *performance*

desportivo-motora a partir de um exemplo do andebol.

A estruturação heurística no lato domínio da *performance* desportivo-motora tem sido efectuada de uma forma díspar, essencialmente intuitiva e raras vezes integrada.

Exemplo claro do que acabamos de referir são as propostas apresentadas por inúmeros investigadores (i.e. psicólogos, fisio-logistas, metodólogos do treino e treinadores).

Raras vezes o problema foi perspectivado de uma forma sistemática integrada.

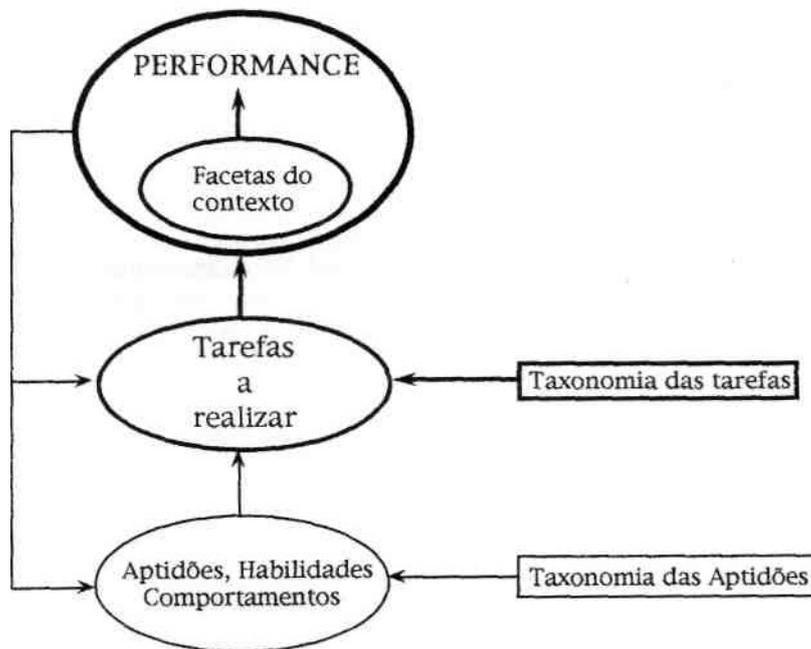
Um dos contributos decisivos neste domínio deve-se aos trabalhos de Fleischman (1975) e Fleischman e Quaintance (1984), ao apresentarem um modelo conceptualmente sólido e operacionalmente eficaz para solucionar o problema essencial da *performance*. Ou seja, o modelo taxonómico proposto pretende responder à especificação de qual o aspecto da *performance*, que factor das aptidões e quais as faces da situação são importantes na *performance* identificada.

Apesar de um filósofo como Lenk (1985) referir que a *performance* desportivo-motora não deva ser reduzida a um abstracção quantitativa, o problema essencial dos investigadores é exactamente esse - definir da forma mais circunscrita possível a *performance* esperada. A necessidade de uma definição operacional consensual e válida reveste uma importância singular no contexto da modelação da *performance* (Bouchard e Godbout, 1973; Fleischman, 1975; Hakel, 1986; Règnier, 1987).

A complexidade e multiplicidade de factores que afectam e regulam a *performance* desportivo-motora são tais que, para lidar com sucesso com o tema, há que forçosamente recorrer a modelos que simplifiquem, na medida do possível, a sua abordagem e entendimento.

Em nosso entender, uma solução para a definição da *performance* no contexto dos JDC e do andebol em particular, e no caso de jovens atletas, que ofereça alguma consistência conceptual e operacional deve referir-se a dois tipos de análise.

Figura 7. Modelo pictográfico da estrutura genérica da *performance*



1) À análise das tarefas do jogo, isto é, ao conhecimento das tarefas fundamentais realizadas pelos jogadores durante o ataque e a defesa (estamos aqui no domínio das tarefas intimamente associadas à *performance*).

2) À análise do sujeito, ou seja, ao conhecimento do conjunto diversificado de aptidões, capacidades, habilidades e características psicológicas que o sujeito deve possuir para realizar com sucesso as tarefas do jogo.

Este tipo de abordagem, *centrado simultaneamente nas tarefas e nos sujeitos e na sua associação estreita com a performance*, expressa o paradigma fundamental dos estudos da *performance* em inúmeros domínios da actividade humana (Cook, 1990; Fleishman e Quaintance, 1984; Hakel, 1986; Zedeck e Cascio, 1984).

Para solucionar o primeiro problema é corrente o recurso a um painel de peritos, aos questionários específicos, ao vídeo e a técnica do incidente crítico. O modelo taxonómico apresentado por Fleishman e Quaintance (1984) fornece um conjunto de orientações

seguras neste domínio. Neste contexto, a definição de *performance* é simplificada pelo facto de se associar à qualidade e quantidade de tarefas que os atletas realizam com sucesso (por sucesso é entendido a obtenção de uma, ou mais medidas critério expressas pela avaliação do perito, por um painel de atletas, por auto-avaliação ou por medidas objectivas).

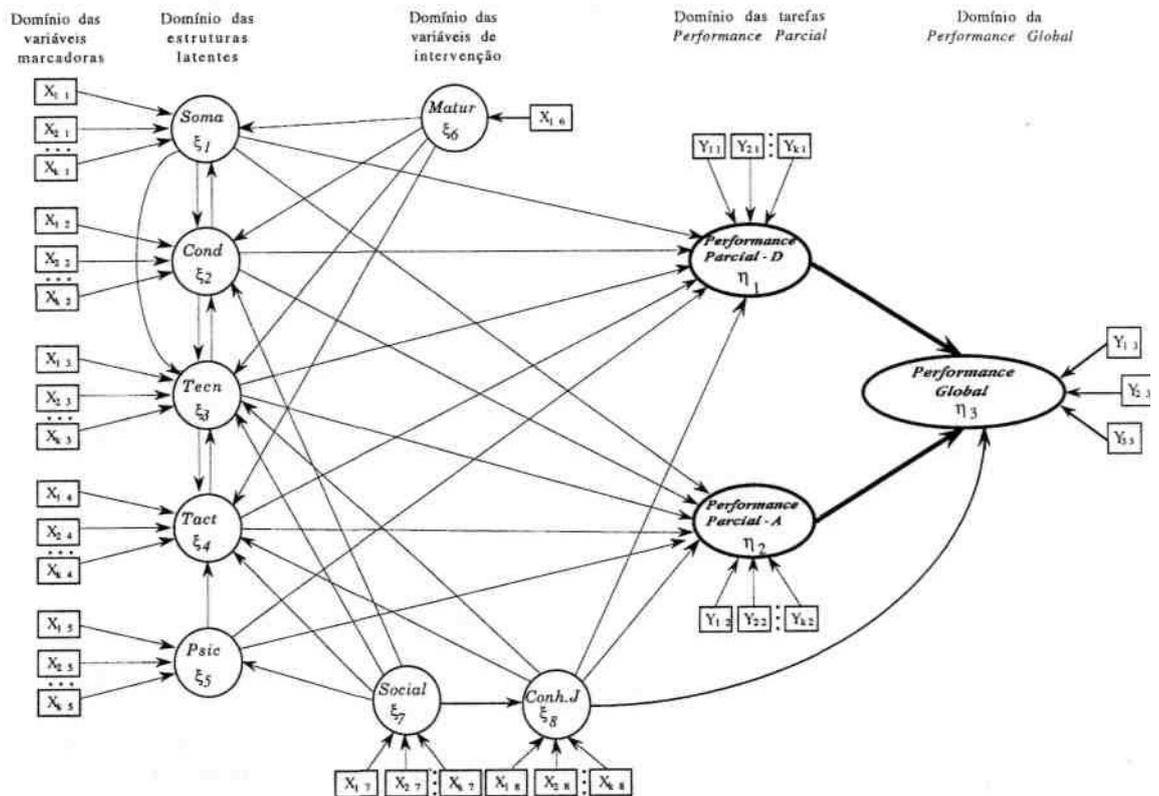
Se já foi efectuado um passo importante na modelação da *performance*, **tarefas-performance**, há agora que identificar o conjunto de dimensões subjacentes às tarefas, ou seja, o macro-domínio dos preditores das tarefas que implicam uma dependência funcional da estrutura pessoal da *performance*: dimensões-tarefas-performance (Fleishman, 1975; Fleishman e Quaintance, 1984; Guion e Gibson, 1988; Hakel, 1986; Règnier, 1987).

A modelação da *performance* desportiva tem centrado a sua atenção quase exclusivamente no sujeito, em função do domínio restrito de aptidões e capacidades motoras enquanto factores universais da performance (Thomas, Eclache e Keller, 1989). *O que aqui*

se propõe é um modelo mais vasto, centrado no sujeito e nas tarefas, assente em quatro domínios fundamentais: domínio das aptidões ou das variáveis marcadoras, domínio das dimensões (estruturas latentes ou constructos subjacentes a um conjunto de marcadores), domínio das tarefas e o domínio global da performance. Este modelo causal sugere não

só a identificação da importância relativa da rede de interrelações das dimensões da performance, a influência da dimensão sócio-cultural, do conhecimento do jogo e da maturação nestas dimensões mas acima de tudo, a importância relativa de cada dimensão no domínio das tarefas subjacentes à performance, (ver Figura 8).

Figura 8. Modelo pictográfico da performance em andebol (soma-somática; cond-condicional; tecn-técnico; tact-tático; psic-psicológico; matur-maturação; conh.j-conhecimento do jogo; D-defesa; A-ataque; ξ , variáveis latentes independentes; η variáveis latentes dependentes).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHER, H. B. *Causal modeling*. Sage University paper Series on quantitative Applications in the Social Sciences. Newbury Park : Sage, 1983.
- BENTLER, P. M. The interdependence of theory, methodology, and empirical data: causal modeling as an approach to construct validation. In: Kandel (ed), *Longitudinal Research on drug Use*. New York : John Wiley, 1978.
- BETLER, P. M. ; MOOIJART, A. Choice of structural models via parsimony: a rationale based on precision. *Psychological Bulletin*. v.106, 0.2, p.315-317, 1989.
- BLALOCK, H. M. *Causal inferences in nonexperimental research*. Chapei Hill. University of North Carolina Press, 1964.
- BOLLEN, K. A. ; LONG, J. S. Introduction. In: Bollen e Long (eds). *Testing structural equation models*. Newbury Park : Sage Publications, p.1-9, 1993.
- BOUCHARD, C. ; GODBOUT, P. *La preparation d'un champion*. Quebec : Editions du Pelikan, 1973.
- BOUDON, R. A method of linear causal analysis: dependence analysis. *American Sociological Review*, n. 30, p. 365-374, 1965.
- BRECKLER, S. J. (1990). Application of covariance structure modeling in Psychology: causa for concern? *Psychological Bulletin*. v. 107, n.2, p.260-273.
- BROWNE, M. W.; CUDEK, R. *Single sample cross-validation indices for covariance structures*. *Multivariate Behavioral Research*, n.24, p.445-455, 1989.
- BYRNE, B. M. *A primer of LISREL: basic applications and programming for confirmatory factor analytic models*. New York : Springer-Verlag, 1989.
- CAPPELLA, J. N. Structural equation modeling. An Introduction. In: MONGE e CAPPELLA (eds). *Multivariate techniques in human communication research*. New York : Academic Press, p.7-110, 1980.
- CARRILHO, M. M. *A filosofia das ciências. De BACON a Feyerabend*. Lisboa : Editorial Presença, 1993.
- COOK, M. *Personnel selection and productivity*. New York : John Wiley and Sons, 1990.
- DUNCAN, O. D. Path analysis: sociological examples. *American Sociological Review*, n.72, p. 1-16, 1966.
- FINK, E. L. Unobserved variables within structural equation models. In: MONGE e CAPPELLA (eds). *Multivariate techniques in human communication research*. New York : Academic Press, 1980. p.111-141.
- FLEISHMAN, E. A. Toward a taxonomy of human performance. *American Psychologist*. n.30, p.1127-1149, 1975.
- FLEISHMAN, E. A. ; QUAINANCE, M. K. *Taxonomies of human performance. The description of human tasks*. New York : Academic Press, 1984.
- GOLDBERGER, A. J. Structural equations methods in the social sciences. *Econometrica*. n.40, p.979-1001, 1972.
- GUIN, R. M. ; GIBSON, W. H. Personnel selection and placement. *Annual Review of Psychology*, n.39, p.349-374, 1988.
- HAKEL, M. D. Personnel selection and placement. *Annual Review of Psychology*, n.37, p.315-380, 1986.
- JORESKOG, K. G. A general method for analysis of covariance structures. *Biometrika*, n.57, p.239-251, 1970.
- JORESKOG, K. G. Testing structural equation models. In: BOLLEN e LONG (eds). *Testing Structural equation models*. Newbury Park: Sage Publications, 1993. p.294-316.
- JORESKOG, K. G. ; SORBOM, D. *LISREL 7 user's reference guide*. Chicago : Scientific Software, Inc., 1989.
- LENK, H. Philosophical considerations of human performance. In: CLARKE e ECKERT (eds). *Limits of Human Performance*. Champagne : Human Kinetics, 1985. p.118-130.
- MACCALLUM, R. C. ROZNOWSKI, M, NEWCOWITZ, L. B. Model modifications in covariance structure analysis: the problem of capitalization on chance. *Psychological Bulletin*, v.111, n.3, p.490-504, 1992.
- MACCALLUM, R. C. ; WEGENER, D. T. ; UCHINO, B. N. ; FABRIGAR, L. R. The problem of equivalent models in applications of covariance structure analysis. *Psychological Bulletin*, v.114, n.1, p.185-199, 1993.
- MAIA, J. A. R. *Estudo cineantropométrico do andebolista sênior da 1ª divisão. Provas de aptidão científica*. Instituto Superior de Educação Física do Porto. Porto : Universidade do Porto, 1989.
- MAIA, J. A. R. Abordagem antropobiológica da seleção em desporto: estudo multivariado de indicadores bio-sociais da seleção em andebolistas dos dois sexos dos 13 aos 16 anos de idade. Porto : Universidade do Porto, 1993. Dissertação de doutoramento. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física.
- MAIA, J. A. R. ; BACELAR, S. (1994). Estudo exploratório e confirmatório da estrutura somática de jovens andebolistas dos 13 aos 16 anos de idade. In: PESTANA ; TURKMAN ; BRANCO ; DUARTE ; PIRES (eds). *A Estatística e o Futuro e o Futuro da Estatística*. Lisboa, p.245-255, 1994.
- POPPER, K. R. *Em busca de um mundo melhor*. Lisboa : Editorial Fragmentos Ltda., 1992.
- RÈGNIER, G. Un modele conceptuel pour la detection du talent sportif. Dissertação de doutoramento. Montreal : Universidade de Montreal, 1987.
- RICHARDS, W. D. Simulation. In: MONGE e CAPPELLA (eds). *Multivariate techniques in human research*. New York : Academic Press, p.455-487, 1980.
- SARIS, W. ; STRONKHORST, H. *Causal modeling in*

nonexperimental research. An introduction to the LISREAL approach. Amsterdam : Sociometric research Foundation, 1984.

SIMON, H. Spurious correlation: a causal interpretation. In: *Models of num.* New York : John Wiley, p.37-49, 1957.

THOMAS, R. ; ECLACHE, J. R. ; KELLER, J. *Les aptitudes motrices. Structure et evaluation.* Paris: Editions Vigot, 1989.

VISAUTA, B. V. *Modelos Causales.* Barcelona : Editorial Hispano Europea, S. A., 1986

WRIGHT, S. The method of path coefficients. *Annals of Mathematical Statistics*, n.5, p.161-215, 1934.

ZEDEC, S.; CASCIO, W. F. Psychological issues in personnel decisions. *Annual Review of Psychology*, n.35, p.461-518, 1984.

NOTA

¹No presente artigo, conservou-se o texto original, ou seja, o português de Portugal.

UNITERMOS

Performance desportiva.

* José António Ribeiro Maia é professor da Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física (Universidade do Porto), doutorado em Ciências do Desporto, especialidade de Antropologia do Desporto e responsável pelos laboratórios de Cinea-tropometria e Estatística Aplicada.