



ARTIGO ORIGINAL

AJUSTAMENTO DE CURVAS EM CIÊNCIAS DO ESPORTE*

Edison Pereira dos Santos

Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo

RESUMO

SANTOS, E.P. Ajustamento de curvas em ciências do esporte. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, vol. 06, nº 02, pp. 17-23, 1992.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma técnica de ajustamento de dados em Ciências do Esporte. Como exemplo, a relação entre velocidade média (V - m/s) para correr 50m e a idade dos indivíduos (I - anos) é:

$$V = 3,64 I e^{-0,760 I^{0,414}} \quad (\text{sexo feminino})$$

para dados obtidos pelo Centro de Pesquisa em Ciências do Esporte da OSEC. Foram feitas algumas análises desta expressão matemática.

UNITERMOS - Ajustamento de Curvas, Velocidade, Atividade Física.

INTRODUÇÃO

Um dos objetivos básicos das Ciências do Esporte é a mensuração de VARIÁVEIS DE APTIDÃO FÍSICA como: o tempo gasto para correr 50m, a distância atingida num salto, o número de flexões seguidas e muitas outras.

Para um indivíduo, ao nascer, o valor de algumas dessas variáveis é praticamente zero. Com um desenvolvimento da criança, ele aumenta até um valor máximo, na adolescência, diminuindo em seguida.

O objetivo deste trabalho é procurar a expressão matemática da curva que descreveria (ajustaria) a relação entre essas variáveis e a idade dos indivíduos. Essa expressão seria útil na análise dessas variáveis, como mostraremos em Aplicações e Discussão.

MATERIAL E MÉTODO

Seja:

V = valor de uma variável de aptidão física, para um indivíduo com
 I = idade em anos.

Por exemplo, seja V = velocidade média obtida numa corrida de 50m. Neste caso, $V = 0$ para $I = 0$ (ao nascer), e tem um ponto de máximo. Em uma TABELA DE CURVAS, existe na literatura científica (Santos, 1978), encontramos as curvas representadas na Figura 1, todas partindo da origem e com um ponto de máximo.

(*) Trabalho desenvolvido no Centro de Pesquisa em Ciências do Esporte da Organização Santamarense de Educação e Cultura (OSEC) - São Paulo (SP).

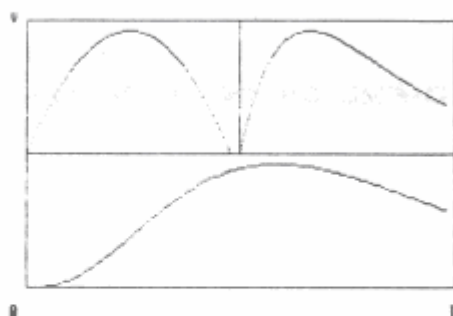


FIGURA 1 - Curvas de uma TABELA DE CURVAS (Santos, 1978), pela origem e com um ponto de máximo.

Na Figura 2 lançamos valores médios dessas velocidades por classe etária, para o sexo feminino, obtidos pelo Centro de Pesquisa em Ciências do Esporte da OSEC (Organização Santamarense de Educação e Cultura de São Paulo) (Novena et al. 1990, Isobe et al. 1990). Infelizmente quase não temos medidas para as classes: 0 a 4, 17 a 30 e mais de 42 anos. Mesmo assim podemos visualizar a curva esperada.

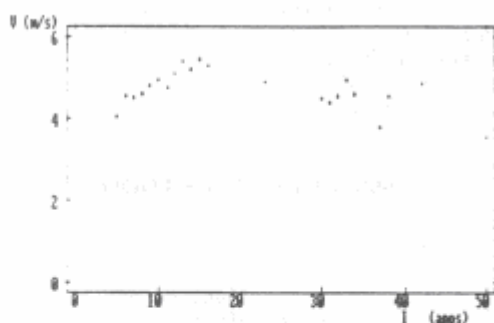


FIGURA 2 - Relação entre velocidade média (V) e idade (I) para indivíduos do sexo feminino.

Na TABELA DE CURVAS, junto com as curvas apresentadas na Figura 1, encontramos as seguintes expressões matemáticas:

$$\text{Fig. 1 (a)} \quad V = aI - b^2 \quad (\text{I})$$

$$(b) \quad V = aIe^{-bI} \quad (\text{II})$$

$$V = AIe^{-bI^c} \quad (\text{III})$$

$$(c) \quad V = aI^b e^{-cI} \quad (\text{IV})$$

$$V = aI^b e^{-cI^d} \quad (\text{V})$$

Se a primeira expressão for a mais "verdadeira" (ajustar melhor os dados), e se fizermos um novo gráfico (Figura 3), agora com V/I contra I (transformação de variáveis), os pontos deverão apresentar uma disposição (tendência) em linha reta pois:

$$V/I = a - bI$$

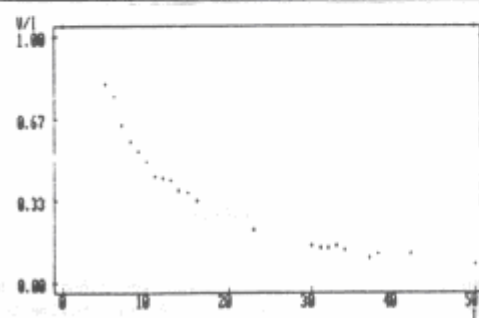


FIGURA 3 - Relação entre V/I ; obtida a partir da Figura 2.

Como há linearidade, essa expressão não é válida.

Se a segunda expressão (II) ajustar os dados, a transformação de variável $\text{Log}(V/I)$ contra I , deve linearizar os dados (Figura 4) pois:

$\text{Log}(V/I) = \text{Log}(a) - bI$ (Log = logaritmo natural), o que também não ocorreu.

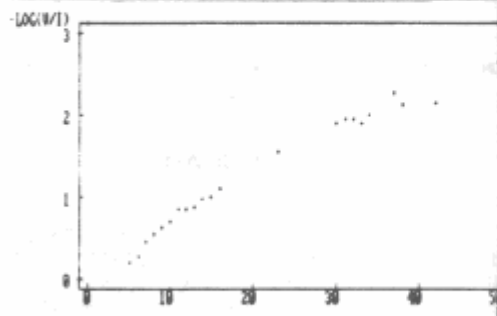


Figura 4 - Relação entre $\text{LOG}(V/I)$ e I , obtida a partir da Figura 3.

Com a expressão (III) obtivemos linearização (Figura 5). Ela ajusta razoavelmente os dados (Figura 6).

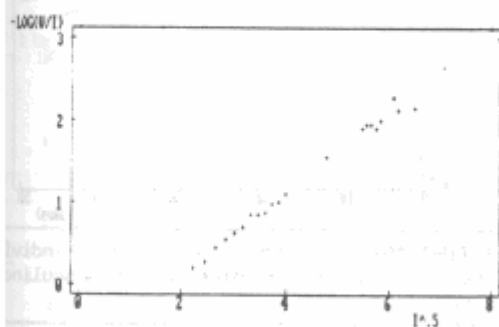


FIGURA 5 - Relação linear entre $-\text{LOG}(V/I)$ e $I^{1.5}$, obtida a partir da Figura 4.

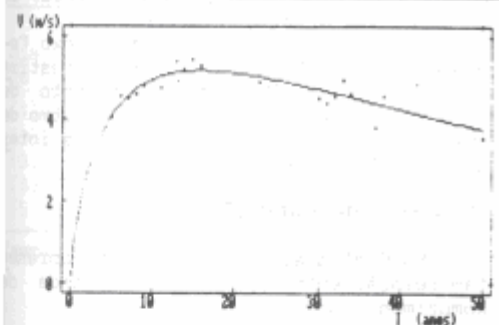


FIGURA 6 - Ajustamento da expressão matemática III aos dados da Figura 2.

Neste trabalho não aplicaremos análises estatísticas, devido à inexistência de normalidade e homocedasticidade nos dados. Ficaremos apenas com análises gráficas, que são suficientes nesta primeira abordagem do problema.

As expressões (IV) e (V) apresentam um ponto de inflexão antes do ponto de máximo (Figura 1), que parece não existir nos dados empíricos (Figura 2). Por outro lado, a expressão (IV) não linearizou e a (V) deu $b = 1$, aproximadamente.

Com um programa para microcomputadores denominado CAJUS (Ajustamento de Cur-

vas), por nós elaborado, obtivemos as Figuras 5 e 6. O parâmetro (c) foi estimado por um método iterativo. Resultando, agora com simbologia definitiva:

$$V = G I^c - H I^n$$

onde: V = velocidade média (m/s)

I = idade (anos)

$G = 3,64$

$H = 0,768$

$n = 0,414$

APLICAÇÕES E DISCUSSÃO

1- Relação tempo / idade

Em Ciências do Esporte é mais usado o tempo (T) gasto para correr os 50m do que a própria velocidade média (Novena et al. (1990)).

Sendo:

$$V = 50/T$$

resulta:

$$T = 13,5 I^{-1} + 0,768 I^{0,414}$$

(Figura 7)

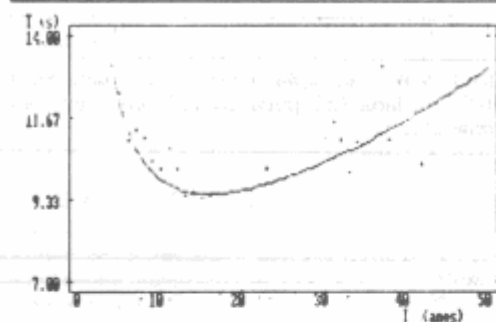


FIGURA 7 - Relação entre o tempo (T) para correr 50m e a idade (I), para indivíduos do sexo feminino.

Notem que o menor tempo, em média, para o sexo feminino, de 9,65s, foi obtido aos 16 anos de idade. Depois ele aumenta gradativamente.

2- Relação velocidade / idade para o sexo masculino

Infelizmente temos dados para o sexo masculino apenas dos 5 aos 17 anos (Figura

8), e não podemos usar as últimas 4 classes. Notem que a variabilidade é menor que a das classes anteriores. Houve uma concentração de indivíduos, em média mais velozes. Entretanto, supondo $n = 0,5$ (valor próximo ao do sexo feminino, de 0,414), podemos obter as Figuras 9 e 10, e a expressão:

$$V = 2,22 I^{-0,458} I^{0,5}$$

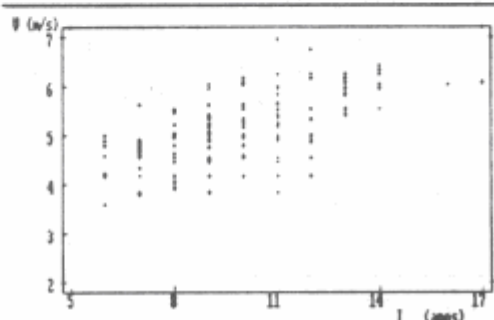


FIGURA 8 - Relação entre velocidade média (V) e idade (I) para indivíduos do sexo masculino.

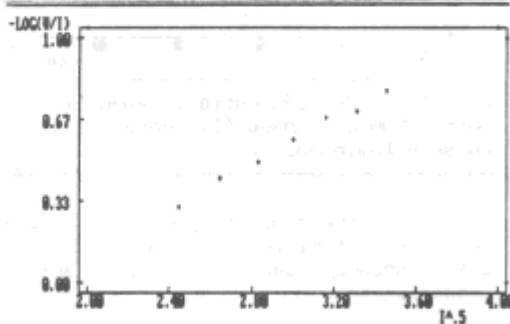


FIGURA 9 - Relação entre $-\text{LOG}(V/I)$ e $I^{0,5}$, para indivíduos do sexo masculino.

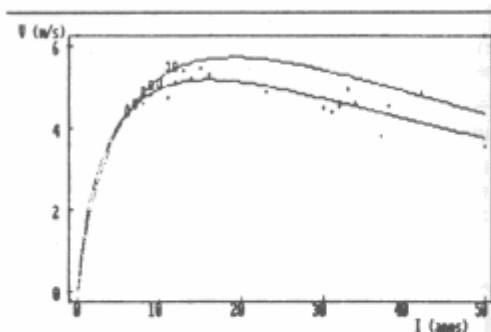


FIGURA 10 - Relações $V=f(I)$ para indivíduos dos sexos feminino (+) e masculino (mais alta).

Notem na Figura 10 que o sexo masculino apresentou, aos 19 anos, velocidade máxima, em média de 5,72 m/s, superior à do sexo feminino, mas precisamos levar em consideração a falta de dados.

Aos 37 anos de idade para o sexo feminino e aos 43, para o masculino (estimativa não confiável), notamos um ponto de inflexão. A velocidade diminui o ritmo de desaceleração. Teria esse ponto uma interpretação fisiológica?

3- Fator de condição

Em Biologia, muitos animais apresentam relação entre o peso e uma medida de comprimento do tipo:

$$W = \Phi L^\theta \quad (\text{Santos, 1978})$$

onde: W = peso

L = comprimento (neste caso altura)

Φ = fator de condição, parâmetro que mede o grau de engorda do indivíduo (letra grega ϕ)

θ = constante, aproximadamente igual a 3 (letra grega θ)

e portanto $\Phi = W/L^3$

A transformação $\text{Log}(W)$ contra $\text{Log}(L)$ pois:

$$\text{Log}(W) = \text{Log}(\Phi) + \theta \text{Log}(L)$$

linearizou os dados, sugerindo que essa expressão ajusta razoavelmente dados da espécie humana (Figura 12), resultando:



$$\Phi = 1,91 \cdot 10^{-5}$$
$$\Theta = 2,929 \quad (\text{aproximadamente } 3)$$

para W em kg e L em cm (ambos os sexos)

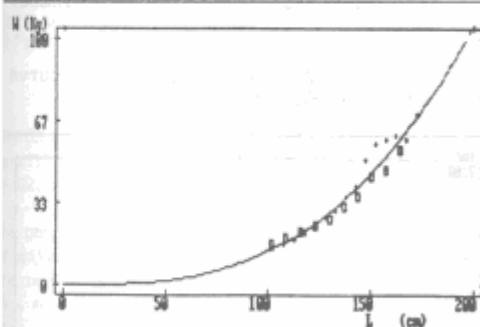


FIGURA 11 - Relação peso (W) / comprimento (L) para indivíduos dos sexos feminino (+) e masculino.

Separamos os dados de velocidade média da Figura 2 em 5 grupos, de acordo com os seguintes valores do fator (W/L^3):

- (1) de $1,0$ a $1,2 \cdot 10^{-5}$
 - (2) $1,2$ $1,4$
 - (3) $1,4$ $1,6$
 - (4) $1,6$ $1,8$
 - (5) $1,8$ $2,0$
- (Figura 12)

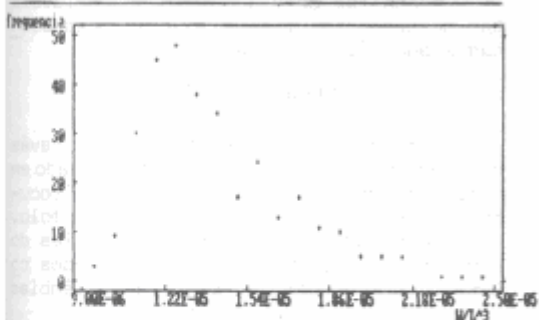


FIGURA 12 - Distribuição de frequência do fator de condição (W/L^3), para indivíduos do sexo feminino.

O grupo (1) é, portanto, mais "magro" que o (2), e assim sucessivamente.

Repetimos, para cada grupo, as análises apresentadas anteriormente, resultando

as Figuras 13, 14 e 15. A altura das curvas (velocidade/idade) diminui com o aumento do fator. Parece que os indivíduos mais gordos correm menos.

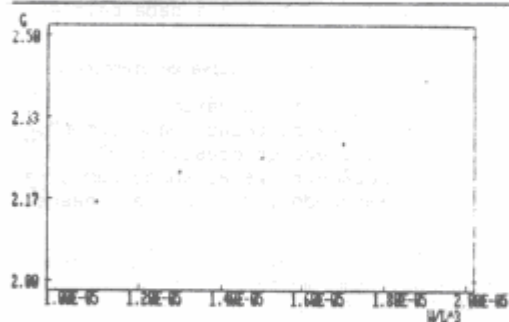


FIGURA 13 - Relação entre o parâmetro G e o fator de condição (W/L^3) para indivíduos do sexo feminino.

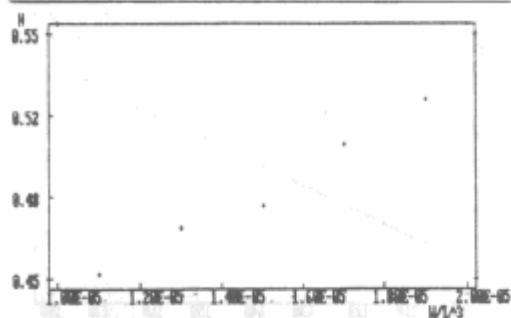


FIGURA 14 - Relação entre o parâmetro H e o fator de condição (W/L^3), para indivíduos do sexo feminino.

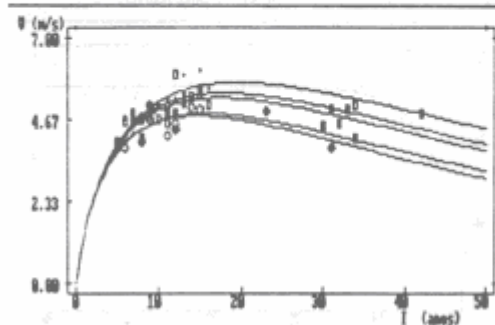


FIGURA 15 - Relação $V=f(I)$ para diferentes valores do fator de condição (W/L^3), para o sexo feminino.

4- Desenvolvimento orgânico

Em Biologia Populacional (Santos, 1978), a relação entre a altura (L) de um indivíduo e sua idade (I) é dada pela expressão:

$$L = L_{\infty} [1 - e^{-k(I+Q)}] \text{ (curva de crescimento)}$$

onde: L_{∞} = altura média máxima

K = parâmetro relacionado com a "velocidade de crescimento"

Q = parâmetro relacionado com o tamanho do indivíduo ao nascer (L_0)

que também é verdadeira para os dados aqui analisados, como mostra a transformação Ford-Walford (Santos, 1978) na Figura 16, resultando a Figura 17 e a expressão:

$$L = 158 [1 - e^{-0,100(I+2,161)}]$$

com L em cm, I em anos e $L_0 = 52,8$ cm

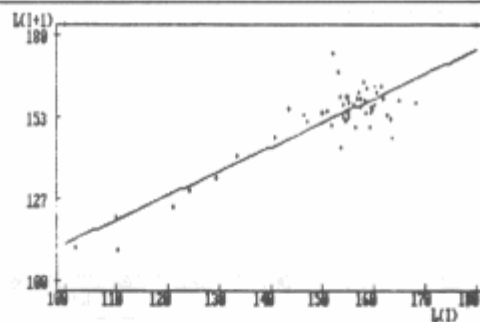


FIGURA 16 - Transformação Ford-Walford para a curva de crescimento em altura (L), para indivíduos do sexo feminino.

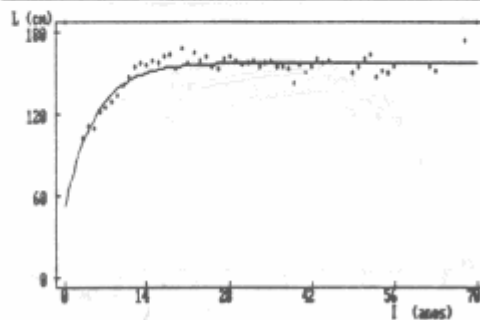


FIGURA 17 - Curva de crescimento em altura (L), para indivíduos do sexo feminino.

Esta expressão, com a da velocidade:

$$V = 3,64 I e^{-0,768 I 0,414}$$

constituem equações paramétricas da curva apresentada na Figura 18.

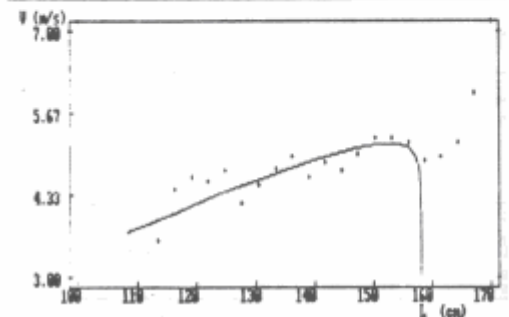


FIGURA 18 - Relação entre a velocidade média (V) e a altura (L), para indivíduos do sexo feminino.

5- Outras variáveis

A análise de algumas outras variáveis tem mostrado resultados iguais aos apresentados aqui (Isobe et al., 1990).

CONCLUSÕES

O método de análise de dados através de ajustamento de curvas tem sido usado em vários campos técnico-científicos. Procuramos mostrar aqui, através de um exemplo, que ele é promissor também em Ciências do Esporte. Para isto usamos alguns dados coletados pelo Centro de Pesquisa em Ciências do Esporte da OSEC, resultando:

$$V = 3,64 I e^{-0,768 I 0,414}$$

(sexo feminino)

onde: V = velocidade média (m/s) para correr 50m

I = idade do indivíduo (anos)

$$W = 1,91 \cdot 10^{-5} L^{2,929} \text{ (ambos os sexos)}$$

onde: W = peso médio (kg) dos indivíduos



L = altura (cm)

$$L = 158 [1 - e^{-0,188(I+2,161)}]$$

(sexo feminino)

Foram apresentadas algumas aplicações para essas expressões, cujos parâmetros sofrem influências de outras variáveis.

ABSTRACT

SANTOS, E.P. Adjustment of curves in sport sciences. Brazilian Journal of Science and Movement, vol. 06, nº 02, pp 17-23, 1992.

The purpose of this paper is to present a technique of adjustment of Sport Sciences data. As an example, the relationship between mean velocity to run 50m (V - m/s) and age (I - years) of the individuals, is:

$$V = 3,64 I e^{-0,768 I^{1,414}} \quad (\text{feminine sex})$$

using data obtained by Centro de Pesquisa em Ciências do Esporte da OSEC. Some analysis of such a mathematical expression has been done.

UNITERMS - Adjustment of Curves, Velocity, Physical Activity.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ISOBE, T.D.; NOVENA, N.P. and SANTOS, E.P. Determinação da relação força abdominal e dos membros inferiores com a idade, no sexo feminino. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 1990 (no prelo).
NOVENA, N.P.; ISOBE, T.D.; SANTOS, E.P. dos, MUNOZ, S.M. C. e PALAFOX, G.H.M. Determinação da expressão matemática para o ajustamento das variáveis velocidade-idade no sexo feminino. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 1991 (no prelo).
SANTOS, E.P. dos. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. HUCITEC-EDUSP, 129 p.

ENDEREÇO DO AUTOR / AUTHORS ADDRESS

Edison Pereira dos Santos
Av. Prof. Enéas de Siqueira Neto, 340
Santo Amaro - SP
CEP 04829

