

BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 35

Campinas, dezembro de 1976

N.º 37

MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE γ E δ PARA A FUNÇÃO DE NORMALIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO S_B DE CARACTERÍSTICA DO SOLO ⁽¹⁾

VIOLETA NAGAI, *Seção de Técnica Experimental e Cálculo*, e JOÃO ROBERTO FERREIRA MENK ⁽²⁾, *Seção de Pedologia, Instituto Agrônomo*

SINOPSE

Em estudo da distribuição de pH e grau de saturação em bases (V%) dos latossolos vermelho-escuro, orto (unidade Limeira), vermelho-amarelo (unidade Mato Dentro) e vermelho-amarelo húmico (unidade Camarguinho), verificou-se que a distribuição do pH era aproximadamente normal, enquanto a de V% apresentava assimetria bastante acentuada.

Utilizando o processo de caracterização dos sistemas de curvas de Johnson, a distribuição do V% foi enquadrada no sistema S_B , cuja função de transformação para a normalidade é: $Z = \gamma + \delta \log [(X - \xi) / (\xi + \lambda - X)]$. Na determinação dos parâmetros γ e δ foi empregado o método dos quadrados mínimos e comparado com o dos percentis e dos momentos, cuja eficiência foi avaliada através do teste χ^2 .

Pelo método dos quadrados mínimos, foram estabelecidas n-1 equações (n-número de classes), e estimados os valores de Z através das frequências relativas de cada classe. Dessa forma chegou-se a um modelo linear $Z = \gamma + \delta w$, com Z e w conhecidos.

No método dos percentis foi empregado o processo apresentado por Makhlin, onde são utilizados os percentis 0,05 e 0,95.

Pelo método dos momentos foram estimadas a média e o desvio-padrão, e através destes e da amplitude de variação foram calculados os valores $\mu' = X - \xi / W$ e $\sigma = s / W$ com os quais foram encontrados os γ e δ tabelados.

A função de transformação obtida pelos diferentes métodos foi eficiente na normalização dos dados.

⁽¹⁾ Trabalho apresentado na XXVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, realizada em Brasília, DF, de 7 a 14 de julho de 1976. Recebido para publicação em 1.º de julho de 1976.

⁽²⁾ Com bolsas de suplementação do C.N.Pq.

1 — INTRODUÇÃO

Na utilização dos testes paramétricos devem ser observadas as pressuposições sobre os parâmetros da população, entre elas a normalidade dos erros. A teoria dos testes de significância tem sido desenvolvida com mais frequência para populações normais do que para outros tipos de distribuições. Segundo Cochran (2), pequenos desvios da normalidade não prejudicam a validade da análise da variância, embora diminuam a eficiência da estimativa dos efeitos de tratamentos. Para populações excessivamente assimétricas, no entanto, Bartlett (1) aconselha o uso de transformações dos dados originais, de modo que a variável transformada tenha uma distribuição aproximadamente normal. Essas transformações algumas vezes não só normalizam os erros como podem levar à aditividade e homogeneidade quando essas pressuposições também não se verificam.

Makhlin (5), estudando a distribuição de alguns constituintes do solo, observou que vários deles apresentavam distribuição log. normal dos tipos S_B e S_r , das curvas de Johnson.

Num estudo sobre pH e grau de saturação em bases (V%) de solos do Estado de São Paulo, verificou-se que enquanto os valores de pH apresentavam distribuição aproximadamente normal, os de V% mostravam acentuada assimetria à direita (6).

Com os métodos usuais de transformação, $\log(X)$ e \sqrt{X} ou, no caso de valores pequenos, $\log(X + c)$ e $\sqrt{X + c}$ onde c é uma constante de importância para a obtenção de um bom ajuste, não se conseguiu uma aproximação satisfatória à normalidade. Dessa forma foi usada uma função de transformação proposta por Johnson (3), cujo ajuste depende da precisão das estimativas dos parâmetros dessa função. Além de outros métodos, a utilização dos quadrados mínimos é proposta para estimar dois parâmetros da equação do sistema S_B de curvas de Johnson.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Os valores de pH e grau de saturação em bases (V%) referem-se às determinações feitas em amostras dos latossolos vermelho-escuro, orto (unidade Limeira), vermelho-amarelo (unidade Mato Dentro) e vermelho-amarelo húmico (unidade Camarguinho).

Foram feitos os testes de assimetria (g_1/s_{g1}) e curtose (g_2/s_{g2}) (7) e através dos valores $\beta_1 = g_1^2$ e $\beta_2 = g_2 + 3$, a caracterização do sistema de curvas para os valores de grau de saturação em bases do solo, utilizando a figura 1 (3).

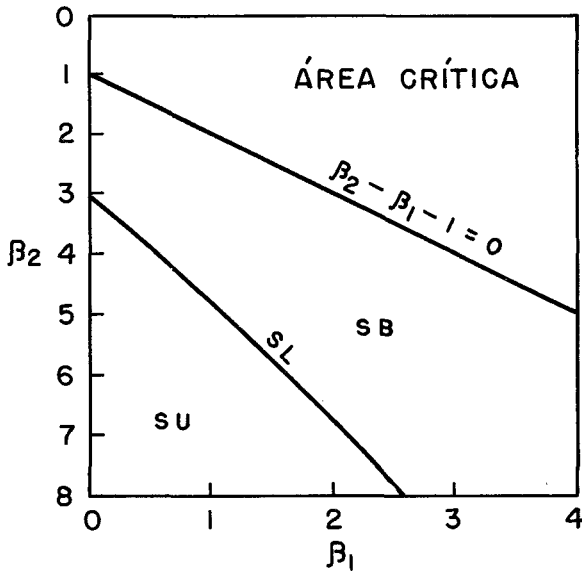


Figura 1. - Curvas de Johnson.

Para os três sistemas de curvas de Johnson, S_L , S_B e S_U , as funções de transformação são as seguintes:

$$Z = \gamma + \delta \log y$$

$$Z = \gamma + \delta \log [y/(1-y)]$$

$$Z = \gamma + \delta \log [\gamma(\gamma^2 + 1)^{1/2}]$$

onde $y = (X - \xi) / \lambda$

Nessas funções, Z é a variável normalizada, γ e δ os parâmetros que determinam a forma da distribuição, ξ uma medida de posição e λ uma medida de amplitude.

A estimativa dos parâmetros ξ e λ nem sempre é necessária, pois freqüentemente a amplitude de variação dos dados é conhecida como ocorre com os constituintes do solo.

Os parâmetros γ e δ dos sistemas S_B das curvas de Johnson foram estimados pelos métodos dos percentís, momentos e quadrados mínimos.

A precisão dos métodos e o ajuste dos dados foram avaliados pelo teste χ^2 .

3.1. MÉTODO DOS PERCENTÍIS

Foram utilizadas as fórmulas apresentadas por Maklin (5):

$$\delta = (Z_{1-\alpha} - Z_{\alpha}) / \log [(P_{1-\alpha} - \xi) (\xi + \lambda - P_{\alpha}) / (P_{\alpha} - \xi) (\xi + \lambda - P_{1-\alpha})]$$

$$\gamma = Z_{1-\alpha} - \delta \log [(P_{1-\alpha} - \xi) / (\xi + \lambda - P_{1-\alpha})], \text{ onde}$$

Z_{α} e $Z_{1-\alpha}$ representam os valores da normal reduzida ($\alpha = 0,05$) e P_{α} e $P_{1-\alpha}$ os percentis correspondentes à distribuição dos valores observados.

3.2. MÉTODO DOS MOMENTOS

A partir da amplitude de variação (W), da média (\bar{X}) e do desvio-padrão (s), Johnson e Kitchen (4) desenvolveram uma tabela de valores de γ e δ de entrada $\mu_1 = (\bar{X} - \xi) / W$ e $\sigma = s/w$. Para valores de δ menores que 0,05 esses parâmetros seriam estimados pelas fórmulas:

$$\delta = [\mu'_1 (1 - \mu'_1)] / \sigma + (\sigma/4) \{ [1/\mu'_1 (1 - \mu'_1)] \} - 8$$

$$\gamma = \sigma \ln [(1 - \mu'_1) / \mu'_1] + (1 - 2 \mu'_1) / 2\delta$$

3.3. MÉTODO DOS QUADRADOS MÍNIMOS

Os dados foram agrupados em classes e, através das freqüências relativas de cada classe, foram estimados os valores de Z_i utilizando a tabela da normal reduzida. Dessa forma foram estabelecidas n-1 equações (n = número de classes) do modelo linear $Z_i = \gamma + \delta w$ onde $w = \log [(X - \xi) / (\xi + \lambda - X)]$, sendo X os limites superiores de cada classe. Os valores de γ e δ são então obtidos da maneira usual como os parâmetros da equação da reta $Y = a + bX$, ou seja, pelo método dos quadrados mínimos.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da média, dos coeficientes de assimetria (g_1) e curtose (g_2) dos dados de pH e V% nos três solos estudados, são mostrados no quadro 1.

A hipótese nula da normalidade foi aceita para os valores do pH e rejeitada para os de V%. A distribuição dos valores de saturação em bases apresentou assimetria bastante acentuada e de acordo com os valores de β_1 e β_2 na figura 1 foi enquadrada no sistema S_B de Johnson.

A utilização do sistema de translação de curvas de Johnson, proposto em 1949, pode ser vista na figura 2. Nessa figura a abcissa representa a distribuição de freqüências dos valores de V% observados para latossolo vermelho-escuro e a ordenada uma distribuição normal. Na translação da distribuição de freqüências observadas para a normal, geramos uma curva descrita pela função $Z = 1,005 + 1,577 \log [(X-2)/(65-X)]$.

QUADRO 1. — Médias (\bar{X}), coeficientes de assimetria (g_1) e curtose (g_2) das distribuições de pH e V% em três latossolos do Estado de São Paulo

LATOSSOLO	CARACTERÍSTICA	X	g_1	g_2
Vermelho-escuro, orto	pH	4,92	0,43	- 0,20
	V%	19,1	1,11 a	0,54
Vermelho-amarelo	pH	4,77	0,45	0,73
	V%	13,0	1,49 a	2,22 a
Vermelho-amarelo, húmico	pH	4,62	- 0,35	0,37
	V%	5,9	1,97 a	4,55 a

a — Significativo pelo teste t a 1% de probabilidade.

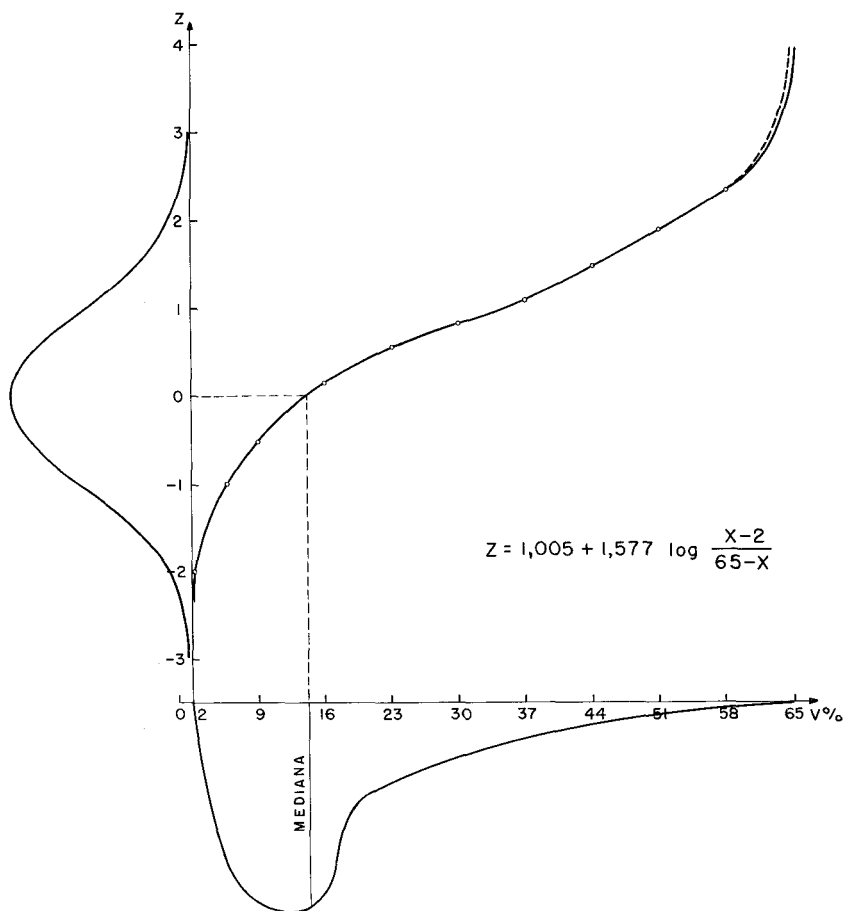


Figura 2. - Translação da distribuição de freqüências de V% observadas em latossolo vermelho-escuro, orto, para uma distribuição normal.

QUADRO 2. — Freqüências observadas e esperadas através da distribuição log-normal do tipo S_B de Johnson, dos valores de $V\%$ em latossolo vermelho-escuro argiloso, calculadas por três métodos e respectivos valores de χ^2

Classe	SATURAÇÃO EM BASES (V%)	MÉTODO													
		QUADRADOS MÍNIMOS						PERCENTIS						MOMENTOS	
		Z_1	F. esp.	χ^2	Z_1	F. esp.	χ^2	Z_1	F. esp.	χ^2	Z_1	F. esp.	χ^2		
2 — 9	28	< -3,9 a — 0,484	32,4	0,598	< -3,9 a — 0,420	34,8	1,329	< -3,9 a — 0,529	30,9	0,237					
16	32	0,100	23,3	3,248	0,147	22,8	3,712	0,063	23,2	3,338					
23	12	0,495	15,6	0,830	0,530	14,7	0,492	0,464	15,8	0,914					
30	10	0,828	10,9	0,074	0,852	10,3	0,009	0,801	11,4	0,172					
37	7	1,143	7,8	0,082	1,158	7,4	0,022	1,121	8,3	0,204					
44	7	1,475	5,8	0,248	1,480	5,8	0,248	1,457	6,0	0,167					
51	4	1,870	4,1	0,002	1,863	4,0	0,000	1,858	4,2	0,010					
58	2	2,454	2,4	0,003	2,429	2,4	0,013	2,451	2,6	0,037					
65	1	> 3,9	0,7		> 3,9	0,8		> 3,9	0,7						

Z_1 — Função de transformação à normalidade

F. obs. — Freqüências observadas

F. esp. — Freqüências esperadas

QUADRO 3. — Funções de transformação para normalização dos dados de V % em latossolos, obtidas por três métodos, e valores calculados do χ^2

LATOSSOLO	MÉTODO	FUNÇÃO	χ^2	G.L.
Vermelho-escuro, argiloso	Q. mínimos	$Z = 0,9852 + 1,6275 \log \frac{x-2}{65-x}$	5,08	5
	Percentis	$Z = 1,0049 + 1,5773 \log \frac{x-2}{65-x}$	5,82	5
	Momentos	$Z = 0,9606 + 1,6498 \log \frac{x-2}{65-x}$	5,07	5
Vermelho-amarelo	Q. mínimos	$Z = 0,9440 + 1,3571 \log \frac{x}{48-x}$	1,89	2
	Percentis	$Z = 0,8243 + 1,4367 \log \frac{x}{48-x}$	1,72	2
	Momentos	$Z = 0,9242 + 1,5282 \log \frac{x}{48-x}$	0,78	2
Vermelho-amarelo, húmico	Q. mínimos	$Z = 1,4978 + 1,4613 \log \frac{x}{24-x}$	1,99	2
	Percentis	$Z = 1,6581 + 1,6917 \log \frac{x}{24-x}$	1,30	2
	Momentos	$Z = 1,4090 + 1,6912 \log \frac{x}{24-x}$	1,44	2

Os dados de V% do latossolo vermelho-escuro, orto, agrupados em classes, as freqüências observadas e as esperadas obtidas utilizando os três métodos para estimativa dos parâmetros da função de transformação (Z) além dos valores parciais do teste χ^2 são mostrados no quadro 2.

Nos latossolos vermelho-amarelo e vermelho-amarelo húmico os resultados obtidos foram semelhantes, ou seja, as distribuições do V% foram normalizadas através da função $Z = \gamma + \delta \log [(X - \xi) / (\xi + \lambda - X)]$, com os parâmetros estimados por qualquer dos métodos utilizados, como pode ser visto no quadro 3 pelos valores do χ^2 .

O método dos quadros mínimos mostrou-se tão eficiente quanto os empregados por Makhlin e por Johnson e Kitchen, apresentando, além disso, grande facilidade de cálculos e dispensando o uso de tabelas especiais.

4 — CONCLUSÕES

a) Os valores de grau de saturação em bases de amostras dos latossolos vermelho-escuro, orto (Unidade Limeira), vermelho-amarelo (Unidade Mato Dantro), e vermelho-amarelo húmico (Unidade Camarguinho) têm distribuição assimétrica.

b) Nas unidades de solos estudadas a distribuição dos valores de V% foi normalizada por uma função de transformação do tipo S_B do sistema de curvas de Johnson.

c) Os parâmetros γ e δ da função de normalização podem ser estimados pelo método dos quadrados mínimos, à semelhança da estimativa dos parâmetros da equação da reta.

d) Os resultados obtidos na estimativa de γ e δ pelo método dos quadrados mínimos foram similares àqueles obtidos pelos métodos dos percentis e dos momentos.

ESTIMATE OF γ AND δ FOR NORMALIZATION FUNCTION OF S_B DISTRIBUTION FROM SOIL CHARACTERISTICS

SUMMARY

Soil base saturation values of Ortho Dark Red Latosol, Red Yellow Latosol and Humic Red Yellow Latosol can be described by Johnson's S_B curves on a log-normal distribution.

Percentil points, moments and least squares methods were used to estimate the γ and δ parameters to fit this distribution.

All three methods give good results and data transformation to normal distribution was efficient.

The least squares method simplifies the calculation and does not require special table.

LITERATURA CITADA

1. BARTLETT, M. S. The use of transformations. *Biometrics* 3:39-53, 1947.
2. COCHRAN, W. G. Some consequences when the assumptions for the analysis of variance are not satisfied. *Biometrics* 3:22-38, 1947.
3. JOHNSON, N. L. Systems of frequency curves generated by methods of translation. *Biometrika* 36:149-176, 1949.
4. ——— & KITCHEN, J. O. Tables to facilitate fitting S_B curves. II — Both terminals known. *Biometrika* 58:657-668, 1971.
5. MAKHLIN, T. B. Approximation by Johnson's curves of the distribution functions of soil constituents. *Soviet Soil Science* 3:368-375. 1973.
6. MENK, J. R. F. & NAGAI, V. On the data transformation to normal distribution of oxisols characteristics. *Geoderma* (a publicar)
7. SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. *Statistical methods*. Ames, Iowa, USA. The Iowa State University Press, 1971. 593p.