

ESTIMATIVA DA POROSIDADE DRENÁVEL EM FUNÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA, EM UM SOLO ORGÂNICO^{1/}

Sérgio Renato Lang Otto^{2/}
Blamor Torres Loureiro^{3/}
Paulo Afonso Ferreira^{3/}
Bairon Fernandes^{4/}
Paulo Roberto Cecon^{5/}

1. INTRODUÇÃO

As várzeas com solo orgânico podem ser usadas para a produção agrícola, desde que sejam adequadamente drenadas. A drenagem não deve ser profunda, para que se consiga diminuir a taxa de subsidência e evitar a secagem irreversível da camada superficial (1).

Duas propriedades físicas — condutividade hidráulica saturada, K_0 , e porosidade drenável, f — são de extrema importância para o dimensionamento do sistema de drenagem, quando se usam equações baseadas no regime de escoamento não-permanente (9).

A condutividade hidráulica saturada pode ser determinada em condições de campo e de laboratório. Os métodos de campo mais utilizados são o do furo de trado e o do piezômetro, e o método de laboratório mais utilizado é o do permeâmetro, para amostras não alteradas (8).

^{1/} Parte da tese apresentada, pelo primeiro autor, à UFV, para obtenção do grau de Mestrado em Engenharia Agrícola.

Aceito para publicação em 3-04-1989.

^{2/} Dep. de Agronomia da UEPG. CEP 84010, Ponta Grossa. PR.

^{3/} Dep. de Engenharia Agrícola da UFV. CEP 36570, Viçosa, MG.

^{4/} Departamento de Solos da UFV. CEP 36570, Viçosa, MG.

^{5/} Departamento de Matemática da UFV. CEP 36570. Viçosa, MG

A porosidade drenável pode ser determinada por meio de métodos de campo e de laboratório e de estimativa em função de algumas propriedades do solo (5). Os métodos de campo e de laboratório mais recomendados para a determinação de f são o de Taylor e o do funil de Buckner, respectivamente.

A dificuldade e o elevado custo de obtenção de f no campo têm estimulado a utilização de métodos mais econômicos, baseados na utilização de equações e de curvas empíricas (4).

A equação empírica proposta por BEERS (2), que permite estimar f em função de K_0 , tem sido muito utilizada:

$$f = K_0^{0,5} \quad \text{eq. 1}$$

sendo f expresso em % e K_0 em cm dia^{-1} .

O gráfico determinado pelo United State Department of the Interior, USDI (10), que mostra a relação entre f , em %, e K_0 , em cm hora^{-1} , também tem sido utilizado. Esse gráfico pode ser representado analiticamente.

Chossat e Sagnac, citados por BELTRAN (3), também determinaram a relação entre f , em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, e K_0 , em m dia^{-1} , em solos da França, mediante a aplicação do método de Guyon para obtenção dessas propriedades. Esses pesquisadores encontraram as seguintes relações:

$$f = 0,025 + 0,006 K_0 \quad (\text{teor de argila } < 30\%) \quad \text{eq. 2}$$

$$f = 0,0153 + 0,017 K_0^{0,5} \quad (\text{teor de argila } > 15\%) \quad \text{eq. 3}$$

$$f = 0,033 K_0^{0,289} \quad (\text{teor de argila entre 15 e } 30\%) \quad \text{eq. 4}$$

Eles não encontraram relação significativa entre f e K_0 para teores de argila acima de 30%.

Com este trabalho, o objetivo foi estimar a porosidade drenável em função da condutividade hidráulica saturada, num solo orgânico, e testar a eficácia das equações de Beers e do gráfico do USDI para esse tipo de solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de campo foi realizado em várzea de solo orgânico, pertencente à Fazenda Agropecuária Riacho Ltda. (AGRIL), localizada no município de Ara-cruz, ES.

Foram coletadas amostras de estrutura, não alterada em 25 pontos, nas profundidades de 15 a 25, 35 a 45, 55 a 65, 75 a 85 e 95 a 105 cm, a partir da superfície do solo.

O trabalho de laboratório consistiu na determinação da condutividade hidráulica saturada, pelo método do permeâmetro de carga constante (6) e da porosidade drenável a 60 cm de coluna d'água, pelo método do funil de Buckner (11).

Devido à contratação das amostras de solo orgânico, causada pela perda de umidade, foi colocada parafina derretida no espaço entre a amostra e a parede interna do anel e passada cola entre as extremidades do anel e da parafina solidificada, com a finalidade de impedir a passagem de água nesse espaço durante as determinações de K_0 .

Outra opção para eliminar os erros provocados pelo escoamento de água entre a amostra e a parede interna do anel é a sugerida por McNEAL e REEVE (7), que recomendam coletar a água percolada de uma área central da coluna de solo.

O método da análise de regressão foi utilizado com o objetivo de determinar o(s) modelo(s) estatístico(s) que melhor descrevesse(m) os dados de porosidade drenável, considerando a condutividade hidráulica saturada. Os modelos estatísticos selecionados foram:

$$Y_j = b_0 + b_1 x_j + u_j \quad \text{mod. 1}$$

$$Y_j = b_0 + b_1 x_j + b_2 x_j^2 + u_j \quad \text{mod. 2}$$

$$Y_j = b_0 + b_1 x_j^{0,5} + u_j \quad \text{mod. 3}$$

$$Y_j = b_0 x_j^{b_1} + u_j \quad \text{mod. 4}$$

$$Y_j = b_0 + b_1 \log(x_j) + u_j \quad \text{mod. 5}$$

em que u_j é igual ao erro aleatório, pressuposto normal e independentemente distribuído, com média zero e variância σ^2 .

Para o teste da eficácia das equações de Beers e do USDI (obtida do gráfico que relaciona f com K_0), foram utilizados os seguintes modelos estatísticos:

$$Y_j = b_1 x_j^{0,5} + u_j \quad \text{mod. 6}$$

e

$$Y_j = b_1 x_j + u_j \quad \text{mod. 7}$$

A variável independente utilizada nos modelos 1,2,3,4,5 e 6 foi a condutividade hidráulica saturada, e a utilizada no modelo 7 foi a condutividade hidráulica saturada transformada, $[K_0 \text{ (USDI)}]$, obtida da seguinte equação:

$$K_0 \text{ (USDI)} = -8,61174 + 10,7034 \cdot \log K_0 \quad \text{eq. 5}$$

O grau de ajustamento dos modelos estatísticos e das equações propostas por Beers e pelo USDI aos dados experimentais foi avaliado pela significância do(s) parâmetro(s) da regressão, pela magnitude e significância do coeficiente de determinação e pela magnitude do coeficiente de variação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos parâmetros da regressão, o coeficiente de determinação e o coeficiente de variação dos modelos 1,2,3,4 e 5 podem ser vistos no Quadro 1. As melhores estimativas da porosidade drenável, considerando a condutividade hidráulica saturada, foram obtidas pelos modelos 3 e 4.

A equação proposta por Beers superestimou os valores de porosidade drenável. O parâmetro da regressão dessa equação, que deve ser necessariamente igual à unidade, diferiu estatisticamente, a 1% de probabilidade, pelo teste t , do parâmetro da regressão do modelo 6, igual a 0,648312 (Quadro 2).

A equação proposta por USDI ajustou-se satisfatoriamente aos dados obtidos experimentalmente. O parâmetro da regressão dessa equação, que deve ser neces-

QUADRO 1 - Estimativa dos parâmetros da regressão, coeficiente de determinação e coeficiente de variação da porosidade drenável (f) em função da condutividade hidráulica saturada (K_0), pelos modelos 1, 2, 3, 4 e 5

Modelos	Estimativas			r^2 (%)	CV (%)
	D_0	D_1	D_2		
1	11,8646	0,00688032*	-	57,31+	32,70
2	10,0991	0,0117776*	-0,00000140584*	61,68+	31,12
3	6,37238	0,457879*	-	63,21+	30,36
4	2,53619	0,309505*	-	62,18+	30,78
5	-4,92406	8,76138*	-	51,79+	34,75

* Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste t

+ Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste t

QUADRO 2 - Estimativa dos parâmetros da regressão, coeficiente de determinação e coeficiente de variação da porosidade drenável (f) em função da condutividade hidráulica saturada (K_0) e da condutividade hidráulica saturada transformada [$K_0(\text{USDI})$], pelos modelos 6 e 7

Modelos	Estimativa	r^2 (%)	CV (%)
	b_1		
6	0,648312 *	48,04 +	36,08
7	0,921104 *	48,97 +	33,64

* Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste t

+ Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste t

sariamente igual à unidade, não diferiu estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste t, do parâmetro da regressão do modelo 7, igual a 0,921104 (Quadro 2).

Na Figura 1, as curvas obtidas pelos modelos 3 e 4 são comparadas com as curvas de Beers, do USDI e de Chossat e Saignac. Verifica-se que os valores de porosidade drenável estimados pelo USDI são semelhantes aos obtidos pelos modelos 3 e 4, ao passo que os valores de porosidade drenável estimados por Beers e por Chossat e Saignac são maiores e menores, que os obtidos pelos modelos 3 e 4, respectivamente.

4. RESUMO

Foram coletadas 125 amostras de solo orgânico com estrutura não alterada (25 pontos em cinco profundidades) no município de Aracruz, ES.

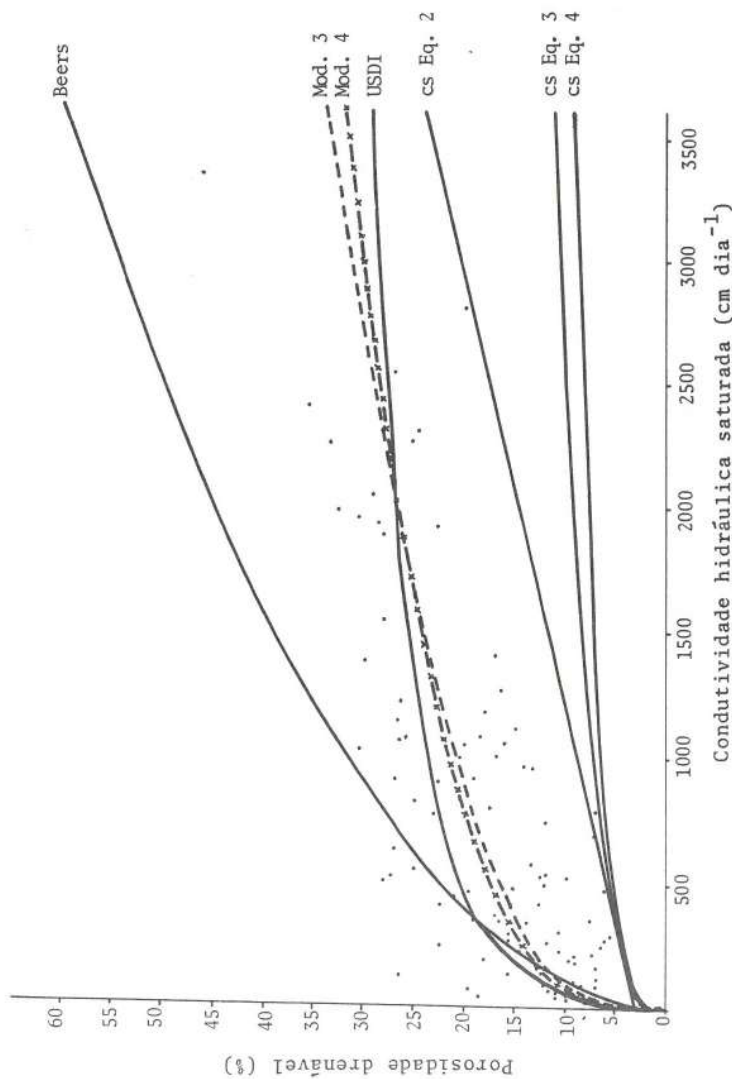


FIGURA 1 - Curvas de relação entre porosidade drenável e condutividade hidráulica saturada, propostas por Beers, pelo U.S. Department of the Interior, por Chossat e Saignac e pelos modelos 3 e 4.

Foram determinadas, em laboratório, a porosidade drenável (f), a 60 cm de coluna d'água, pelo método do funil de Buckner, e a condutividade hidráulica saturada (K_0), pelo método do permeâmetro de carga constante.

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

1. As equações de estimativa da porosidade drenável em função da condutividade hidráulica saturada, que obtiveram os melhores ajustamentos foram:

$$f = 6,37238 + 0,457879 K_0^{0.5}$$

e

$$f = 2,53619 K_0^{0.309505}$$

em que f é expresso em % e o K_0 em cm dia^{-1} .

2. A equação proposta por Beers não foi eficaz na estimativa da porosidade drenável, com base nos dados obtidos de condutividade hidráulica saturada.

3. A equação obtida do gráfico proposto por USDI, para estimativa da porosidade drenável, em função da condutividade hidráulica saturada, apresentou satisfatório ajuste aos dados de f e K_0 .

5. SUMMARY

(DRAINABLE POROSITY ESTIMATES AS A FUNCTION OF SATURATED HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF AN ORGANIC SOIL)

In this work 125 samples of organic soil with undisturbed structure (25 points at 5 depths) were collected at Aracruz — ES.

The drainable porosity (f) was determined in the laboratory, with a water column of 60 cm by the Buckner funnel method, and the hydraulic conductivity (K_0), by the constant-head permeameter method.

The obtained results carried out to the conclusions:

1. The best drainable porosity estimation equations were

$$f = 6.37238 + 0.457879 K_0^{0.5}$$

and

$$F = 2.53619 K_0^{0.309505}$$

where f is expressed in % and K_0 in cm day^{-1}

2. The Beers equation was not efficient in the estimation of saturated hydraulic conductivity.

3. The equation obtained from the USDI graph to estimate the drainable porosity function of saturated hydraulic conductivity was satisfactory in the adjustment of the f and K_0 data.

6. LITERATURA CITADA

- ANDRIESSE, J. Uso de solos orgânicos em condições tropicais e subtropicais, aliado às possibilidades brasileiras. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O APROVEITAMENTO DE VÁRZEAS, Jaboticabal, 1984. *Anais ... Jaboticabal*, 1984. p. 105-127.

2. BEERS, W.F.J. van. *Some nomographs for the calculation of drain spacing*. Wageningen, Internactional Institute for Land Reclamation and Improvement, 1965, 48 p. (Bull 8).
3. BELTRAN, J.M. *Drenage agricola*. Madrid, Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentacion, 1986. Vol. 1. 239 p.
4. FAO. *Drainage design factors: 28 questions and answers expert consultation*. Roma, 1980. 52 p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper n.º 38).
5. FERREIRA, P.A. Dificuldades e perspectivas da pesquisa em drenagem. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O APROVEITAMENTO DE VÁRZEAS, Jaboticabal, 1984. *Anais ...*, Jaboticabal, 1984. p. 105-127.
6. KLUTE, A. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. In: BLACK, C.A. (ed.). *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part. 1. p. 210-252 (Agronomy 9).
7. McNEAL, B.L. & REEVE, R.C. Elimination of boundary-flow errors in laboratory hydraulic conductivity measurements. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 28: 713-714, 1964.
8. MILLAR, A.A. *Drenagem de terras agrícolas: bases agronômicas*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1978. 276 p.
9. PIZARRO, F. *Drenage agricola y recuperacion de suelos salinos*. Madrid, Editora Agrícola Española, 1978. 525 p.
10. U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR. Bureau of Reclamation. *Drainage manual*. Washington, 1978. 286 p.
11. VOMOCIL, J.A. Porosity. In: BLACK, C.A. (ed.). *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1. p. 299-314 (Agronomy 9).