

Fol
01138

CARACTERÍSTICAS DE RETENÇÃO E MOVIMENTO DE ÁGUA DE DOIS OXISOLS IRRIGADOS^{1/}

E.N. CHOUDHURY^{2/} & A.A. MILLAR^{3/}

(Apresentado no 17º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Manaus, AM., Julho 1979).

- 1/ Contribuição conjunta do CPATSA/EMBRAPA e CODEVASF (Convênio EMBRAPA/CODEVASF).
- 2/ Engº Agrº, M.S. Pesquisador em Física de Solo do CPATSA.
- 3/ Engº Agrº, Ph.D., Especialista em Tecnologia de Irrigação do IICA, Técnico Residente do Convênio IICA/CODEVASF e Consultor Técnico do CPATSA/EMBRAPA.

computador RNOIK



id.
2677

CARACTERÍSTICAS DE RETENÇÃO E MOVIMENTO DE ÁGUA DE DOIS OXISOLS
IRRIGADOS^{1/}

E.N. CHOUDHURY^{2/} & A.A. MILLAR^{3/}

RESUMO

Foram estudadas as características de retenção e movimento de água de dois oxisols irrigados do Projeto Bebedouro em Petrolina, PE.

Para as diferentes camadas do perfil do solo, definiu-se as curvas de retenção de água, densidade global e condutividade capilar.

Relacionou-se a condutividade capilar e taxa de drenagem das camadas às condições de umidade e a água armazenada no perfil do solo.

Verificou-se que a drenagem interna dos solos arenosos é monotônica através de todo o perfil, sendo que as relações obtidas podem ser utilizadas na definição da componente de drenagem nos balanços hídricos.

1/ Contribuição conjunta do CPATSA/EMBRAPA e CODEVASF (Convênio EMBRAPA/CODEVASF).

2/ Eng^o Agr^o, M.S. Pesquisador em Física de Solo do CPATSA

3/ Eng^o Agr^o, Ph.D., Especialista em Tecnologia de Irrigação do IICA, Técnico Residente do Convênio IICA/CODEVASF e Consultor Técnico do CPATSA/EMBRAPA.

SUMMARY: WATER RETENTION CHARACTERISTICS AND WATER MOVIMENTO OF
TWO IRRIGATED OXISOLS.

The water retention characteristics and water movement of two irrigated oxisols from the Bebedouro Project, Petrolina-PE, were studied.

Water retention curves, bulk density and capillary conductivity were defined for different depths of the soil profile.

Relationships of capillary conductivity and drainage rate with moisture conditions and water storage in the soil profile were derived.

The internal drainage of sandy soils was found to take place in a monotonic fashion throughout the soil profile. The water relationships **can** be used to estimate the drainage component of water balance in these soils.

INTRODUÇÃO

A caracterização das propriedades transmissoras da água no solo é um requisito necessário para a descrição quantitativa do perfil do solo no ciclo hidrológico.

A utilização prática do conhecimento das propriedades transmissoras do solo reflete-se num grande número de processos físicos, químicos e biológicos de importância agrícola, quando o solo é manejado sob condições de irrigação. Entre alguns destes fenômenos pode-se mencionar a contribuição de água pelo lençol freático aos cultivos (Rijtema, 1965; Wind, 1961), absorção de água pelo sistema radicular das culturas (Gardner, 1960), movimento de nutrientes associados ao fluxo de água (Gardner, 1965; Nielsen e Biggar, 1972), drenagem interna abaixo da zona radicular efetiva (Black et alii 1970; La Rue et alii, 1968; Millar et alii, 1978), salinização ou movimento de sais para a superfície no fluxo capilar (FAO, 1973). Por outro lado, o conhecimento das características transmissoras do solo é um elemento básico para determinar um adequado manejo dos sistemas de irrigação subsuperficial e por gotejamento (Criddle e Kalisvaart, 1967).

O presente trabalho teve por objetivo estudar as relações hídricas e as características do movimento de água no perfil de dois oxisol sob condições de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Análise Teórica da Informação

A equação de continuidade em uma dimensão e o movimento da água em um perfil do solo sem superfície evaporante é:

$$\partial\theta/\partial t = \partial(K \partial H/\partial Z)/\partial Z \quad (1)$$

onde θ é o conteúdo volumétrico de água e K é a condutividade capilar. A carga hidráulica para a profundidade Z é dada por $H = -\psi_m + Z$ onde ψ_m é o potencial matricial e Z o potencial gravitacional.

A variação da água armazenada no perfil do solo é obtida pela integração da equação (1) sobre a profundidade L quando se mantém t contante (Rose e Stern, 1967), obtendo-se:

$$dW/dt = -(K \partial H/\partial Z)_{Z=L} \quad (2)$$

onde W é a água armazenada no perfil do solo até a profundidade $Z = L$ e o termo $(K \partial H/\partial Z)_{Z=L}$ é a taxa de drenagem na profundidade $Z=L$. A equação (2) é a variação das componentes da equação do balanço hidrológico quando a precipitação (irrigação), escoamento superficial é evaporação são iguais a zero.

Black et alii (1969) mostraram que a taxa de drenagem em um perfil de solo uniforme de textura arenosa na profundidade L pode ser relacionada diretamente com a água armazenada no perfil L . Levando-se isto em consideração, a equação (2) pode ser assim representada:

$$dW/dt = -f(W)$$

onde para computar a água armazenada no solo, pode ser escrita em forma finita:

$$\Delta W = -\Delta t f(\bar{W})$$

onde \bar{W} é o valor médio da água armazenada durante o intervalo de tempo Δt .

Black et alii (1970) verificaram que em solo arenoso a função de drenagem $f(W)$ pode ser aproximada por:

$$f(W) \approx K(\theta a)$$

onde $\theta a = W/L$ é o valor médio do conteúdo da água através da profundidade L .

Da mesma forma a taxa de drenagem do perfil do solo poder-se-ia representar em função da lâmina de água armazenada, o qual é discutido neste trabalho.

Descrição do Campos Experimental

O trabalho foi realizado no Campo Experimental de Bebedouro do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido/EMBRAPA, em Petrolina, PE., no período de agosto a setembro de 1976.

O clima da região, segundo Hargreaves (1974) é classificado como muito árido. A temperatura durante o ano oscila entre 23 a 28°C. Os meses mais quentes são outubro e novembro e os mais frios junho e julho. A precipitação média anual é de 400 mm (Hargreaves, 1973) a umidade relativa média é de 67,8% (FAO/PNUD, 1971) e a evaporação média anual é de 1300 a 2000 mm. A FAO/PNUD (1966) classificou o solo do Campo Experimental como oxisol (Latossolo)./Com vista ao desenvolvimento de uma programação de pesquisa com agricultura irrigada, Pereira e Souza (1968) efetuaram um levantamento detalhado destes solos e baseados principalmente na textura, predominantemente arenosa, estabeleceram as Unidades Latossolo 37AA, Latossolo 37AB e Latossolo 37BB. A Unidade 37AA são solos de textura variando de arenosa a arenosa-franca, a Unidade 37AB apresenta textura arenosa na superfície e franco-argila-arenosa leve a partir de 0,80 m e na Unidade 37BB a textura arenosa predomina na superfície e a partir de 0,50 m apresenta textura franco-argilo-arenosa pesada. Descrições detalhadas sobre as Unidade destes solos estão contidas nos trabalhos de Pereira e Souza (1968) e FAO (1973).

Metodologia

Para determinação das propriedades hídricas e estudo do movimento da água no solo foram selecionadas as Unidades 37AA e 37BB por serem mais representativas dos solos irrigáveis. Efetuou-se a abertura de perfis representativos para coleta de amostras de solo, a fim de se determinar as curvas de retenção de

água, e na mesma área de cada Unidade de solo instalou-se uma parcela para determinar a condutividade capilar.

As curvas de retenção, para diferentes profundidades foram determinadas em amostras de solo, com estrutura alterada, em duplicata, segundo o método proposto por Richards (1965). Efetuou-se determinações a tensões de 1/10, 1/3, 1, 2, 5, 10 e 15 bares empregando-se a placa porosa e a panela de pressão. Para determinação da densidade global usou-se o método do anel volumétrico (Uhland, 1949).

Na determinação da condutividade capilar usou-se o procedimento de campo, cujo método foi amplamente discutido por Rose et alii (1965), Davidson et alii (1969), Gardner (1970), e Hillel et alii (1972). Este consistiu em delimitar uma parcela de 5m x 5 m e instalação no centro da parcela de tensiômetros as profundidades de 15, 45, 75, 105 e 135 cm. Três tubos de acesso foram colocados próximos aos tensiômetros até a profundidade de 180 cm, para determinações de umidade, usando uma sonda de neutrons Troxler modelo 1257 SN 445, com medidor portátil (Stewart e Taylor, 1957; Barrada, 1965). Aplicou-se água à parcela até completa saturação do perfil e cessada a infiltração cobriu-se a superfície com plástico e solo para impedir a evaporação. Durante a redistribuição de água no perfil determinou-se, em função do tempo, as cargas hidráulicas nos tensiômetros e o conteúdo volumétrico de água nas diferentes camadas do perfil. Usando estes dados, determinou-se os gradientes hidráulicos médios para curtos intervalos de tempo e a densidade de fluxo para os mesmos intervalos de tempo em

função da umidade correspondente. Aplicando-se diretamente a equação de Darcy determinou-se a condutividade capilar para cada camada.

Com os dados de condutividade capilar e dos gradientes hidráulicos nos perfis de solo, determinou-se ao longo do tempo as taxas de drenagem e estabeleceu-se as seguintes relações: taxas de drenagem versus conteúdo de água nas camadas entre os tensiômetros, taxa de drenagem versus lâmina de água armazenada nas camadas de 30, 60, 90 e 120 cm, e taxa de drenagem versus tempo, compreendido desde o término da infiltração da lâmina de água aplicada para saturação do perfil até o 6º dia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1 e 2 mostram a relação entre o conteúdo volumétrico de água e o potencial matricial das unidades de solo 37AA e 37BB, respectivamente. Nestas Unidades de solo as curvas de retenção se apresentam semelhantes com maiores variações nos conteúdos de água entre as tensões de 1/10 e 2 bares. Nas figuras 1 e 2 constata-se que as Unidades 37AA e 37BB apresentam baixo poder de retenção de água. No entanto, a Unidade 37BB apresenta maior retenção, principalmente devido à textura. A Unidade 37AA apresenta-se arenosa na superfície e franco-argilo-arenoso-leve a partir de 0,80 m e na Unidade 37BB a textura da superfície é arenosa, e franco-argila-arenosa pesada a partir de 0,50 m (Pereira e Souza, 1968).

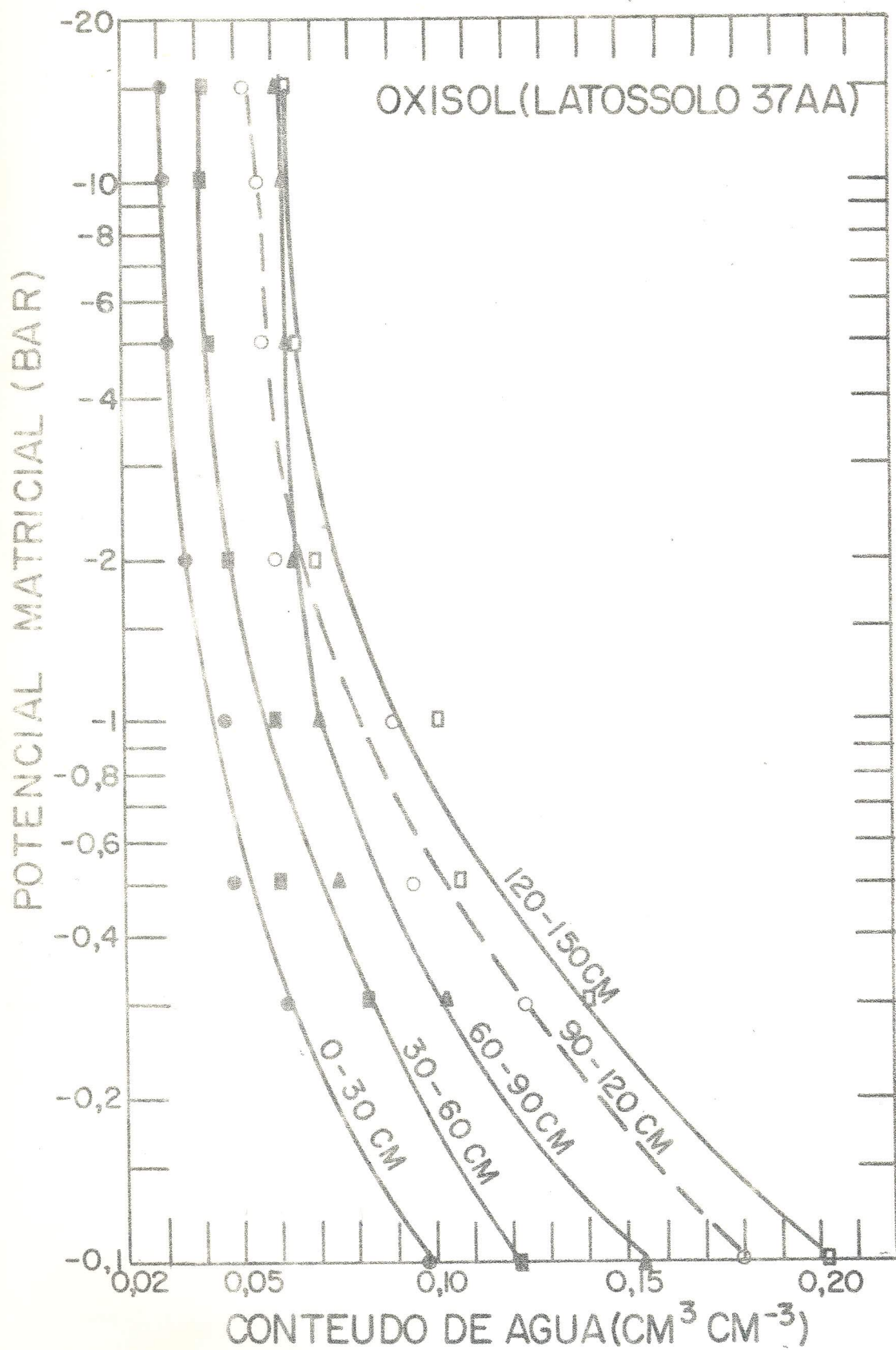


Fig. 1. Curva de retenção de água do solo da Unidade 37AA.

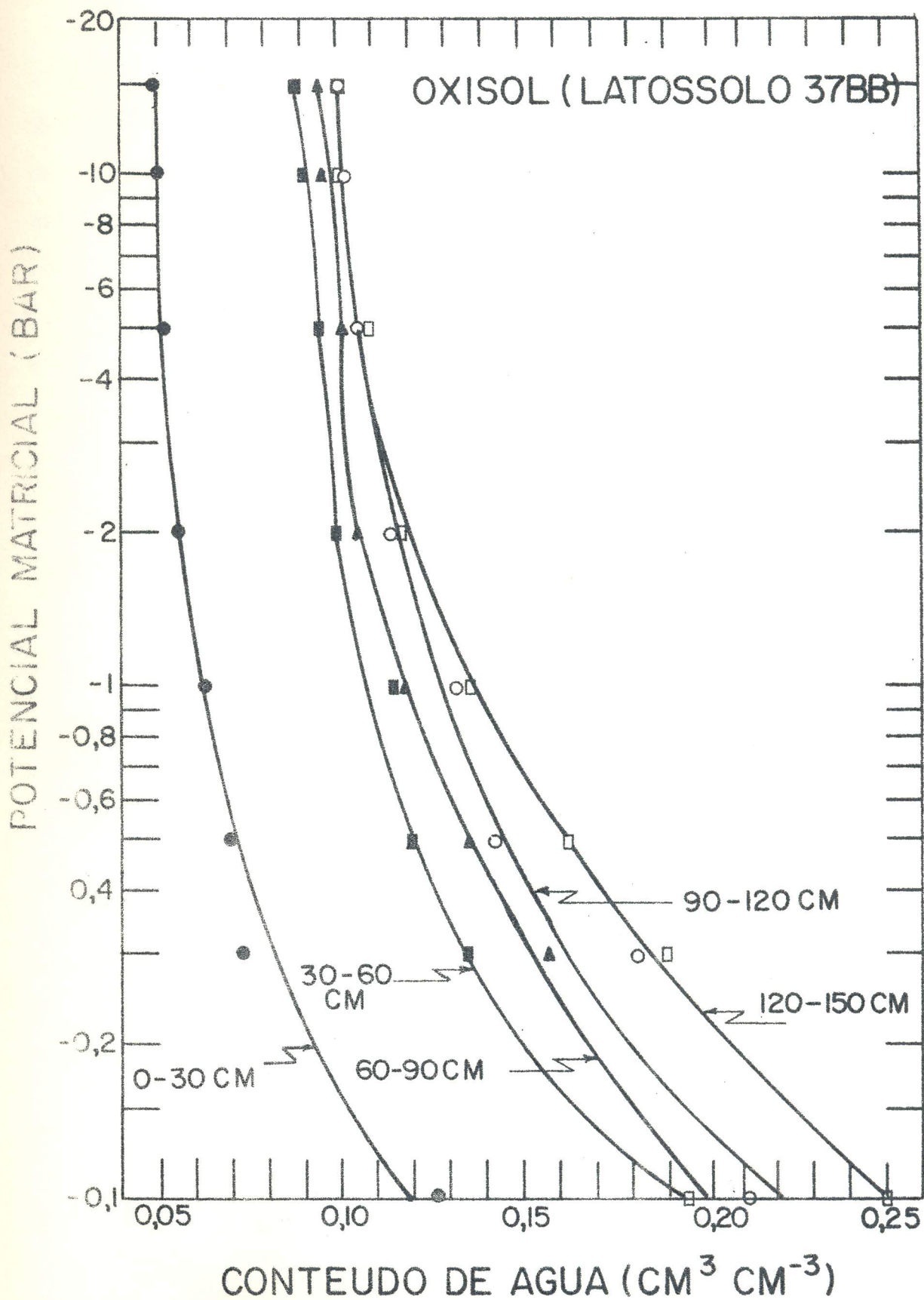


Fig. 2. Curva de retenção de água do solo da Unidade 37EB.

A obtenção das curvas de retenção de água dos solos, em condições de irrigação, é fundamental por constituir-se um elemento básico nos estudos da dinâmica da água e das relações hídras do sistema solo-planta-atmosfera. Os dados das curvas de retenção permitem calcular a difusividade capilar, estabelecer a relação entre condutividade capilar versus potencial matricial (Black et alii, 1969; Black et alii, 1970; Millar, 1975) como também estimar o nível de potencial matricial, no qual as culturas podem se desenvolver sem acarretar reduções significativas nas produções (Vittum et alii, 1958; Millar, 1976 e Choudhury et alii, 1978) e conseqüentemente a lâmina de água a ser aplicada nas irrigações.

A informação contida nas curvas de retenção de água é muito importante para o manejo de irrigação a nível de parcela, contudo, na forma tradicionalmente apresentada (Grohman e Medina, 1962; Young e Dixon, 1966; Hill e Summer, 1967; Parra e Millar, 1973; Oliveira e Queiróz, 1975) dificulta seu uso imediato a nível do produtor. Millar et alii (1978) sugerem apresentar a curva de retenção de água do solo relacionando a lâmina líquida em função do nível de restituição da irrigação e da profundidade do solo, possibilitando assim, o uso imediato pela assistência técnica.

Nas figuras 3 e 4 se apresenta a relação entre condutividade capilar e conteúdo volumétrico de água para as diferentes camadas dos perfis dos solos das Unidades 37AA e 37BB, respectivamente. Também, incluem-se as equações estatisticamente

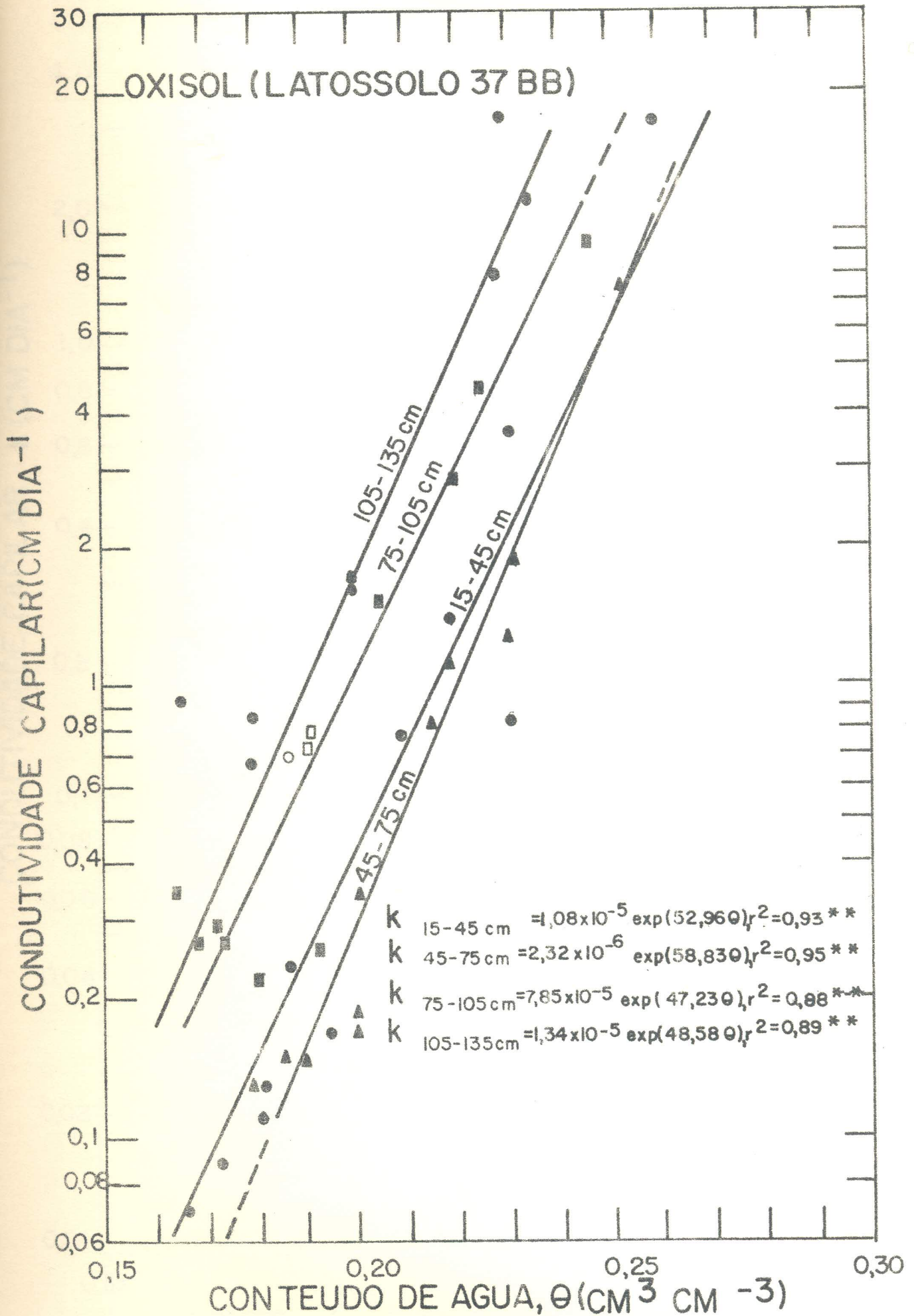


Fig. 4. Condutividade capilar em função do conteúdo de água para diferentes camadas do perfil do solo da Unidade 37BB.

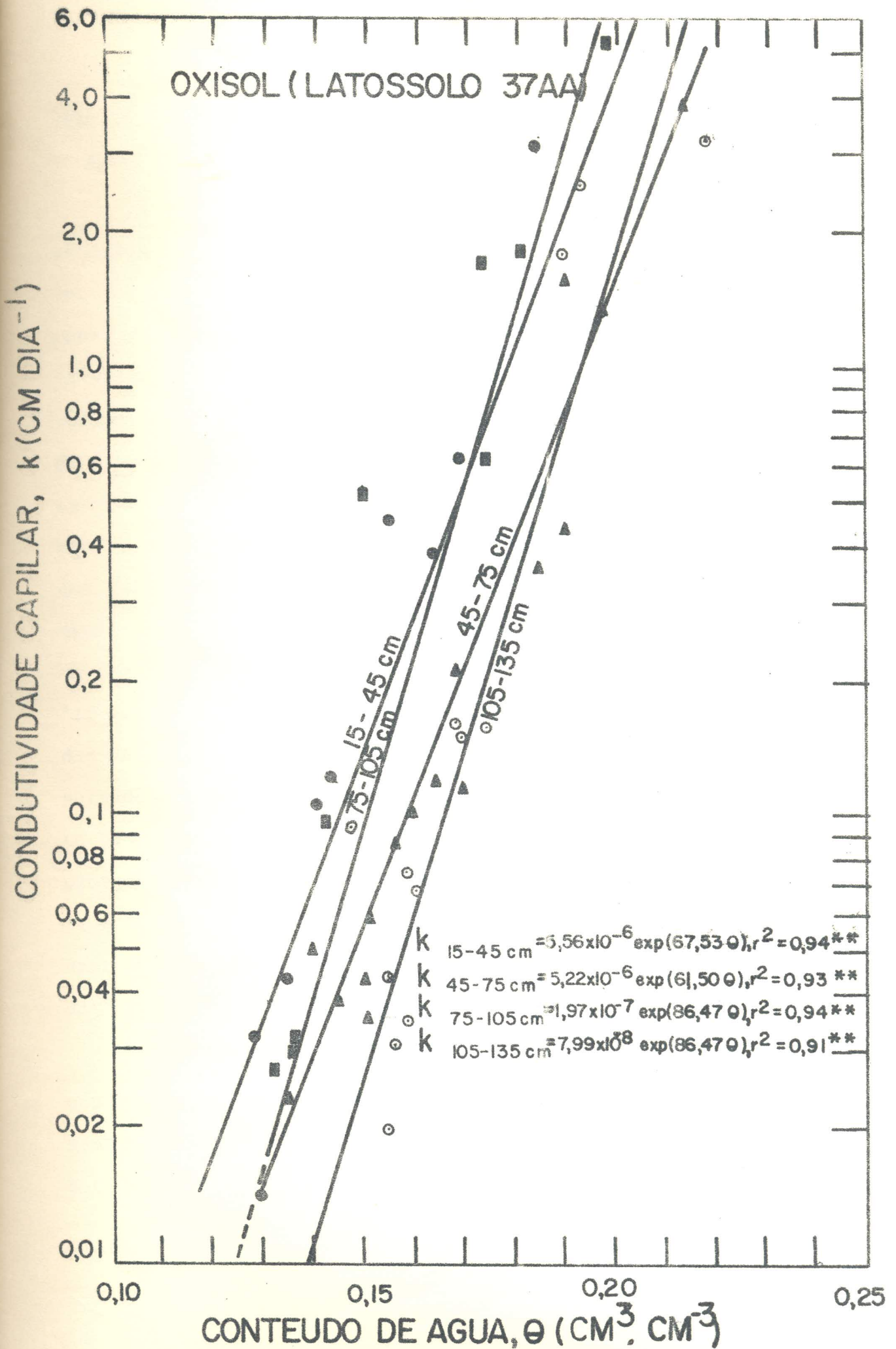


Fig. 3. Condutividade capilar em função do conteúdo de água para diferentes camadas do perfil do solo da Unidade 37AA.

ajustadas. Os valores dos coeficientes de determinação (R^2) para as equações exponenciais foram superiores a 0,88.

Na figura 3, observa-se que a condutividade capilar na camada de 15-45 cm é maior que nas camadas de 45-75 e 105-135 cm. Comparando os valores da camada de 15-45 cm com a de 45-75 cm, verifica-se que a condutividade capilar é maior nesta última, para valores de umidade superior a $0,175 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Sendo a condutividade capilar influenciada pela textura, estrutura e uniformidade na geometria dos poros, os valores mais altos verificados nas camadas superiores podem ser devido a uma melhor distribuição de poros, proporcionado pelo preparo do solo por ocasião do plantio das culturas. Na figura 4, as características transmissoras da Unidade 37BB são bem diferentes, principalmente quando se compara as camadas superiores com as mais profundas. A condutividade capilar das camadas de 75-105 cm e 105-165 cm é superior a das camadas de 15-45 cm e 45-75 cm, sendo que estas últimas apresentam comportamento quase semelhante com relação ao movimento de água. Isto pode ser explicado pela presença de camadas ligeiramente compactadas que ocorrem a profundidades variáveis até 60 cm. Da análise das figuras 3 e 4 verifica-se que nestes solos poder-se-ia usar uma relação entre a condutividade capilar e conteúdo de água para a camada 0-75 cm, e para a camada 75-165 cm.

Nielsen (1973) discute a variabilidade espacial da condutividade capilar dentro de uma extensa área de solo razoavelmente homogênea quanto às características de textura, morfologia e densidade global. Segundo este estudo, a condutividade capilar

é bastante sensível ao arranjo geométrico do material poroso, podendo variar até por um fator de 100 vezes dentro de um perfil de solo para uma distância não superior a 1 m. Contudo, dados de condutividade capilar obtidos no campo, tem sido utilizados em estudos de movimento de água com resultados razoáveis, como demonstram (Rose et alii, 1965; Nielsen et alii, 1969; Hillel et alii, 1972; Nielsen e Biggar, 1973; Black et alii, 1970; Davidson et alii, 1969; La Rue et alii, 1968; Reichardt, 1974; Reichardt et alii, 1974; Choudhury et alii, 1978).

As taxas de drenagem em função do tempo para as profundidades de 30, 60, 90 e 120 cm são apresentadas nas figuras 5 e 6 para as Unidades 37AA e 37BB, respectivamente. Analisando os dados para a Unidade 37AA verifica-se que nos três primeiros dias após a aplicação de água, as taxas de drenagem decrescem de 1,60 para 0,066, de 3,8 para 0,19, de 3,0 para 0,10 e de 9,0 para 0,060 cm dia^{-1} , para as profundidades de 30, 60, 90 e 120 cm, respectivamente. Na Unidade 37BB, a taxa de drenagem diminuiu de 10,0 para 0,36, de 12,0 para 0,44 e de 10,0 para 0,38 cm dia^{-1} para as profundidades de 30, 60 e 90 cm, respectivamente.

Destes dados se deduz a importância do potencial gravitacional nas propriedades de retenção de água nestes solos, principalmente nos três primeiros dias após uma irrigação, pois do 4º ao 6º dia as variações de drenagem são acentuadamente reduzidas. Isto se verifica em solos arenosos, uma vez que a condutividade capilar decresce rapidamente com a redução do conteúdo de água no solo e conseqüente redução na taxa de drenagem. Isto é aprecia

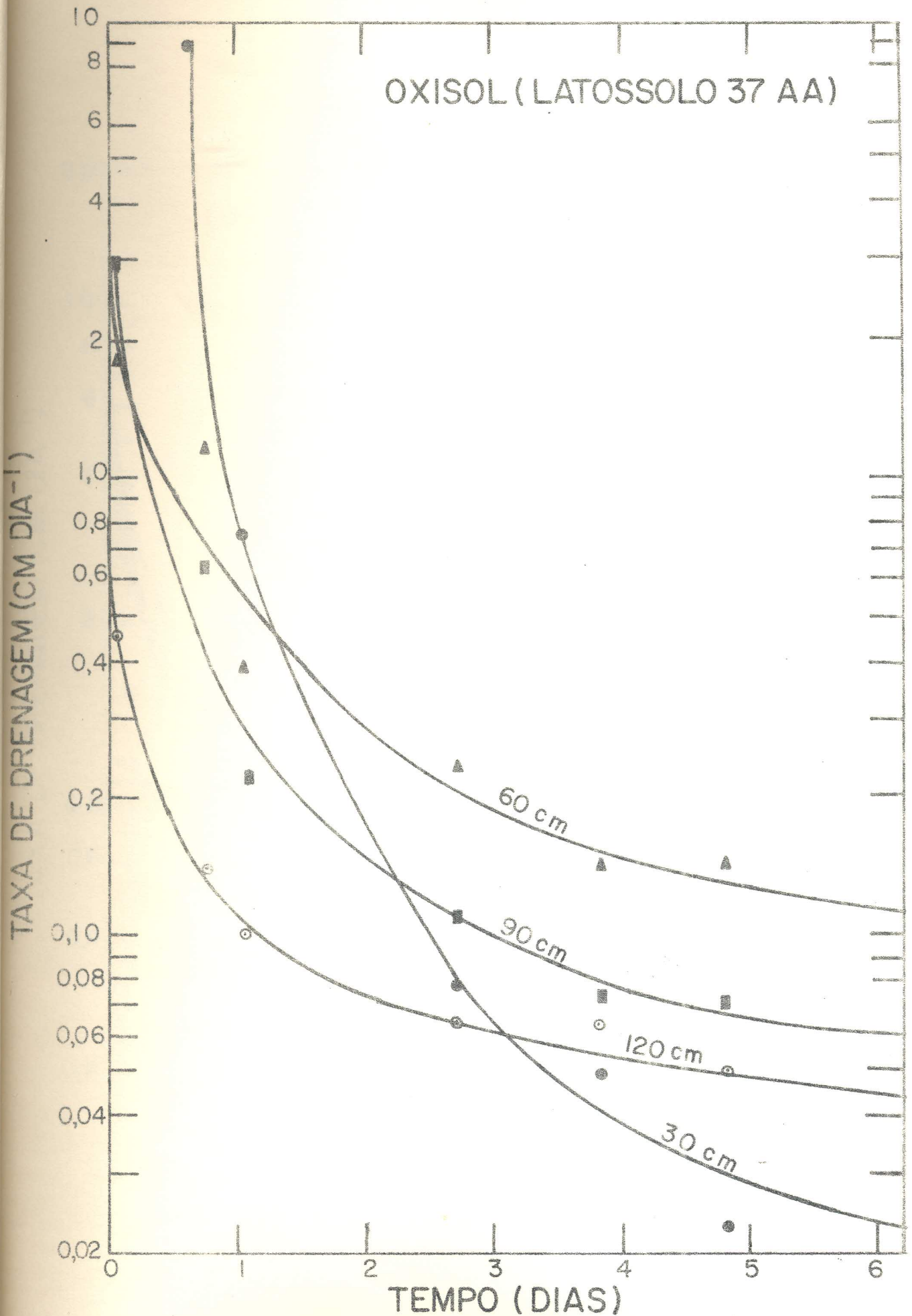


Fig. 5. Taxa de drenagem em função do tempo para diferentes profundidades do solo da Unidade 37AA.

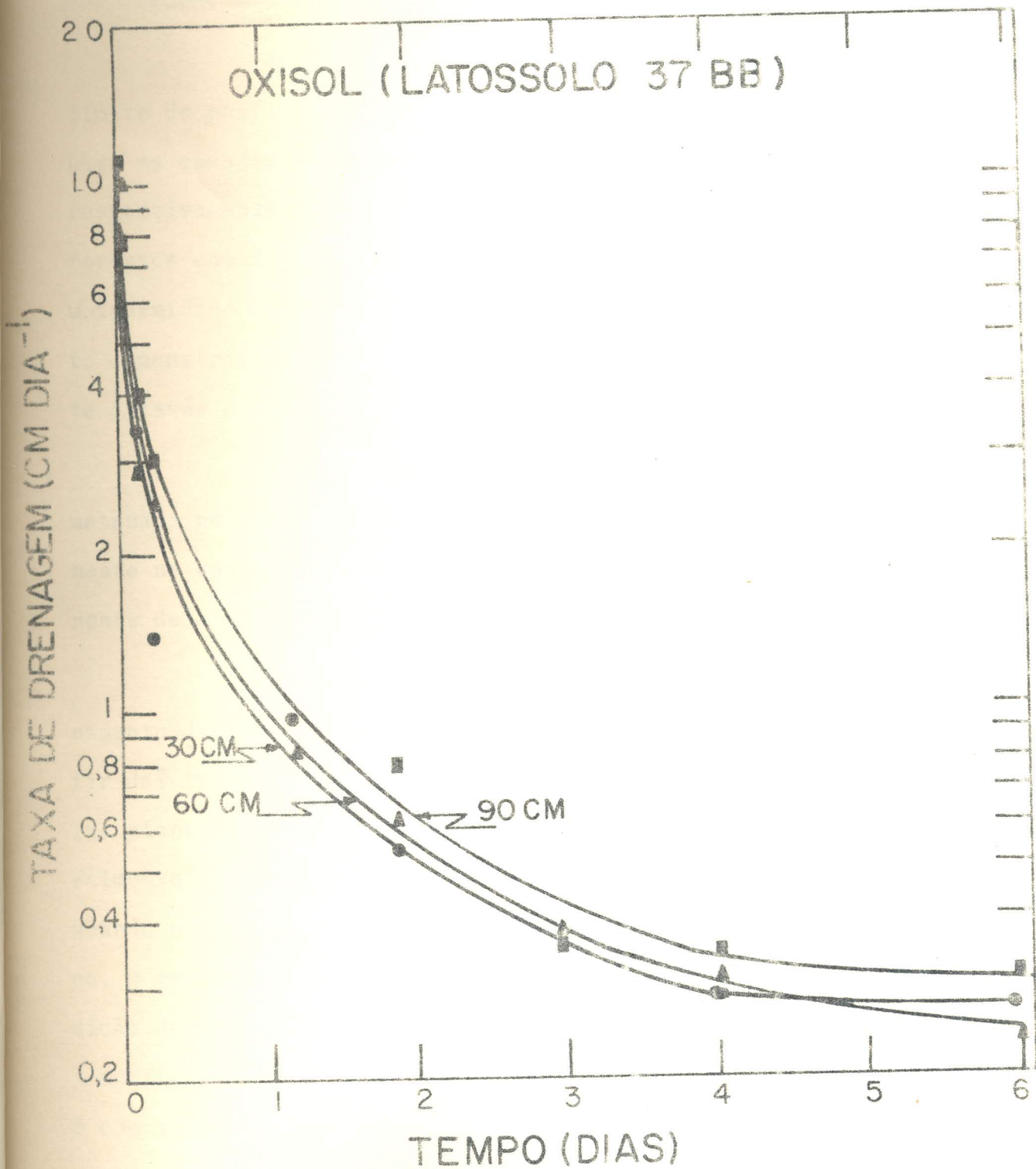


Fig. 6. Taxa de drenagem em função do tempo para diferentes profundidades do solo da Unidade 37BB.

do através da relação entre taxa de drenagem e conteúdo de água das figuras 7 e 8 para as Unidades 37AA e 37BB, respectivamente.

Nas figuras 9 e 10 mostra-se a taxa de drenagem no limite do perfil do solo em função da lâmina de água armazenada para as camadas de 30, 60, 90 e 120 cm das Unidades 37AA e 37BB, respectivamente. Nestas figuras, observa-se que as curvas das diferentes camadas são praticamente paralelas, o que demonstra a uniformidade do perfil de solo, especialmente na Unidade 37AA. Isto demonstra, ainda, que os solos arenosos drenam monotonicamente através de todo o perfil.

A relação entre taxa de drenagem e lâmina de água armazenada no perfil é de utilidade em balanços hídricos, especialmente no caso de solos de perfil uniforme, para definir a componente de drenagem baseando-se na informação da água armazenada.

Normalmente se considera que a capacidade de armazenamento de água no solo é uma característica estática, e a partir daí tem-se definido os limites de aproveitamento de água pelas plantas. Em balanços hídricos, a componentes de drenagem é geralmente desprezada de maneira a que não haveria movimento de água quando o conteúdo de água no solo é inferior a capacidade de campo. O erro provém de se considerar o solo como estático na sua condição de capacidade de campo, quando na realidade a água continua a movimentar-se a taxas mais baixas, como indicam as figuras 5 e 6 com relativa importância no balanço de água (Rose e Stern, 1967).

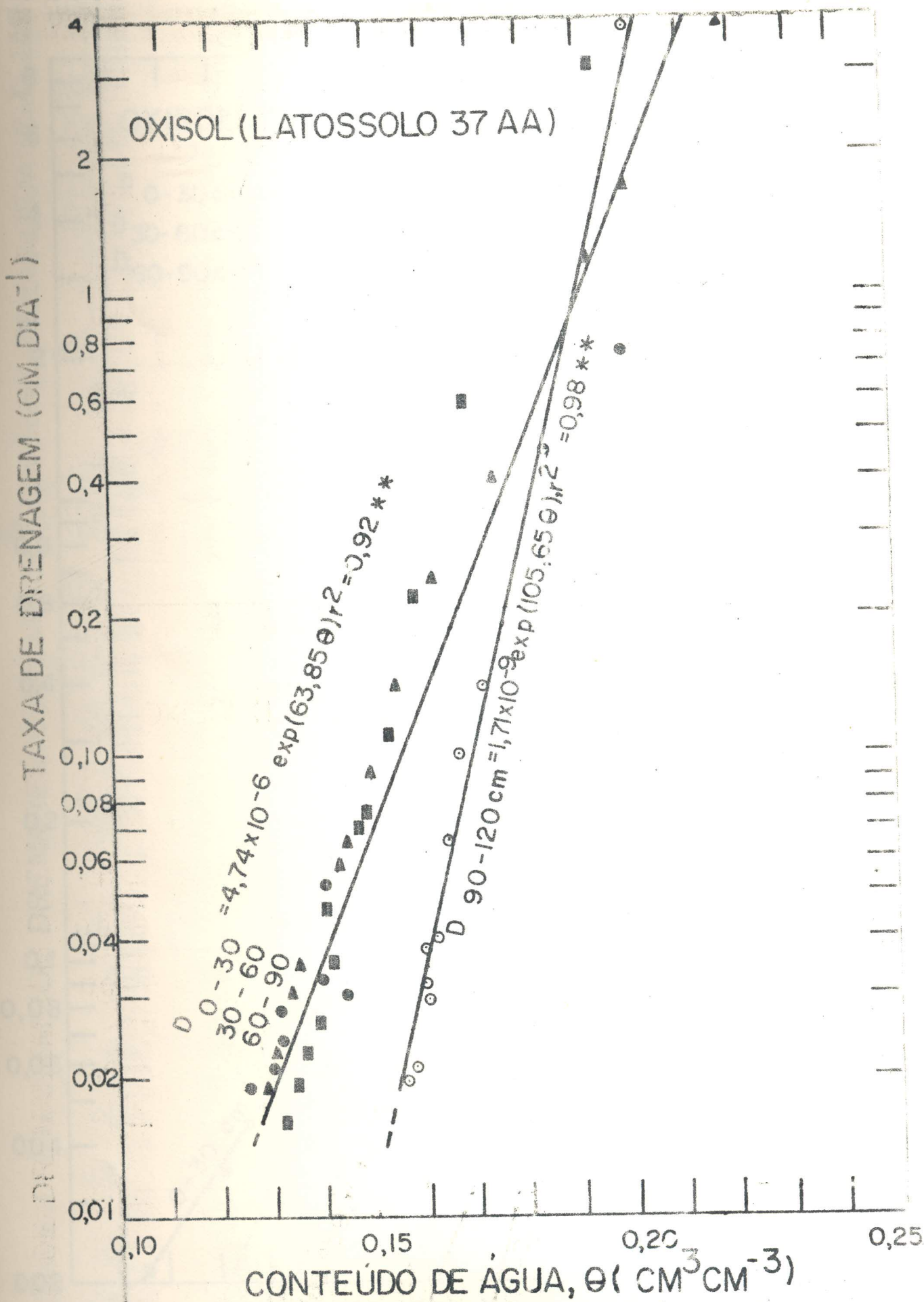


Fig. 7. Taxa de drenagem em função do conteúdo de água em diferentes camadas do solo da Unidade 37AA.

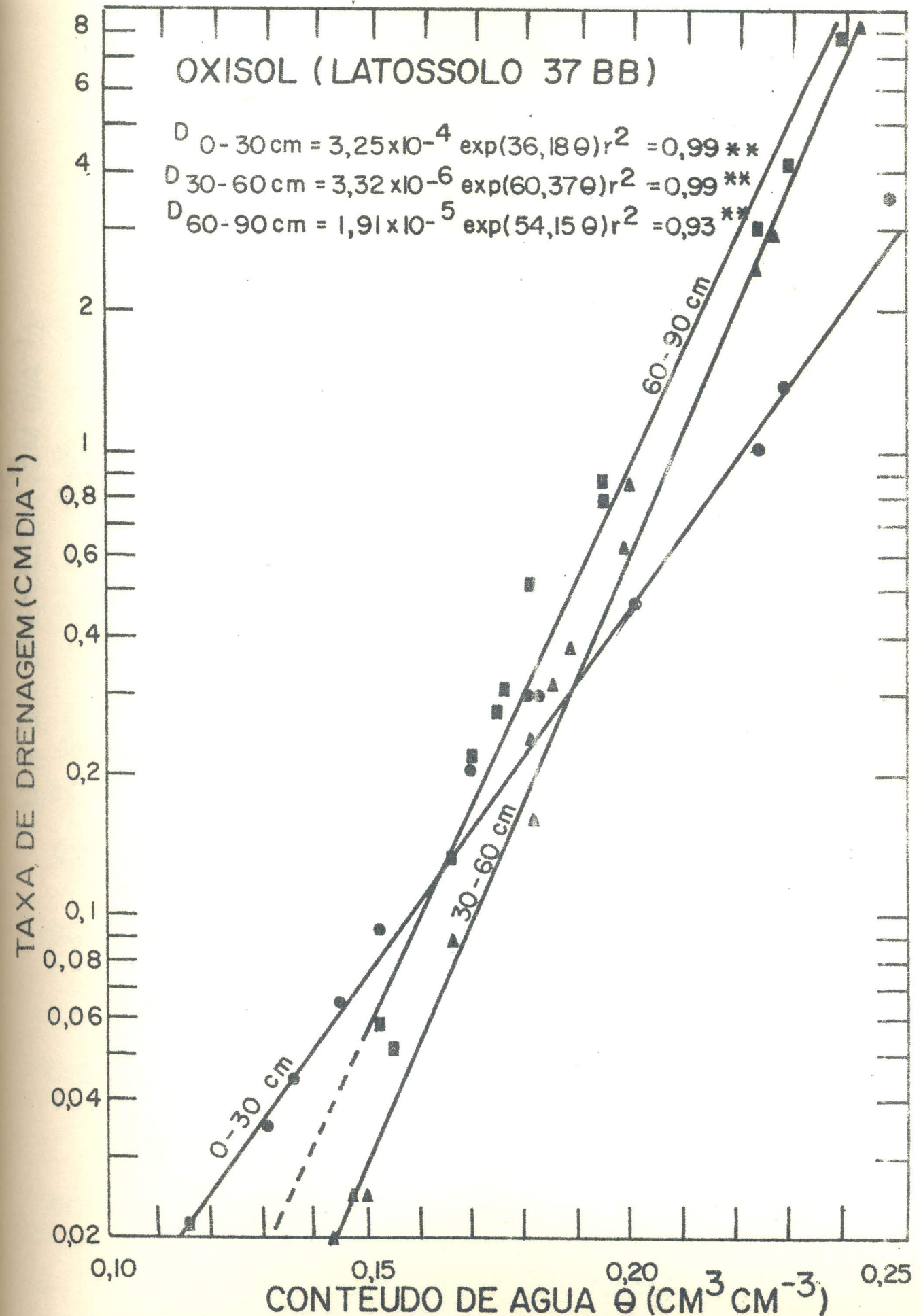


Fig. 8. Taxa de drenagem em função do conteúdo de água em diferentes camadas do solo da Unidade 37BB.

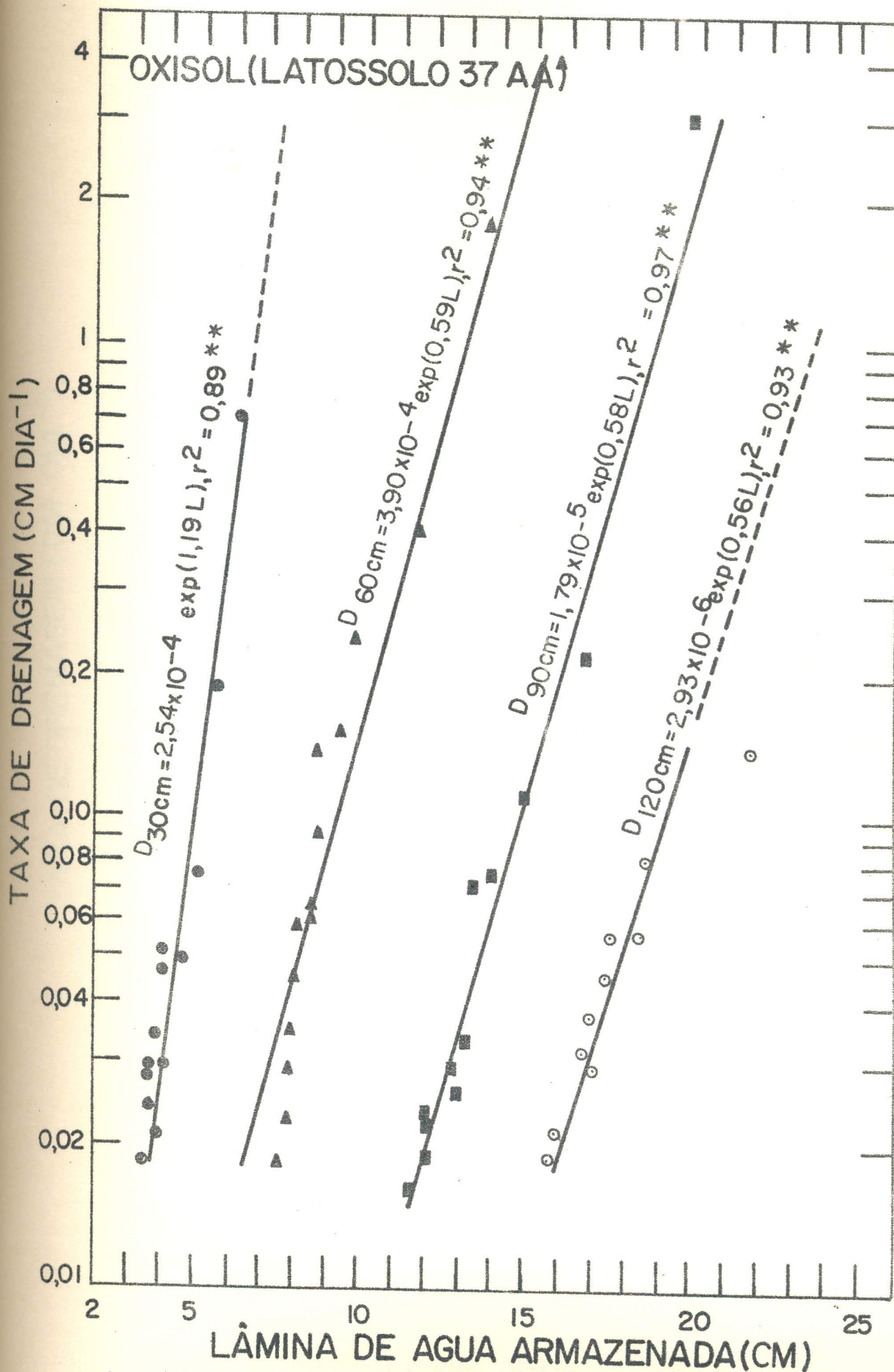


Fig. 9. Taxa de drenagem em função da lâmina de água armazenada em diferentes camadas do solo da Unidade 37AA.

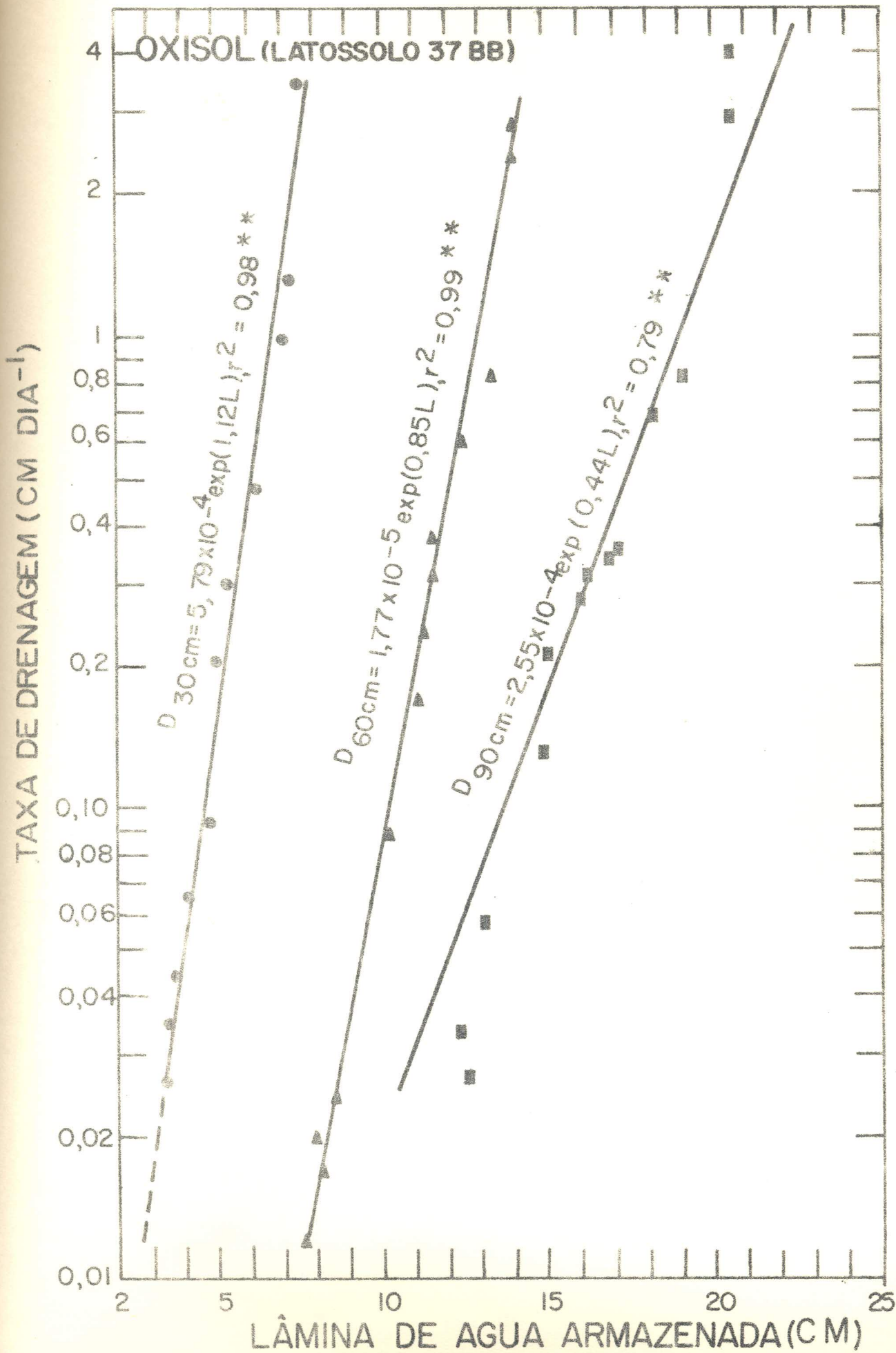


Fig. 10. Taxa de drenagem em função da lâmina de água armazenada em diferentes camadas do solo da Unidade 37BB.

Existem antecedentes na literatura indicando que a componente de drenagem pode chegar a representar 50 a 60% da água aplicada num ciclo da cultura (La Rue et alii, 1968; Millar et alii, 1970; Pereira et alii, 1974; Reichardt et alii, 1974). Devido às dificuldades de sua determinação, é comumente desprezada nos balanços hídricos, como tem sido feito por inúmeros autores (Cru-ciani, 1972; Garrido e Ferreira, 1978; Silva e Mendes, 1975; Sil-va et alii, 1975; Tosello et alii, 1966; Vieira, 1975); mas em con-sideração à sua importância não pode ser desprezada sem justifica-tiva experimental.

CONCLUSÕES

1. A drenagem interna dos solos das Unidades 37AA e 37BB é monotônica em todo o perfil.
2. As relações hídricas obtidas podem ser utilizadas na definição da componente de drenagem nos balanços hídricos.

LITERATURA CITADA

- BARRADA, Y. Application of the neutron moisture meter. In: Symposium on the Use of Isotopes and Radiation Techniques in Soil Plant Nutrition Studies. Ankara, 28/6 a 2/7/1965. Proceedings Vienna. International Atomic Energy Agency. 1965.
- BLACK, T.A., GARDNER, W.R. & THURTELL, G.M. The prediction of evaporation, drainage, and soil water storage for a bare soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33(5):655-660, 1969.
- _____, _____, & TANNER, C.B. Water storage and drainage under a row crop on a sandy soil. Agron. J. 62(1):48-51, 1970.
- CHOU DHURY, E.N., MILLAR, A.A., CHOU DHURY, M.M. & ABREU, T.A.S. Efeito de diferentes níveis de irrigação na produção de tomate industrial. Pesq. Agropec. Bras. (No prelo). 1978.
- CRIDDLE, W.D. & KALISVAART, C. Subirrigation systems In: R.M. Hagan et al. (ed.), Irrigation of agricultural lands. Agronomy Series 11:905-921. 1967.
- CRUCIANI, D.E. Balanço hídrico em solo cultivado com cana-de-açúcar. Utilização do método da moderação de neutrons. Piracicaba, USP-CENA, 1972. 35 p. (Boletim Científico 006).

- DAVIDSON, J.M., STONE, L.R., NIELSEN, D.R. & LARUE, M.E. Field measurement and use of soil-water properties. *Water Resources Research* 5(6):1312-21, 1969.
- FAO/PNUD. Estudios de irrigación e ingeniería. Estudios de la Cuenca del Rio São Francisco. Roma, FAO/PNUD, 1971, 301 p.
- FAO. Irrigation, drainage and salinity. London, Hutchinson, 1973.
- GARDNER, W.R. Dynamic aspects of water availability to plants. *Soil Sci.* 89(2):63-73, 1960.
- _____. Movement of nitrogen in soil. In: W.V. Bartholomew and F.E. Clark (eds.), *Soil Nitrogen*. Agronomy Series 10:550-572. 1965.
- _____. Field measurement of soil water diffusivity. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34:832-3. 1970.
- GARRIDO, M.A.T. & FERREIRA, F.A. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do tomate, na região Sul de Minas Gerais. Belo Horizonte, EPAMIG. Programa de Pesquisa no Vale do Rio Sapucaí. Relatório de Resultados 1977, II Parte, pp. 77-81. 1978.
- GROHMAN, F. & MEDINA, H.P. Características de umidade dos principais solos do Estado de São Paulo. *Bragantia* 21:285-95. 1962.

- HARGREAVES, G.H. Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil. Logan, Utah State University. 1974. 6 p.
- _____. Monthly precipitation probabilities for Northeast Brazil. Logan, Utah State University. 1973. 423. p.
- HILL, J.N.S. & SUMNER, M.E. Effect of bulk density on moisture characteristics of soils. Soil Sci. 103(4):234-38, 1967.
- HILLEL, D., KRENTOS, V.D. & STYLIANOU, Y. Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. Soil Sci. 114:395-400, 1972.
- LARUE, M.E., NIELSEN, D.R., & HAGAN, R.M. Soil water flux below a ryegrass root zone. Agron. J. 60:625-29. 1968.
- MILLAR, A.A. Condutividade capilar de un suelo derivado de cenizas volcánicas. Turrialba 25(4):448-9, 1975.
- _____. Respuesta de los cultivos al déficit de agua como información básica para el manejo del riego. Brasilia, CODEVASE/FAO/USAID/ABID. 62p. 1976 (Conferência apresentada no Seminário sobre Manejo de Água, Brasília, Maio 3-5, 1976).
- _____. GARDNER, W.R. & WEISS, G. Water regimes of a sandy soil under row crops. Madison, University of Wisconsin, 11 p. 1970 (Unpublished, Chapter I, Ph D. Thesis A.A. Millar).

- _____. AZEVEDO, H.M. de & POSSIDIO, E.L. Metodologia para adequação de parâmetros do método de irrigação por sulcos para uso pela assistência técnica. 1978 (Fase de publicação na Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira).
- _____. CHOUDHURY, E.N. & ABREU, T.A.S. Determinação da evapotranspiração em tomate industrial através do balanço completo de água sob diferentes regimes de irrigação. Anais do IV Congresso de Irrigação e Drenagem. 1978. (no prelo).
- NIELSEN, D.R. & BIGGAR, J.W. Analysing soil water and solute movement under field conditions. Soil moisture and Irrigation Studies (FAO/IAEA) II: 111-127, 1973.
- _____. DAVIDSON, J.M., STONE, L.R. & LARUE, M.E. Field measurement and use of soil water properties. Water Resource Res. 5:1312-21, 1969.
- _____. BIGGAR, J.W. & ERB, K.T. Spatial variability of field measured soil-water properties. Hilgardia 42(7):215-59, 1973.
- OLIVEIRA, L.B. de & QUEIRÓZ, E.N. Curvas características de retenção de umidade de solos do Nordeste do Brasil. Pesq. Agropec. Bras. 10:69-75, 1975.
- PARRA, E.A. & MILLAR, A.A. Relaciones hídricas de tres suelos regados de la zona central de Chile. Turrialba, 23(3):275-83, 1973.

- PEREIRA, A.R., BARROS FERRAZ, E.S., REICHARDT, K., & LIBARDI, P. L. Estimativa da evapotranspiração e da drenagem profunda em cafezais cultivados em solos Podzolizados Lins e Marília. Piracicaba, USP-CENA, 1974. (Boletim científico BC-014).
- PEREIRA, J.M. de A. & SOUZA, R.A. de. Mapeamento detalhado da área da Barra de Bebedouro. Petrolina, PE. Recife, SUDENE, 1968. 57 p. (mimeografado).
- REICHARDT, K. Determinação da condutividade hidráulica em condições de campo para estimativa da drenagem profunda em balanços hídricos. Piracicaba, USP-CENA, 1974. 12p. (Boletim didático, BD-015).
- _____. LIBARDI, P.L. & SANTOS, J.M. dos. An Analysis of soil water movement in the field: II. Water balance in a snap bean crop. Piracicaba, USP-CENA, 1974. 19 p. (Boletim Científico 022).
- RICHARDS, L.A. Physical condition of water in soil. In: C.A. Black (ed.), Method of soil analysis, Part 1, Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. pp. 128-152, 1965.
- RIJTEMA, P.E. An analysis of actual evapotranspiration. Wageningen, Netherlands, Institute for Land and Water Management Research. 1965. 107 p. (Agricultural Research Report 659).

ROSE, C.M. & STERN, W.R. Determination of withdrawal of water from soil by crop roots as a function of depth and time. Aust. J. Soil Res. 5:11-19, 1967.

_____, _____ & DRUMMOND, J.E. Determination of hydraulic conductivity as a function of depth and water content in situ. Aust. J. Soil. Res. 3:1-9, 1965.

SILVA, J. FURTADO da & MENDES, W.C.R. Estudo da evapotranspiração na cultura de algodão herbáceo. Anais do III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem I: 96-101, 1965.

_____, _____ & GOES, E.S. de. Estudo da evapotranspiração em bananeira, cultivar nanicão (Musa cavendishi Lambert). Anais do III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem I: 102-108, 1975.

STEWART, G.L. & TAYLOR, S.A. Field experience with the neutron scattering method of measuring soil moisture. Soil Sci., 83 (2):151-158. 1957.

TOSELLO, R.N., REIS, A.J. & BARRETO, G.B. Balanço de água no solo em cultura de cana-de-açúcar. Bragantia 25:237-348. 1966.

UHLAND, R.E. Physical properties of soil as modified by crops and management. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 14:361-6. 1949.

VIEIRA, D.B. Necessidades hídricas da cultura da beringela (Solanum melongena, L.). Anais do III Seminário de Irrigação e Drenagem I: 129-132, 1975.

VITTUM, M.T., TAPLEY, W.T. & PECK, N.H. Response of tomato varieties to irrigation and fertility level. New York Agricultural Experimental Station (Geneva) Bulletin 732.

WIND, G.P. Capillary rise and some applications of the theory of moisture movement in unsaturated soils. Wageningen, Netherlands, Institute for Land and water Management Research. 1961. 20 p. (Technical Bulletin 22).

YOUNG, K.K. & DIXON, J.D. Overstimulation of water content at field capacity from sieved samples data. Soil. Sci. 101-104-7. 1966.

ENC/jms.