

FOL
01526



DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM TOMATE INDUSTRIAL ATRAVÉS DO BALANÇO
COMPLETO DE ÁGUA SOB DIFERENTES REGIMES DE IRRIGAÇÃO^{1/}

AGUSTÍN A. MILLAR^{2/}, ELIANE N. CHOUDHURY^{3/} e TÂNIA A. DOS SANTOS ABREU^{4/}



- 1/ Contribuição conjunta do Projeto PNUD/FAO-BRA/74/008, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA/EMBRAPA) e Cia. de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF).
- 2/ Engº Agrº, Ph.D., Especialista em Pesquisa de Irrigação da FAO, Projeto PNUD/FAO-BRA/74/008. CPATSA/EMBRAPA, Petrolina-PE.
- 3/ Engº Agrº, M.S., Pesquisador em Física do Solo do CPATSA/EMBRAPA
- 4/ Engº Agrº, Pesquisador em Irrigação do CPATSA/EMBRAPA

[1982 ?]

Determinação da
1982 FL - 1526



34343 - 1

SUMMARY

Determination of evapotranspiration of tomatoes using water balance under different irrigation regimes.

Evapotranspiration of tomatoes under different irrigation regimes was determined in an oxisol using the complete water balance approach. The water flux at 120-cm depth below the root zone was determined by the Darcy equation. Hydraulic gradients were determined with sensible tensiometers, and the capillary conductivity was defined with soil moisture data from the layer between the tensiometers and the use of the relation $k=k(\theta)$.

Water flux contribution to the root zone from the phreatic level was observed. The contribution varied from 22% in the wet regime (-0,3 bar) to 33% in the dry regime (-5 bars), of total water entering the soil. Hydraulic gradients below the root zone were different from unity, and the flux density followed an exponential relation with respect to soil moisture content of the limit layer of water balance.

Cumulative evapotranspiration for the crop season decreased from 626 to 451 mm as the soil matric potential of the effective root zone decreased from -0,3 to -5 bars. Mean seasonal evapotranspiration varied from 5,22 to 3,76 mm day⁻¹ within the same ranges of soil matric potential. Correlation of seasonal evapotranspiration for the wet regime and pan evaporation was highly significant, indicating a crop coefficient, K_c , equal to 0.58. Seasonal water consumption of tomatoes to produce 90 and 80% of potential production were 570 and 510 mm, respectively.

SUMMARY

Determination of evapotranspiration of tomatoes using water balance under different irrigation regimes.

Evapotranspiration of tomatoes under different irrigation regimes was determined in an oxisol using the complete water balance approach. The water flux at 120-cm depth below the root zone was determined by the Darcy equation. Hydraulic gradients were determined with sensible tensiometers, and the capillary conductivity was defined with soil moisture data from the layer between the tensiometers and the use of the relation $k = k(\theta)$.

Water flux contribution to the root zone from the phreatic level was observed. The contribution varied from 22% in the wet regime (-0,3 bar) to 33% in the dry regime (-5 bars), of total water entering the soil. Hydraulic gradients below the root zone were different from unity, and the flux density followed an exponential relation with respect to soil moisture content of the limit layer of water balance.

Cumulative evapotranspiration for the crop season decreased from 626 to 451 mm as the soil matric potential of the effective root zone decreased from -0,3 to -5 bars. Mean seasonal evapotranspiration varied from 5,22 to 3,76 mm day⁻¹ within the same ranges of soil matric potential. Correlation of seasonal evapotranspiration for the wet regime and pan evapotranspiration was highly significant, indicating a crop coefficient, K_c , equal to 0.58. Seasonal water consumption of tomatoes to produce 90 and 80% of potential production were 570 and 510 mm, respectively.

INTRODUÇÃO

O tomate (Lycopersicum esculentum, Mill) industrial é uma cultura de grande expressão econômica nos projetos de Irrigação do Sub-Médio São Francisco. Para o manejo racional e eficiente desta cultura, precisa-se conhecer a evapotranspiração atual e a resposta da cultura a diferentes regimes de irrigação. Este tipo de informação nem sempre está disponível para a operação dos projetos de irrigação devido ao trabalho envolvido na sua obtenção.

Atualmente existem metodologias apropriadas que permitem determinar com certa precisão a evapotranspiração das culturas. Entre essas pode ser mencionada o balanço de energia (28, 29), balanço completo de água (2,31), uso de lisímetros (2, 19, 29), e aproximações micrometeorológicas (18, 29). Com menos precisão pode obter-se resultados de utilidade prática através do uso de formulações empíricas (15, 29).

De todos os métodos, o balanço hídrico é o mais empregado para determinar evapotranspiração. A evapotranspiração, em intervalo de tempo, pode ser estimada através da equação hidrológica (2, 29):

$$P - G = ET + D + W \quad \{1\}$$

onde P é a quantidade de água recebida em mm (chuva ou irrigação), G é o escoamento superficial em mm, considerando zero em superfícies planas e em condições de baixa pluviometria, ET é a evapotranspiração em mm, D é a drenagem da zona radicular ou fluxo capilar para a zona radicular por contribuição do lençol freático, e W é a variação na lâmina de água armazenada na zona radicular, em mm.

A equação de fluxo em uma direção para movimento de água num solo com vegetação é dada pela relação (2, 24, 31):

$$\partial\theta/\partial t = \partial(k \partial H/\partial Z)/\partial Z - Q \quad \{2\}$$

Onde θ é o conteúdo volumétrico de água e k é a condutividade capilar. A carga hidráulica H à profundidade Z é dada por $H = -\Psi + Z$, onde Ψ é o potencial matricial e a profundidade Z (potencial gravitacional) é negativa, medida a par

tir da superfície. O termo Q é a taxa de água removida do solo devido a evapotranspiração.

A variação na água armazenada no solo é obtida por integração da equação {2} na profundidade da zona radicular, para t constante. Nestas condições, tem-se (24):

$$dW/dt = - (k \partial H/\partial Z)_{Z=L} - dET/dt \quad \{3\}$$

onde W é a água armazenada na zona radicular de profundidade L , dET/dt é a taxa de evapotranspiração, e $(k \partial H/\partial Z)$, o produtor da condutividade capilar e o gradiente hidráulico na profundidade $Z=L$, é a taxa de fluxo (drenagem ou contribuição do lençol) através do limite da zona radicular. A equação {3} é a variação em função do tempo da equação {1} onde P e G são zero.

A componente de drenagem da equação do balanço hídrico geralmente não é levada em conta em estudos de evapotranspiração, em consideração a que não haveria movimento de água quando o conteúdo de água no solo é inferior a capacidade de campo. Nesse instante o solo se encontra drenado na condição de não saturação e o processo é definido pela teoria do fluxo em meios não saturados. Os solos atingem a máxima permeabilidade em condições de saturação, onde a condutividade hidráulica é uma constante cujo valor depende das características do solo. Em condições de não saturação a condutividade capilar depende do conteúdo de água no solo, segundo uma relação exponencial (2, 5, 14, 23). 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, com relativa importância no balanço de água (24). Existem antecedentes na literatura indicando que a componente de drenagem pode chegar a representar 50 a 60% da água aplicada num ciclo da cultura (15, 17, 20, 22). Devido às dificuldades de sua determinação, é comumente desprezado nos balanços hídricos, como tem sido feito por inúmeros autores (6, 11, 26, 27, 30, 32), mas em consideração à sua importância não pode ser desprezada sem justificativa experimental.

A finalidade deste trabalho consistiu em determinar a evapotranspiração do tomate industrial sob diferentes regimes de irrigação, e quantificar

a componente D da equação hidrológica.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (EMBRAPA), em Petrolina-PE.

O clima da região, segundo Hargreaves (12), é classificado como muito árido. A temperatura média anual oscila entre 23 e 28°C, caracterizando-se os meses de junho e julho por serem os meses mais frios, e outubro e novembro os mais quentes. A precipitação média anual está em torno de 400 mm, a evaporação anual é em média 2000 mm, e a umidade relativa do ar é 67,8% (9). Durante o período experimental, entre junho e outubro de 1976, a temperatura média foi de 24,6°C, a umidade relativa média foi de 62,3% e a evaporação média, pelo tanque Classe A, foi 8,4 mm dia⁻¹.

O solo da área experimental é um oxissol (latossolo 37BB) (10), e as características físico-hídricas são apresentadas por Choudhury e Millar (3).

Utilizou-se a variedade Rossol VFN. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições. A unidade experimental compreendeu uma área de 36 m² e constituiu-se de seis fileiras espaçadas de 1,20 m e 0,50 m entre plantas na fileira. A área útil constituída das quatro fileiras de cada parcela compreendeu uma área de 19,20 m². Os tratamentos empregados consistiram em irrigar quando o potencial matricial do solo atingisse -0,3, -1, -2, -3 e -5 bar.

A adubação básica foi constituída de 100 kg/ha de nitrogênio na forma de sulfato de amônio, de 80 kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato simples, e de 50 kg/ha de K₂O na forma de cloreto de potássio, sendo aplicado por ocasião do plantio 1/3 de nitrogênio e todo o fósforo e potássio. O restante do nitrogênio foi aplicado em cobertura em duas partes, 24 e 40 dias após o transplante.

As irrigações realizaram-se em sulcos fechados, nivelados e com espaçamento de 1,20 m. A água foi conduzida de um reservatório para os sulcos de irrigação através de um sistema fixo e enterrado de tubos PVC rígido de 10 cm de diâmetro. Através de registros acoplaram-se mangueiras de plástico de 5 cm de diâmetro para a distribuição da água aos sulcos de irrigação. A diferenciação dos tratamentos foi iniciada após o pegamento das mudas. Os intervalos de irrigação e as lâminas de água aplicadas variaram em função dos potenciais matriciais correspondentes a cada tratamento e a profundidade efetiva do sistema radicular. O controle das irrigações realizou-se através de determinações de umidade, pelo método gravimétrico, em amostras de solo, coletadas em intervalos de três dias, antes e depois de cada irrigação por camadas de 30 cm até a profundidade de 1,20 m. Estas amostras foram coletadas em duas parcelas por tratamento, obtendo-se um valor médio de umidade para cada tratamento. Com estes dados médios de umidade inferiu-se através da curva de retenção de umidade os valores de potenciais matriciais para cada tratamento.

O balanço de água foi realizado para uma profundidade de 120 cm, considerando que o sistema radicular do tomate atingiu a profundidade de 75 cm (4). Em cada tratamento, instalaram-se baterias de tensiômetros sensíveis às profundidades de 15, 45, 75, 105 e 135 cm, entre plantas na fileira com a finalidade de determinar os gradientes hidráulicos em função do tempo.

A componente D da equação hidrológica foi determinada mediante uso da equação de Darcy, $D = -k \frac{dH}{dZ}$, usando a relação entre a condutividade capilar (k) e o conteúdo de água no solo, e gradientes de carga hidráulica obtidos a partir dos dados dos tensiômetros instalados nas profundidades 105 e 135 cm, como usaram Rose e Stern (24).

A determinação da condutividade capilar em função do conteúdo de água das diferentes camadas do perfil do solo foi realizada em condições de campo, numa parcela próxima ao experimento. O método utilizado foi o de Rose et al. (23), também descrito por De Boodt et al. (7), e mais recentemente popularizado por Hillel et al. (14), sendo que os cálculos foram feitos a partir de médias das variações de gradientes hidráulicos e conteúdo de água, em vez do método dos perfis instantâneos usados por Hillel et al. (14). Os deta-

lhes experimentais e metodológicos para a determinação da condutividade capilar no campo são apresentados por Choudhury e Millar (5).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizou-se um balanço completo de água em parcelas experimentais manejadas sob diferentes regimes de irrigação, visando determinar a influência dos diferentes componentes da equação hidrológica através do ciclo do tomate industrial. Na Tabela 1 têm-se os dados de manejo da irrigação para os diferentes regimes estudados. No tratamento mais úmido, manejado a um potencial matricial de $-0,3$ bar, aplicaram-se 23 irrigações com uma frequência média de 5,7 dias, entretanto no regime mais seco, manejado a -5 bar de potencial matricial no solo, aplicaram-se 13 irrigações com uma frequência média de 16,6 dias. As lâminas aplicadas no ciclo do tomate variaram de 647 mm no regime mais úmido a 496 mm no regime mais seco.

A parte mais importante em um balanço de água é a estimativa da componente D da equação {1}, cujo fluxo pode ser na direção abaixo da zona radicular (drenagem) ou na direção para dentro da zona radicular (contribuição do lençol freático). Estes dados foram obtidos na camada 105 e 135 cm, para a profundidade de 120 cm, usando os gradientes hidráulicos dos tensiômetros instalados nessas duas profundidades, e a relação entre condutividade capilar e conteúdo de água da camada 105-135 cm (Figura 1). No balanço de água até a profundidade de 120 cm, no solo com cultura de tomate, verificou-se a existência de contribuição do lençol freático para dentro da zona radicular. Na Tabela 1 incluem-se os dados desta contribuição, constatando-se que no regime mais úmido foi de 183 mm durante o ciclo da cultura, entretanto no regime mais seco foi de 247 mm. Do total de água que penetrou no perfil, devido a irrigação mais fluxo capilar do lençol, a contribuição pelo lençol freático foi de 22,1% no regime mais úmido ($\Psi = -0,3$ bar), aumentando para os regimes mais secos, atingindo 33,2% nas parcelas com manejo da irrigação no nível de -5 bar de potencial matricial.

TABELA 1. Dados de manejo da irrigação, evapotranspiração acumulada, e contribuição do lençol freático durante o ciclo do tomate.

Nível de manejo da irrigação (Ψ em bar)	Número de irrigações	Frequência média dia de irrigação (dias)	Lâmina aplicada (mm)	Contribuição do lençol freático (mm)	Contribuição do lençol freático respeito do total (%)	ET acumulada (mm)	Et média no ciclo (mm dia ⁻¹)
-0,3	23	5,7	647	183	22,1	626	5,22
-1	17	9,1	570	253	30,7	582	4,85
-2	14	14,2	488	255	34,3	542	4,52
-3	14	13,7	507	251	33,1	470	3,92
-5	13	16,6	496	247	33,2	451	3,76

Na Tabela 2, apresentam-se as características hidrodinâmicas da camada 105-135 cm para os diferentes níveis de manejo da irrigação durante o ciclo do tomate. A direção do fluxo foi na direção da superfície do solo e a densidade média de fluxo no ciclo da cultura foi em torno de 2 mm. dia^{-1} . Os gradientes hidráulicos através da camada 105-135 cm aumentaram nos regimes com menor frequência de irrigação, como assim também a variação dos gradientes máximos. Em geral, os gradientes hidráulicos variaram entre 0,17 e 3,9. Em condições semelhantes invalida-se o uso do método do gradiente unitário, $\partial H/\partial Z = 1$, como apresentado por Reichardt (21) para a estimativa da drenagem profunda.

A componente de drenagem, D, da equação hidrológica, normalmente não se leva em consideração nos estudos da evapotranspiração, porque se considera em forma errônea, que o movimento de água a conteúdos de água no solo inferiores a "capacidade de campo" é reduzido. Na maioria dos trabalhos de evapotranspiração no campo, feitos no Brasil, não se faz a separação entre ET e D (6, 11, 26, 27, 30, 32), exceção feitas aos trabalhos de Pereira et al. (20), e Reichardt et al. (22).

A componente de drenagem D, dependendo do solo pode chegar a ser uma importante parcela da água que penetra no perfil. Assim, por exemplo, Pereira et al. (20), em um solo podzolizado obtiveram valores de drenagem profunda que chegaram até 35,7% da água recebida pelo perfil durante um ano. Reichardt et al. (22) para um solo argiloso obtiveram valores de drenagem profunda de 50,6% da água recebida por chuva e irrigação durante o ciclo de uma cultura de feijão. Num solo arenoso, Millar et al. (17) obtiveram para solo sem cobertura, com cobertura de feijão, e com cobertura de cebola, valores de drenagem profunda de 65, 35 e 49%, respectivamente, da água recebida por irrigação e chuvas durante o ciclo das culturas. Devido ao anterior, quando se pretende determinar ET através de balanços hídricos não se pode deixar de considerar a componente D, que pode ser de drenagem, ou de contribuição do lençol freático por fluxo capilar, como em nosso experimento. A não observância desse requisito básico, especialmente em solos de texturas arenosas, invalida totalmente os dados de ET das culturas.

Na Figura 2 apresenta-se a evapotranspiração acumulada obtida nos diferentes regimes de irrigação, em função do tempo. Para o mesmo período experimental, a ET acumulada foi de 626 mm no nível de manejo da irrigação de -0,3 bar, diminuindo para menores frequências de irrigação, atingindo um valor acumulado de 451 mm no nível de manejo da irrigação de -5 bar (Tabela 1). A evapotranspiração média no ciclo da cultura, diminuiu de 5,22 para 3,76 mm dia⁻¹ (Tabela 1), à medida que decresceu o potencial matricial na camada de solo da profundidade efetiva do sistema radicular de -0,3 para -5 bar. A evapotranspiração (ET) em função do potencial matricial do solo (Ψ) obedeceu a relação $ET = 5,442 - 0,652/\Psi + 0,062/\Psi^2$, onde ET é dada em mm dia⁻¹ e Ψ em bar. Para tomate, Garrido e Ferreira (11) obtiveram no Sul de Minas Gerais, valores de ET média do ciclo de 6,61 mm dia⁻¹, mas nesse trabalho não foi computado a componente de drenagem.

Normalmente no manejo da irrigação, as necessidades de água das culturas são definidas por meio de dados de evaporação do tanque classe A e do fator de cultura K_c , sendo o fator K_c a razão entre a ET da cultura e a evaporação do tanque (E_t). Na Figura 3 tem-se a correlação entre a ET acumulada do tratamento manejado no nível de -0,3 bar de potencial matricial do solo, e evaporação acumulada do tanque classe A durante o ciclo da cultura. Verificou-se uma correlação altamente significativa entre as variáveis, obtendo-se um K_c igual a 0,58. Doorenbos e Pruitt (8) e Hargreaves (13) apresentam dados de K_c iguais a 1,05 e 1,15, respectivamente. Hargreaves (13) recomenda o uso de K_c igual a 0,90 para estimar as necessidades totais durante o ciclo do tomate, e para análise econômica. Os dados de K_c apresentados por Doorenbos e Pruitt (8) e Hargreaves (13) são altos, por terem tomado como referência a evapotranspiração da grama ($K_c = ET \text{ cultura} / E_t \text{ grama}$), cujos valores são inferiores à evapotranspiração do tanque classe A. Essa diferença é marcante, chegando a evapotranspiração do tanque a ser 1,69 vezes a evapotranspiração da grama, como mostram os dados de Aragão e Araújo (1).

A função de produção para água consumida pelas culturas é de importância na definição do requerimento de água para o ciclo da cultura e sua distribuição. Esta informação não é fácil de obter, e normalmente se gera a função de produção para água aplicada. Na Figura 4 se apresentam as funções de

produção relativas de tomate para evapotranspiração acumulada e água total aplicada à cultura. Os dados de produtividade são discutidos por Choudhury et al. (4), entretanto, os dados da Figura 4 são relativos ao tratamento mais úmido, manejado a -0,3 bar de potencial matricial do solo. Da Figura 4, conclui-se que para produzir 90 e 80% da produção potencial a cultura consome 570 e 510 mm de água, respectivamente. Segundo Doorenbos e Pruitt (8), a cultura de tomate consome no ciclo entre 300 e 600 mm, correspondendo a 30-45% da evapotranspiração de grama. Em experimentos realizados em Israel, Shalhevet et al. (25) obtiveram produção ótimas com lâminas de 200 a 450 mm no ciclo, aplicadas mediante gotejamento e aspersão.

CONCLUSÕES

1. A evapotranspiração acumulada no ciclo do tomate, diminuiu de 626 para 451 mm a medida que decresceu o potencial matricial de -0,3 a -5 bar na camada de solo da profundidade efetiva do sistema radicular. A evapotranspiração média do ciclo variou de 5,22 para 3,76 mm dia⁻¹, para os mesmos níveis de manejo da irrigação.
2. A evapotranspiração em função do potencial matricial do solo (Ψ) obedeceu à relação $ET = 5,442 - 0,652/\Psi + 0,062/\Psi^2$, onde ET é dada em mm dia⁻¹ e Ψ em bar.
3. A determinação da componente D da equação hidrológica indicou contribuição por fluxo capilar do lençol freático para a zona radicular. A contribuição variou de 22% no tratamento mais úmido a 33% nos regimes mais secos, do total de água que recebeu o perfil do solo.
4. Os gradientes hidráulicos abaixo da zona radicular foram diferentes da unidade e a densidade de fluxo para a zona radicular obedeceu a uma relação exponencial do conteúdo de água da camada limite do balanço.

5. A correlação entre evapotranspiração acumulada durante o ciclo do tomate no regime manejado a $-0,3$ bar de potencial matricial no solo e a evaporação acumulada do tanque classe A foi altamente significativa. O fator médio de cultura K_c foi $0,58$.
6. Para produzir 90 e 80% da produção potencial, a cultura de tomate consome 570 e 510 mm, respectivamente.

RESUMO

Determinou-se a evapotranspiração do tomate industrial sob diferentes regimes de irrigação num oxisol, empregando-se o método do balanço completo de água. O fluxo de água, na profundidade de 120 cm, abaixo da zona radicular foi determinado mediante o uso de equação de Darcy. Os gradientes hidráulicos foram determinados com tensiômetros sensíveis e a condutividade capilar foi determinada com os dados de umidade da camada entre os tensiômetros e uso da relação $K = K(\theta)$.

Verificou-se contribuição por fluxo capilar do lençol freático para a zona radicular. A contribuição variou de 22% no regime mais úmido (-0,3 bar) a 33,2% no regime mais seco (-5 bar) do total de água recebido pelo perfil de solo. Os gradientes hidráulicos abaixo da zona radicular foram diferentes de hum, e a densidade de fluxo obedeceu a uma relação exponencial do conteúdo de água na camada limite do balanço.

A evapotranspiração acumulada no ciclo do tomate diminuiu de 626 para 451 mm à medida em que decresceu o potencial matricial de -0,3 para -5 bar na camada de solo da profundidade efetiva do sistema radicular. A evapotranspiração média do ciclo variou de 5,22 para 3,76 mm dia⁻¹, para os mesmos níveis de manejo da irrigação. A correlação entre a evapotranspiração acumulada para o tratamento mais úmido e a evaporação acumulada do tanque Classe A, foi altamente significativa obtendo-se um fator de cultura, K_c , igual a 0,58. Verificou-se que para produzir 90 e 80% da produção potencial, o tomate consome durante o ciclo 570 e 510 mm de água, respectivamente.

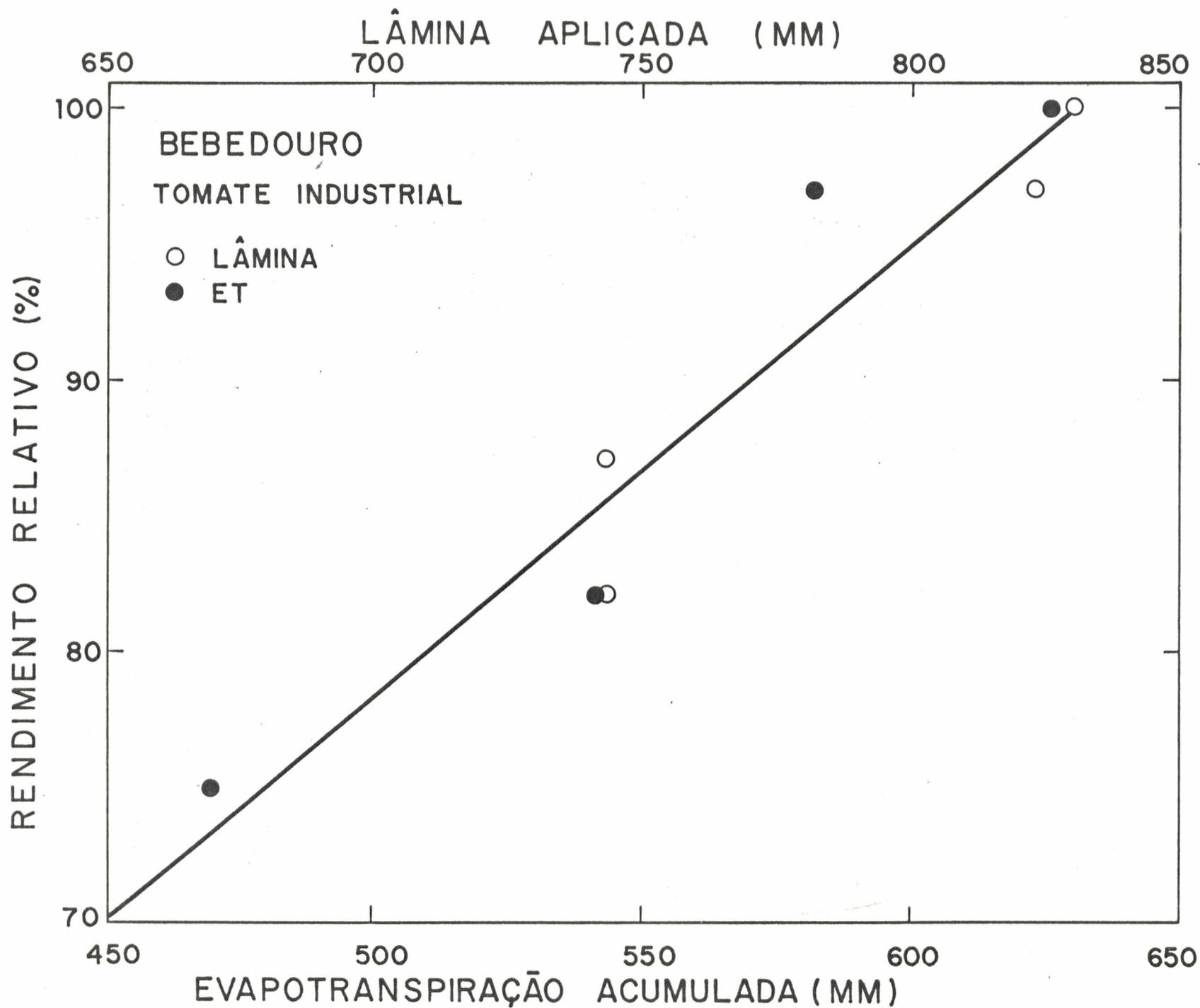


FIG. 4. Rendimento relativo de tomate industrial em função da evapotranspiração acumulada e lâmina de água aplicada no ciclo da cultura.

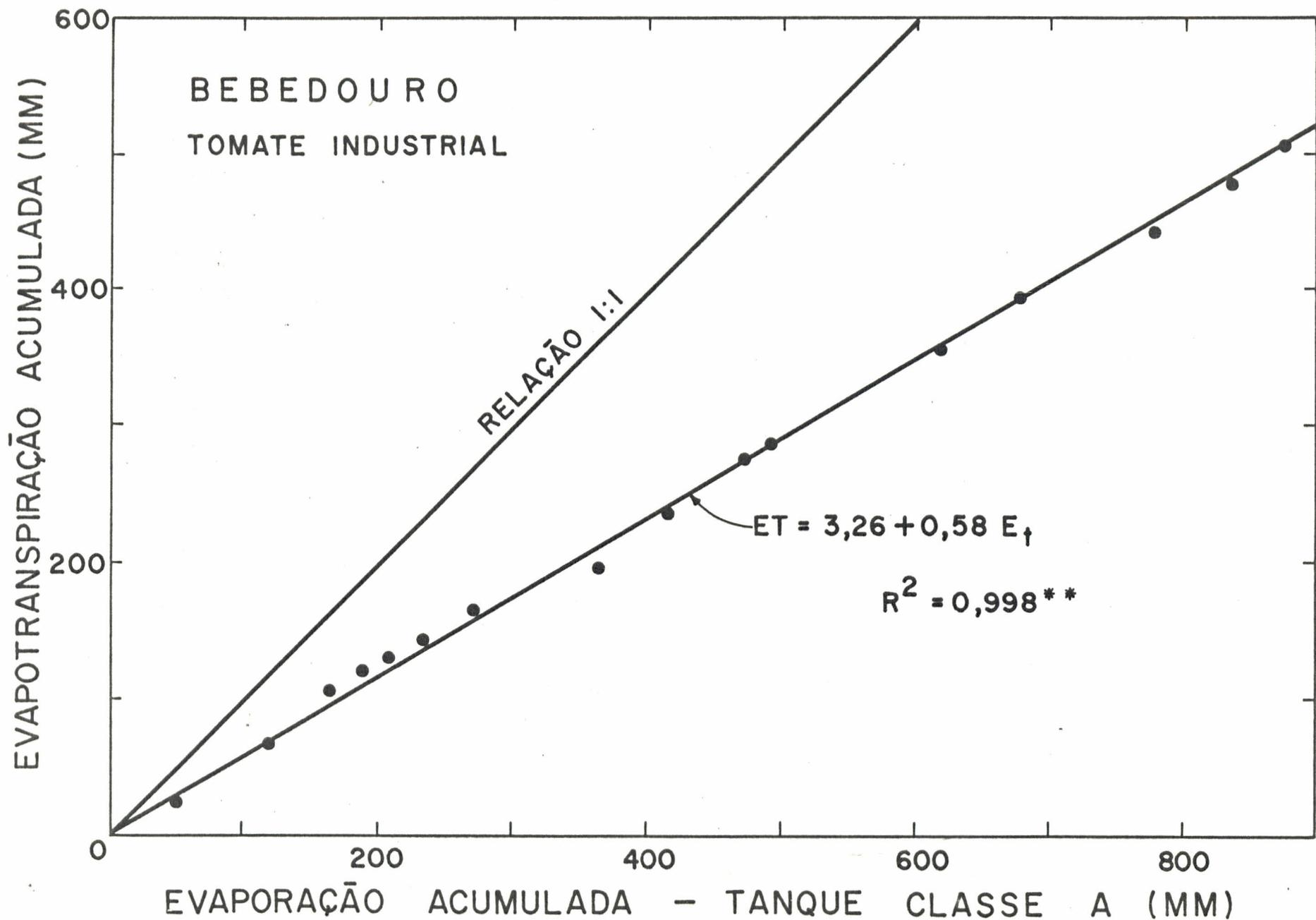


FIG. 3. Correlação entre ET acumulada de tomate obtida em parcelas experimentais manejadas no nível de -0,3 bar de potencial matricial do solo, evaporação acumulada do tanque classe A.

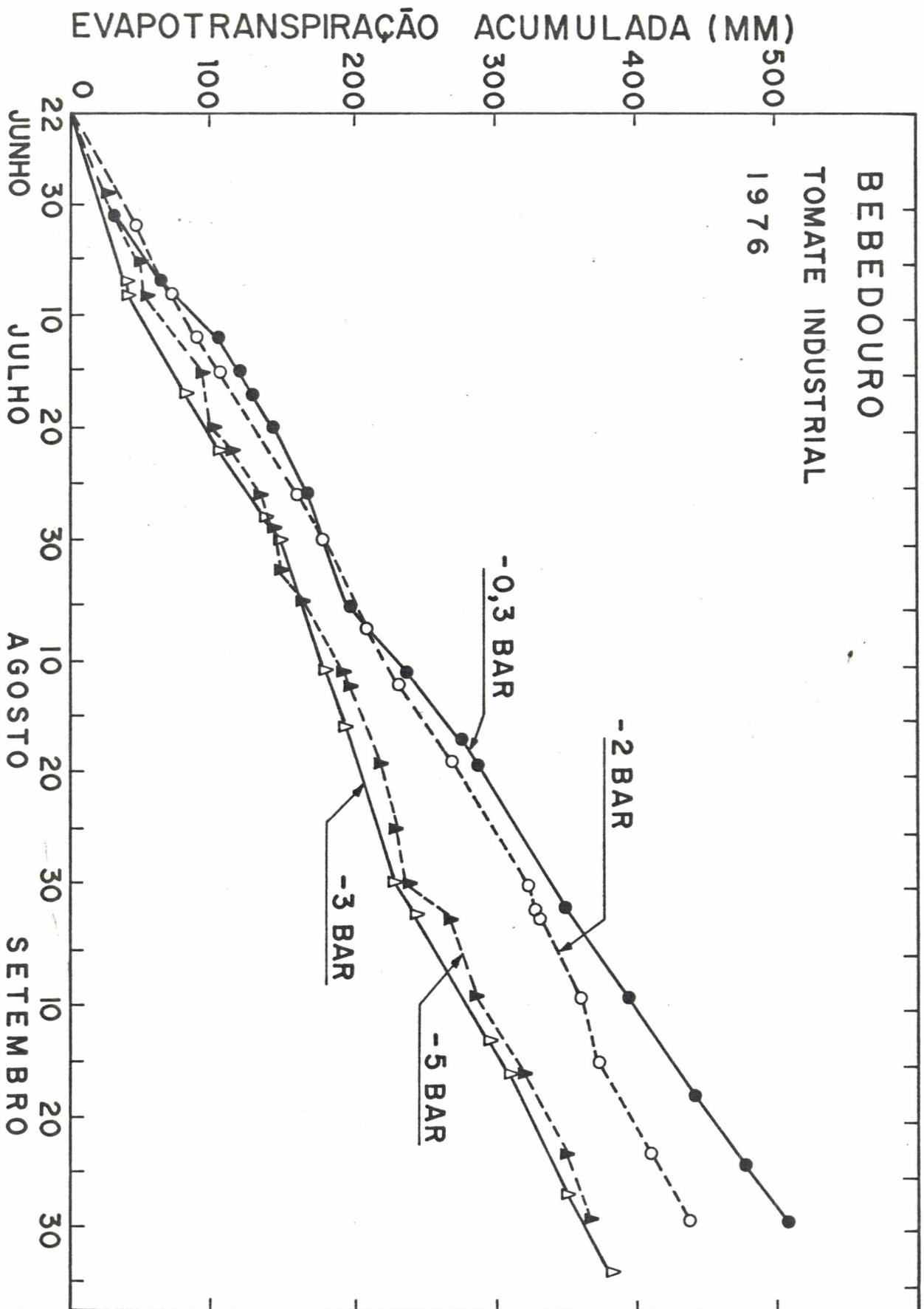


FIG. 2. Evapotranspiração acumulada do tomate em função do tempo para diferentes níveis de potencial matricial de manejo da irrigação.

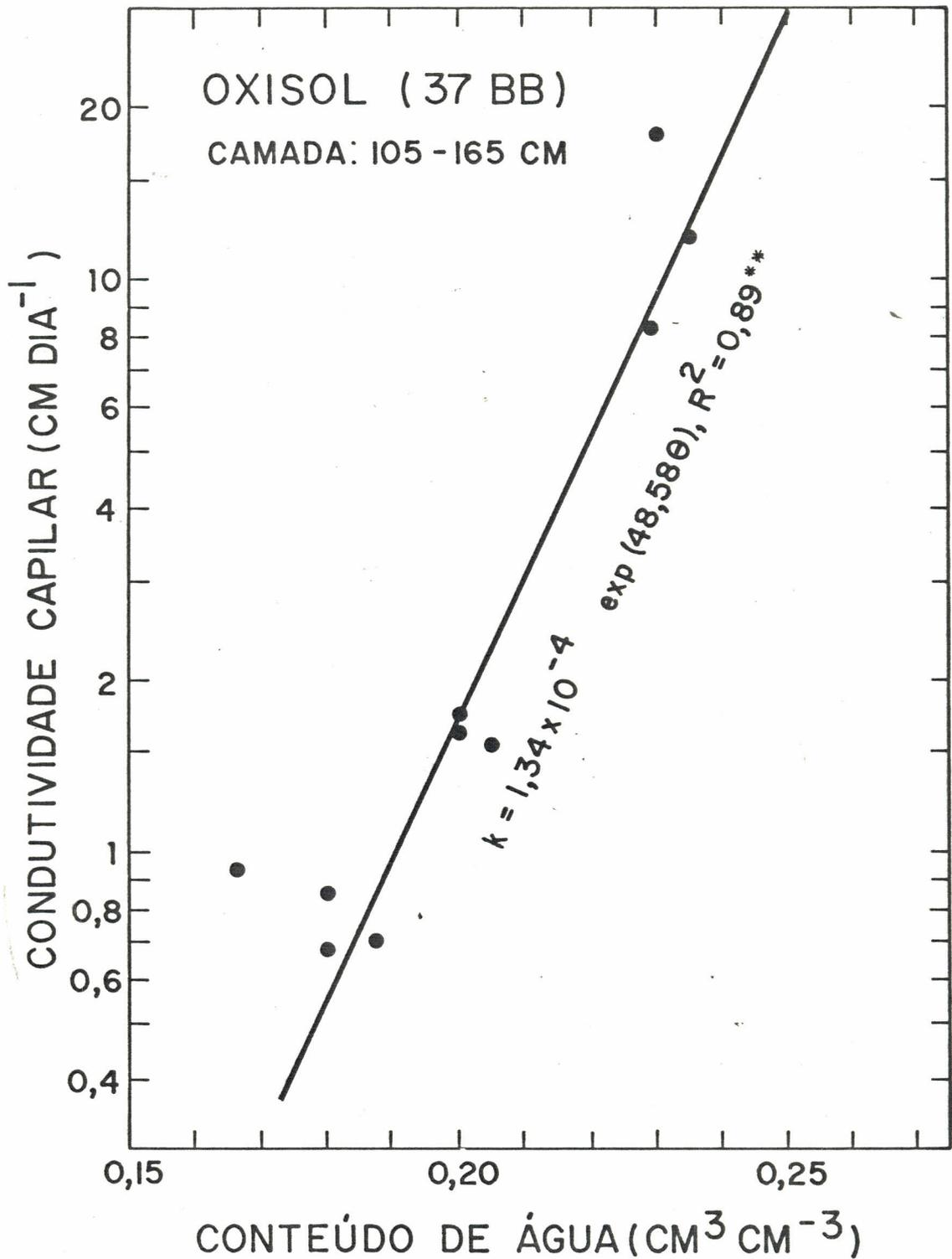


FIG. 1. Condutividade capilar em função do conteúdo de água da camada 105 - 165 cm de profundidade do oxisol.

LITERATURA CITADA

1. ARAGÃO, O.P. de ARAUJO, J.P. de. Relações entre a evapotranspiração potencial da alfafa (Medicago sativa) e grama (Spenotaplorum secundatum) com tanque classe A sob diferentes exposições. Anais do III Seminário de Irrigação e Drenagem. 1:92-95. 1975.
2. BLACK, T.A., GARDNER, W.R. & TANNER, C.B. Water storage and drainage under a row crop on a sandy soil. Agronomy Journal 62 (1):48-51. 1970.
3. CHOUDHURY, E.N. & MILLAR, A.A. Características físico-hídricas de três latossolos irrigados do Projeto Bebedouro. In: EMBRAPA-CPATSA, Petrolina, PE. Pesquisa em irrigação no Trópico Semi-Árido: solo, água, planta. Petrolina, PE., EMBRAPA-CPATSA, 1981. p.1-14 (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 4).
4. _____, CHOUDHURY, M.M. & ABREU, T.A. dos SANTOS. Efeito de diferentes níveis de irrigação na produção do tomate industrial. Pesq. Agropec. Bras. 15(4):475-480, 1980.
5. | _____. Movimento de água em dois oxisol irrigados. Rev. Bras. Ci. Solo. (apresentado para publicação). 1978.
6. CRUCIANI, D.E. Balanço hídrico em solo cultivado em cana-de-açúcar. Utilização do método da moderação de neutrons. Piracicaba, São Paulo, Boletim Científico 006, CENA. 35 p. 1972.
7. DE BOODT, M., HARTMANN, R. & MEESTER, P. Determination of soil-moisture characteristics for irrigation purpose by neutron - moisture meter and air - purged tensiometers. Isotop and radiation Techniques in Soil Physics and Irrigation Studies. Proceedings of a Symposium, Istanbul, 12-16 June 1967, jointly organized by the IAEA and FAO. pp. 147-160. 1967.

8. DOORENBOS, J. & PRUITT, W. Crop water requirements. Rome, FAO. Irrigation and drainage paper 24, 1975. 179 p.
9. FAO/PNUD. Estudios de Irrigación e Ingeniería. Estudios de la cuenca del Rio São Francisco. Roma, FAO/PNUD, 1971, 301 p.
10. _____. Survey of the São Francisco River Basin. V. II. 1965. 71 p.
11. GARRIDO, MIGUEL A. TOLEDO & FERREIRA, F.A. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento de 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.
12. HARGREAVES, G.H. Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil. Logan, Utah State University, 1974. 6 p.
13. _____. Irrigation requirements and precipitation deficits for Brasil. Logan, Utah State University, 1975. 50 p.
14. HILLEL, D., KRENTOS, V.D. & STILIANOU, Y. Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic conductivity "in situ". Soil Science 114:395-400, 1972.
15. LARUE, M.E., NIELSEN, D.R. & HAGAN, R.M. Soil water flux below a ryegrass root zone. Agron. J. 60:625-629. 1968.
16. LEGARDA, L. & FORSYTHE, E. Estudio comparativo entre la evaporación calculada por várias fórmulas empíricas y la evaporación de tanques, medida em tres lugares tropicales. Turrialba 22(3):282-292. 1972.
17. MILLAR, A.A., GARDNER, W.R. & WEISS, G. Water regimes of a sandy soil under row crops. Madison, University of Wisconsin. 11 p. 1970 (Unpublished, chapter I, PhD. Thesis. A.A. Millar).

18. _____, ROJAS, M. & DUARTE, N. Consideraciones micrometeorológicas de la pérdida de água por algunos cultivos. Turrialba: (em fase de publicação). 1978.
19. PELTON, W.L. The use of lysimetric methods to measure evapotranspiration. Proceeding Hydrologic Symposium 2:106-112. 1961.
20. 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, São Paulo, Boletim Científico 014, CENA. 14 p. 1974.
21. REICHARDT, K. Determinação da condutividade hidráulica em condições de campo para estimativa da drenagem profunda em balanços hídricos. Piracicaba, São Paulo, Boletim Didático 015, CENA. 12 p. 1974.
22. _____, 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, São Paulo, Boletim Científico 022, CENA. 19 p. 1974.
23. ROSE, C.W., STERN, W.R. & DRUMOND, J.E. Determination of hydraulic conductivity as a function of depth and water content for soil "in situ". Aust. J. Soil. Res. 3:1-9. 1965.
24. _____, & STERN, W.R. 1967. 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.
25. SHALHEVET, J., MANTELL, A. BILORAI, H. & SHIMSSHI, D. Irrigation of field and orchard crops under semi-arid conditions. Bet Dagan, International Irrigation Information Center, 110 p. 1976 (IIIC Publication nº 1).

26. SILVA, J. FURTADO da, & MENDES, W.C.R. Estudo da evapotranspiração na cultura do algodoeiro herbáceo. Anais do III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem. 1:96-101. 1976.

27. _____, MENDES, W.C.R. & GOES, E.S. de. Estudo da evapotranspiração em bananeira, cultivar nanicao (Musa cavandishi Lambert). Anais do III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem 1:102-108, 1975.

28. TANNER, C.B. Energy balance approach to evapotranspiration from crops. Soil Sci. Amer. Proc. 24:1-9. 1960.

29. _____. Evapotranspiration of water from plants and soil. pp. 73-106. In: T.T. Kozlowski (ed), Water deficits and plant growth, volume I: Development control, and measurement, New York, Academic Press. 1968.

30. TOSELLO, R.N., REIS, A.J. & BARRETO, G.B. Balanço de água no solo em cultura de cana-de-açúcar. Resultados da Estação Experimental de Ribeirão Preto. Bragancia 25:237-348. 1966.

31. VAN BAVEL, C.H.M., BRUST, K.J., & STIRK, G.B. Hydraulic properties of a clay loam soil and the field measurement of water uptake roots. II. The balance of the root zone. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32:317-321. 1968.

32. VIEIRA, D.B. Necessidades hídricas de cultura de beringela (Solanum melongena, L.). Anais do III Seminário de Irrigação e Drenagem 1:129-132. 1975.