

**PESQUISA EM IRRIGAÇÃO
NO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO:
SOLO, ÁGUA, PLANTA**



EMBRAPA

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

Boletim de Pesquisa
Nº 4

janeiro, 1981

**PESQUISA EM IRRIGAÇÃO
NO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO:
SOLO, ÁGUA, PLANTA**

**EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido**

ISSN 0100-8951

Comitê de Publicações
Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido (CPATSA)
Rua Presidente Dutra, 160
Fone: (081) 961-0122*
Telex: (081) 1878
Caixa Postal, 23
56.300 Petrolina, PE

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro
de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido,
Petrolina, PE.

Pesquisa em irrigação no Trópico Semi-Árido: so-
lo, água, planta. Petrolina, PE., 1981

85 p. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 4).

1. Irrigação-Pesquisa-Regiões áridas. 2. Solos-
Relação (Água-Planta). I. Empresa Brasileira de Pes-
quisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. II. Título.
III. Série.

CDD: 631.7



EMBRAPA

APRESENTAÇÃO

O Nordeste do Brasil, apesar da situação de semi-aridez que abrange sua maior área espacial, tem nas regiões adjacentes às grandes reservas hídricas, como no Vale do São Francisco, polos de desenvolvimento na área de irrigação que necessitam de um forte suporte em tecnologia agrônômica de irrigação. A prática da irrigação, todavia, exige um alto padrão tecnológico face ao grau de intensidade com que se deve conduzir as explorações agrícolas.

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), considerando essa realidade regional, concentra parte do seu esforço de pesquisa em investigações voltadas para as áreas irrigadas e potencialmente irrigáveis.

Alguns estudos, entre os desenvolvidos pelo CPATSA nesta área, já oferecem resultados satisfatórios que podem ser utilizados de imediato pela comunidade técnico-científica.

Os trabalhos aqui reunidos se restringem à pesquisa agrônômica de irrigação onde a relação Solo, Água, Planta e suas interações estão contempladas nos estudos de caracterização físico-hídrica de solos; evapotranspiração; metodologia para determinação das necessidades de água das culturas irrigadas; efeito da lâmina de irrigação e da adubação nitrogenada na produção de grãos; efeito do regime de irrigação e da adubação nitrogenada na produção de grãos; e, da influência do teor de umidade no solo e da adubação nitrogenada no rendimento de grãos.

"PESQUISA EM IRRIGAÇÃO NO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO: SOLO, ÁGUA, PLANTA" encerra uma preocupação não só de condensar dados esparsos já existentes mas, principalmente, de oferecer uma complementação quantitativa e qualitativa dessas informações há muito demandadas.

RENIVAL ALVES DE SOUZA
Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido.

SUMÁRIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS DE TRÊS LATOSSOLOS IRRIGADOS DO PROJETO BEBE DOURO	1
Eliare Nogueira Choudhury e Agustín A. Millar.	
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO FEIJÃO-DE-CORDA ..	15
Moacir Alves da Silva e Agustín A. Millar.	
METODOLOGIA PARA DETERMINAR AS NECESSIDADES DE ÁGUA DAS CULTURAS IRRIGADAS	25
Moacir Alves da Silva, Eliane Nogueira Choudhury, Luiz Alberto Gurovich e Agustín Antônio Millar.	
EFEITO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE MILHO	45
Moacir Alves da Silva, Agustín Antônio Millar, Carlos Alberto V. Oliveira, Carlos Eugênio Martins, Rita Everta Bandeira e Tarcisio Nascimento.	
EFEITO DO REGIME DE IRRIGAÇÃO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE MILHETO	58
Moacir Alves da Silva, Agustín Antônio Millar, Mauricio Bernardes Coelho, Carlos Alberto V. Oliveira, Rita Everta Bandeira e Tarcisio Nascimento.	
INFLUÊNCIA DO TEOR DE UMIDADE NO SOLO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO RENDIMENTO DE GRÃOS DO FEIJÃO	70
Moacir Alves da Silva e Agustín A. Millar.	

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS
DE TRÊS LATOSSOLOS IRRIGADOS
DO PROJETO BEBEDOURO¹

Eliane Nogueira Choudhury²

Agustín A. Millar³

INTRODUÇÃO

Vêm se coletando informações físico-hídricas das principais unidades de solo existentes no Projeto Bebedouro, desde a época de sua implantação. Contudo, os dados encontram-se disseminados numa série de relatórios e publicações de diversas instituições.

Diante dessa situação e da importância que os parâmetros físico-hídricos dos solos representam para a operação e manejo da irrigação no projeto, neste trabalho, os autores obtiveram estes parâmetros básicos, complementando as informações existentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Solos

Foram estudados três perfis representativos dos latossolos que ocorrem na região do sub-médio São Francisco, localizados no Campo Experimental de Bebedouro, do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA, em Petrolina-PE. Segundo Pereira & Souza (1968), estes solos tiveram origem de materiais transportados, que se depositaram sobre um manto ferralítico que repousa sobre um embasamento metamórfico, predominando o xisto, com intrusões de veio de quartzo e gnaisses. Este manto é caracterizado por uma grande variação na espessura, textura do material constituinte e profundidade de ocorrência do manto ferralítico. Pereira & Souza (1968),

¹ Contribuição do Convênio EMBRAPA/CODEVASF

² Eng.^a Agr.^a, M.Sc., Pesquisadora do CPATSA

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

estabeleceram o mapeamento das unidades de solos e, considerando basicamente as características da textura, tipo de transição e presença de mosqueado, promoveram o mapeamento dos solos a nível de série. Das séries mapeadas realizou-se a caracterização físico-hídrica, para fins de irrigação das unidades 37 AA, 37 AB e 37 BB, por apresentarem maior extensão na região.

Outras informações sobre parâmetros de irrigação destes solos, provenientes de outros trabalhos, são também incluídos neste Boletim.

Coleta de amostras

Foram coletadas uma amostra com estrutura alterada, usando-se normas do USDA (1951), e amostras sem alteração de estrutura, empregando-se o extrator de solos de Uhland (1949). Os dados estão expressos em valor médio, obtidos de três determinações.

Análises físico-hídricas

Densidade aparente. Determinada em função do peso do solo seco a 105°C, contido no cilindro de Uhland (1949).

Densidade real. Empregou-se o método do álcool etílico (Black et al. 1965).

Análise granulométrica. A dispersão total foi realizada pelo método da pipeta (Black et al. 1965), usando-se o hidróxido de sódio como dispersante. A separação das frações areia, silte e argila foi efetuada de acordo com a metodologia do USDA (1951).

Classificação textural. Foi baseada no "triângulo da classificação" americano, segundo USDA (1951). A denominação das classes texturais foi efetuada de acordo com Lemon et al. (1963).

Capacidade de campo. Delimitou-se uma parcela de 5m x 5m e instalaram-se três tubos de ferro galvanizado com diâmetro de 1 3/4" para determinação da umidade com a sonda de nêutrons modelo Troxler 1257 SN, 445 (Stewart & Taylor 1957 e Barrada 1965). Aplicou-se água à parcela até a completa saturação do perfil. Cessada a infiltração, cobriu-se o solo com plástico para impedir a evaporação na superfície. Durante a redistribuição da água no perfil,

determinou-se o conteúdo de água nas diferentes camadas do perfil do solo em função do tempo. Com os dados obtidos, determinou-se a capacidade de campo para cada camada de solo.

Umidade a 15 atmosferas. Foi determinada segundo o método sugerido por Richards (1965), empregando-se o equipamento de prato e panela de pressão.

Água disponível. Foi calculada em lâmina de água por camada, até 122 cm de profundidade do perfil, a fim de se efetuar a classificação do solo, para fins de irrigação, usando critérios adotados pelo USDA (1951).

RESULTADOS, DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Nas Tabelas 1, 2 e 3 apresentam-se as características físico-hídricas das três unidades de solo mais representativas dos latossolos do Projeto de Irrigação de Bebedouro.

TABELA 1. Características físico-hídricas do latossolo da unidade 37 AA.

Características	Profundidade (cm)			
	0-30	30-60	60-90	90-122
Granulometria				
Areia grossa (%)	4	5	3	3
Areia fina (%)	87	81	79	76
Silte (%)	4	5	6	8
Argila (%)	5	9	12	13
Classificação da Textura (USDA)	Areia	Areia Franca	Franco arenoso	Franco arenoso
Densidade aparente (g/cm ³)	1,62	1,68	1,64	1,62
Densidade real (g/cm ³)	2,72	2,74	2,74	2,82
Porosidade total (%)	40,4	38,7	40,1	42,6
Capacidade de campo (%)	8,94	9,00	9,20	9,00
Retenção de água a 15 atm. (%)	1,84	2,52	3,07	3,22
Água disponível (cm)	3,45	3,27	3,00	3,01

TABELA 2. Características físico-hídricas do latossolo da unidade 37 AB^a.

Características	Profundidade			
	0-30	30-60	60-90	90-122
Granulometria				
Areia (%)	85	76	71	71
Silte (%)	7	8	7	7
Argila (%)	8	16	22	22
Classificação textura (USDA)	Areia franca	Franco arenoso	Franco argilo-arenoso	Franco argilo-arenoso
Densidade aparente (g/cm ³)	1,65	1,61	1,62	1,62
Densidade real (g/cm ³)	-	-	-	-
Capacidade de campo (%)	10,68	11,62	13,80	13,80
Retenção de água a 15 atm. (%)	3,10	5,25	5,40	5,40
Água disponível (cm)	3,75	3,09	4,08	4,08

^a Dados obtidos por Azevedo (1975).

TABELA 3. Características físico-hídricas da unidade 37 BB.

Características	Porosidade (cm)			
	0-30	30-60	60-90	90-122
Granulometria				
Areia grossa (%)	3	3	4	2
Areia fina (%)	80	64	57	66
Silte (%)	7	11	15	7
Argila (%)	10	22	24	25
Classificação textura (USDA)	Areia franco arenoso	Franco argilo-arenoso	Franco argilo-arenoso	Franco argilo-arenoso
Densidade aparente (g/cm ³)	1,61	1,68	1,62	1,62
Densidade real (g/cm ³)	2,76	2,76	2,80	2,80
Porosidade total (%)	41,7	39,1	42,1	42,1
Capacidade de campo (%)	11,65	11,93	11,33	11,35
Retenção de água a 15 atm. (%)	3,07	5,27	5,87	6,19
Água disponível (cm)	4,14	3,35	2,66	2,68

Os solos são principalmente arenosos, com texturas variando de areia a franco arenoso (Unidade 37 AA) e areia franca e franco-agilo-arenosa (Unidade 37 AB e 37 BB).

Do ponto de vista da retenção de água, considerando-se a camada de 0-60 cm, verificou-se que a água disponível é de 6,72 cm (1,12 mm/cm), 6,84 cm (1,14 mm/cm), e 7,49 cm (1,25 mm/cm) para as Unidades 37 AA, 37 AB e 37 BB, respectivamente. Segundo o USDA (1951), esses solos são classificados como de disponibilidade "média" de água para fins de irrigação.

Nas Figuras 1, 2 e 3 observam-se curvas de retenção de água em diferentes camadas de perfis típicos de solos das Unidades 37 AA, 37 AB e 37 BB, respectivamente. A informação é apresentada como conteúdo volumétrico da água em função do potencial matricial de água do solo.

As curvas de retenção de água são muito importantes para o manejo da irrigação das culturas. Contudo, quando apresentados como nas Figuras 1, 2 e 3, são de difícil utilização para assistência técnica, face às transformações e cálculos que se tornam necessários. Millar et al. (1978) sugerem apresentar a curva de retenção de água do solo relacionando-se a lâmina líquida com o nível de restituição da irrigação e da profundidade do solo. Esta informação para as Unidades 37 AA, 37 AB e 37 BB são apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6, respectivamente. O uso da informação e das figuras é esquematizado através de um exemplo no final deste trabalho.

Na Figura 7, apresentam-se as curvas de infiltração acumulada para as Unidades 37 AB e 37 BB. Este gráfico permite definir diretamente o tempo necessário para infiltrar uma lâmina de irrigação determinada.

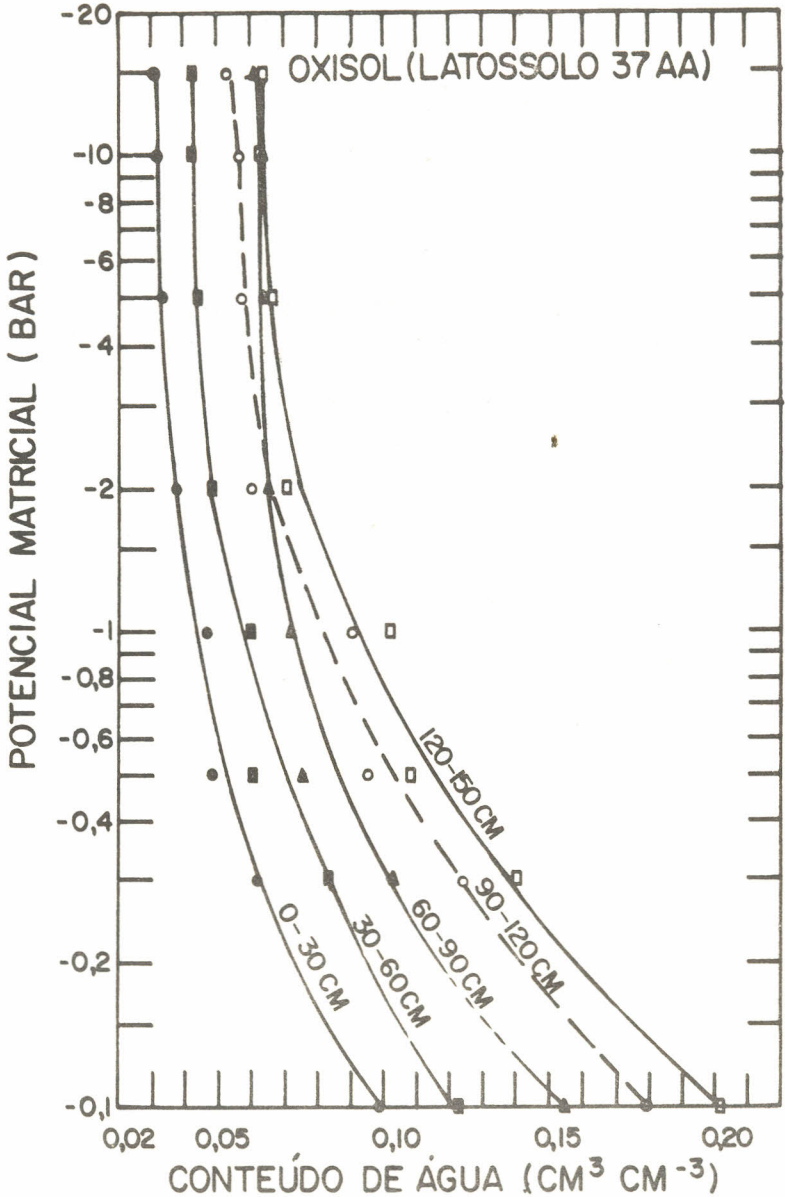


FIG. 1 Curva de retenção de água do solo da Unidade 37 AA.

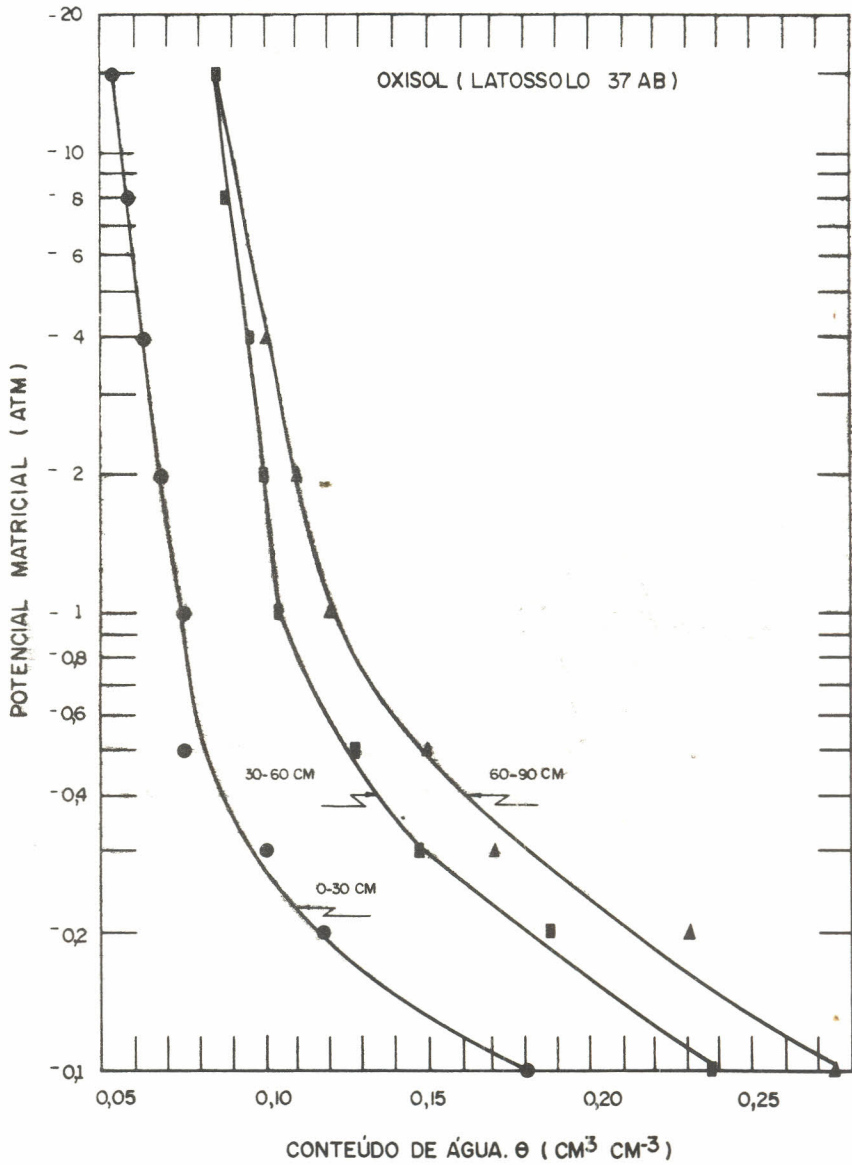


Fig 2 Curva de retenção de água do solo da Unidade 37 AB

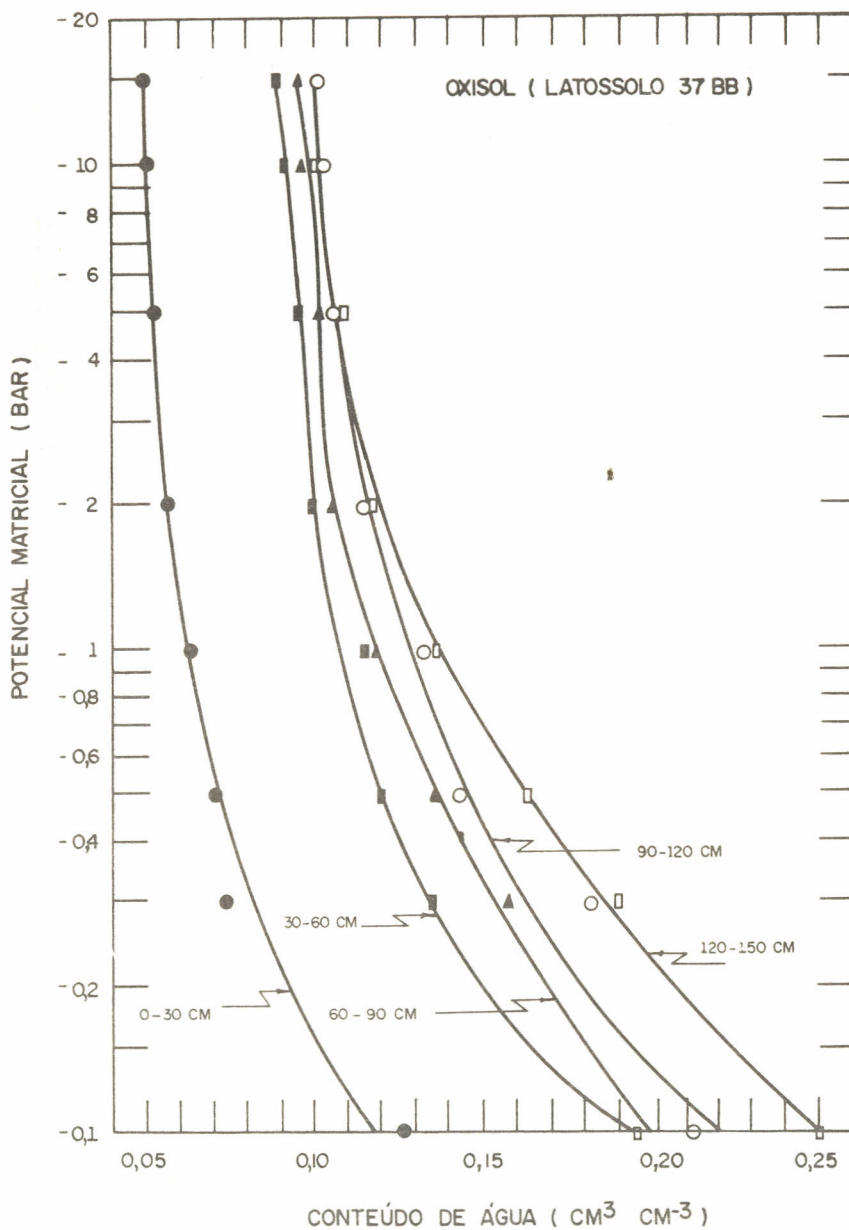


Fig 3 Curva de retenção de água do solo da Unidade 37 BB

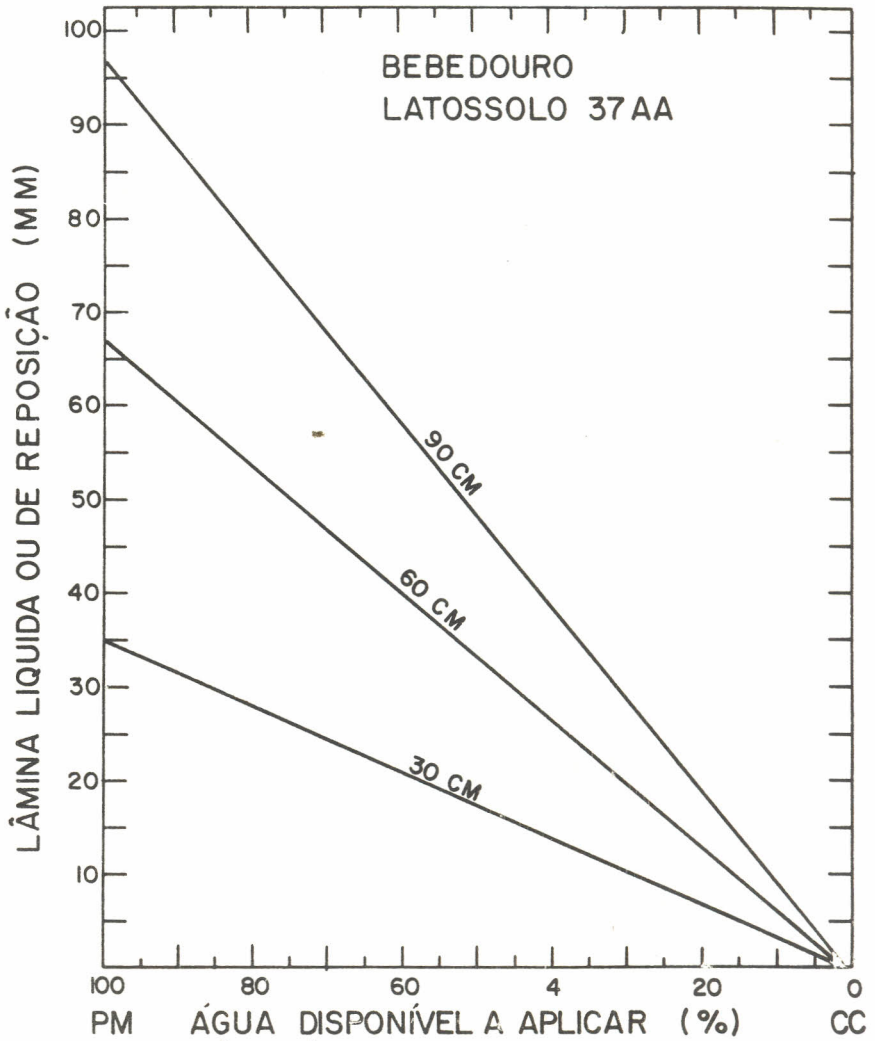


FIG. 4. Lâmina líquida versus água disponível a aplicar no Latossolo Unidade 37 AA

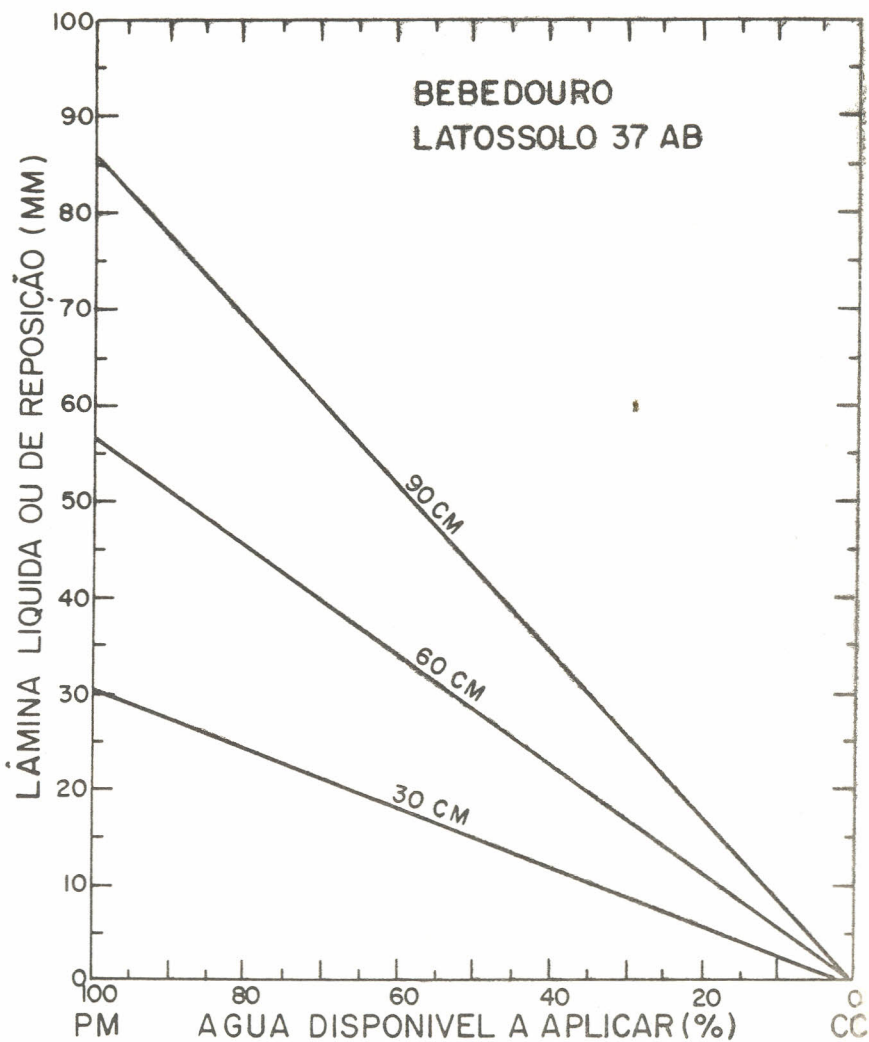


FIG. 5. Lâmina líquida versus água disponível a aplicar no Latossolo Unidade 37 AB

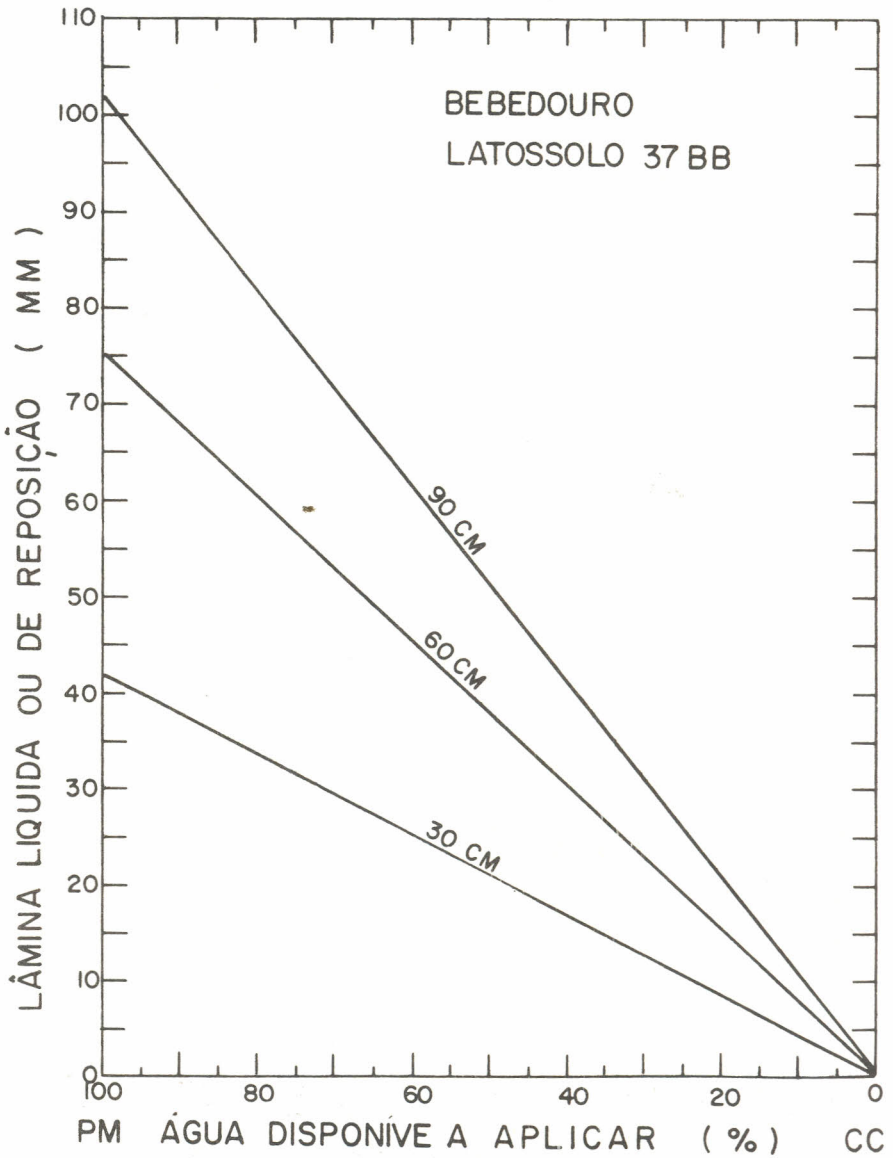


FIG. 6. Lâmina líquida versus água disponível a aplicar no Latossolo Unidade 37 BB.

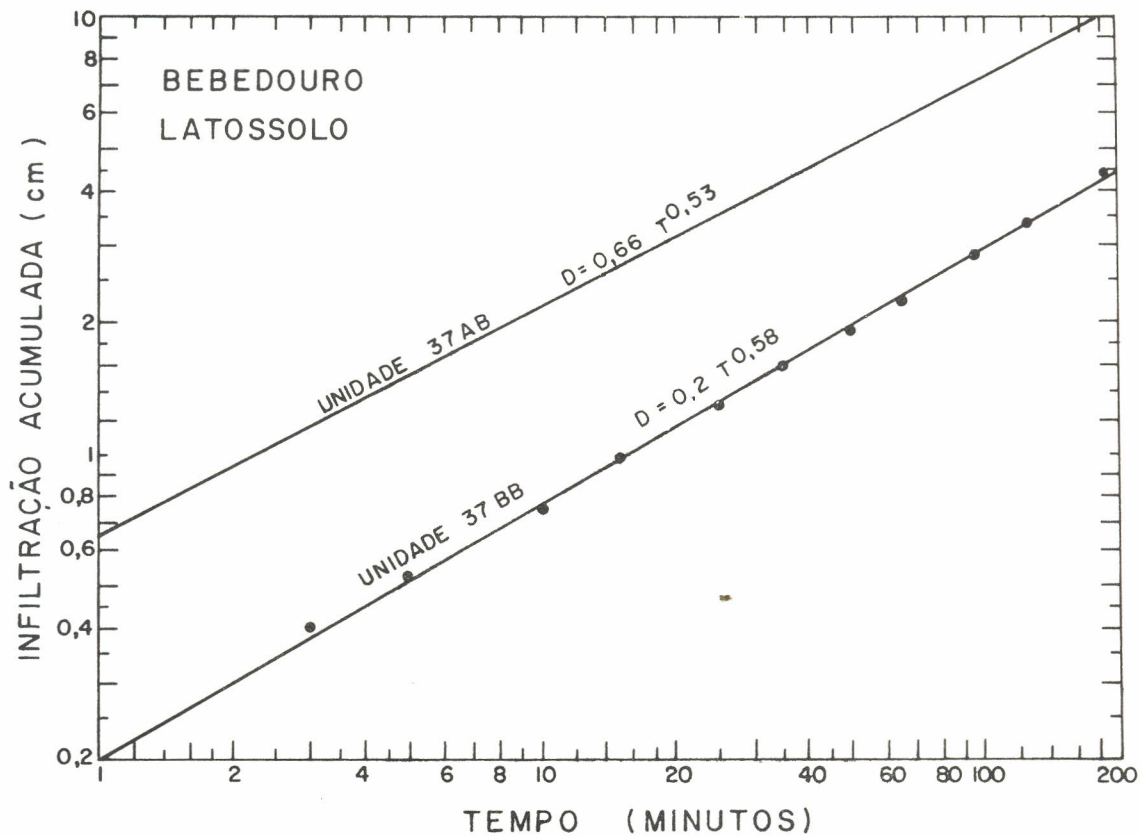


FIG. 7. Infiltração acumulada versus tempo para o latossolo Unidades 37 AB e BB.

EXEMPLO

- a) Definir a lâmina líquida de irrigação para uma profundidade de 60 cm do solo da Unidade 37 AB usando um nível de restituição de 55% da água disponível. Qual o volume por hectare ?
- b) Qual é o tempo necessário para infiltrar a lâmina líquida ?

RESPOSTA

- a) Na Figura 5, e usando a reta da profundidade de 60 cm, para 55% de restituição da água disponível obtém-se uma lâmina de 32,5 mm a qual é igual a 325 m³/ha.
- b) Com o valor da lâmina líquida (3,25 cm), na Figura 7 obtém-se o tempo de infiltração igual a 20 minutos.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, H.M. de. **Características da infiltração em sulcos abertos e fechados**. Campina Grande, PB, UFPB-CCT, 1975. 56p. (Tese Mestrado).
- BARRADA, Y. Application of the neutron moisture meter. In: SIMPOSIUM ON THE USE OF ISOTOPES AND RADIATION TECHNIQUES IN SOIL PLANT NUTRITION STUDIES. Ankara, **Proceedings**. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1965.
- BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E. **Methods of soil analysis**. Part I. Physical and Mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. 770p. ilustr. (ASA. Agronomy, 9).
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Soil survey Manual**. Washington, D.C., 1951. 503p. ilustr. (USDA. Agriculture Handbook, 18).

- LEMONS, R.C.; SANTOS, R.D. dos; ARAUJO, J.E.G. & PAVAGEAU, M. **Manual de métodos de trabalhos de campo**. Campinas, SP, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1976. 36p. ilustr.
- MILLAR, A.A.; AZEVEDO, H.M. de. & POSSIDIO, E.L. de. Metodologia para adequação de parâmetros do método de irrigação por sulcos para uso pela assistência técnica. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 13 (2):75-82, 1978.
- PEREIRA, J.M. de A. & SOUZA, R.A. de. **Mapeamento detalhado da área do Bebedouro - Petrolina-PE**. Recife, PE., SUDENE-DRN, 1967, 57p.
- RICHARDS, L.A. Physical condition of water in soil. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E. **Methods of soil analysis**. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. cap. 8, v.1. p.128-52. ilustr. (ASA. Agronomy, 9).
- STEWART, G.L. & TAYLOR, S.A. Field experience with the neutron-scattering method of measuring soil moisture. **Soil Science**, 83(2):151-8, 1957.
- UHLANDI, R.E. Physical properties of soils as modified by crops and management. **Soil Science Society of America Proceedings**, 14:361-6, 1949.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO FEIJÃO-DE-CORDA¹

Moacir Alves da Silva²

Agustín A. Millar³

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração (ET) de um cultivo, varia de acordo com o estágio de crescimento da cultura e as condições de solo e clima. Desse modo, para um caso específico, há necessidade de conhecer-se a ET das culturas, tanto para o planejamento adequado de obras de irrigação, como para a operação adequada de grandes projetos, objetivando aumentar a eficiência de aplicação de água a nível de parcela. Hargreaves (1975) afirma que no planejamento tanto da agricultura de sequeiro como da agricultura irrigada, é necessário o conhecimento da água que a cultura requer para a máxima produção.

Na atualidade, existem vários métodos apropriados para a determinação da evapotranspiração das culturas, tais como: balanço de energia (Tanner 1968 e 1975), balanço completo de água (Black et al. 1970), Van Bavel et al. (1968); com menos precisão, lança-se mão de formulações empíricas (Legarda et al. 1972 e Tanner 1978). De todos os métodos, o mais empregado é o balanço completo de água, (Black et al. 1970 e Van Bavel et al. 1968).

O feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L) Walp) é cultivado no Nordeste, preferencialmente em condições de regime de chuvas. Apesar da relevante importância desta cultura, pouco tem sido feito para gerar informações que

¹ Contribuição do Convênio EMBRAPA/CODEVASF

² Eng^o Agr^o, M.S., Especialista em Irrigação do CPATSA-EMBRAPA.

³ Eng^o Agr^o, Ph.D., Especialista em Tecnologia de Irrigação do IICA, Convênio IICA/CODEVASF, Departamento Técnico CODEVASF, Brasília-DF.

possibilitem um melhor aproveitamento da distribuição e intensidade das precipitações que ocorrem na região delimitada pelo "Polígono das Secas". Para se obter o máximo aproveitamento da quantidade de água armazenada no perfil de solo, em condições de agricultura de seca, além do conhecimento da função de produção para irrigação (Silva et al. 1978), a definição das necessidades de água por estágio de crescimento da cultura é de vital importância para a seleção do solo e período de plantio (Millar 1977).

O propósito deste trabalho foi definir as características de evapotranspiração do feijão-de-corda sob regime de irrigação e diferentes doses de nitrogênio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados foram coletados em um experimento de irrigação por "aspersão em linha" ("line source sprinkler irrigation") conduzido para estudar o efeito de lâmina de irrigação e da adubação nitrogenada, sobre a produção de grãos de feijão-de-corda (Silva et al. 1978).

A evapotranspiração foi determinada através de um balanço completo de água, sob um regime de 466 mm de água aplicada durante o ciclo da cultura e em condições nitrogenada de 80 e 120 kg/ha de nitrogênio. Com esse objetivo, realizou-se um controle completo das irrigações e das mudanças do conteúdo de água no perfil do solo.

Foi utilizada a equação de balanço hidrológico que, no caso de superfície plana, pode ser escrita como:

$$P + I = ET + \Delta\theta + D \quad \{1\}$$

onde P e I são precipitação e irrigação (mm) respectivamente, que foram medidas com pluviômetros, ET é a evapotranspiração (mm), $\Delta\theta$ é a variação do conteúdo de água no perfil do solo, determinada com a sonda de nêutrons TROXLER 1257 e D é a drenagem abaixo da zona do sistema radicular. O componente de drenagem foi determinado por meio da equação de Darcy, usando a relação entre a condutividade capilar, conteúdo de água no perfil do solo e o gradiente hidráulico obtido com tensiômetros instalados as profundidades de 60 e 90 centímetros.

A equação para determinação do fluxo em uma direção para movimento de água no solo com vegetação, é dada pela relação (Black et al. 1970, Rose et al. 1967 e Van Bavel et al. 1970):

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

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, Z é o potencial gravitacional (profundidade) negativo, medido a partir da superfície. O termo (Q) é a taxa de água removida do solo devido a evapotranspiração.

A variação da água armazenada no perfil do solo, é obtida por integração da equação 2, na profundidade do sistema radicular, para t constante, segundo Rose et al. (1976) nestas condições tem-se:

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

onde W é a água armazenada na zona radicular de profundidade (L), dET/dt é a taxa de evapotranspiração e $(K \partial H/\partial Z)$ é o produto da condutividade capilar pelo gradiente de carga hidráulica ($Z = L$), sendo a taxa de fluxo (drenagem ou contribuição do lençol freático) através do limite da zona radicular.

O controle completo dos componentes da equação hidrológica foi realizado durante um período de 49 dias, a partir do 33º dias após o plantio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração (ET) da cultura foi obtida usando a equação 1. O componente D, obtido mediante o uso da equação de Darcy na camada de 60 a 90 cm do perfil do solo, resultou ser insignificante com respeito aos outros componentes da equação 1, com valores menores à 0,2 mm/dia. Isto devido, em grande parte, ao fato de que o controle da irrigação e restituição das lâminas de irrigação foram realizados na camada superficial de 30 cm, atingindo-se uma alta eficiência de irrigação, com mínima percolação na camada de 60 e 90 cm de profundidade.

Na Tabela 1, são apresentados os dados de evapotranspiração acumulada, evaporação acumulada no tanque Classe A, evapotranspiração média, evaporação média do tanque e coeficiente de cultivo, para períodos de dez dias durante o ciclo. Os dados de ET correspondem com 80 e 120 kg/ha de nitrogênio, com uma lâmina total de 466 mm de água aplicada durante o ciclo. Da data do plantio até o 33º dia, em virtude das irrigações terem sido aplicadas de forma uniforme em toda a área (a fim de facilitar a emergência e desenvolvimento inicial das plantas), o uso consumptivo durante esse período, foi calculado utilizando-se o coeficiente de cultivo (Kc) estabelecido por Hargreaves (1976).

Durante o ciclo da cultura a evapotranspiração (ET) acumulada foi 301,49 mm (média geral de 3,68 mm/dia) e de 293,29 mm (3,58 mm/dia), nas condições de adubação de 80 e 120 kg/ha de nitrogênio, respectivamente e irrigação de 466,0 mm de água aplicada durante o ciclo. A evaporação acumulada do tanque Classe A, para o mesmo período foi de 724,59 mm (Fig. 2), correspondendo a uma evaporação média diária de 8,84 mm/dia. Esses dados de ET média são semelhantes aos obtidos para feijão (*Phaseolus vulgaris*): 3,55 mm/dia em Petrolina, Magalhães & Millar (comunicação pessoal); 3,44 mm/dia, em Piracicaba, Reichardt et al. (1974); 3,34 mm/dia, no sul de Minas Gerais, Garrido & Teixeira (1977). Black et al. (1977), trabalhando com lisímetros, determinaram uma ET média de 3,40 mm/dia, em condições de evaporação potencial de 7,7 mm/dia. Doorenbos & Pruitt (1975) apresentaram dados de ET acumulada para todo o ciclo do feijão, na faixa de 250 a 400 mm, correspondendo a 20-25% da ET grama. Os dados de ET acumulada apresentados na Tabela 1 estão dentro da faixa definida por Doorenbos & Pruitt (1975).

Normalmente, no manejo da irrigação a nível parcelar, as necessidades de água das culturas são definidas por meio de dados de evaporação do tanque Classe A e do coeficiente de cultivo (Kc), sendo o fator Kc a razão entre a ET da cultura e a evaporação do tanque Classe A (Et).

Na Figura 2 apresentam-se o coeficiente de cultivo (Kc), como definido anteriormente, em função do ciclo

TABELA 1. Evapotranspiração (ET) acumulada e evaporação (Et) do tanque Classe A em função do tempo.

Tempo (dias)	ET acumulada (mm) (80 kg/ha de N)	ET acumulada (mm) (120 kg/ha de N)	Et acumulada (mm)	ET média por período (mm) (80 kg/ha de N)	ET média por período (mm) (120 kg/ha de N)	Et média por período (mm)	Coeficiente de Cultivo (Kc) por período	
							80 kg/ha	120 kg/ha
1	2,31	2,31	9,31	2,31	2,31	9,31	0,25	0,25
10	25,79	25,79	84,06	2,35	2,35	7,40	0,32	0,32
20	51,79	51,79	164,06	2,70	2,70	8,00	0,34	0,34
30	85,05	85,09	252,00	3,33	3,33	8,79	0,38	0,38
40	120,09	199,09	340,00	3,50	3,40	8,80	0,40	0,39
50	170,09	169,09	430,00	5,00	4,32	9,00	0,56	0,48
60	220,09	219,09	524,00	5,00	4,90	9,40	0,53	0,52
70	266,09	259,09	614,00	4,00	3,90	9,00	0,44	0,43
82	301,49	293,29	724,59	3,54	3,42	9,22	0,38	0,37
Média	3,68	3,58	8,84	3,68	3,58	8,84	0,42	0,40

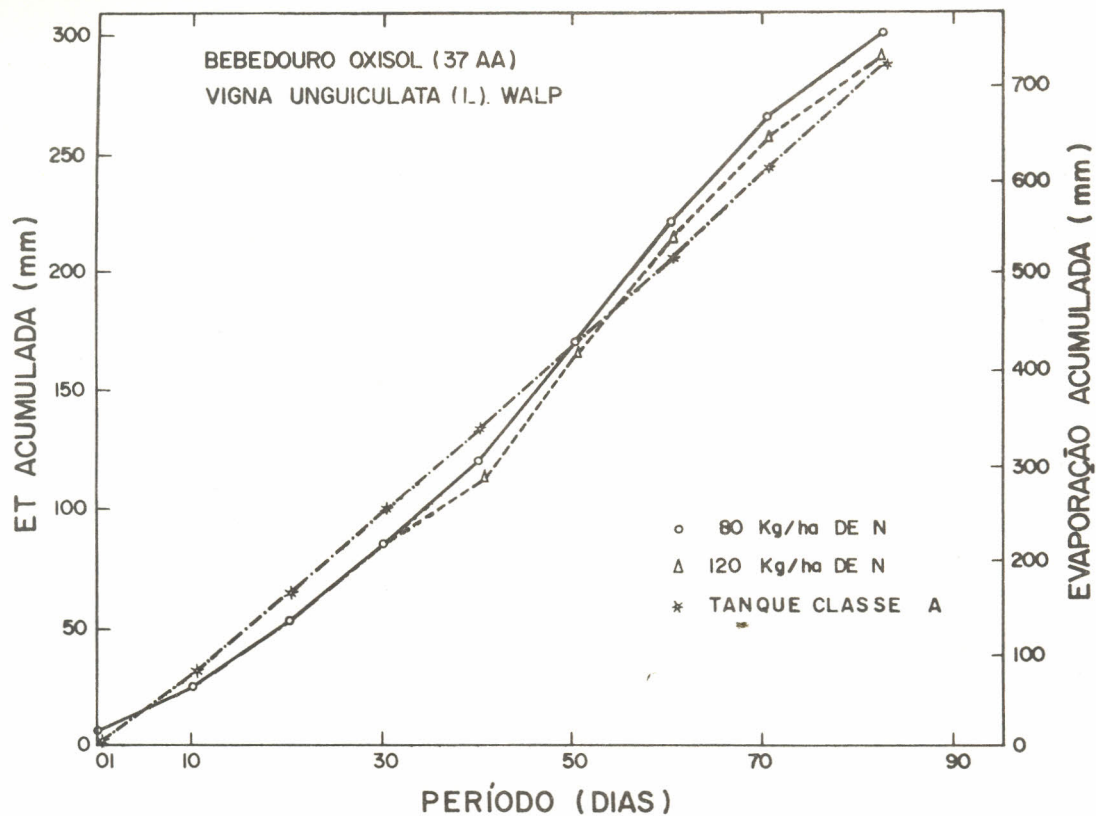


Figura 1. Evapotranspiração acumulada e evaporação do Tanque Classe A.

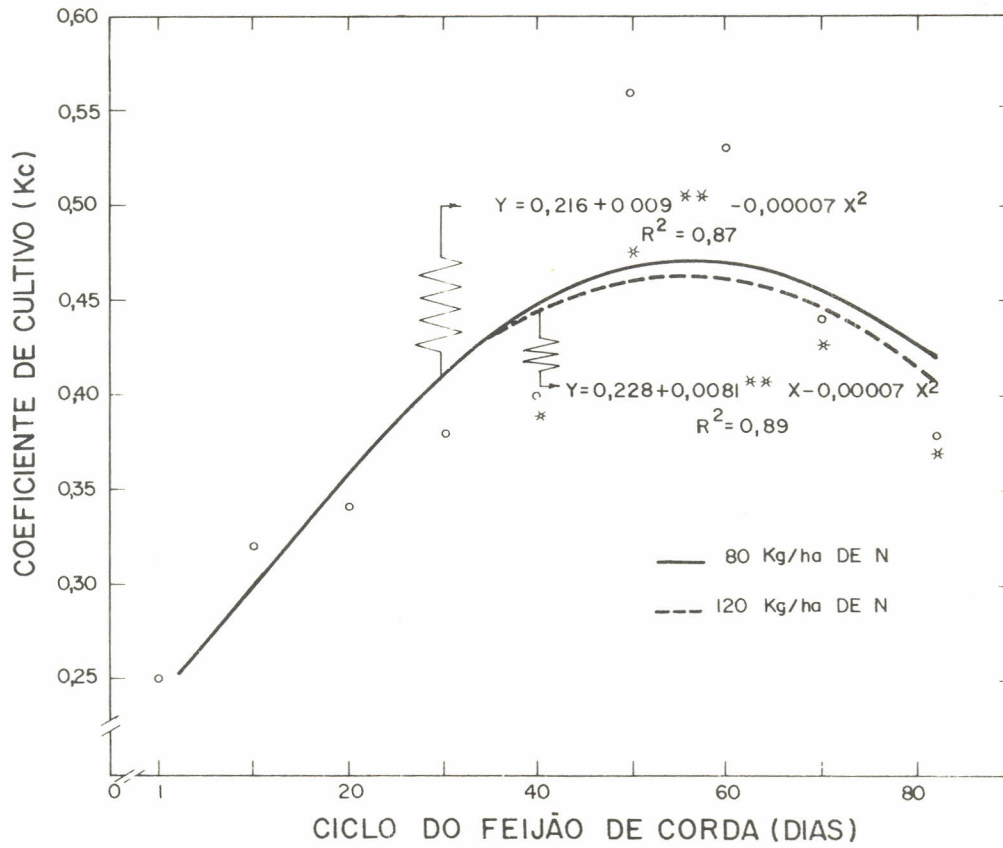


Figura 2. Coeficiente de cultivo em função do ciclo de feijão.

da cultura do feijão-de-corda. Os dados da Figura 1 e da Tabela 1, permitem obter um coeficiente de cultivo médio para o ciclo da cultura, iguais a 0,42 e 0,40, para as condições de adubação de 80 a 120 kg/ha de nitrogênio, respectivamente.

Para feijão, Magalhães & Millar (comunicação pessoal 1979) observaram Kc igual a 0,50 e para dados de Black et al. (1970), obtêm-se Kc igual a 0,44. Entretanto, Doorenbos & Pruitt (1975) e Hargreaves (1976) apresentam dados de Kc iguais a 1,05 e 0,90 respectivamente. Hargreaves (1976) recomenda o uso de Kc igual a 0,90 para estimar as necessidades totais de água durante o ciclo (Kc médio) e para análise econômica. Contudo, analisando os dados de Kc apresentados por Hargreaves (1976), para vários estágios de crescimento da cultura, obtêm-se um Kc médio igual a 0,52 até 80% de cobertura efetiva igual a 0,68 quando se considera o ciclo completo. Desta análise, conclui-se que os dados de Kc apresentados por Doorenbos & Pruitt (1975) e Hargreaves (1976) são altos por terem tomado como referência a evapotranspiração da grama ($Kc = ET_{\text{cultura}}/ET_{\text{grama}}$) cujos valores são inferiores à evaporação dos tanque Classe A. Os dados de Aragão & Araújo (1975) mostram claramente a diferença entre a evapotranspiração da grama e os valores de evaporação do tanque Classe A.

CONCLUSÕES

A evapotranspiração média do feijão-de-corda foi de 3,68 e 3,58 mm/dia. E para uma evaporação média do tanque Classe A (WUSB) de 8,84 mm/dia, o que corresponde a um coeficiente de cultivo, Kc médio de 0,42 e 0,40 respectivamente, para 80 e 120 kg/ha de nitrogênio, com 466 mm de água aplicada durante o ciclo.

Os coeficientes de cultivo (Kc) recomendados por Hargreaves (1976) para feijão não podem ser usados diretamente no manejo de irrigação a nível de parcela, quando se usa o tanque de evaporação para definição das necessidades de água das culturas.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, O.P. de. & ARAUJO, J.P. de. Relações entre a evapotranspiração potencial da alfafa (*Medicago sativa*) e grama (*Sphenotaphrum secundatum*) com tanques classe-A sob diferentes exposições. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., Fortaleza, 1975. **Anais**. Fortaleza, Ce., DNOCS-ABID, 1975. V.3, p. 92-5.
- 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.
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Rome, FAO, 1975. 179p. ilustr. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).
- GARRIDO, T.A.M. & TEIXEIRA, A. H. **Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum na Região Sul de Minas Gerais**. Belo Horizonte, EPAMIG, 1977. (Mimeografado).
- HARGREAVES, G.H. **Climate and irrigation requirements for Brazil**. Logan, Utah State University, 1976. 44p.
- _____. **Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil**. Logan, Utah State University, 1974. 6p.
- LEGARDA, B., L. & FORSYTHE, W. Estudio comparativo entre evaporación calculada por varias fórmulas y la evaporación de tanques, medida en tres lugares tropicales. **Turrialba**, 22(3):282-92, 1972.
- MILLAR, A.A. **Uso de alguns métodos e resultados de pesquisas de irrigação em programas de pesquisas para as áreas de sequeiro**; Projeto PNUD/FAO/BRA/74/008. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, s.d. 23p.
- REICHARTD, K.; 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, SP., Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 1974. 19p. (CENA. Boletim Científico, 022).

- ROSE, C.W. & STERN, W.R. Determination of withdrawal of water from soil by crop roots as a function on depth and time. **Aust. J. Soil Res.**, 5:11-9, 1967.
- SILVA, M.A. da.; MILLAR, A.A.; BERNARDO, S. & CONDÉ, A.R. Efeito da lâmina de água e da adubação nitrogenada sobre a produção de feijão "macassar" utilizando o sistema de irrigação por aspersão em linha. **Item: Irrigação e Tecnologia Moderna**, 0:27, 1978.
- TANNER, C.B. Energy balance approach to evapotranspiration from crops. **Soil Science Society of America Proceedings**, 24(1):1-9, 1960.
- _____. Evaporation of water from plants and soil. In: KOZŁOWSKI, T.T. **Water deficits and plant growth**. New York, Academic Press, 1968. v.1., cap. 4, p.73-106.
- VAN BAVEL, C.H.M.; BRUST, K.J. & SKIRK, G.B. Hydraulic properties of a clay loam soil and the field measurement of water uptake by roots: II. The water balance of the root zone. **Soil Science Society of America Proceedings** 32:317-21, 1968.

**METODOLOGIA PARA DETERMINAR
AS NECESSIDADES DE ÁGUA
DAS CULTURAS IRRIGADAS**

Moacir Alves da Silva¹

Eliane Nogueira Choudhury²

Luiz Alberto Gurovich³

Agustín António Millar⁴

INTRODUÇÃO

O Programa de irrigação no Nordeste compreende 54 projetos, estando 34 localizados na zona Semi-Árida, sob a responsabilidade do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS); os 20 restantes, situados no Vale do São Francisco, sob a responsabilidade da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) (IICA 1979).

Estudos realizados dão como potencial irrigável para a região do Vale do São Francisco cerca de 800.000 ha, levando-se em conta não somente o fator classe de solo, mas, também os recursos hídricos disponíveis. Para o Vale, até dezembro de 1979 sob a ação da CODEVASF, planejou-se uma área de 50.329 ha em implantação e 38.072 em operação; responsabilidade do DNOCS, 43.030 ha em implantação e 50.079 ha em operação (Millar 1978).

¹ Contribuição conjunta do Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropicó Semi-Árido (CPATSA-EMBRAPA), Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) e Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

² Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesquisador em Irrigação do CPATSA-EMBRAPA, Cx. Postal, 23 - 56.300 Petrolina-PE.

³ Eng^o Agr^o, Ph.D., Consultor do Covênio IICA/EMBRAPA/BANCO MUNDIAL.

⁴ Eng^o Agr^o, Ph.D. Especialista em Tecnologia de Irrigação do IICA, e Consultor Técnico do CPATSA-EMBRAPA.

Por problemas hidráulicos e operacionais esses projetos de irrigação deverão ser operados sob um conjunto de normas pré-estabelecidas do ponto de vista agrícola e operacional visando o uso de racionalização dos seguintes aspectos:

- a) Turno de rega para a distribuição de água às parcelas, ao longo do período de desenvolvimento de cada cultura.
- b) Lâmina de água aplicada fixa, ao longo do período de desenvolvimento da cultura.
- c) Métodos de irrigação de alta eficiência, de aplicação e operação fáceis e econômicas.

Estas normas têm por objetivo utilizar racionalmente os recursos de água, através de sistemas de irrigação superficial convencional, visando simplificar a operação de distribuição de água.

A determinação das lâminas de água a aplicar e da frequência de irrigação das culturas é de grande importância para evitar, quanto possível, que os rendimentos diminuam em curto prazo, por efeito de excessos ou de déficits de água e ao longo do tempo, ou seja, de um ano a outro, por efeito de drenagem deficiente, salinização dos solos e problemas mecânicos de compactação por excesso de umidade durante as operações de preparação do solo.

Normalmente, no manejo da irrigação a nível parcelar, as necessidades de água das culturas são definidas em função de dados de evapotranspiração potencial (ETP) e do coeficiente da cultura (Kc), definido de acordo com a equação 1 (Doorenbos & Pruitt 1975):

$$Kc = ETA/ETP \text{ (Equação 1)}$$

em que ETA = evapotranspiração atual ou real da cultura.

ETP = Evapotranspiração Potencial, estimada a partir de dados climáticos e definida como evapotranspiração de um cultivo com superfície totalmente coberta de vegetação verde, densa, rasteira, com ativo crescimento, não afetada por pragas e doenças e que não esteja em condições de deficiência hídrica (ET grama), (Hargreaves 1976).

No entanto, a estimativa da ETP a partir de dados climáticos nem sempre é possível ser obtida em lugar determinado, porque a informação requerida é variada, relativamente difícil de ser coletada em forma confiável e nem sempre se encontra disponível para um período de tempo adequado do ponto de vista estatístico. (Jensen 1973).

Por este motivo, têm-se desenvolvido vários processos meteorológicos para estimar a ETP quando os dados climáticos são escassos (Penman 1949), em função de dados de evaporação do tanque Classe A, E_t (Hounam 1973). Valores diários de E_t podem ser obtidos praticamente em qualquer localidade, com uma confiabilidade razoável, se as normas de operação do tanque de evaporação forem seguidas de forma rigorosa (Doorenbos & Pruitt 1975).

Vários estudos têm sugerido o uso de dados de evaporação do tanque para estimar a evapotranspiração potencial, usando a relação de probabilidade:

$$ETP = E_t \times C_t \quad (\text{Equação 2})$$

em que C_t depende do cultivo de referência e do tipo de tanque usado, equação esta que tem a finalidade de dimensionar programas de ajuda aos produtores agrícolas no estabelecimento da irrigação em locais como Israel (Stanhill 1961/62, Fuchs & Stanhill 1963), Estado de Washington, USA (Pruitt & Jensen 1960/61), Havaí (Campbell et al. 1959) e África do Sul (Thompson et al. 1963). Linagre & Till (1969) publicaram extensos trabalhos de revisão sobre esta matéria, ressaltando que se devem tomar cuidados extremos na interpretação de dados de evaporação do tanque para serem obtidas estimativas adequadas da ETP. O valor C_t , na equação 2, é afetado muito significativamente pelo ambiente em que está localizado o tanque (clima, vegetação, construções, etc). Pruitt (1966) constatou evidência de uma redução significativa da evaporação do tanque Classe A (USWB), havendo incrementos na superfície cultivada e variação na direção do vento dominante. Doorenbos & Pruitt (1975) apresentam uma lista de valores de C_t para diferentes condições de vento, umidade relativa do ar e superfície cultivada em volta do tanque.

Quando existe informações a cerca da ETA, medida em

condições de campo em uma cultura de grama (ETG), é possível corrigir os coeficientes de cultivo (K_c) apresentados por Hargreaves (1976) de acordo com as equações 3, 4, 5 e 6.

$$ETP = ETG \text{ (Equação 3)}$$

$$K_c = ETA/ETG \text{ (Equação 4)}$$

$$K'_c = ETA/E_t \text{ (Equação 5)}$$

$$\frac{K'_c}{K_c} = \frac{ETA/E_t}{ETA/ETG} = \frac{ETG}{E_t} \text{ (Equação 6)}$$

Em trabalhos sobre evapotranspiração realizados no Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, (CPATSA-EMBRAPA) (Millar et al. 1978 e Silva & Millar 1978), concluiu-se que os coeficientes de cultivo obtidos por Hargreaves (1976) e Doorenbos & Pruitt (1975) não podem ser utilizados diretamente no manejo da irrigação quando se usa a evaporação do tanque USWB, para definição das necessidades de água das culturas, sendo necessário corrigir estes coeficientes através de um "coeficiente de ajuste".

MATERIAIS E MÉTODOS

Com base em dados de evaporação do tanque e evapotranspiração da grama, obtidos em lisímetros por Aragão e Araújo (1975) para a região do Sub-Médio São Francisco, determinou-se que a relação $ETG/E_t = \alpha$ é uma constante ao longo dos meses do ano (Tabela 1).

$$ETG = -0,742 + 0,609 E_t \quad R^2 = 0,999$$

Como o valor de α é constante pode-se definir o coeficiente de evapotranspiração real das culturas (K'_c) a partir de dados da literatura obtidos em função da relação clima e evapotranspiração da grama (ETG), de maneira a poder relacionar diretamente a evaporação do tanque (E_t) obtida na estação, com a evapotranspiração real das culturas (ETA) (equação 5).

Os coeficientes de cultivo, baseados na ETG e selecionados para este estudo, foram publicados por Hargreaves

(1976), para diferentes períodos de desenvolvimento de cada cultura.

A época de plantio e a E_t diária média durante o ciclo de desenvolvimento das culturas são apresentados na Tabela 2.

TABELA 1. Dados de evapotranspiração da grama, evaporação do tanque USWB e o coeficiente α .

Meses	ETG (mm/dia)	E_t (mm/dia)	$\alpha = ETG/E_t$
Janeiro	4,73	9,53	0,50
Fevereiro	3,92	7,57	0,52
Março	3,23	6,28	0,51
Abril	3,42	6,57	0,52
Mai	3,14	6,30	0,50
Junho	4,57	8,23	0,55
Julho	4,25	8,16	0,52
Agosto	5,35	10,20	0,52
Setembro	5,30	9,90	0,53
Outubro	5,45	10,30	0,52
Novembro	6,70	11,52	0,58
Dezembro	5,05	10,23	0,51
Média mensal	4,59	8,73	0,52 \pm 0,02

Na Tabela 3, são apresentados os métodos de irrigação propostos para as diferentes culturas que são utilizadas nos projetos de irrigação da CODEVASF, DNOCS e produtos particulares do Vale do São Francisco, com suas correspondentes eficiências de aplicação que inclui uma percentagem de perdas de água por percolação profunda, com a finalidade de assegurar-se uma eficiente lavagem dos sais que podem se acumular no perfil do solo.

Na Tabela 4, é apresentada, de forma resumida, a informação obtida em pesquisas realizadas no CPATSA-EMBRAPA e por Hargreaves (1976) sobre profundidade potencial das raízes e o critério de irrigação das diferentes culturas. O critério de irrigação foi definido em termos de quanto a cultura tem consumido (uma determinada percentagem) da água disponível no solo (Hargreaves 1976).

TABELA 2. Meses de cultivo e Et diária média no ciclo de desenvolvimento das culturas.

Cultura	Época	E_t (mm/dia) ^a
Alfafa	todo o ano	8,73
Feijão	maio-outubro	8,84
Beterraba	maio-outubro	8,84
Repolho	maio-outubro	8,84
Cenoura	todo o ano	8,73
Milho	novembro-abril	7,35
Algodão	abril-novembro	8,89
Pepino	maio-outubro	8,84
Grão	novembro-abril	7,35
Uva	todo o ano	8,73
Alface	todo o ano	8,73
Melão	maio-outubro	8,84
Cebola	maio-setembro	8,61
Frutas de pomar	todo o ano	8,73
Pastagens	todo o ano	8,73
Amendoim	todo o ano	8,73
Ervilha	todo o ano	8,73
Batata	maio-outubro	8,84
Soja	maio-outubro	8,84
Morango	maio-outubro	8,84
Batata-doce	maio-outubro	8,84
Fumo	maio-outubro	8,84
Tomate	maio-outubro	8,84

^a Estação Agrometeorológica de Mandacaru, média de cinco anos.

TABELA 3. Métodos de irrigação proposto e eficiência de aplicação estimada, incluindo lavagem de sais.

Cultura	Método de irrigação proposto	Eficiência de aplicação estimada (%)
Alfafa	Faixas	60
Feijão	Sulco fechado	80
Beterraba	Sulco fechado	75
Repolho	Sulco fechado	80
Cenoura	Bacias	80
Milho	Sulco fechado	80 - 60
Algodão	Sulco fechado	70 - 60
Pepino	Sulco fechado	80 - 70
Grão (sorgo)	Sulco fechado	70 - 60
Uva	Sulco fechado	70 - 50
Alface	Bacias	80
Melão	Sulco fechado	80 - 70
Cebola	Sulco fechado	80 - 75
Frutas de pomar	Sulco fechado	70 - 50
Pastagens	Faixas	40 - 30
Amendoim	Sulco fechado	80
Ervilha	Sulco fechado	80 - 70
Batata	Sulco fechado	80
Soja	Sulco fechado	80
Morango	Sulco fechado	80 - 75
Batata-doce	Sulco fechado	80 - 75
Fumo	Sulco fechado	70
Tomate	Sulco fechado	80 - 70

TABELA 4. Profundidade de raízes e teores recomendados de utilização de umidade disponível antes do início da irrigação.

Cultura	Profundidade efetiva em metros (P_r)	Irrigação necessária quando a seguinte per centagem da água for consumida (C_i)
Alfafa	1,20-1,80	50%
Feijão	0,60	30%
Beterraba	0,60-0,90	40% - 50%
Repolho	0,60	30%
Cenoura	0,45-0,60	35% - 50%
Milho	0,60-1,20	30%
Algodão	0,90-1,20	50%
Pepino	0,45-0,60	30%
Grão (incluindo sorgo)	0,60-0,75	50%
Uva	0,90-1,50	50%
Alface	0,30	30%
Melão	0,60-0,75	30%
Cebola	0,30-0,45	30%
Frutas de pomar	0,90-1,80	50%
Pastagem	0,45-0,75	50%
Amendoim	0,45	30% - 35%
Ervilha	0,60-0,75	30% - 35%
Batata	0,60	30% - 35%
Soja	0,60	30% - 40%
Morango	0,30-0,45	30%
Batata-doce	0,75-0,90	30%
Fumo	0,75	50%
Tomate	0,30-0,60	30% - 40%

As frequências de irrigação e as lâminas líquida e bruta a aplicar, em cada combinação solo-cultura, foram calculadas a partir das características físico-hídricas (dos solos), (Choudhury & Millar 1979) agronômicas (das culturas) e climáticas (do ambiente) com base nas seguintes equações:

$$L_1 = \frac{CC - PM}{100} \times Da \times Pr \times Ci \text{ (Equação 7)}$$

$$L_r = L_1/Ea \text{ (Equação 8)}$$

$$F_r = L_1/ETA \text{ (Equação 9)}$$

L_1 = Lâmina líquida de reposição (cm)

L_r = Lâmina bruta a aplicar (cm)

F_r = Frequência de irrigação (dia)

CC = Capacidade de campo (%) em peso

PM = Ponto de murcha (%)

Da = Densidade aparente do solo (g/cm^3)

Pr = Profundidade efetiva das raízes
(Tabela 4) (cm)

Ea = Eficiência de aplicação
(Tabela 4) (fração decimal)

Ci = Critério de irrigação
(Tabela 3) (fração decimal)

$$ETA = \alpha \times Kc \times \bar{E}_t = K'c \cdot \bar{E}_t$$

(Tabelas 5, 6 e 7) ($cm \text{ dia}^{-1}$).

RESULTADOS

Nas Tabelas 5, 6 e 7 são apresentados os coeficientes de cultivo corrigidos para os diversos estágios de crescimento das culturas.

TABELA 6. Coeficientes generalizados corrigidos, K'_c , para estimar ETA.

Cultura	K_c média com cobertura total	K_c média para todo o ciclo
Culturas extensivas e oleaginosas como feijão, mamona, milho, algodão, linho (fibra), amendoim, batata, açafrão, soja, sorgo, beterraba, tomate e trigo.	0,60	0,47
Citros	0,39	0,39
Frutas caducifólias (pêsseso, ameixa e noz)	0,49	0,36
Frutas caducifólias, invasoras	0,65	0,52
Uva	0,39	0,31
Alfafa	0,70	0,52
Gramma	0,52	0,52
Trevo	0,60	0,52
Adubo verde	0,57	0,59
Cana-de-açúcar	0,65	0,52
Hortaliças	0,60	0,44

TABELA 7. Coeficientes corrigidos da cultura, K_C' para culturas extensivas e hortaliças.

Cultura	Meio-ciclo	Na colheita
Cevada	0,60	0,10
Feijão	0,60	0,13
Cenoura	0,57	0,42
Mamona	0,60	0,26
Milho	0,60	0,31
Algodão	0,62	0,34
Crucíferas (couve, etc)	0,55	0,47
Beringela	0,55	0,44
Linho	0,57	0,10
Alface	0,52	0,47
Melão	0,52	0,39
Milheto	0,57	0,39
Aveia	0,60	0,10
Cebola	0,55	0,42
Amendoim	0,55	0,31
Ervilha	0,60	0,57
Pimentão	0,55	0,44
Batata	0,60	0,39
Rabanete	0,44	0,42
Açafrão	0,60	0,10
Sorgo	0,57	0,29
Soja	0,57	0,23
Espinafre	0,52	0,49
Abóbora	0,49	0,39
Beterraba	0,60	0,31-0,52
Girassol	0,60	0,18
Tomate	0,62	0,34
Trigo	0,60	0,10

As frequências de irrigação, lâminas líquidas de reposição e lâminas reais de aplicação calculadas para as combinações solo-cultura, a partir dos parâmetros edafo-climáticos e agrônômicos, com base na metodologia descrita, são apresentados nas Tabelas 8, 9, 10 e 11.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os valores de frequência de irrigação apresentados nas Tabelas 8, 9, 10 e 11 para as diferentes combinações solo-culturas são coincidentes com os resultados de pesquisa realizadas por Choudhury & Millar (1970), para tomateiro industrial, Silva & Millar (1978), para o feijão, e com intervalos de irrigação normalmente utilizados por produtores com altos rendimentos, o que indica que a metodologia proposta permite estimar adequadamente a frequência de irrigação com base em dados edafo-climáticos e agrônômicos das culturas.

Com relação às lâminas líquidas de reposição de água, também os resultados das estimativas obtidos com a metodologia proposta coincidem com as determinações realizadas em condições de campo, ao longo do ciclo vegetativo das diferentes culturas nas pesquisas antes mencionadas. No entanto, as lâminas brutas de aplicação não têm sido avaliadas em condições de campo até agora, porque os métodos de irrigação de alta eficiência (sulco fechado, faixas, bacias, etc) não são utilizados atualmente pelos produtores.

As eficiências de aplicação apresentadas na Tabela 3, onde estão inclusas considerações sobre lavagem de sais do perfil, devem ser ajustadas com maior precisão, com base em experimentação mais intensiva que inclua aspectos hidráulicos de aplicação de água, escoamento superficial e aspectos de drenagem e salinidade.

É necessário continuarem-se as pesquisas referentes à profundidade efetiva do sistema radicular de cada cultura, para cada tipo de solo, a relação E Tanque / ET grama, percentagem de água perdida por percolação profunda e necessária para uma boa lavagem dos sais e a definição das características operacionais para a irriga

TABELA 8. Lâminas de água e frequência de irrigação recomendadas para o latossolo, Unidade 37 AA (Bebedouro). 38

Cultura	Lamina Líquida de reposição (cm)	ETA = $\bar{E}_t \times Kc$ (cm. dia ⁻¹)	Frequência (dias)	Lamina Bruta a aplicar (cm)
Alfafa	4,34 - 6,27	0,87 x 0,52	9,5 - 14	7,23 - 10,45
Feijão	2,01	0,88 x 0,47	5	2,51
Beterraba	3,02 - 4,39	0,88 x 0,44	3 - 11	2,27 - 5,85
Repolho	2,01	0,88 x 0,44	5	2,51
Cenoura	2,01 - 2,69	0,87 x 0,44	5 - 7	2,51 - 3,36
Milho	2,01 - 3,76	0,74 x 0,60	4,5 - 8,5	2,51 - 6,27
Algodão	4,88 - 6,27	0,89 x 0,60	9 - 12	6,97 - 10,45
Pepino	1,51 - 2,01	0,88 x 0,44	4 - 5	1,89 - 2,67
Graos	3,48 - 4,07	0,74 x 0,47	10 - 12	4,97 - 6,78
Uva	4,88 - 6,27	0,87 x 0,39	14 - 18	6,97 - 12,54
Alface	1,04	0,87 x 0,44	3	1,30
Cebola	1,04 - 1,51	0,86 x 0,44	3 - 4	1,30 - 2,01
Pomar	3,36 - 6,27	0,87 x 0,49	6 - 15	4,80 - 12,54
Pastagem	2,52 - 4,07	0,87 x 0,60	5 - 8	6,30 - 13,57
Amendoim	1,51	0,87 x 0,47	4	1,89
Ervilha	2,01 - 2,44	0,47 x 0,47	5 - 6	2,51 - 3,49
Batata	2,01	0,88 x 0,44	5	2,51
Soja	2,35	0,88 x 0,47	6	2,94
Morango	1,04 - 1,51	0,88 x 0,44	2,5 - 4	1,30 - 2,01
Batata-doce	2,44 - 2,93	0,88 x 0,44	6 - 7,5	4,07 - 4,88
Fumo	4,07	0,88 x 0,44	10,5	5,81
Tomate	1,21 - 2,35	0,88 x 0,44	3 - 6	1,51 - 3,36
Melão	2,01 - 2,44	0,84 x 0,44	5 - 7	2,51 - 3,49

TABELA 9. Lâminas de água e frequência de irrigação recomendadas para o latossolo 10, Unidade 37 AB (Bebedouro).

Cultura	Lâmina Líquida de reposição (cm)	ETA = $\bar{E}_t \times Kc$ (cm. dia ⁻¹)	Frequência (dias)	Lâmina Bruta a aplicar (cm)
Alfafa	1,83 - 7,43	0,87 x 0,52	10,5 - 16,5	8,05 - 12,5
Feijão	2,04	0,88 x 0,47	5	2,55
Beterraba	3,06 - 4,89	0,88 x 0,44	3 - 12,5	4,07 - 6,5
Repolho	2,04	0,88 x 0,44	5,3	2,55
Cenoura	2,04 - 2,71	0,87 x 0,44	5,3 - 7	2,54 - 3,39
Milho	2,04 - 4,48	0,74 x 0,60	4,5 - 10	2,54 - 7,46
Algodão	5,43 - 7,48	0,89 x 0,60	10 - 14	7,76 - 12,46
Pepino	1,53 - 2,04	0,88 x 0,44	4 - 5,3	1,90 - 2,90
Grãos	3,39 - 4,53	0,74 x 0,47	10 - 13	4,85 - 7,54
Uva	5,43 - 7,48	0,87 x 0,39	16 - 22	7,76 - 14,95
Alface	1,13	0,87 x 0,44	3	1,41
Cebola	1,13 - 1,53	0,86 x 0,44	3 - 4	1,41 - 2,19
Pomar	3,39 - 7,48	0,86 x 0,49	3 - 17	4,85 - 14,95
Pastagem	2,54 - 4,52	0,87 x 0,60	5 - 9	6,36 - 15,09
Amendoim	1,53	0,87 x 0,47	4	1,91
Ervilha	2,04 - 2,72	0,87 x 0,47	5 - 7	2,55 - 3,88
Batata	2,04	0,88 x 0,44	5,3	2,55
Soja	2,38	0,88 x 0,47	5,7	2,98
Morango	1,13 - 1,53	0,88 x 0,47	2,5 - 4	1,40 - 2,04
Batata-doce	2,72 - 3,26	0,88 x 0,44	7 - 3,5	3,88 - 5,43
Fumo	4,53	0,88 x 0,44	11 - 7	6,47
Tomate	1,31 - 2,38	0,88 x 0,44	3,5 - 6,5	1,64 - 3,39
Melão	2,04 - 2,72	0,84 x 0,44	5,5 - 7,5	2,55 - 3,89

TABELA 10. Lâminas de água e frequência de irrigação para o latossolo, Unidade 37 BB (Bebedouro).

Cultura	Lamina Líquida de reposição (cm)	ETA = $\bar{E}_t \times K_c$ (cm. dia ⁻¹)	Frequência (dia)	Lamina Bruta de reposição (cm)
Alfafa	5,09 - 6,33	0,87 x 0,52	11 - 14	8,46 - 10,55
Feijão	2,26	0,88 x 0,47	5,5	2,83
Beterraba	3,39 - 4,58	0,88 x 0,44	9 - 12	4,52 - 6,10
Repolho	2,25	0,88 x 0,44	6	2,83
Cenoura	2,26 - 3,02	0,87 x 0,44	6 - 8	2,83 - 3,78
Milho	2,26 - 3,80	0,74 x 0,60	5 - 9	2,83 - 6,33
Algodão	5,09 - 6,33	0,89 x 0,60	9,5 - 12	7,27 - 10,55
Pepino	1,70 - 2,26	0,88 x 0,44	4 - 6	2,13 - 3,23
Grãos	3,77 - 4,25	0,74 x 0,47	11 - 12	5,39 - 7,08
Uva	5,09 - 6,33	0,87 x 0,39	15 - 19	7,27 - 12,66
Alface	1,24	0,87 x 0,44	3	1,55
Cebola	1,24 - 1,70	0,86 x 0,44	2 - 4	1,55 - 2,27
Pomar	3,77 - 6,33	0,87 x 0,49	9 - 15	5,39 - 12,66
Pastagem	2,83 - 4,25	0,87 x 0,60	5,5 - 3	7,08 - 14,17
Amendoim	1,70	0,87 x 0,47	4	2,13
Ervilha	2,26 - 2,55	0,87 x 0,44	6 - 7	2,83 - 3,64
Batata	2,26	0,88 x 0,47	5,5	2,83
Soja	2,64	0,88 x 0,47	6,5	3,30
Morango	1,24 - 1,70	0,88 x 0,44	3 - 4	1,55 - 2,27
Batata-doce	2,55 - 3,06	0,88 x 0,44	7 - 8	3,65 - 5,10
Fumo	4,25	0,88 x 0,44	11	6,07
Tomate	1,45 - 2,64	0,88 x 0,44	3,5 - 7	1,81 - 3,64
Melão	2,26 - 2,55	0,84 x 0,44	6 - 7	2,83 - 3,64

TABELA 11. Lâmina de água e frequência de irrigação recomendadas para os solos alu-
viais do Vale do São Francisco.

Cultura	Lâmina Líquida de reposição (cm)	ETA = $\bar{E}_t \times Kc$ (cm. dia ⁻¹)	Frequência (cm)	Lâmina Bruta de reposição (cm)
Alfafa	4,92 - 6,57	0,87 x 0,52	11 - 14,5	8,20 - 10,95
Feijão	1,79	0,88 x 0,47	5	2,46
Beterraba	2,96 - 4,44	0,88 x 0,44	7,5 - 11,5	3,95 - 5,92
Repolho	1,97	0,88 x 0,44	-	2,46
Cenoura	1,97 - 2,63	0,87 x 0,44	5 - 7	2,46 - 3,29
Milho	1,97 - 3,94	0,74 x 0,60	4,5 - 9	2,46 - 6,57
Algodão	4,93 - 6,57	0,89 x 0,60	9 - 12	7,04 - 10,95
Pepino	1,48 - 1,97	0,88 x 0,44	4 - 5	1,85 - 2,81
Grãos	3,23 - 4,10	0,73 x 0,47	9 - 12	4,61 - 6,83
Uva	4,93 - 5,57	0,87 x 0,39	14,5 - 19	7,04 - 13,14
Alface	0,99	0,87 x 0,44	2,5	1,24
Cebola	0,99 - 1,48	0,86 x 0,44	2,5 - 4	1,24 - 1,97
Pomar	3,23 - 6,57	0,87 x 0,49	7,5 - 15,5	4,60 - 13,14
Pastagem	2,46 - 4,10	0,87 x 0,60	5 - 9,5	6,15 - 13,67
Amendoim	1,48	0,87 x 0,47	3,5	1,85
Ervilha	1,97 - 2,46	0,87 x 0,47	5 - 6	2,46 - 3,07
Batata	1,97	0,88 x 0,44	5	2,46
Soja	2,30	0,88 x 0,47	5,5	2,90
Morango	0,99 - 1,48	0,88 x 0,44	2,5 - 4	1,24 - 1,97
Batata-doce	2,46 - 2,96	0,88 x 0,44	6 - 7,5	3,51 - 4,93
Fumo	4,10	0,88 x 0,44	10,5	5,86
Tomate	1,15 - 2,30	0,88 x 0,44	3 - 6	1,44 - 3,29
Melão	1,95 - 2,46	0,88 x 0,44	5 - 6,5	2,46 - 3,51

ção com sulcos fechados. O excesso de água que efetua a lixiviação de sais deve ser drenado para que tal lixiviação seja benéfica. Ou, então, deve-se definir critérios de manejo que iliminem o problema.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, O.P. de & ARAUJO, J.P. de. Relações entre a evapotranspiração potencial da alfafa (*Medicago sativa*) e grama (*Spenotaphrum secundatum*) com tanques classe-A sob diferentes exposições. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., Fortaleza, CE, 1975. **Anais**. Fortaleza, CE., DNOCS-ABID, 1975.v.3,p.92-5.
- CAMPBELL, R.B.; CHANG, J. & COX, D.C. Evapotranspiration of sugar cane in Hawaii as measured by in-field lysimeters in relation to climate. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 10., Hawaii, 1959. **Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists**. Amsterdam, Elsevier, 1960. p.637-49.
- CHOUDHURY, E.N. & MILLAR, A.A. **Características físico-hídricas de tres solos latossolos irrigados do Projeto Bebedouro**. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1979. 13p.
- _____.; _____.; CHOUDHURY, M.M. & ABREU, T.A. dos S. **Efeito de diferentes níveis de irrigação na produção do tomate industrial**. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, s.d. 22p.
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Rome, FAO, 1975. 179p. il. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24)
- FUCHS, M. & STANHILL, G. The use of class A panevaporation data to estimate the irrigation water requirements of the cotton crop. **Israel J.Agr. Res.** 13(2):63-78, 1963.
- GUROVICH, L. **Metodologia de delimitacion de uso e consumo para dados agroclimáticos restringidos, en relacion a la tesa de riego**. s.l., Universidad Catolica de Chile, 1978. 88p.

- HARGREAVES, G.H. **Manual de requerimento de água para culturas irrigadas e agricultura seca.** Trad. Ricardo Brito. Logan, Utah State University, 1975. 41p.
- HOUNAM, C.E. **Comparison between pan and lake evaporation; report on lake evaporation of the Commission of Hydrology.** Geneva, W.M.O., 1973.
- JENSEN, M.E. **Consumptive use of water and irrigation water requirements.** New York, American Society of Civil Engineers, 1973. 215p. il.
- LINACRE, E.T. & TILL, M.R. Irrigation timing and amounts. **The Journal of Australian Institute of Agricultural Science**, 35(3):175-96, 1969.
- MILLAR, A.A. **Programa de pesquisas prioritárias em tecnologia de irrigação para o Nordeste.** s.l., IICA-OEA - Escritório no Brasil, 1978. 39p. (Conferência pronunciada no Encontro sobre Escoamento em Meios Porosos, realizado em Rio Claro, SP., 1978)
- _____.; CHOUDHURY, E.N. & ABREU, T.A. dos S. **Determinação da evapotranspiração em tomate industrial através do balanço completo de água sob diferentes regimes de irrigação.** Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1978. 20p.
- PENMAN, H.L. The dependence of transpiration on weather and soil conditions. **Journal of Soil Science**, 1:74-89, 1949-50
- PRUITT, W.O. Empirical method of estimating evapotranspiration using primarily evaporation pans. **Proc. Conf. on Evapotranspiration Amer. Soc. Agr. Eng.** 57:61, 1966.
- _____. & JENSEN, M.C. Determining when to irrigate. **Agricultural Engineering** 36:(6):389-93, 1955.
- SILVA, M.A. & MILLAR, A.A. Evapotranspiração do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Manaus, AM., 1979. **Resumos.** Manaus, AM., Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979. p.8.

- STANHILL, G. A comparison of methods of calculating potential evapotranspiration from climatic data; the control of field irrigation practice from measurements of evaporation. **Israel J. Agr. Res.** 11:159-71. 1961-2.
- THOMPSON, G.D.; PEARSON, C.H. & CLESSBY, T.G. The estimation of the water requirements in sugar cane in Natal. **Proc. South African Sugar Tech. Assoc.**, 1-8, 1963.

EFEITO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE MILHO¹

Moacir Alves da Silva²
 Agustín Antônio Millar³
 Carlos Alberto V. Oliveira⁴
 Carlos Eugênio Martins⁵
 Rita Everta Bandeira
 Tarcísio Nascimento⁶

INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro abrange uma área de 18,2% do território Nacional; aí está localizado o denominado "Polígono das Secas" onde as chuvas são concentradas em um único período, três a cinco meses, variando as médias, de uma área para outra, com distribuição muito irregular.

Nesta extensa área, desenvolve-se uma agricultura muito dependente do regime pluviométrico, onde a cultura do milho (*Zea mays*, L.) constitui-se componente básico da alimentação de seus habitantes, aspecto que impõe à cultura relevante importância econômica.

A exploração da cultura do milho, no Nordeste brasileiro, é feita geralmente sob condição de dependência de

¹Contribuição do Convênio EMBRAPA/CODEVASF.

²Eng^o Agr^o M.Sc., Especialista em Irrigação, Pesquisador do CPATSA/EMBRAPA.

³Eng^o Agr^o, Ph.D., Especialista em Tecnologia de Irrigação do IICA, Convênio IICA/CODEVASF, Departamento Técnico, CODEVASF, Brasília - DF.

⁴Eng^o Agr^o, M.Sc., Estatístico, Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA

⁵Eng^o Agr^o, M.Sc., Especialista em Fertilidade, Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA

⁶Agronomando da Faculdade de Agronomia do Médio São Francisco (FAMESF), Juazeiro - BA.

chuva. No entanto, segundo dados da SUDENE (Relatório Sintético sobre o Programa de Irrigação do Nordeste, 2º trimestre (1977), cerca de 1 000 ha de milho são cultivados anualmente nos perímetros irrigados. As pesquisas com esse cereal no Nordeste, até a data presente, eram concentradas para sua exploração em áreas de agricultura de seca, não existindo, ainda, dados sobre melhor época de irrigação, nível ótimo econômico de fertilizantes e número de regas; a interação entre esses fatores de produção poderá fornecer subsídios para um melhor aproveitamento da distribuição e quantidade de chuvas que ocorrem na região.

Por outro lado, sabe-se que, a partir do início da década de 80, haverá deficiência do produto no Nordeste. Esse problema tende a agravar-se com a implantação de indústrias de aproveitamento na região. Daí a necessidade de incrementar-se a exploração em áreas irrigadas, utilizando-se tecnologia racional que venha oferecer retorno satisfatório do capital empregado, isto devido aos altos rendimentos obtidos através desse sistema de cultivo.

O propósito deste trabalho foi estudar o efeito da lâmina de irrigação, conteúdo de água no solo, adubação nitrogenada e interação entre esses fatores na produção de grãos de milho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à rede de campos experimentais do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA), localizado a 45 km de Petrolina, PE.

Segundo Hargreaves (1974), o clima da região é muito árido com precipitação anual de 350 mm. Durante o ano, a temperatura varia da máxima de 38°C à mínima de 12°C com média anual de 26,3°C. A duração da radiação solar com céu limpo é de 8,5 h/dia, variando o comprimento do dia de 11,6 a 12,8 horas. A evapotranspiração total oscila: 1.800 a 2.000 mm. A umidade relativa do ar é baixa, ocorrendo valor mais baixo nos meses de novembro (57%) e mais alto em março (67%).

O solo da área experimental é classificado como oxisol, Unidade 37 BB. A curva de retenção de água foi determinada utilizando-se o equipamento de prato e panela de pressão, estando apresentada na Figura 1. A densidade aparente foi obtida com cilindros de volume conhecido, Blake et al. (1965).

Utilizaram-se blocos casualizados com arranjos em faixas com quatro repetições. Os tratamentos constaram da combinação de cinco lâminas de água e quatro níveis de nitrogênio. As parcelas receberam os níveis 0, 30, 60 e 90 kg/ha de nitrogênio, enquanto nas unidades experimentais foram estabelecidas as cinco lâminas de água produzidas pela diferente distribuição de água a partir do eixo dos aspersores; Figura 2, tem-se um diagrama esquemático de um bloco.

Para aplicação das lâminas de água, utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão em linha (line source sprinkler irrigation), Bauder et al. (1975), Hanks et al. (1974), Hanks et al. (1976) e Silva et al. (1978). Tal sistema consiste em colocar-se uma linha central de aspersores, introduzindo-se a variável fertilidade no sentido da linha de aspersores e a variável lâmina de água é produzida pela diferente distribuição a partir da linha de aspersores. O campo da cultura foi manejado de modo uniforme, sem separação entre as parcelas; o espaçamento entre os aspersores foi de 6 m; o tamanho da parcela foi de 6 por 15 m e a unidade experimental de 6 por 0,75 m, estabelecidos em função do diâmetro molhado do aspersor. Foram utilizados aspersores do tipo Rain Bird 30 E-TNT (3/16" x 3/32"), operando à pressão de serviço de 3 atm (45 PSI), fornecendo um diâmetro molhado de aproximadamente 30 m. Na Figura 3, tem-se as características da distribuição da precipitação, a partir do eixo do aspersor.

O preparo do solo constou de aração, gradagem e nivelamento; plantio realizado manualmente; espaçamento de 0,75 m entre fileiras e 0,40 m entre covas, deixando-se duas plantas por cova, resultando uma população de, aproximadamente, 66.600 plantas por hectare. A adubação consistiu de 60 kg/ha de P_2O_5 e 20 kg/ha de K_2O tendo como fon

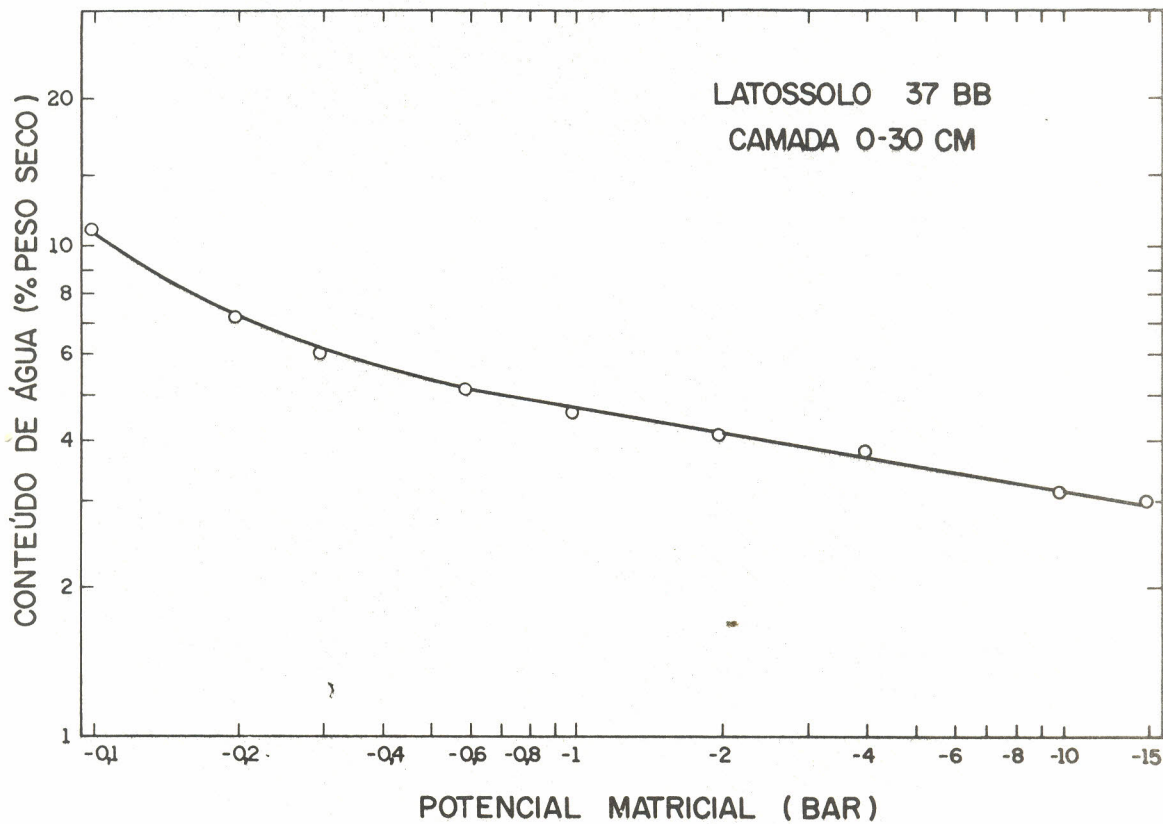


FIG. 1. Curva de retenção de água do Latossolo 37 BB da área experimental.

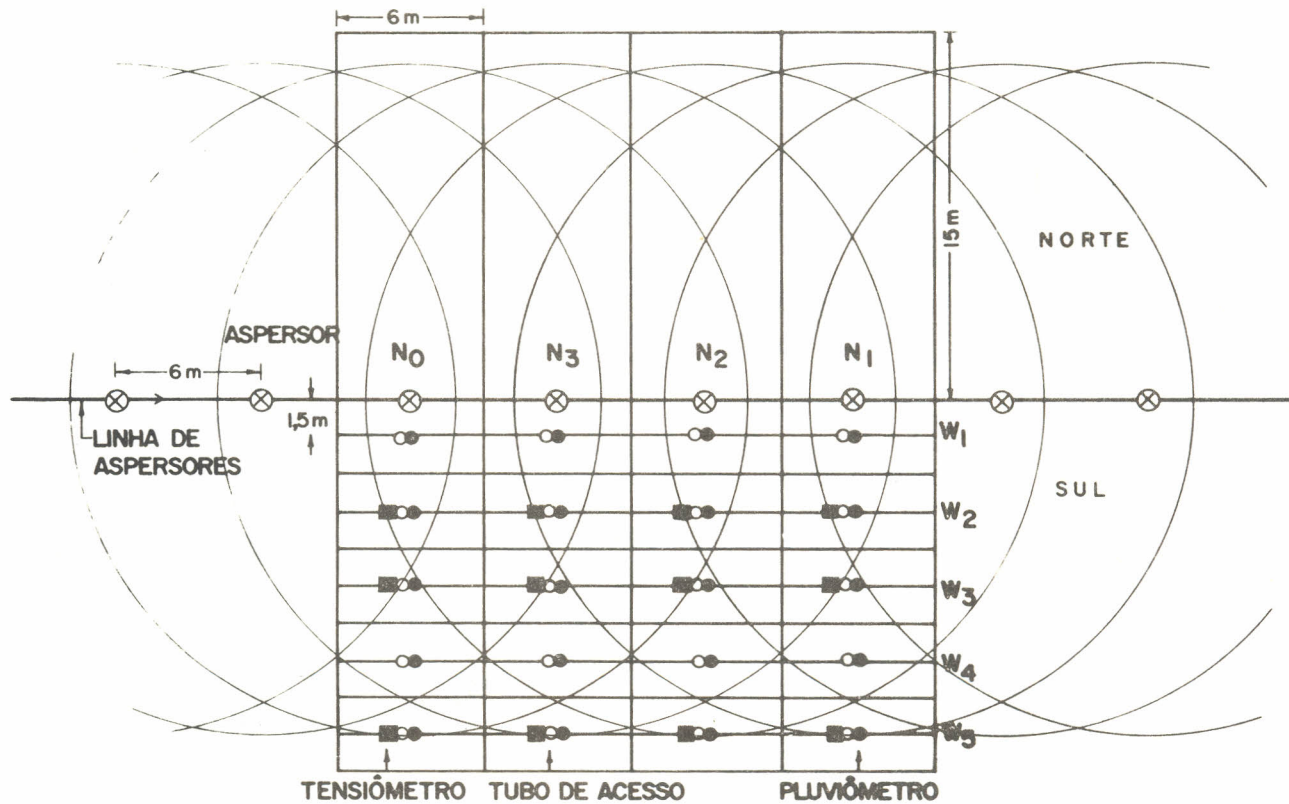


FIG. 2. Diagrama esquemático de um bloco.

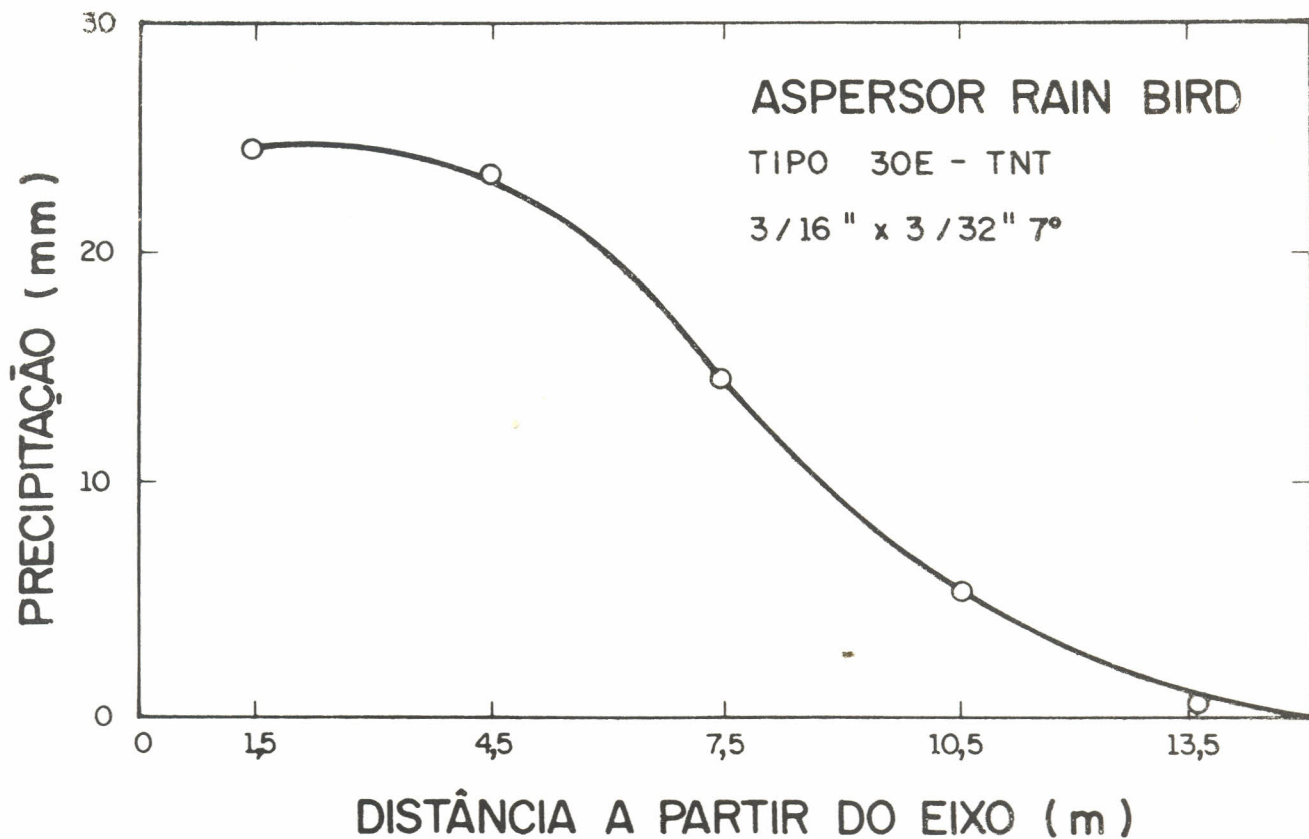


FIG. 3. Distribuição da precipitação do aspersor Rain Bird 30 E-TNT (3/16"x3/32"), a partir do eixo.

tes o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. Os níveis de nitrogênio foram 0, 30, 60 e 90 kg/ha, tendo como fonte o sulfato de amônio. Todo o fósforo e potássio e 1/3 do nitrogênio foi aplicado na época do plantio e o restante (2/3) 30 e 45 dias após.

Irrigações preliminares foram efetuadas de modo uniforme em toda a área experimental, para facilitar a emergência e desenvolvimento inicial das plantas, sendo utilizado um conjunto de aspersão com espaçamento de 12 x 12 m. Quando as plantas atingiram uma altura de aproximadamente 15 cm, as irrigações passaram a ser controladas por meio do tratamento localizado no terço médio da parcela (N₂L₂), tomado como "ponto de controle" e foram efetuadas quando o teor de umidade do solo neste tratamento, atingiu 50% de água disponível ou potencial matricial de água no solo de -0,5 bar. Para o controle da umidade e definição do momento de irrigar foi utilizada a sonda de nêutrons.

Instalaram-se tensiômetros, a nível de unidade experimental, nas profundidades de 30, 60, 90 e 120 cm, e as leituras foram realizadas simultaneamente com as determinações do conteúdo de água no solo, através da sonda de nêutrons. A lâmina de irrigação no "ponto de controle" foi estabelecida pela equação:

$$L = \frac{CC - Ps}{10} \times Dap \times Pr$$

onde L, Lâmina de água aplicada (mm); CC, Capacidade de Campo; Ps, teor de umidade do solo, no momento de irrigar (50% de água disponível), ou potencial matricial de -0,5 bar; Dap, Densidade aparente (g/cm³) e Pr, Profundidade efetiva do sistema radicular (cm). Para medição da Lâmina de água aplicada, foram utilizados pluviômetros instalados no centro de cada unidade experimental.

Para estudar o efeito da Lâmina de irrigação e dos níveis de nitrogênio sobre a produção de grãos do milho, fez-se determinação do rendimento de grãos, e as produções foram corrigidas para 13% de umidade padrão de armazenamento; o teor de umidade dos grãos foi determinado em estufa entre 150 e 110°C, a partir de três amostras tomadas ao acaso em cada tratamento.

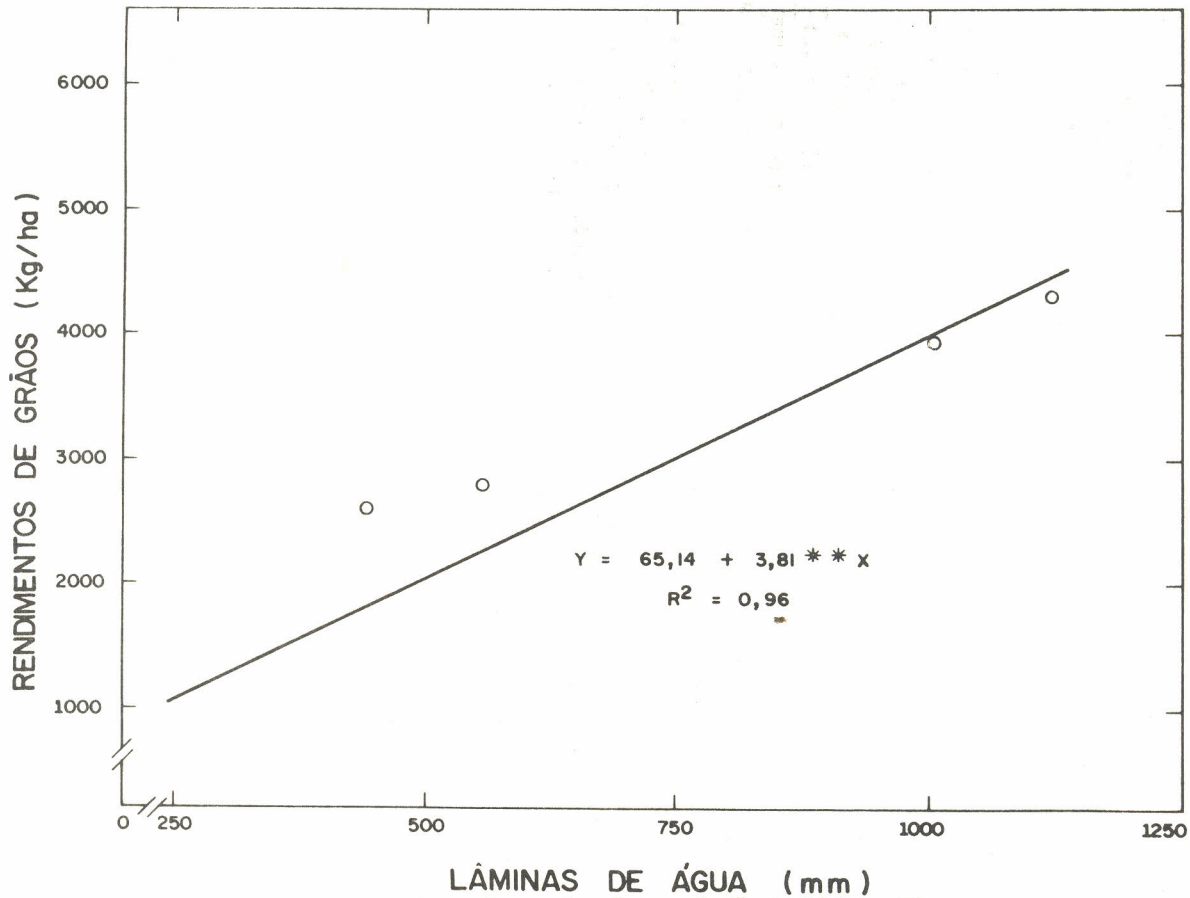


FIG. 4. Rendimento de grãos, em função das lâminas d'água.

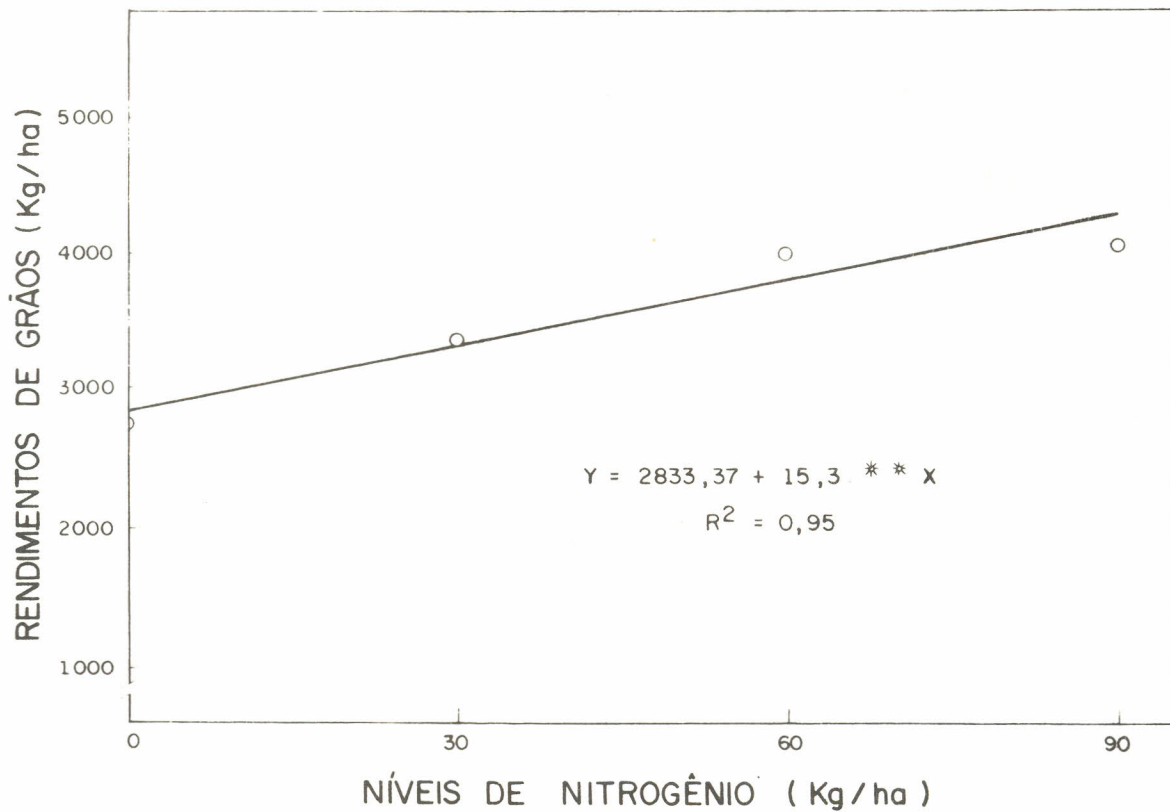


FIG. 5. Rendimento de grãos, em função dos níveis de nitrogênio.

TABELA 1. Rendimento médio de grãos de milho, em kg/ha para diferentes teores de umidade do solo.

Lâminas totais de água aplicada (mm)	Níveis de Nitrogênio (kg/ha)				
	0	30	60	90	Média
1.233,00	4.179,5	4.692,5	5.297,1	5.968,0	5.034,28
	E_U 0,339	0,374	0,430	0,484	-
1.003,00	3.762,1	4.616,1	5.389,8	5.178,4	4.734,35
	E_U 0,375	0,460	0,536	0,516	-
561,00	2.727,7	3.672,11	4.189,73	4.854,2	3.860,94
	E_U 0,486	0,655	0,747	0,865	-
441,00	1.671,7	2.820,9	3.472,1	3.386,3	2.837,75
	E_U 0,379	0,640	0,787	0,768	-
267,00	1.367,0	734,1	1.645,0	820,8	1.141,73
	E_U 0,512	0,275	0,616	0,307	-
Média	2.741,6	3.307,14	3.996,95	4.041,54	3.486,65

$$\text{Eficiência de uso} = E_U = \frac{\text{Produção (kg/ha)}}{\text{Água aplicada (m}^3\text{/ha)}}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise de variância, verificou-se diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para lâmina total de água e níveis de nitrogênio, entretanto não houve significância para interação entre os mesmos.

Na Tabela 1, são apresentadas as produções médias de grãos em kg/ha e eficiência de uso de água em km/m^3 , em função das lâminas totais de água aplicada e doses de nitrogênio. Verifica-se que a eficiência de uso, variou de 0,339 a 0,865 kg de grãos por metro cúbico de água e 90 kg/ha de nitrogênio, verificando-se que, neste tratamento, a eficiência foi superior 44, 25 e 14% à dos tratamentos com aplicações de 0, 30 e 60 kg/ha de nitrogênio, respectivamente.

Na Figura 4, apresenta-se, graficamente, a equação de regressão, ajustada para os dados de produção de grãos de milho e lâminas totais de água aplicada. Verifica-se que a aplicação de água aumentou, linearmente, a produção de grãos dentro dos limites estudados, enquanto que a equação de regressão, ajustada para os dados de produção e níveis de nitrogênio, representada graficamente, na Figura 5, indicou que a aplicação de nitrogênio causou efeito linear no rendimento de grãos.

CONCLUSÕES

Verificou-se que a aplicação de água aumentou, linearmente, a produção de grãos de milho, dentro dos limites estudados.

A aplicação de nitrogênio causou efeito linear na produção de grãos, dentro dos limites analisados.

A eficiência de uso de água variou de 0,339 a 0,865 kg/m^3 de água, sendo maior quando se aplicou 561,0 mm de água e 90 kg/ha de nitrogênio, verificando-se que nesse tratamento a eficiência foi superior a 44, 25 e 14%, com relação aos tratamentos com aplicações de 0, 30 e 60 kg/ha de nitrogênio, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- BARRADA, Y. Application of the neutron moisture meter. In: SYMPOSIUM ON THE USE OF ISOTOPES AND RADIATION TECHNIQUES IN SOIL PLANT NUTRITION STUDIES, Ankara, 1965. **Proceedings**. Viena, International Atomic Energy, 1965.
- BAUDER, J.W.; HANKS, R.J. & JAMES, D.W. Crop production function determinations as influenced by irrigation and nitrogen fertilization using a continuous variable design. **Soil Science Society of American Proceedings**, **39**(6):1187-92, 1975.
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E. ed. **Methods of soil analysis**; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1., cap. 30, p.374-90. (ASA. Agronomy, 9)
- BRASIL. SUDENE. **Relatório sintético sobre o Programa de Irrigação do Nordeste**; 2º Semestre 1977. Recife, PE., 1974. 473p.
- _____. Departamento de Recursos Naturais. **Recursos naturais do Nordeste**; investigação e potencial (Sumário). Recife, PE., 1972. 108p.
- FAO, Roma, Itália. **Estudio de la cuenca del Rio São Francisco (Segunda etapa), Brasil. Estudio de Irrigacion e ingenieria**. Roma, 1971. 301p. (FAO. Informe Técnico,4).
- HANKS, R.J.; KELLER, J. & BAUDER, J.W. **Line source sprinkler plot irrigator for continuous variable water and fertilizer studies on small areas**. Logan, Utah State University, Department of Agricultural and Irrigation Engineering, 1974. 13p.
- _____.; _____.; RASMUSSEN, V.P. & WILSON, G.D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, **40**(3):426-29, 1976.

- HARGREAVES, G.H. **Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil**. Logan, Utah State University, 1974. 6p. il.
- MILLAR, A.A. **Uso de alguns métodos e resultados de pesquisas de irrigação em programas de pesquisas para as áreas de sequeiro**. Petrolina, PE., CODEAVASF, s.d. 23p. (Projeto PNUD/FAO/BRA/74/0008).
- RICHARDS, L.A. Physical condition of water in soil. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E. ed. **Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1., Cap.8, p.128-52. (ASA. Agronomy, 9).

**EFEITO DO REGIME DE IRRIGAÇÃO
E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA
NA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE MILHETO¹**

Moacir Alves da Silva²
Agustín A. Millar³
Maurício Bernardes Coelho²
Carlos Alberto V. Oliveira⁴
Rita Everta Bandeira
Tarcísio Nascimento⁵

INTRODUÇÃO

Na região delimitada pelo "Trópico Semi-Árido", as chuvas são concentradas em um único período, de três a cinco meses, variando as médias de uma área para outra, com distribuição muito irregular onde se desenvolve uma agricultura de subsistência, muito dependente do regime pluviométrico, em que a cultura do milho (*Pennisetum typhoides*, Stapf e Hubbard), recentemente introduzida, encontra-se carente de uma avaliação mais profunda de seu potencial de produção de grãos e forragem, sob condições de agricultura de seca e agricultura irrigada.

A cultura do milho, atualmente, vem despertando grande interesse nos órgãos de pesquisa que atuam na região do Vale do São Francisco, isto devido ao aumento crescente de sua procura, notadamente dos grãos, pois sabe-se que poderá vir a ser uma alternativa na alimenta

¹ Contribuição do Convênio EMBRAPA/CODEVASF

² Eng^o Agr^o, M.Sc., Especialista em Irrigação, Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA

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

⁴ Estatístico, Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA

⁵ Estudante do 4^o ano de agronomia da Faculdade de Agronomia do Médio São Francisco (FAMESF), Juazeiro, BA.

ção animal e humana. Esta cultura tem-se mostrado promissora no Sertão, para a produção de grãos e no Agreste, para produção de forragem (Lira et al. 1976). Entre suas vantagens são merecedoras de destaque a resistência à seca USAID (1971) e a tolerância a solos salinos e ácidos (Walker et al. 1975).

Apesar da relevante importância desta cultura, quase nada foi feito até o presente momento, no que se refere a pesquisas de irrigação, nível ótimo econômico de umidade, lâmina total de irrigação durante o ciclo, nível ótimo de fertilizantes e interação entre estes fatores de produção que venham fornecer subsídios para um melhor aproveitamento da distribuição e quantidade de chuvas que ocorrem na região.

De posse de informações referentes à produtividade dessa cultura em função da lâmina total de água aplicada e fertilização nitrogenada, pode-se estabelecer a delimitação de áreas dentro de região de sequeiro que permita o adequado desenvolvimento desta cultura, sendo que esta delimitação é baseada no balanço hidrológico e na resposta da cultura, em combinação com o estudo da probabilidade de chuvas e armazenamento de água no solo (Millar 1977).

Este trabalho teve como objetivo estudar o efeito do nível de água no solo e da adubação nitrogenada, e interação entre estes fatores, sobre a produção e componentes de produção de grãos de milheto.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA). As características do clima da região e hídricas do solo da área experimental foram descritas por Hargreaves (1974) e Choudhury & Millar (1979), respectivamente.

O delineamento do experimento foi em blocos casualizados, com arranjos em parcelas subdivididas (split-plot) com quatro repetições. Os tratamentos constaram da combinação de quatro níveis de água e quatro níveis de fertilização nitrogenada. As

parcelas receberam os níveis de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg/ha de N), enquanto nas subparcelas foram estabelecidos os teores de umidade no solo (6,0%, 5,0%, 4,0% e 3,0%) de umidade peso seco-U.P.S., o que corresponde a 60%, 40%, 30% e 10% de água disponível; -0,3; -0,7; -0,5 e 15,0 bar de potencial matricial de água no solo e 720,8; 560,6; 420,0 e 330,3 mm de água aplicada durante o ciclo das culturas, respectivamente

O preparo do solo foi realizado no dia 15.09.77, consistindo de aração, gradagem e destorroamento, por meio de "pranchão". Usou-se uma adubação básica de 100 kg/ha de P₂O₅ e 30 kg/ha de K₂O, tendo-se como fonte o superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Todo o fósforo e potássio e 1/3 do nitrogênio foram aplicados por ocasião do plantio. O restante do nitrogênio (2/3) foi aplicado 30 e 45 dias após o plantio. O plantio foi realizado no dia 23.09.77, manualmente, em sulcos. O espaçamento usado foi de 1 m entre sulcos, deixando-se 20 plantas por metro linear. Foi utilizada a variedade IPA Bulk 1.

Foram realizadas irrigações preliminares de modo uniforme em toda a área experimental para facilitar a emergência e desenvolvimento inicial das plântulas. Quando as plântulas atingiram uma altura de aproximadamente 10 cm, foi feito o desbaste e as irrigações passaram a ser controladas e efetuadas quando o teor de umidade do solo atingia 6,0%, 5,0%, 4,0% e 3,0% de umidade peso seco ou potencial matricial de água no solo de -0,3; -0,7; -0,5 bar, determinado com sonda de nêutrons e tensiômetros sensíveis, respectivamente, em duas repetições de cada unidade experimental.

Por ocasião da colheita, foram feitas determinações do rendimento de grãos, altura média de plantas, peso médio de panícula, peso médio de grãos por panícula e peso médio de talo por panícula. As produções de grãos foram expressas em kg/ha, a 13% de umidade padrão de armazenamento. O teor de umidade foi determinado em estufa entre 105 a 110°C para todos os tratamentos. A altura média de plantas, peso médio de panícula, peso médio de talo por panícula e peso médio de grãos por panícula, foram obtidos utilizando-se 30 plantas e 30 panículas tomadas ao acaso de cada unidade experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções médias de grãos de milho, em kg/ha e eficiência de uso de água e kg/m³ para diferentes regimes de água e adubação nitrogenada, são apresentadas na Tabela 1. Verificou-se diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para lâminas de água aplicada a níveis de nitrogênio; entretanto, não houve significância para a interação entre os mesmos. Observou-se que a eficiência de uso de água foi maior, quando se aplicaram 120 kg/ha de nitrogênio e 330 mm de água.

Nos estudos do efeito da irrigação na produção das culturas, usam-se várias maneiras de expressar e apresentar os resultados. Comumente, utilizam-se os conceitos de água disponível ou conteúdo de água no solo, sendo que a função de produção é melhor caracterizada pela lâmina de água usada durante o ciclo e a resposta, pelo potencial matricial de água no solo. A função de produção para lâmina de água permite definir as necessidades de água para uma área ecológica, enquanto que a relação entre produção e potencial matricial de água no solo, permite a extrapolação da informação para outros tipos de solos.

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4, são apresentadas, graficamente, as equações de regressão ajustadas para os dados médios de produção de grãos de milho em função do nível de umidade, água disponível do solo, lâmina total de água aplicada e potencial matricial de água no solo, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Após a análise de variância e desdobramento da soma dos quadrados, observou-se que a produção aumentou de acordo com a relação quadrática entre as variáveis (lâminas de água aplicada, níveis de umidade, água disponível e potencial matricial de água no solo), tendo a produção de grãos atingido um máximo para 503,0 mm de água aplicada, 4,62% de umidade peso seco, 37% de água disponível e -7,48 de potencial matricial de água no solo. Contudo, os dados indicam que o milho é altamente resistente ao déficit de água, já que as produções de grãos não são expressivamente diferentes entre os níveis de -0,3 e -15 bar de potencial matricial de água no solo, o que confirma os dados de USAID (1971).

TABELA 1. Rendimento médio de grãos de milho, em kg/ha para diferentes teores de umidade no solo.

Teores de umidade				Níveis de Nitrogênio (kg/ha)				
U.P.S.	P.M.	A.D.	L.	0	40	80	120	Média
6,0%	-0,3	60%	720,8	1662,10	2152,90	2276,70	2894,1	2246,45
5,0%	-0,7	50%	560,6	1876,70	2269,40	2574,30	2990,80	2427,80
4,0%	-5,0	30%	420,0	1680,80	2508,70	2517,70	3132,30	2459,88
3,0%	-15	10%	330,3	1541,20	2097,50	2340,00	2543,50	2130,30
Média				1690,20	2257,13	2427,33	2890,18	2316,24

C.V. = 22,96

U.P.S. = Umidade Peso Seco

P. M. = Potencial Matricial de água no solo

A. D. = Água Disponível

L. = Lâmina total de água aplicada (mm)

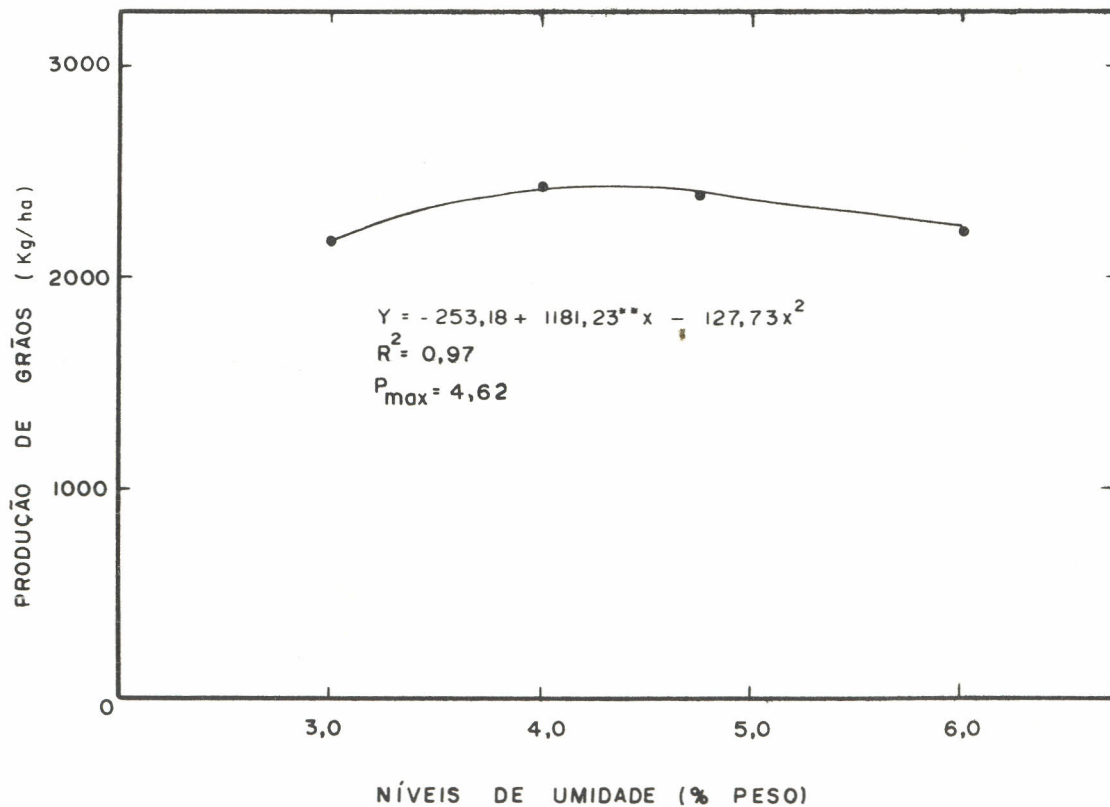


FIGURA 1. Produção de grãos de milho em função do nível de umidade no solo (% peso).

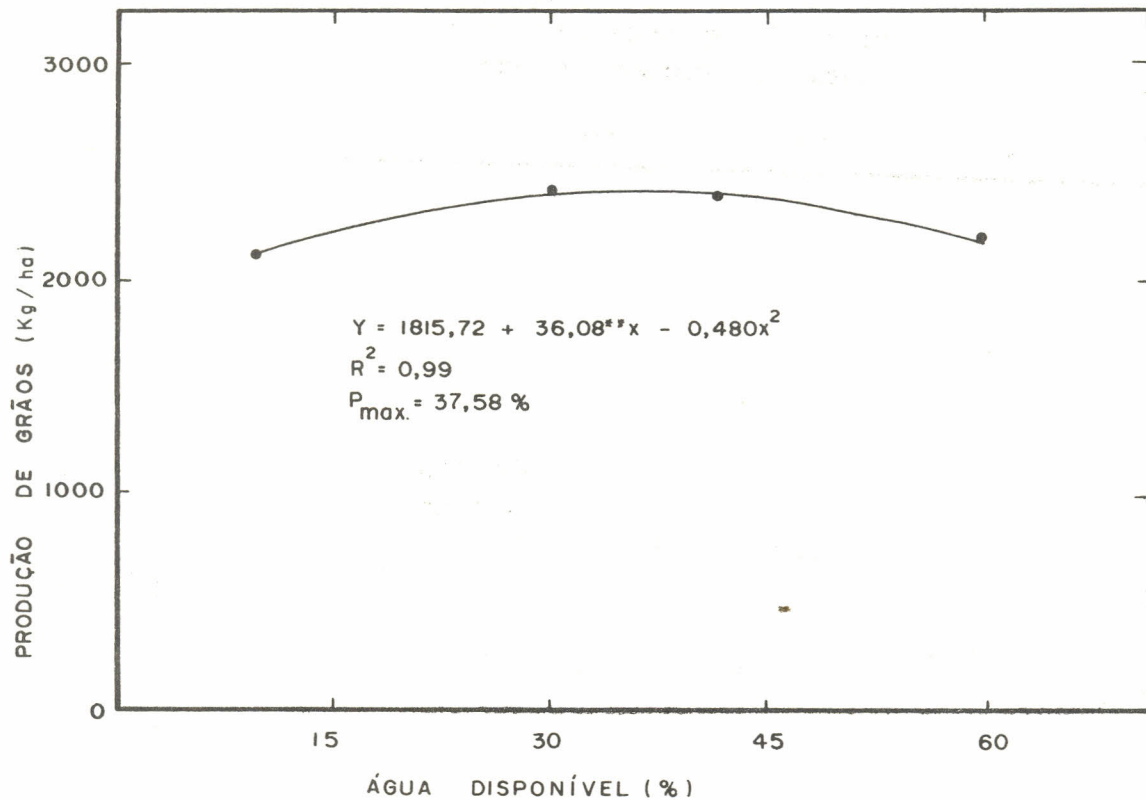


FIGURA 2. Produção de grãos de milho em função da água disponível no solo (%)

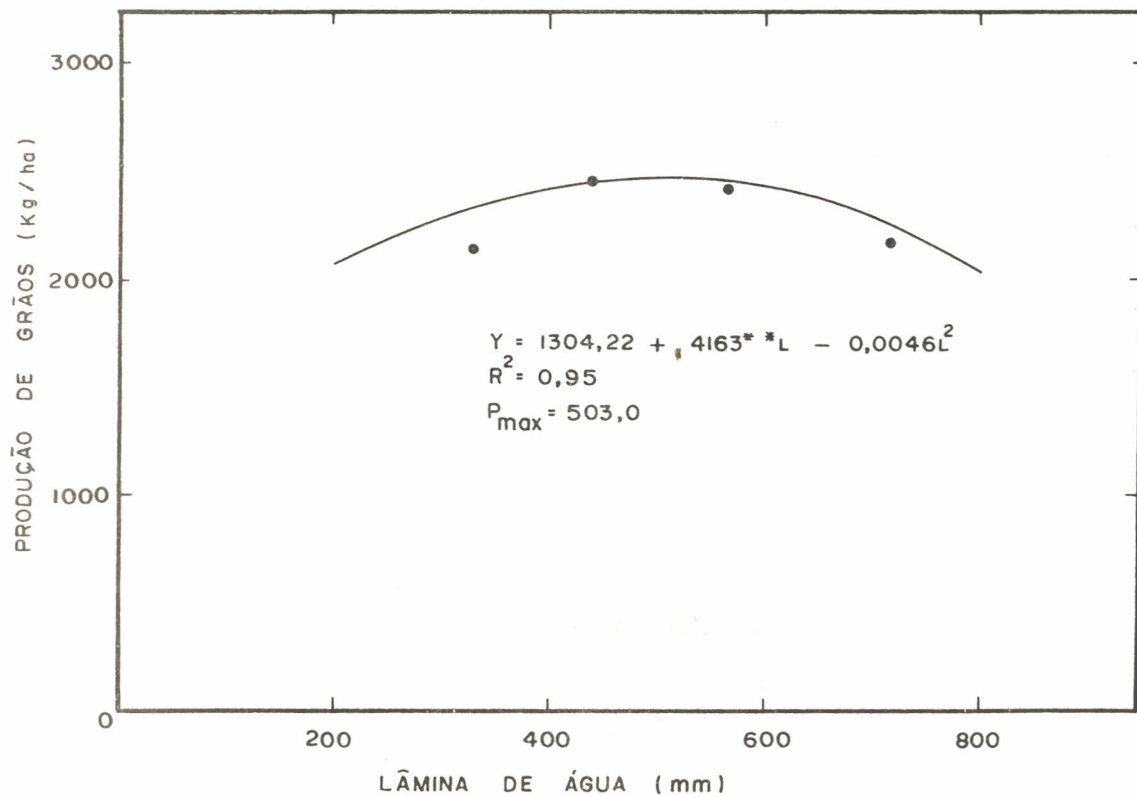


FIGURA 3. Produção de grãos de milho em função da lâmina total de água aplicada (mm).

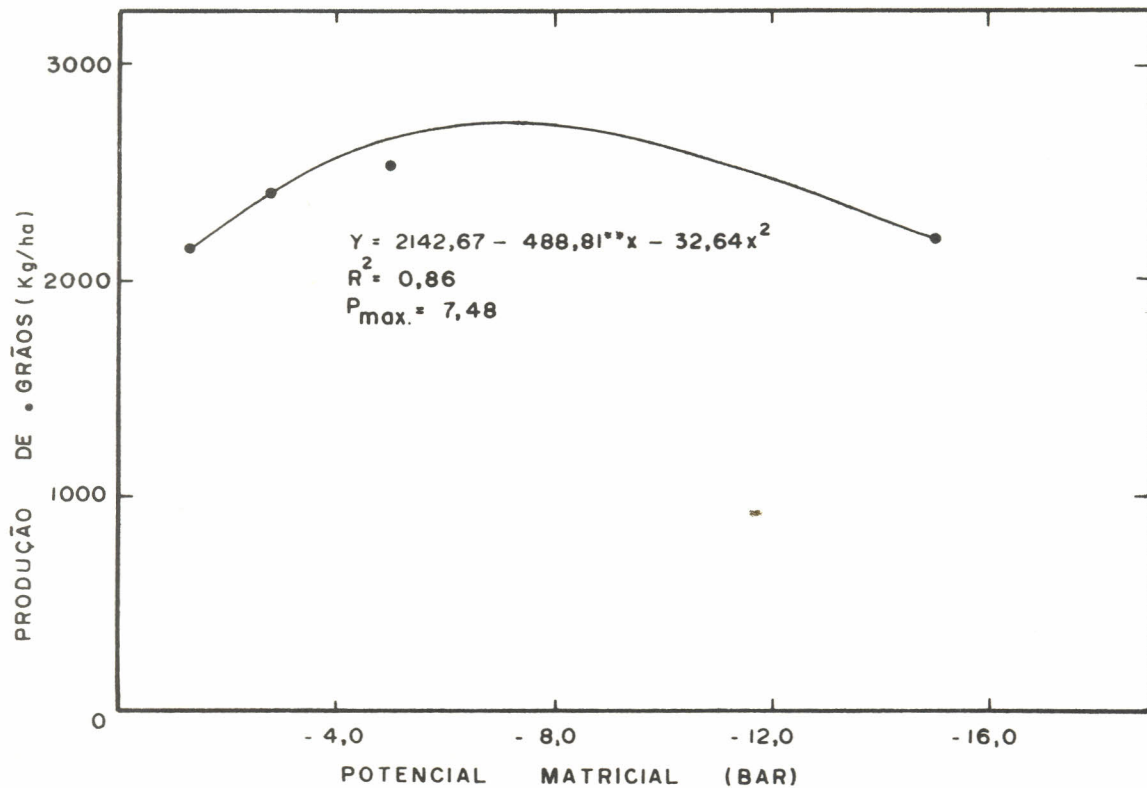


FIGURA 4. Produção de grãos de milho em função do potencial matricial de água no solo.

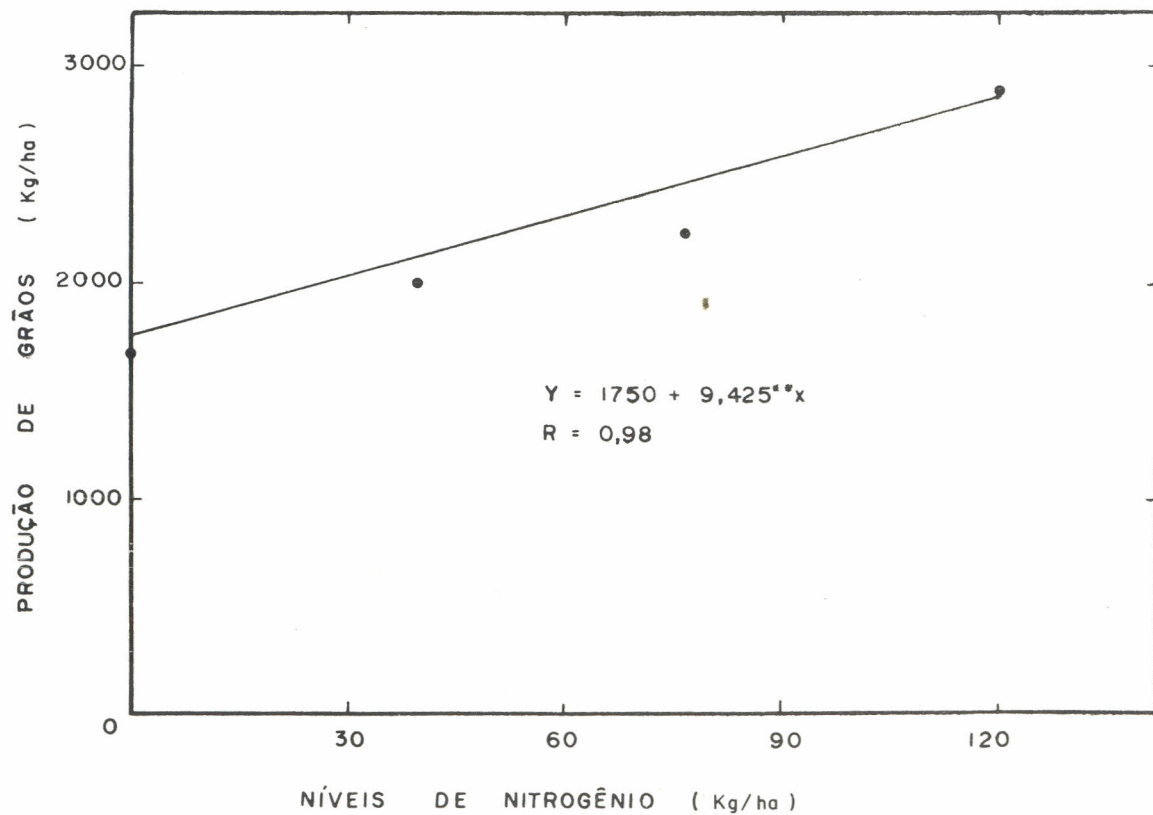


FIGURA 5. Produção de grãos de milho em função do nível de nitrogênio.

A equação de regressão ajustada para os dados de produção e níveis de nitrogênio, indica que a aplicação de nitrogênio causou aumento linear na produção de grãos (Figura 5).

As análises de variâncias para os componentes de produção, altura média de planta, comprimento médio de panícula, peso médio de panícula e peso médio de talo por panícula, indicaram que não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, quanto a lâminas totais de água aplicada, níveis de nitrogênio e interação entre estes fatores.

CONCLUSÕES

O regime de irrigação caracterizado em termos de aplicação de água, teor de umidade de solo, água disponível no solo e potencial matricial de água no solo, aumentou a produção de grãos, de acordo com a relação quadrática entre as variáveis com a produção, atingindo um máximo para 503,3 mm de água aplicada, 4,62% de umidade peso seco, 37% de água disponível no solo e -7,48 bar de potencial matricial.

Para os componentes de produção, altura média de plantas, comprimento médio de panícula, peso médio de grãos por panícula e peso médio de talo por panícula, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para diferentes regimes de irrigação e aplicações de nitrogênio, a eficiência de uso de água variou de 0,231 a 0,770 kg/m³. Observou-se que a eficiência foi maior no tratamento que se aplicou 120 kg/ha de nitrogênio e 330 mm de água, e que o mesmo foi superior a 40%, 18% e 8% a dos tratamentos com aplicações de 0,40 e 80 kg/ha de nitrogênio.

O milho é uma cultura resistente ao déficit hídrico. As produções de grãos não são expressivamente diferentes entre os níveis de -0,3 e -15 bar de potencial matricial.

REFERÊNCIAS

- CHOUHDURY, E.N. & MILLAR, A.A. **Características de retenção e movimento de água de dois oxissols irrigados.** Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1979. 29p. (Trabalho apresentado no 17º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Manaus, AM., 1979)
- HARGREAVES, G.H. **Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil.** Logan, Utah State University, 1974. 6p. il.
- LIRA, M. de A.; FARIAS, M.A.; FERRAZ, L. & ARAUJO, M.R.A. de. **Experimento de espaçamento com o milheto granífero.** Recife, IPA, 1976. 8p. (IPA. Relatório Parcial do Programa de Sorgo e Milheto, 25/75).
- MILLAR, A.A. **Uso de alguns métodos e resultados de pesquisas de irrigação em programas de pesquisas para as áreas de sequeiro.** Petrolina, PE. EMBRAPA/CPATSA, s.d. 23p.
- RACHIE, K.O. **The millets; importance, utilization and outlook.** Hyderabad, India, ICRISAT, 1975. 63p.
- USAID, Washington, EUA. **Improving farm production in tropical and sub-tropical regions of limited rainfall.** s.l., 1971. 25p. (Agriculture Technology for Developing Countries, Tech-Bull., 4)
- WALKER, M.E.; MARCHANT, W.H. & ETHREDGE, W.J. Effects of soil pH on forage yield, and chemical composition of sorghum and millet. **Agronomy Journal**, 67(2):191-93, 1975.

**INFLUÊNCIA DO TEOR DE UMIDADE NO SOLO
E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA
NO RENDIMENTO DE GRÃOS DO FEIJÃO¹**

Moacir Alves da Silva²
Agustín A. Millar³

INTRODUÇÃO

Dos fatores complementares da produção, a água é o que limita a produtividade das culturas com maior frequência, de modo que o controle de umidade do solo é critério preponderante para o êxito da agricultura sob regime de irrigação.

Existem informações na literatura que demonstram que a produção do feijão depende do nível de umidade do solo (Bernardo et al. 1970; Bierhuizen e De Vos 1959; Magalhães & Millar 1977). Assim, Bernardo et al. verificaram uma diminuição na produção do feijão, quando o potencial matricial de água no solo variou de -0,3 a 14 bar. Por outro lado, Crandall et al. (1967) concluíram que, quando o conteúdo de água disponível no solo é mantido de 50% (0,5 bar), há um aumento na produção do feijoeiro e uma considerável melhoria na qualidade dos grãos. O efeito da umidade sobre a produção, é mais marcante durante o início da floração, a plena floração (Magalhães et al. 1978; Kattan & Fleming 1956 e Robin & Domingo 1956).

Tem-se evidenciado resposta significativa na produção do feijoeiro, à adubação nitrogenada (Paiva et al. 1973).

¹ Contribuição do Convênio EMBRAPA/CPATSA/CODEVASF.

² Eng^o Agr^o, M.S., Especialista em Irrigação, Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA, Caixa Postal, 23, Petrolina, PE.

³ Eng^o Agr^o, Ph.D., Especialista em Tecnologia de Irrigação do IICA, Convênio IICA/CODEVASF, Departamento Técnico, CODEVASF, Brasília, DF.

Contudo, não existem estudos detalhados sobre o efeito combinado da umidade e/ou potencial matricial de água no solo e adubação nitrogenada. Carolus & Schleusener (1970) verificaram que houve tendência de decréscimo de produção, com aumento da irrigação e elevado nível de adubação. Nos trabalhos de Horner & Mostehedi (1970), os rendimentos em condições de alto e médio níveis de umidade foram estatisticamente iguais, não sendo significativo o efeito do nitrogênio.

O presente trabalho teve como objetivos, verificar a influência do teor de água no solo, do potencial matricial de água no solo e da adubação nitrogenada no rendimento de grãos de feijão.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA). O clima da localidade é muito árido (Hargreaves 1974), com precipitação média anual de 350 mm a temperatura varia da máxima de 38°C a mínima de 12°C com média anual de 26,3°C; evaporação em torno de 1.800 a 2.000 mm; umidade relativa do ar baixa, ocorrendo o valor mais baixo no mês de novembro (57%) e o mais alto em março (67%). Durante o período experimental, foi observada uma temperatura média de 26,6°C, e uma umidade relativa do ar de 60%, com evaporação média do tanque classe A de 9,63 mm/dia.

O solo do Campo Experimental é classificado como a trossolo, Unidade 37 AA. A curva de retenção de água foi determinada utilizando-se o equipamento de prato e panela de pressão (Richards 1951) e é apresentada na Figura 1. A densidade global foi obtida com cilindros de volume conhecido (Blake 1965).

Foi utilizado o sistema de irrigação por aspersão em linha, "line source sprinkler irrigation", o qual consiste em colocar-se uma linha central de aspersores, introduzindo-se a variável fertilidade no sentido da linha de aspersores e a variável umidade é produzida pela diferente distribuição de água a partir do eixo dos aspersores

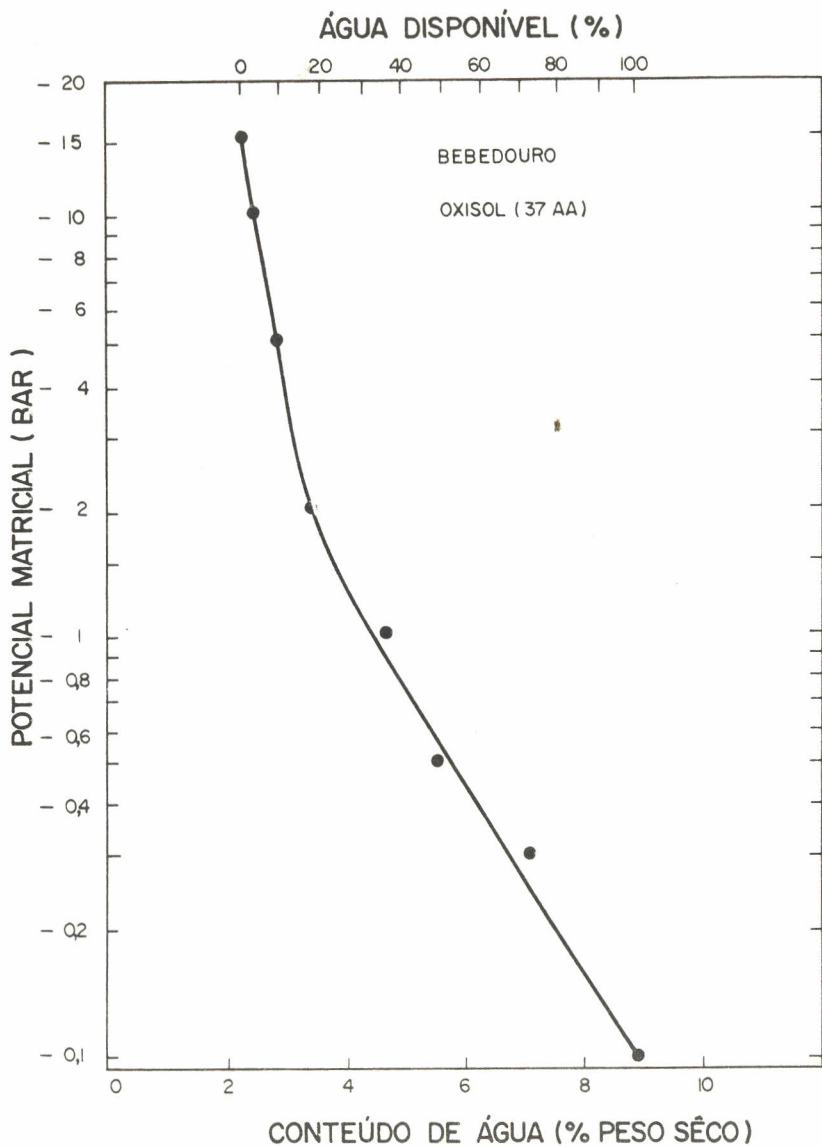


FIG. 1. Curva de retenção de água do oxisol (latossolo 37 AA).

(Hanks et al. 1976). O campo da cultura foi manejado continuamente sem separação entre as parcelas. O espaçamento entre aspersores foi de 6 m, o tamanho da parcela foi de 6 por 15 m e da subparcela de 6 por 1,5 m, estabelecidos em função do diâmetro molhado dos aspersores. Foram utilizados aspersores do tipo Rain Bird E-TNT 30 (3/16" x 3/32"), operados à pressão de serviço de 3 atm (45 PSI), fornecendo um diâmetro molhado de aproximadamente 30 m. Na Figura 2, temos um diagrama esquemático de um Bloco. Maiores antecedentes do sistema são discutidos por Silva et al. (1978).

O delineamento do experimento foi em blocos casualizados, com arranjo em faixas, com quatro repetições. Os tratamentos constaram da combinação de cinco níveis de umidade e quatro de nitrogênio. As parcelas receberam as doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg/ha de N), enquanto nas subparcelas foram estabelecidas os níveis de umidade (U_1 , U_2 , U_3 , U_4 e U_5).

O preparo do solo foi realizado no dia 14.07.77 e constou de aração, gradagem e destorroamento por meio de "pranchão". Usou-se uma adubação básica de 80 kg/ha de P_2O_5 e 20 kg/ha de K_2O , tendo como fontes o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. Todo o fósforo, potássio e 1/3 do nitrogênio foram aplicados por ocasião do plantio. O restante do nitrogênio (2/3), foi aplicado parceladamente, 30 e 45 dias após.

O plantio foi realizado utilizando-se plantadeira manual. O espaçamento usado foi 1,50 m entre fileiras e 0,40 m entre covas, deixando-se duas plantas por cova, dando uma população de aproximadamente 33.000 plantas por hectare. Foi utilizado o feijão Macassar (*Vigna unguiculata* L. (Walp), variedade "Pitiuba").

Foram realizadas irrigações preliminares de forma uniforme em toda a área experimental para facilitar a emergência e desenvolvimento inicial das plântulas, tendo sido utilizado um conjunto de aspersão, com aspersores espaçados 12 x 12 m.

Quando as plantas atingiram uma altura de aproximadamente 15 cm, as irrigações passaram a ser controladas no tratamento N_2U_2 (terço médio de parcelas), tomado como

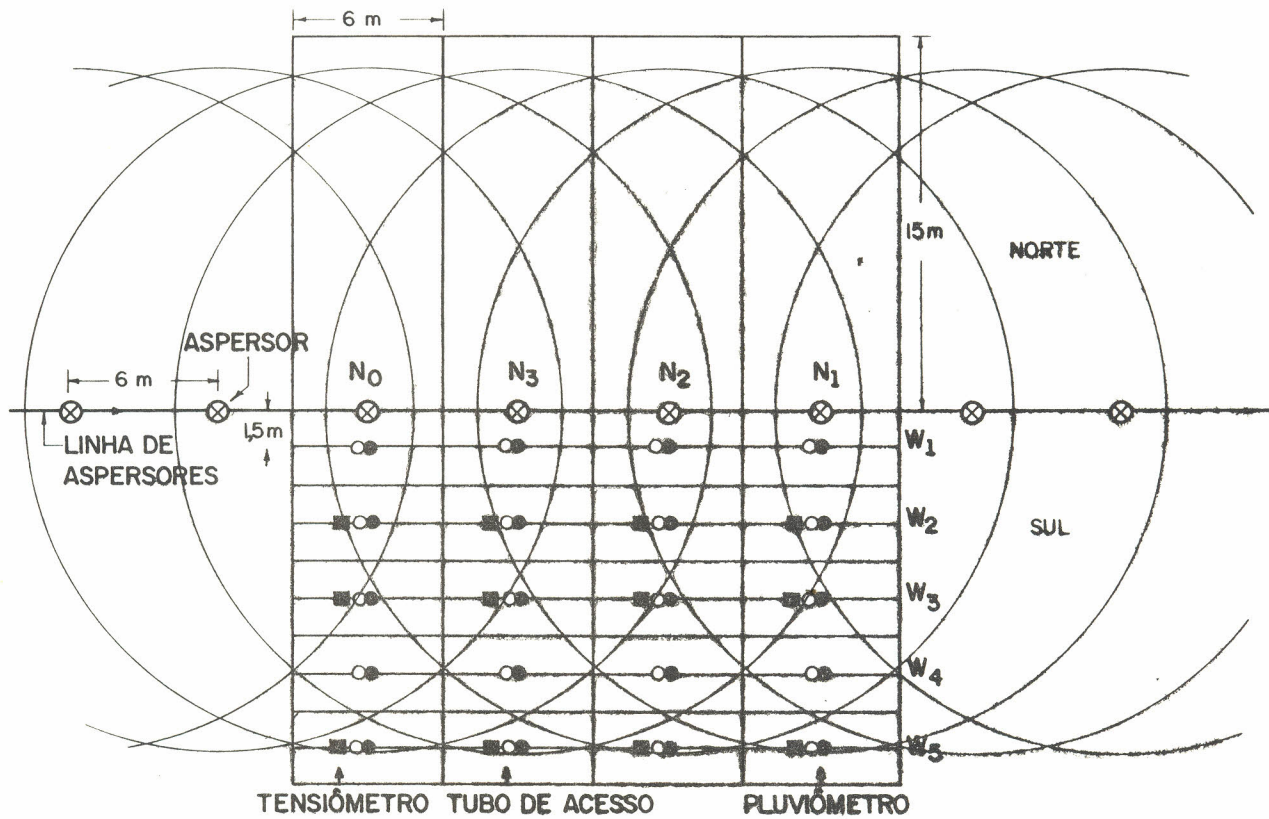


FIG. 2. Diagrama esquemático de um bloco.

"ponto de controle" foram efetuadas quando o teor de umidade do solo atingiu 5,5% ou potencial matricial de -0,5 bar. Para controle da umidade e definição do momento de irrigar, foi utilizada a sonda de nêutrons modelo 1257 SN 445.

A lâmina de irrigação no "ponto de controle", foi estabelecida por meio da seguinte equação:

$$L = \frac{CC - Ps}{10} \times Dg \times Pr.$$

onde L é a lâmina de água (mm); CC é a capacidade de campo (% de peso); Ps é o teor de umidade do solo no momento da irrigação (5,5% de peso); Dg é a densidade global (g/cm^3) e Pr a profundidade efetiva do sistema radicular (cm). Para determinação do nível de umidade e potencial matricial, foram instalados tubos de acesso e tensiômetros sensíveis em duas repetições de cada unidade experimental.

Para estudar os efeitos de níveis de umidade e a adubação nitrogenada sobre a produção de grãos de feijão e seus componentes, foram feitas determinações do rendimento de grãos, do número médio de vagens por planta, do número médio de grãos por vagem e peso médio de 100 grãos. Realizaram-se duas colheitas e as produções expressas em kg/ha, a 13% de umidade padrão de armazenamento. O teor de umidade foi determinado em estufa entre 105 a 110°C, para todos os tratamentos. O número médio de vagens por planta foi obtido do total de plantas da unidade experimental; entretanto, o número médio de grãos por vagem foi determinado em 50 vagens por colheita, tomadas ao acaso em cada unidade experimental. O peso médio de 100 grãos foi determinado a partir de três amostras tomadas ao acaso com umidade padronizada, em cada unidade experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1., são apresentadas as produções médias de grãos de feijão para diferentes níveis de umidade e potencial matricial em função dos níveis de nitrogênio. Após a análise de variância, verificou-se diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para teor

de umidade, níveis de nitrogênio e interação. Com o dobramento da interação, verificou-se diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para níveis de umidade dentro dos níveis de nitrogênio 80 e 120 kg/ha (N₂ e N₃), não havendo, portanto, diferença significativa para níveis dentro dos níveis de nitrogênio de 0 e 40 kg/ha. Nas Figuras 3 e 4, são apresentadas graficamente as equações de regressão ajustadas para os dados de produção de grãos em função dos níveis de umidade e potencial matricial, para os dois níveis de nitrogênio que diferiram significativamente, com os respectivos coeficientes de determinação. Verificou-se que o potencial matricial de água no solo diminuiu linearmente a produção de grãos nos níveis de 80 a 120 kg de nitrogênio por hectare, com resultados similares obtidos por Bernardo et al. (1970) e Magalhães & Millar (1978). Entretanto, para os níveis de umidade, a produção aumentou graças a uma relação quadrática nos níveis de 80 e 120 kg de nitrogênio por hectare e as produções atingiram um máximo para 5,29 e 5,2% de umidade de peso seco, respectivamente. Resultados similares foram obtidos por Bernardo et al. (1970); Bierhuizen & De Vos (1959); Magalhães & Millar (1977) e Crandall et al. (1967). Para o componente de produção número médio de vagens por planta, após a análise de variância, constatou-se que houve diferença significativa ao nível de probabilidade para níveis de umidade, potencial matricial de água no solo e níveis de nitrogênio, não havendo significância para a interação entre estes fatores. As equações de regressão, ajustadas para número médio de vagens por planta, para diferentes níveis de umidade e doses de nitrogênio, são mostradas na Figura 5. Verificou-se que o número de vagens por plantas aumentou graças a uma relação quadrática entre as variáveis, atingindo um máximo para 5,46% de umidade peso seco.

Na Figura 6, está representada graficamente a equação de regressão ajustada para número médio de vagens por planta em função do potencial matricial de água no solo. Observou-se que o número de vagens por planta foi reduzido linearmente quando o potencial matricial variou de

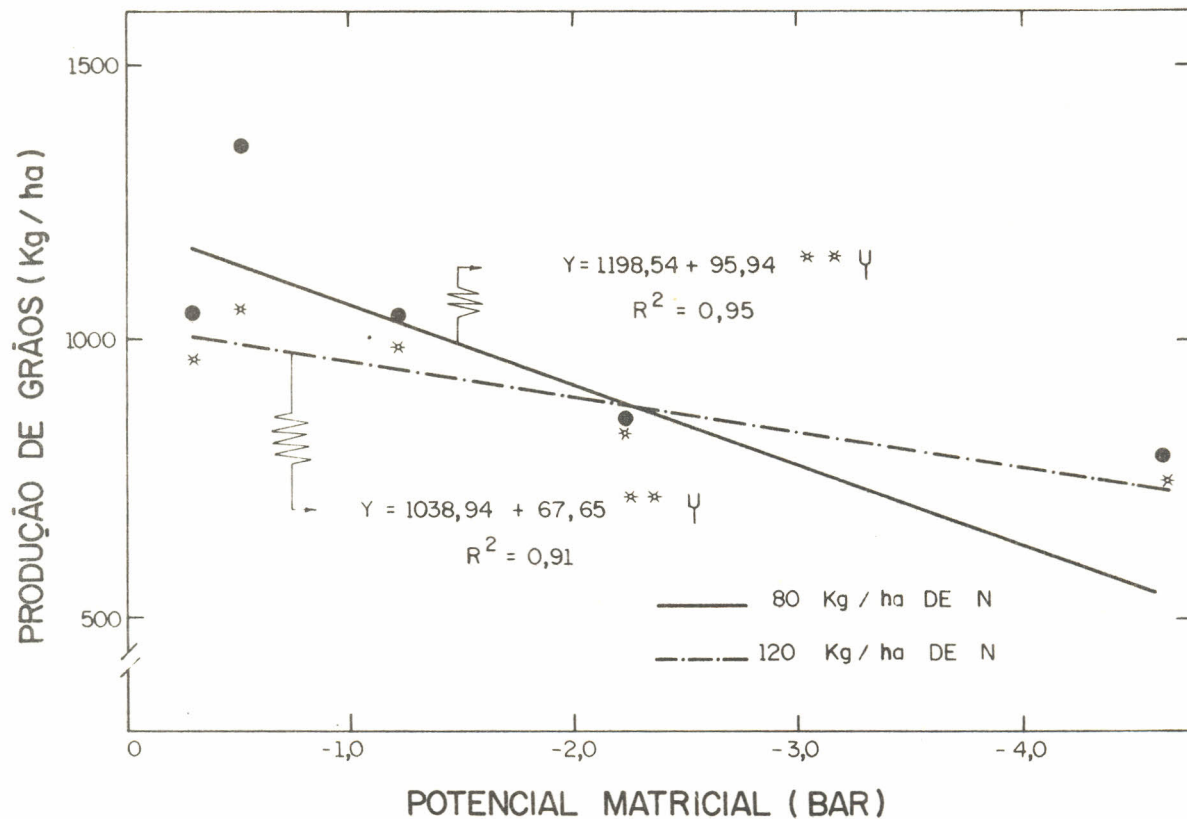


FIG. 3. Produção de grãos de feijão, em função do potencial matricial de água do solo.

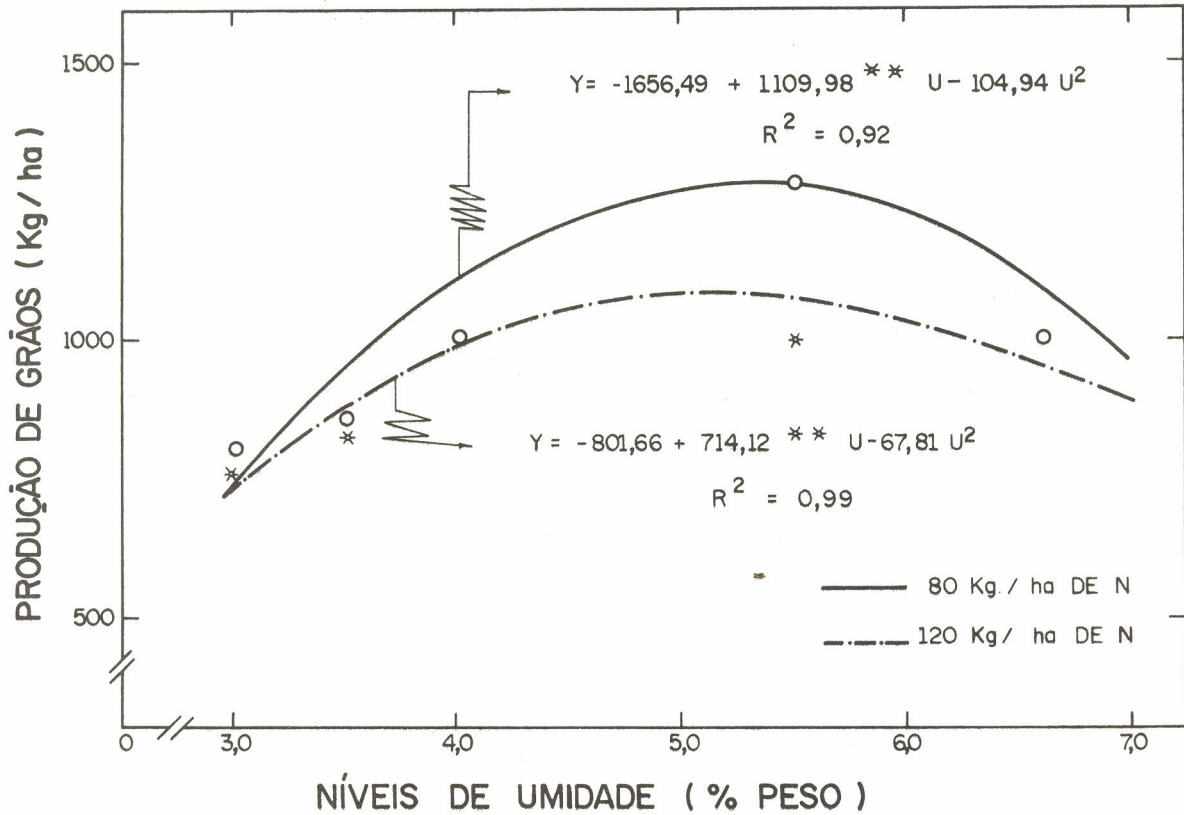


FIG. 4. Produção de grãos de feijão, em função dos níveis de umidade.

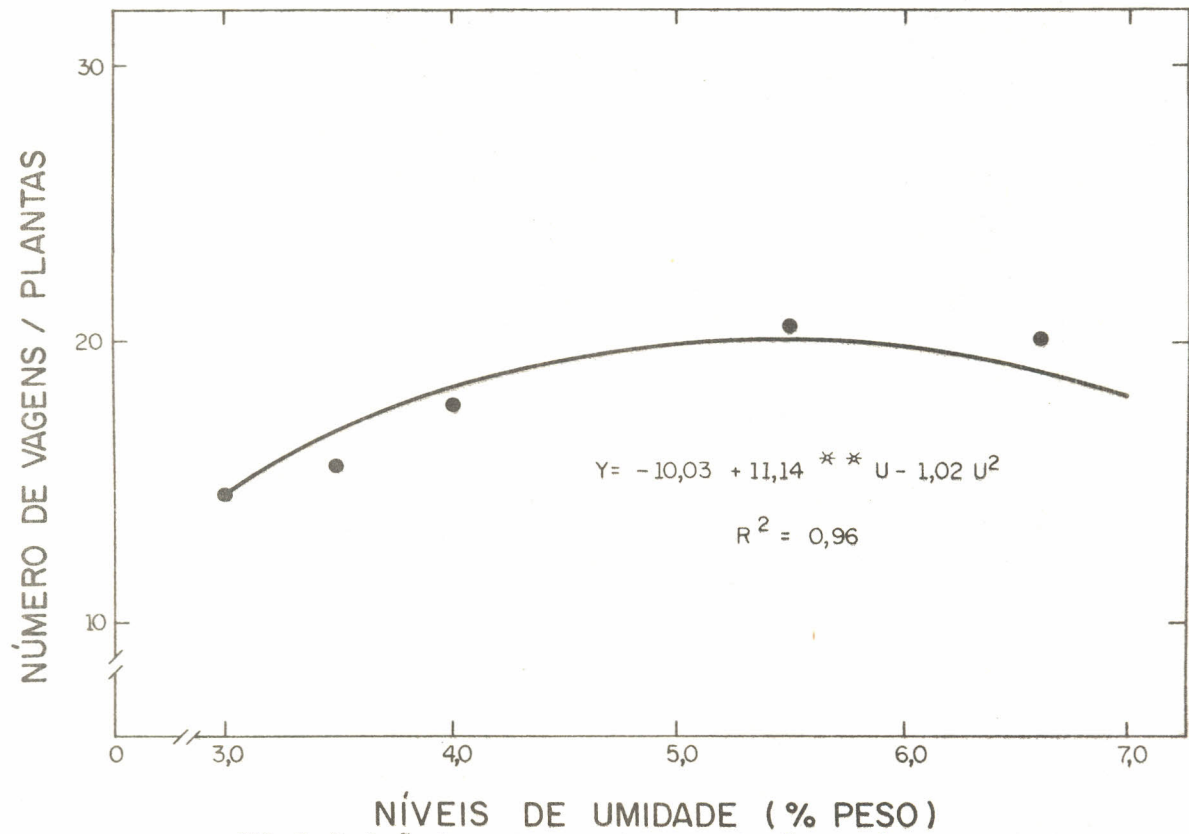


FIG. 5. Produção de vagens, por planta, em função dos níveis de umidade.

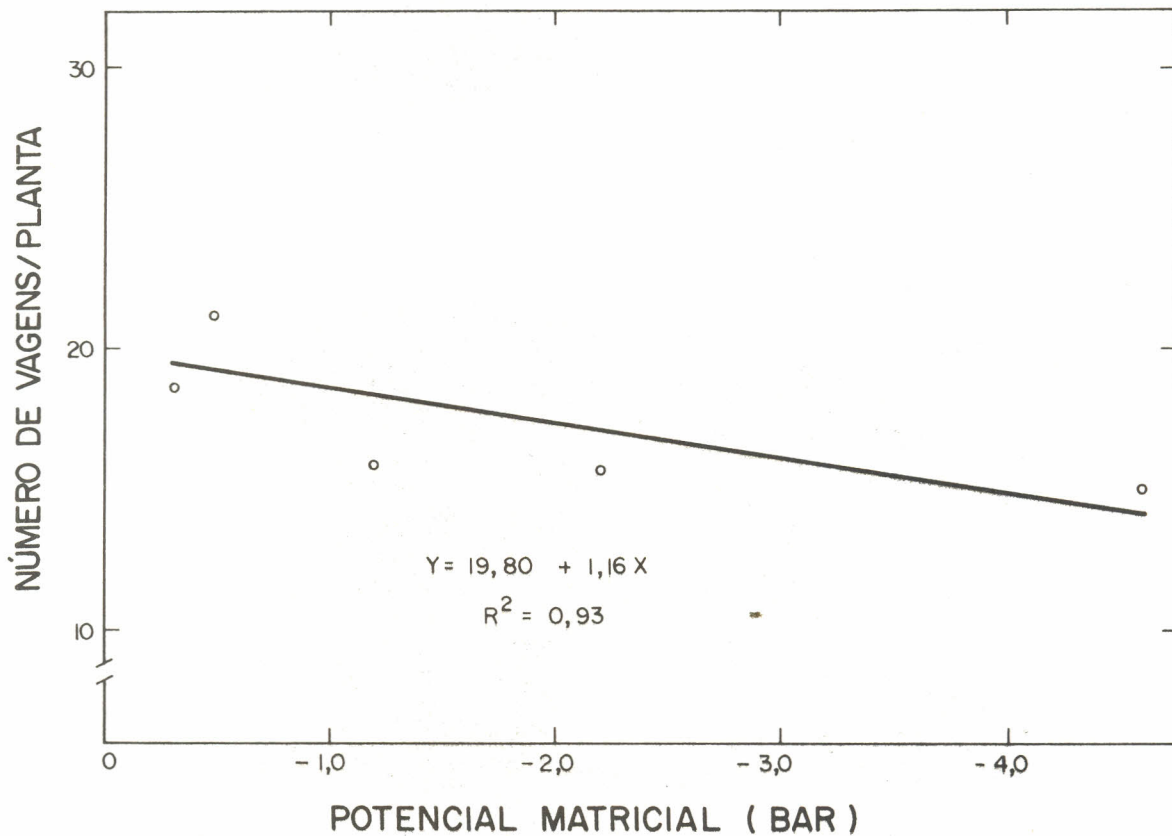


FIG. 6. Produção de vagens, por planta, em função do potencial matricial de água do solo.

-0,3 a -4,6 bar. A equação de regressão ajustada para número médio de vagens por planta em função dos níveis de nitrogênio, encontra-se representada, graficamente, na Figura 7. Verificou-se que houve um aumento no rendimento de vagens, graças a uma relação quadrática entre as variáveis e que o número de vagens atingiu um máximo de 82,5 kg/ha de nitrogênio. As análises de variância dos dados de número médio de grãos por vagem e peso médio de 100 grãos, indicaram que não houve diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, para níveis de nitrogênio, níveis de umidade, potencial matricial de água no solo e interação entre estes fatores.

TABELA 1. Produções médias de grãos de Caupi, em kg/ha para diferentes níveis de umidade, potencial matricial de água no solo e níveis de nitrogênio.

Tensão de Umidade (bar)	Umidade (peso)	Níveis de Nitrogênio (kg/ha)			
		0	40	80	120
- 0,3	6,6	621,4	747,0	1055,1	958,6
- 0,5	5,5	695,5	823,6	1376,3	1070,1
- 1,2	4,0	646,6	759,0	1042,1	991,6
- 2,2	3,5	589,5	748,9	865,8	840,1
- 4,6	3,0	546,2	702,0	809,1	739,9

C.V. = 8,23

CONCLUSÕES

Verificou-se que o teor de umidade do solo aumentou o rendimento de grãos de feijão, graças a uma relação quadrática entre as variáveis, para os dois níveis de nitrogênio que diferiram significativamente e que as produções atingiram um máximo de 5,3 e 5,2% de umidade peso seco, respectivamente.

Para potencial matricial de água no solo, observou-se que houve um decréscimo linear na produção de grãos dentro dos níveis de 80 e 120 kg/ha de nitrogênio.

Para o componente de produção número médio de vagens por planta, houve efeito quadrático para os níveis de

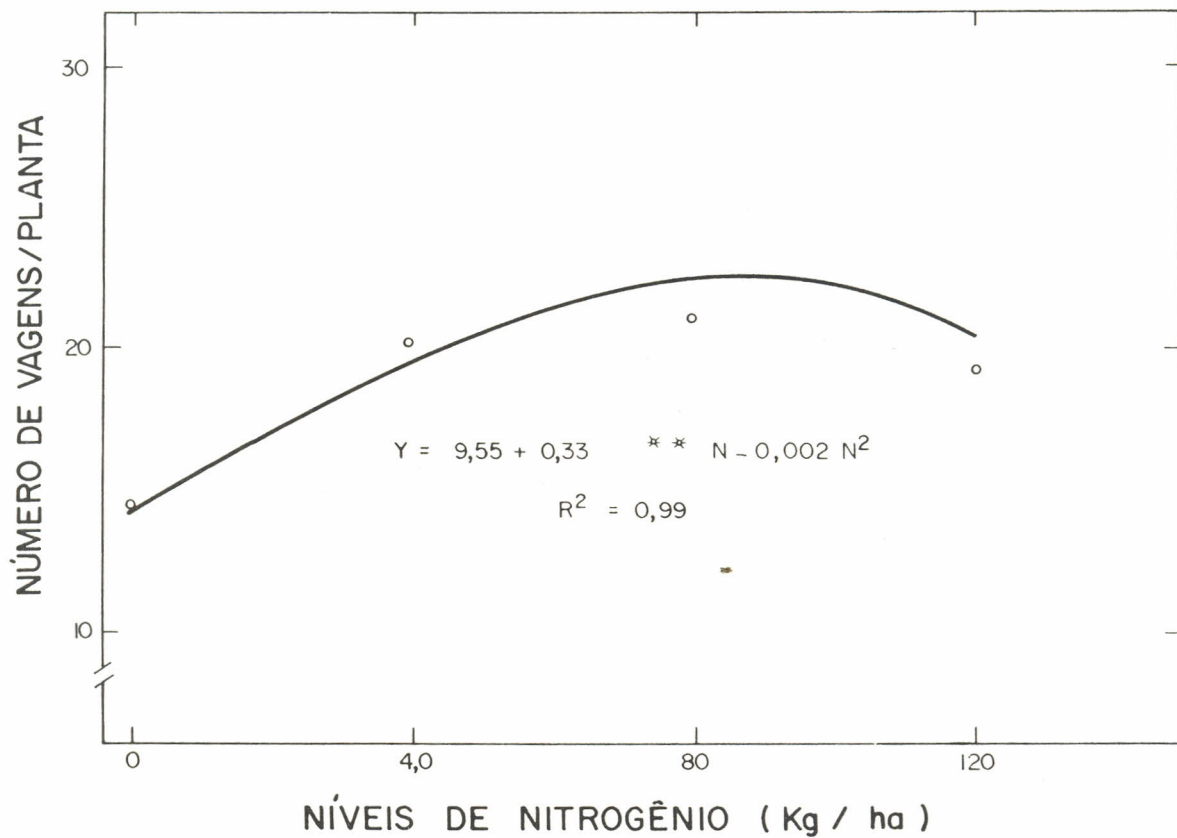


FIG. 7. Produção de vagens, por planta, em função dos níveis de nitrogênio.

nitrogênio e teor de umidade no solo e as produções va-
gens por planta, atingiram um máximo para 82,5 kg/ha de
nitrogênio e 5,5% de umidade peso seco. Verificou-se que
houve uma redução linear na produção de número médio de
vagens por planta, quando o potencial matricial de água
no solo, variou de -0,3 a -4,6 bar.

Para os componentes de produção número médio de grãos
por vagens e peso médio de 100 grãos, após a análise de
variância, verificou-se que não houve diferenças signifi-
cativas entre as variáveis nem interação entre os fato-

REFERÊNCIAS

- BERNARDO, S.; GALVÃO, J.D.; GUERINI, H. & CARVALHO, J.B.
de. Efeito dos níveis de água no solo sobre a produ-
ção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Seiva**,
30(71):7-13, 1970.
- BEIERHUIZEN, J.F. & DE VOS, N.M. The effect of soil
moisture on the growth and yield of vegetable crops.
Rep. Conf. Suppl. Irrig. Comm. VI Int. Soc. Soil Sci.,
Copenhagen, 83-92, 1959.
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.;
WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E. **Methods
of soil analysis**; Physical and mineralogical properties,
including statistics of measurement and sampling.
Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965.
v.1., cap. 30, p.374-90.(ASA. Agronomy, 9).
- CAROLUS, R.L. & SCHLEUSENER, P.E. Effect of irrigation on
the yield of snap beans, sweet corn and tomatoes as
influenced by certain cultural practices in 1949.
Quartely Bulletin, Michigan, **32:465-78**, 1970.
- HANKS, R.J.; KELLER, J. & BAUDER, J.W. **Line source sprin-
kler plot irrigator for continuous variable water and
fertilizer studies on small areas**. Logan, Utah State
University, 1974. 13p.
- _____.; _____.; RASMUSSEN, V.P. & WILSON, C.D. Line
source sprinkler for continuous variable irrigation-
-crop production studies. **Soil Science of America
Journal**, **40(3)426-9**, 1976.

- HARGREAVES, G.H. **Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil**. Logan, Utah State University, 1974. 6p. il.
- HILLEL, D.; KRENTOS, V.D. & STYLIANOU, Y. Procedure and test for measuring soil hydraulic characteristics "in situ". **Soil Science**, **114**(5):395-400, 1972.
- HORNER, G.M. & MOJTEHEDI, M. Yield of grain legumes as affected by irrigation and fertilizer regimes. **Agronomy Journal**, **62**(4):449-50, 1970.
- KATTAN, A.A. & FLEMING, J.S. Effect of irrigation at specific stages of development on yield, quality, growth and composition of snap beans. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, **68**:329-42, 1956.
- MAGALHÃES, A.A. de. & MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, DF., **13**(2):55-60, 1978.
- _____.; _____, & CHOUDHURY, E.N. **Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão**. s.n.t. 15p.
- MILLAR, A.A. & CHOUDHURY, E.N. Movimento de água em um oxisol irrigado. In: EMBRAPA/CPATSA. **Resumo de Atividades de Pesquisa**. Petrolina, PE., 1977. v.2, p.193-5.
- PAIVA, B.J.; BARRETO, D.P. & SOBRAL, C.A.M. Introdução de cultivares de feijão-de-corda (*Vigna sinensis*(L) Savi). In: CEARÁ, UNIVERSIDADE FEDERAL. Centro de Ciências Agrárias. **Relatório de Pesquisa 1975**. Fortaleza, CE., 1977. p. 1-21.
- _____.; FROTA, J.N.E. & ALVES, J.F. Adubação nitrogenada em feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L) Savi. In: CEARÁ. Universidade Federal. Centro de Ciências Agrárias. **Relatório de Pesquisa 1975**. Fortaleza, CE., 1977. p.1-21
- RICHARDS, L.A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science**, **68**:95-112, 1951.

ROBBINS, J.S. & HAISE, H.R. Determination consumptive use of water by irrigated crops in the Western United States **Soil Science Society of America Proceedings**, 25(2):150-4, 1961.