



## EFEITO DE TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO SOBRE O RENDIMENTO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO<sup>1</sup>

FRANCISCO ASSIS DE OLIVEIRA<sup>2</sup>, TARCÍSIO GOMES DA SILVA CAMPOS<sup>3</sup> e BERNARDETE CAMPOS OLIVEIRA<sup>4</sup>

**RESUMO** - Durante dois anos, 1990/91, em solo aluvial, no município de Sousa, PB, estudou-se, em condições de irrigação por sulco, o efeito das tensões de água no solo a 50, 100, 200, 300, 400 e 600 kPa, na profundidade de 20 cm, sobre o rendimento do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch), cv. CNPA-6H. Adotou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. Os resultados mostraram que houve efeito significativo dos tratamentos sobre a altura da planta, índice de área foliar e rendimento de algodão em rama, mas não houve efeito sobre os dados de precocidade. A tensão de 200 kPa mostrou-se como o melhor nível de água no solo para se efetuar as irrigações, uma vez que para as tensões superiores o rendimento foi significativamente reduzido. O efeito sobre o rendimento foi de natureza quadrática ( $R^2 = 0,893^{**}$ ), o que indica que o rendimento máximo seria atingido irrigando-se a cultura com 52% de esgotamento da água disponível no solo.

Termos para indexação: *Gossypium hirsutum*, água disponível, irrigação.

### EFFECT OF SOIL-WATER TENSION ON HERBACEOUS COTTON YIELD

**ABSTRACT** - A field experiment was conducted during two years, 1990/91, in an alluvial soil, in the State of Paraíba, Brazil, to study the effect of the levels of soil-water tension, 50, 100, 200, 300, 400 and 600 kPa, at 20 cm depth, on upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch, cv. CNPA-6H) yield. The experimental design was a complete randomized block with six treatments and four repetitions. There was an effect of the treatments on plant height, leaf area index and cotton yield, but the precocity index was not modified. Water should be applied when the soil-water tension, measured at 20 cm depth, reaches values around 200 kPa. There was a quadratic ( $R^2 = 0.893^{**}$ ) response of cotton yields to soil water tension, with the maximum when water was applied at 52% of soil water depletion.

Index terms: *Gossypium hirsutum*, available water, irrigation.

### INTRODUÇÃO

O Nordeste sempre se caracterizou como grande produtor de algodão. Nesta região se explorava principalmente a cotonicultura de sequeiro, representada em sua grande maioria pelo algodão arbóreo de fibra longa/extra longa. Porém, com o aparecimento, na região, do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus*

*grandis* Boheman), em 1983, o tradicional algodão arbóreo, considerado altamente resistente às irregularidades pluviométricas, chegou praticamente a ser dizimado (Moreira et al., 1989). Como consequência, houve um incremento na área cultivada com o algodoeiro herbáceo, que apesar de ser uma cultura considerada tolerante ao déficit de água no solo, é muito mais sensível do que o algodão arbóreo. Porém, a irregularidade pluviométrica, no Nordeste, é um dos fatores que mais tem limitado o rendimento da cultura (Aragão Júnior et al., 1988), sendo responsável por perdas de até 70% na produção e produtividade do algodoeiro (Magalhães et al., 1987). Essa situação tem contribuído para incrementar a área com a cotonicultura irrigada, na região.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 27 de novembro de 1998.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Dr., Prof. Adj., UFPB/CCA/DSER, CEP 58397-000 Areia, PB. Bolsista do CNPq. E-mail: chico@cca.ufpb.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPA). (In memoriam.)

<sup>4</sup> Bióloga, UEPP, Dep. de Biologia, CEP 58100-000 Campina Grande, PB.

Nos perímetros irrigados do Nordeste, o manejo inadequado da água de irrigação também tem contribuído para limitar o rendimento do algodoeiro (Embrapa, 1989), cuja irregularidade pode ser resultante das condições do déficit (Millar, 1976) ou do excesso de água no solo (Levin & Shmueli, 1964). Para um manejo eficiente da irrigação é necessário que se estabeleça o relacionamento entre as condições da disponibilidade de água no solo e a demanda da cultura, de forma a maximizar seu rendimento e minimizar os custos da produção. Através das curvas características de umidade no solo é possível estimar, aproximadamente, a água armazenada nas diversas camadas do perfil do solo, assim como a quantidade disponível para as culturas (Reichardt, 1987). Porém, a demanda ou consumo de água pelas plantas corresponde à evapotranspiração real, que é um processo dinâmico, varia com a disponibilidade da água no solo, as condições edafoclimáticas e o estágio de desenvolvimento das culturas (Breirsdorf & Mota, 1971).

A prática da irrigação depende, basicamente, da cultura, do clima e das características do solo. Portanto, o manejo da água em sistemas irrigados tem de levar em conta esses fatores. A demanda das culturas ou evapotranspiração, em geral, é estimada a partir de medidas diretas do teor de umidade no solo (Reichardt, 1987) ou por medidas indiretas, através de modelos matemáticos aplicados a parâmetros meteorológicos (Doorenbos & Pruitt, 1988). Nos perímetros irrigados do Nordeste, geralmente se usa o turno de rega preestabelecido ou os dados da evaporação do tanque Classe 'A' para monitorar as irrigações das culturas (Oliveira et al., 1997). Porém, o método baseado na tensão de água no solo tem-se mostrado bastante eficiente como indicativo do momento adequado para manejar as irrigações das culturas do sorgo (Stone et al., 1973), da soja (Arya et al., 1975), do milho (Espinoza, 1980), do trigo (Guerra et al., 1992), da cevada (Guerra, 1995) e do algodoeiro herbáceo (Oliveira et al., 1990).

A tensão com que a água se encontra retida no solo tem influência direta no desenvolvimento e rendimento das culturas. Segundo Millar (1976), pode-se obter aproximadamente 90, 80 e 70% do rendimento potencial máximo do algodoeiro, mane-

jando-se as irrigações quando as tensões da água no solo atingirem a 250, 750 e 970 kPa, respectivamente. Bielorai & Hopmans (1975), estudando as tensões médias da água no solo 35, 250 e 1.600 kPa, sobre o algodoeiro herbáceo, cv. Acala 15-17, constataram que o aumento na tensão da água no solo provocou redução significativa no rendimento da cultura. Bruce & Romkens (1965), usando as tensões de 30, 60, 120 e 240 kPa de água no solo, em vários estádios de desenvolvimento do algodoeiro, constataram que para um bom rendimento da cultura foi necessário manter a tensão de 240 kPa da água no solo até cerca de quatro semanas após o início da floração.

O trabalho objetivou estudar vários níveis de tensão da água no solo, como indicativo para o manejo das irrigações na cultura do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch).

## MATERIAL E MÉTODOS

Durante dois anos consecutivos, 1990/91, o trabalho foi conduzido no projeto de irrigação São Gonçalo, situado no município de Sousa, PB. O local do ensaio dista 1 km sul do ponto das coordenadas geográficas: 6°50' de latitude Sul, 38°19' de longitude a Oeste de Greenwich e altitude de 235 metros. A média mensal de algumas características climáticas, no período em que a pesquisa foi conduzida, encontra-se na Tabela 1. A região é caracterizada por dois períodos bem distintos: um, chuvoso, que vai de janeiro a junho, quando ocorre mais de 90% (720 mm) da precipitação pluvial anual, e outro, período seco, de julho a dezembro, com menos de 10% da água precipitada.

Durante o período seco do ano, julho/dezembro, o ensaio foi conduzido em área de solo aluvial, classificado segundo sua granulometria como areia franca, apresentando nos 60 cm superficiais do perfil do solo, em média, 790 g kg<sup>-1</sup> de areia, 150 g kg<sup>-1</sup> de silte, 60 g kg<sup>-1</sup> de argila, 13 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica, densidade global de 1,45 g cm<sup>-3</sup>, 22 mg dm<sup>-3</sup> de P disponível (Mehlich), 1,43 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K disponível (Mehlich) e 62,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca + Mg. O preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens. De acordo com os resultados das análises de fertilidade do solo e das exigências da cultura, foi aplicada uma adubação anual de manutenção, nos sulcos de semeadura, constituída por 40:40:30 kg ha<sup>-1</sup> de N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O, respectivamente, tendo como fontes o sulfato de amônio, superfosfato simples e o cloreto de potássio, e duas coberturas, com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N cada, aos 25 e 45 dias após a emergência.

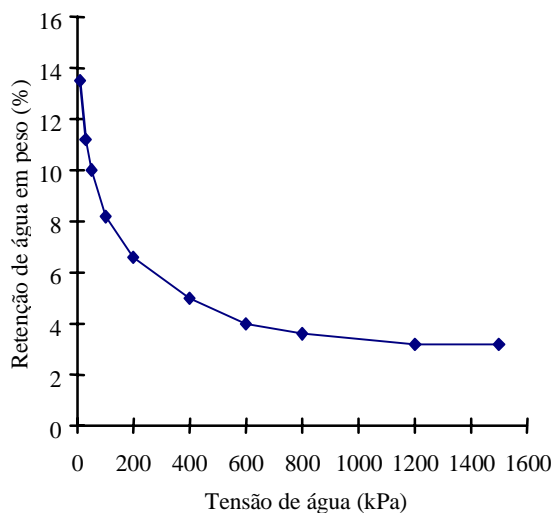
**TABELA 1. Características climáticas médias da Estação meteorológica do projeto de irrigação São Gonçalo, PB, durante o período experimental, 1990/91.**

Variável climática	Mês				
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Temperatura máxima (°C)	30,0	32,1	33,9	34,2	34,3
Temperatura mínima (°C)	19,1	19,5	20,8	21,8	22,4
Temperatura média(°C)	24,5	25,6	27,1	27,7	28,4
Evaporação do tanque (mm)	185,8	237,8	261,7	282,5	268,2
Velocidade do vento (m seg <sup>-1</sup> )	3,4	3,3	3,1	2,9	2,9
Umidade relativa do ar (%)	51,6	50,3	45,1	43,4	44,0
Precipitação (mm)	24,8	9,1	20,6	14,2	8,3
Evapotranspiração <sup>1</sup> (mm)	158,0	167,9	192,6	225,3	228,9

<sup>1</sup> Segundo Hargreaves (1974).

Os tratamentos foram definidos por seis tensões de água no solo, 50, 100, 200, 300, 400 e 600 kPa. Os potenciais matriciais do solo foram estimados a partir da curva característica de retenção de água do solo (Fig. 1). Usou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. A unidade experimental constou de uma parcela de 24 m<sup>2</sup> (4 fileiras espaçadas de 1 m x 6 m de comprimento), ficando como área útil, 8 m<sup>2</sup> da parte central da parcela, ou seja as duas fileiras centrais por 4 m de comprimento. Para permitir a irrigação individual de cada parcela, estas foram construídas com diques. E com a finalidade de evitar o movimento capilar da água no solo, entre os tratamentos, foi guardada uma distância de 5 m entre as parcelas.

O método de irrigação utilizado foi o superficial em sulcos. Para o controle da umidade no solo (tensão de água), em cada tratamento, foram instalados blocos de gesso, nas profundidades de 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm e 70 cm e as medidas da tensão de água no solo foram registradas em um medidor digital "Soilmoisture Meter", previamente calibrado para as condições locais do solo do ensaio. As irrigações foram efetuadas de acordo com o registro da tensão de água no solo na profundidade de 20 cm para cada tratamento. Nas mesmas profundidades em que foram instalados os blocos de gesso, foi também instalada uma bateria de tensiômetros (Irômetro), com a finalidade de registrar a redistribuição da água no perfil do solo no momento das irrigações. Como água disponível no solo para a cultura, considerou-se a água retida entre as tensões 30 kPa e 1.500 kPa, respectivamente, capacidade de campo e ponto de murcha permanente. Por ocasião das irrigações, em cada tratamento, aplicou-se água, em quantidade não mensurada, mas o suficiente para elevar o teor de umidade no solo a capacidade de campo, cujo controle era feito através de leituras nos tensiômetros instalados no perfil do solo.

**FIG. 1. Curva característica de retenção de umidade no solo.**

Usou-se o algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch), cultivar CNPA-6H, com espaçamento de 1 m entre fileiras, e deixando-se após o desbaste, em média, cinco plantas por metro. Efetuou-se a semeadura na borda do sulco, em 12.7.90 e 24.7.91 e a emergência foi registrada em 21.7.90 e 31.7.91, com a 1ª e 2ª colheitas sendo processadas em cada ano aos 110 e 125 dias após a emergência, respectivamente. O ensaio do segundo ano apesar de ter sido conduzido na mesma área, não foi instalado exatamente no mesmo local do ensaio do ano anterior. Para o controle das plantas daninhas foram realizadas três capinas manuais, por ensaio/ano, e a cultura foi mantida livre do ataque de pragas por meio de pulverizações preventivas.

Para a análise do efeito dos tratamentos foram computados os dados referentes à altura da planta, área foliar, segundo Ashley et al. (1963), precocidade (relação entre o rendimento da 1ª colheita e o rendimento total) e produção total de algodão em rama (pluma + caroço). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados de produção versus umidade disponível no solo foram submetidos a análise de regressão polinomial.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância revelou efeito altamente significativo das tensões da água no solo sobre a altura de planta, o índice de área foliar (IAF) e a produção de algodão em rama (Tabelas 2 e 3). Os resultados médios destas variáveis estão apresentados na Tabela 4.

O decréscimo do nível de água no solo até o tratamento 200 kPa não causou efeito sobre o crescimento da cultura, porém, a partir do tratamento 300 kPa, a altura de planta foi afetada significativamente pelo aumento das tensões de água no solo

(Tabela 4). Isto permite afirmar que a tensão de 300 kPa de água nos 20 cm do perfil do solo seja vista como limitante para o crescimento da cultura. Efeito da tensão da água no solo sobre o crescimento do algodoeiro também foi registrado por Bruce & Romkens (1965), quando estes pesquisadores obtiveram taxas de crescimento do algodão da ordem de 2,5 cm dia<sup>-1</sup> e 1,85 cm dia<sup>-1</sup>, com as tensões de 30 e 60 kPa, respectivamente. Para Doorenbos & Kassam (1994), irrigar o algodão quando a cultura consumir aproximadamente 70% da água disponível no solo (equivalente à tensão de água no solo de 300 kPa) geralmente detém o desenvolvimento vegetativo sem prejudicar o rendimento da cultura.

O IAF mostrou-se mais sensível ao déficit de água no solo do que a variável altura de planta, visto que foi significativamente reduzida a partir do tratamento de 200 kPa (Tabela 4). Certamente, com o aumento da tensão da água no solo é possível que, para manter o equilíbrio do sistema solo-água-planta-atmosfera (Reichardt, 1987), a planta tenha limitado o crescimento da área foliar, sua principal superfície transpirante. O trabalho de Bielorai & Hopmans (1975) também relaciona redução da área foliar do

**TABELA 2. Quadrado médio de altura de planta, índice de área foliar (IAF), precocidade e rendimento de algodão em rama. Sousa, PB, 1990/91.**

Causa da variação	GL	Quadrado médio			
		Altura	IAF	Precocidade	Rendimento
Repetição	3	92,5	1,1	61,0	2405,9
Tratamento	5	1091,0	16,8**	72,2	210125,6**
Efeito linear	1	----	----	----	9264530,8**
Efeito quadrado	1	----	----	----	1056385,7**
Resíduo	15	28,5	0,5	59,6	69539,1

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**TABELA 3. Variância da análise conjunta do rendimento de algodão, cultivar CNPA-6H, submetido a diferentes tensões de água no solo. Sousa, PB, 1990/91.**

Causa da variação	GL	SQ	QM	F
Tensão - T	5	23093112,5	4618622,5	28,74**
Ano - A	1	1097470,1	1097470,1	6,38*
Interação TxA	5	215692,4	43138,5	0,27
Repetição	3	144600,2	48200,0	0,30
Tratamento	11	24406275,0	2218752,3	13,81**
Resíduo	33	5301880,8	160663,1	

\* e \*\* Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 4. Resultados médios dos dois anos referentes as irrigações, altura de planta, índice de área foliar (IAF), precocidade e rendimento de algodão em rama, cv. CNPA-6H, em função de diferentes tensões de água no solo. Sousa, PB, 1990/1991<sup>1</sup>.**

Tensão de água (kPa)	Irrigação (N <sup>o</sup> )	Altura (cm)	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	Precocidade (%)	Produção (kg ha <sup>-1</sup> )		Análise conjunta (kg ha <sup>-1</sup> )
					1990	1991	
50	18,5	104,2a	8,9a	61	3587a	3975a	3782a
100	14,5	101,3a	8,1ab	67	3775a	4153a	3965a
200	11,0	98,6ab	6,8b	71	3837a	3922a	3880a
300	8,0	90,0b	5,2c	72	3091a	3588a	3339b
400	6,5	71,5c	4,7c	65	2224b	2469b	2347c
600	5,0	64,8c	3,4d	64	2202b	2425b	2314c
Média	10,6	88,4	6,2	66,9	3119,8B	3422,2A	3271
CV.(%)	---	4,9	10,8	11,5	10,6	12,4	12,2
Teste F	---	18,5**	41,9**	1,3	20,4**	13,3**	13,8**

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas na horizontal.

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

algodão com o aumento do estresse de água no solo. Ainda através da Tabela 4 é possível constatar que não houve efeito dos tratamentos sobre os dados de precocidade, o que mostra que o aumento da tensão da água no solo não concorre para reduzir o ciclo produtivo da cultura. Os resultados obtidos no presente estudo de certa forma concordam com Oliveira et al. (1997) quando estes pesquisadores, estudando quatro cultivares de algodoeiro herbáceo em condições irrigadas da região, constataram que nenhuma das cultivares testadas completaram seu ciclo produtivo até os 105 dias.

Para a análise dentro de ano, é possível constatar que houve redução significativa sobre os resultados de produção da cultura em 1990 e 1991, somente a partir da tensão de 400 kPa da água no solo (Tabela 4). Porém, ainda na referida tabela, quando se interpretam os resultados obtidos através da análise conjunta, observa-se que além do efeito de anos houve maior sensibilidade das plantas às tensões de água no solo, haja vista que já a partir da tensão de 300 kPa o rendimento da cultura passou a ser significativamente reduzido. O efeito decorrente dos anos de observação, entre outros fatores, talvez esteja relacionado com a variação no espaço, já que os ensaios, apesar de terem sido conduzidos na mesma área, não foram repetidos exatamente no mesmo local. Os

resultados permitem afirmar que a realização das irrigações, quando a tensão da água nos 20 cm do perfil do solo atingir 200 kPa, não causa redução no rendimento da cultura. Isto equivale a dizer que a cultura suporta um esgotamento de água disponível no solo de aproximadamente 52%, sem causar efeito sobre sua estrutura produtiva. Os resultados do presente estudo, de certa forma concordam com Doorenbos & Pruitt (1975), quando estes pesquisadores afirmaram que o rendimento máximo do algodoeiro é obtido quando a tensão de água no solo varia entre 100 e 300 kPa. Divergem, no entanto, de Doorenbos & Kassam (1994), Amemiya et al. (1963) e Oliveira (1980), que consideram 70%, 80% e 90% de esgotamento da água disponível no solo, respectivamente, como bons indicadores para realizar as irrigações na cultura do algodoeiro herbáceo. Porém, deve-se considerar que a profundidade do solo usada no presente trabalho não foi a mesma adotada pelos autores acima referenciados.

Ainda, com relação aos dados da análise conjunta, foi constatado que até a tensão de 200 kPa de água no solo a cultura atingiu o patamar de rendimento máximo, não havendo, portanto, diferença significativa entre os tratamentos 50, 100 e 200 kPa (Tabela 4). Porém, na referida tabela, observa-se que entre os tratamentos 50 e 200 kPa, o número de irriga-



ções foi reduzido de 18,5 para 11 irrigações, portanto um decréscimo da ordem de 41%, o que é um referencial bastante expressivo, haja vista que a quantidade de irrigações aplicadas à cultura é um dos fatores que mais onera os custos da agricultura irrigada. Os dados obtidos no presente trabalho concordam com Oliveira & Campos (1997) quando, na mesma região, não encontraram diferença no rendimento de quatro cultivares de algodoeiro herbáceo entre os números médios de 12,6 e 17,3 irrigações.

Cada tensão de água no solo, usada no ensaio, possuía seu correspondente em termos de água disponível. Assim sendo, os resultados do rendimento da cultura em função dos níveis de água disponível, submetidos à análise de regressão polinomial, se ajustaram significativamente a uma função do 2º grau, representada por,  $Y = 2579,5 + 74,4X - 0,71X^2$ , com coeficiente de determinação,  $R^2 = 0,893^{**}$ , onde Y representa o rendimento em  $kg\ ha^{-1}$ , e X, o esgotamento da água disponível no solo em %. De acordo com a referida equação, o rendimento máximo da cultura seria atingido manejando as irrigações com 52% de esgotamento da água disponível no solo, ou seja, irrigar a cultura quando nos 20 cm do perfil do solo o teor de umidade atingir 48% da água disponível.

### CONCLUSÕES

1. A água retida a 20 cm de profundidade, a uma tensão de 200 kPa, é um bom indicativo do momento correto para iniciar as irrigações na cultura do algodoeiro herbáceo; nestas condições há redução na altura de planta e no índice de área foliar, sem redução na produtividade.

2. O rendimento máximo do algodoeiro herbáceo é atingido aplicando-se as irrigações quando, na profundidade de 20 cm do solo, o teor de água disponível atinge 48%.

3. O aumento da tensão de água no solo não antecipa o ciclo produtivo da cultura do algodoeiro herbáceo cv. CNPA-6H.

### REFERÊNCIAS

- AMEMIYA, M.; NAMKEN, L.N.; GERARD, C.J. Soil water depletion by irrigated cotton influenced by water regime an stage of plant development. *Agronomy Journal*, Madison, v.55, n.4, p.376-379, 1963.
- ARAGÃO JÚNIOR, T.C.; MAGALHÃES, C.A. de; SANTOS, C.S.V. dos. Estudos de lâminas de irrigação na cultura do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*, L.r. *latifolium* Hutch). In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., 1988, Florianópolis. *Anais*. Florianópolis: ABID, 1988. p.107-116.
- ARYA, L.M.; BLEKE, G.R.; FARREL, D.A. A field study water depletion patterns in presence of growing soybean roots. III. rootings characteristics and root extraction of soil water. *Soil Science Society of America. Proceedings*, Madison, v.39, p.437-444, 1975.
- ASHLEY, D.A.; DOSS, B.D.; VENNETT, O.L. A method of determining leaf area in cotton. *Agronomy Journal*, Madison, v.55, p.484-585, 1963.
- BIELORAI, H.; HOPMANS, P.A.M. Recovery of leaf water potential, transpiration, and photosynthesis of cotton during irrigation cycles. *Agronomy Journal*, Madison, v.67, p.629-632, 1975.
- BREIRSDORF, M.I.C.; MOTA, F.S. Necessidade de água e balanço da radiação solar na agricultura do arroz irrigado e estudos das secas no sistema de rotação arroz-pastagem-cultura no Rio Grande do sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO, 2., 1971, Porto Alegre. *Anais*. Porto Alegre: SUDESUL, 1971. p.261-280.
- BRUCE, R.R.; ROMKENS, M.J.M. Fruiting and growth characteristics of cotton en relation to soil moisture tension. *Agronomy Journal*, Madison, v.57, n.2, p.135-140, 1965.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33). Tradução de H.R. Gheyi, A.A. de Souza, F.A.V. Damasco, J.F. de Medeiros.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Roma: FAO, 1975. 179p. (FAO. Irrigation and Drainage, Paper, 24).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1988. 194p. (Estudio FAO. Riego y Drenaje, 24).
- EMBRAPA. Departamento de Estudos e Pesquisa (Brasília, DF). **Diagnóstico e prioridade de pesquisa em agricultura irrigada na região Nordeste**. Brasília: Embrapa-PRONI, 1989. 52p. (Embrapa-DPL. Documentos, 9).

- ESPINOZA, W. Extração de água pelo milho em latossolo da região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.69-78, Jan. 1980.
- GUERRA, A.F. Tensão de água no solo: efeito sobre a produtividade e qualidade dos grãos de cevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.245-254, fev. 1995.
- GUERRA, A.F.; SILVA, E.M da; AZEVEDO, J.A. Manejo da irrigação do trigo com base na tensão de água em Latossolos da região dos cerrados. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1991, Natal. **Anais**. Fortaleza: ABID, 1992. v.1, Tomo 1, p.493-509.
- HARGREAVES, G.H. **Potential evapotranspiration and irrigation**: requeriments for Northeast Brazil. Logan: Utah State Univ., 1974. 55p.
- LEVIN, I.; SHMUELI, E. The response of cotton to various irrigations regimens in the Hila Valley. **Israel Agriculture Research**, v.14, n.4, p.211-225, 1964.
- MAGALHÃES, A.R.; CHAIB FILHO, H.; GARAGORRY, F.L.; GASQUE, J.G.; MOLION, L.C.B.; AMORIM NETO, M. da S.; NOBRE, C.A.; PORTO, E.R.; REBOUÇAS, O.E. **The effects of climatic variations on agriculture in Northeast Brazil**. Luxemburg: International Institute for Applied Systems Analysis, 1987. 109p.
- MILLAR, A.A. **Respuesta de los cultivos al déficit de agua como informacion básica para el manejo del riego**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1976. 62p.
- MOREIRA, J.A.N.; FREIRE, E.C.; SANTOS, R.F.; BARREIRO NETO, M. **Algodão mocó**: uma lavoura ameaçada de extinção. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1989. 20p. (Embrapa-CNPA. Documento, 36).
- OLIVEIRA, F.A. de. Efeito de diferentes níveis de umidade no solo no ciclo e produtividade do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*, L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 9., 1979, Campina Grande. **Anais**. Campina Grande: CCT/UFPB, 1980. p.48-51.
- OLIVEIRA, F.A. de; CAMPOS, T.G. da S. Manejo da irrigação na cultura do algodoeiro herbáceo em condições semi-áridas do Nordeste. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.5, p.521-531, maio 1997.
- OLIVEIRA, F.A. de; CAMPOS, T.G. da S.; CARVALHO, L.P. de. Avaliação de cultivares de algodoeiro herbáceo sob irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.2, p.179-184, fev. 1997.
- OLIVEIRA, F.A. de; CAMPOS, T.G. da S.; SANTOS, J.W. dos; MACIEL, M.J.Q. Níveis de umidade no solo sobre o rendimento da cultura do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.12, p.1775-1779, dez. 1990.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Mamole, 1987. 188p.
- STONE, L.R.; HARTON, M.L.; OLSON, T.C. Water loss from an irrigated field: II. Evapotranspiration and root extraction. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, p.495-497, 1973.