



Zoneamento Agrícola do Algodão  
Herbáceo no Nordeste Brasileiro Safra  
2007/2008 - Estado de Sergipe

José Américo Bordini do Amaral<sup>1</sup>  
Madson Tavares Silva<sup>2</sup>

O zoneamento e a definição da época de plantio para a cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum*) é realizado no intuito de identificar as regiões e períodos mais propícios ao desenvolvimento das cultivares, reduzindo os riscos de inviabilidade econômica e ecológica. O algodoeiro é uma planta de origem tropical, porém é explorada economicamente também em países subtropicais, acima da latitude de 30° N. Um dos fatores ambientais que mais interfere no crescimento e no desenvolvimento dessa cultura é a temperatura, por afetar significativamente a fenologia, a expansão foliar, a alongação dos internós, a produção de biomassa e a partição de assimilados em diferentes partes da planta; a ótima para produção situa-se entre 20 e 30 °C (REDDY et. al, 1991).

Noites frias e temperaturas diurnas baixas resultam em crescimento vegetativo com poucos ramos frutíferos. A cultura necessita de precipitação pluviométrica anual entre 500 e 1500 mm, bem distribuída segundo o Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco (1987). Precipitações intensas podem causar o acamamento das plantas o que, durante a floração, provoca queda dos botões florais

e das maçãs jovens; chuvas contínuas, durante a floração e a abertura das maçãs, comprometem a polinização e reduzem a qualidade da fibra. O algodão é plantado em uma ampla faixa de solos, porém os preferidos são os de textura média a pesada, profundos e com boas características de retenção de água. A faixa ideal de pH é de 6,0 a 7,0, segundo Malavolta et al. (1974).

A identificação de regiões com condições edafoclimáticas que permitam à cultura externar o seu potencial genético, em termos de produtividade, torna-se necessária para o sucesso da agricultura. Através de estudos que relacionam a interação solo - planta - clima, é possível definir-se áreas que apresentam aptidão, viabilizando a exploração agrícola das plantas, ecológica e economicamente. A criação de um banco de dados, com uso de Geoprocessamento e Sistema de Informação Geográfica (SIG) e diagnóstico da região, assim como a confecção de mapas, armazenamento de dados existentes, formação de técnicos especializados e produção de manuais de aplicação dessa tecnologia, tudo isso aumentará significativamente a capacidade dos produtores na

<sup>1</sup> Eng. Agrôn., D.Sc., da Embrapa Algodão, Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário, CEP 58107-720, Campina Grande, PB, E-mail: bordini@cnpa.embrapa.br

<sup>2</sup> Graduando em Meteorologia, UFCG. E-mail e estagiário da Embrapa Algodão. E-mail: madson\_tavares@hotmail.com

busca pelo aumento de produtividade e diminuição das perdas. A precisão alcançada é fator que permite maior acerto nas previsões e a racionalização do emprego dos recursos necessários para o estabelecimento de uma agricultura rentável e com maiores chances de ser bem sucedida comercial e ecologicamente. Esse trabalho teve o objetivo de identificar, por intermédio de simulações de balanço hídrico, os riscos climáticos do cultivo do algodão herbáceo no Estado de Sergipe.

## Material e Métodos

A definição do risco climático e da época de plantio foi realizada por intermédio de um modelo de balanço hídrico da cultura, realizado em duas partes. Na primeira, objetivou-se a determinação do balanço hídrico, por intermédio da simulação da época de semeadura, utilizando-se o Sistema de Análise Regional dos Riscos Agroclimáticos, o software SARRAZON (BARON et al., 1996); em seguida, os resultados da simulação foram espacializados pela utilização do software SPRING versão 4.2 (CÂMARA et al., 1996).

Variáveis de entrada do modelo:

- Precipitação pluvial diária - Registrados durante 25 anos em estações pluviométricas disponíveis no Estado de Sergipe. Os dados de precipitação utilizados originam-se do Banco de Dados Hidrometeorológico da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, publicados na série "Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste - Sergipe" - (SUDENE, 1990) e dados complementares (UACA, 2006).
- Evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) - O modelo estima a evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) por uma equação de terceiro grau, proposta por Eagleman (1971), que descreve a evolução da ET<sub>r</sub>, em função da evapotranspiração máxima - ET<sub>m</sub> e da umidade do solo - HR, expressa como segue na equação (1):

$$ET_r = A + B.HR - C.HR^2 + D.HR^3 \quad (1)$$

em que,

A = 0,732 - 0,05 ET<sub>m</sub>, B = 4,97 ET<sub>m</sub> - 0,66 ET<sub>m</sub><sup>2</sup>, C = 8,57 ET<sub>m</sub> - 1,56 ET<sub>m</sub><sup>2</sup>, D = 4,35 ET<sub>m</sub> - 0,88 ET<sub>m</sub><sup>2</sup> e HR = umidade do solo.

- Evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) - Foi estimada pela equação (2), conforme Doorenbos e Kassam (1994):

$$ET_m = \frac{ET_p}{K_c} \quad (2)$$

onde:

ET<sub>p</sub> - evapotranspiração potencial (mm dia<sup>-1</sup>); k<sub>c</sub> - coeficiente da cultura - Coeficientes decendiais do cultivo (k<sub>c</sub>) - Corresponde à relação entre a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>); os k<sub>c</sub>'s são determinados por médias decendiais para cada fase e gerados pela interpolação dos dados para o período semanal e para as fases fenológicas definidas por Doorenbos e Kassam (1994), equação (3):

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (3)$$

- Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) - foi estimada pelo método de FAO Penman-Monteith (ALLEN et. al, 1998) e calculada para cada dez dias do ano, gerando 36 dados de evapotranspiração, equação (4):

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \left(\frac{900U_2}{T + 237}\right)(e_a - e_s)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (4)$$

em que :

ET<sub>o</sub> é a evapotranspiração de referência (mm.dia<sup>-1</sup>);

R<sub>n</sub> é o saldo de radiação (MJ.m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

G é o fluxo de calor no solo (MJ.m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

T é a Temperatura média diária do ar (°C);

U<sub>2</sub> é a velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m.s<sup>-1</sup>);

e<sub>s</sub> é a pressão da saturação do vapor média diária (kPa);

e<sub>a</sub> = Pressão atual de vapor média diária (kPa);

S = Declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T<sub>med</sub> (kPa °C<sup>-1</sup>);

γ é o coeficiente psicrométrico (kPa °C<sup>-1</sup>).

- Profundidade Radicular - Para a cultura do algodoeiro herbáceo em regime de sequeiro, a profundidade radicular efetiva, ou seja, a profundidade máxima na qual o sistema radicular ainda possui considerável capacidade de absorção, que está nos primeiros 0,40 m de profundidade, foi adotada para efeito de cálculo.
- Análise de Sensibilidade - Definiu-se como a capacidade de absorção e de manutenção da umidade do solo, em solos onde há completa infiltração de água, a taxa de armazenamento que permanece máxima com valores inferiores a 40 mm de precipitação (chuva limite). Acima desta precipitação, ocorre, em média, 30% de escoamento e a quantidade excedente infiltra-se (SKAGGS, 1981).
- Capacidade de Água Disponível (CAD) - Determinou-se a CAD, segundo Reichardt (1987), a partir da curva de retenção de água, densidade do solo e profundidade do perfil, pela equação (5):

$$CAD = \left[ \frac{(CC - PMP)}{(10 \times Ds \times h)} \right] \quad (5)$$

em que:

CAD - Capacidade de água disponível no solo (mm m<sup>-1</sup>);

CC - Capacidade de campo (%);

PMP - Ponto de murchamento permanente (%);

Ds - Densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>);

h - Profundidade da camada do solo (cm).

Foram estabelecidas três classes de CAD:

- Tipo 1 - baixa capacidade de armazenamento de água (CAD= 25 mm);
- Tipo 2 - média capacidade de armazenamento de água (CAD= 40 mm);
- Tipo 3 - alta capacidade de armazenamento de água (CAD= 50 mm).

- Datas de Simulação - Para a simulação, foram estipuladas datas 30 dias antes do plantio e 30 dias após a colheita, para os intervalos de plantio de 10 dias, proporcionando ao modelo de simulação maior confiabilidade. Deu-se preferência à simulação nessas datas por se tratar do período indicado para a semeadura do algodoeiro herbáceo de sequeiro no Estado de Sergipe; os balanços hídricos foram determinados no período compreendido entre 1 de fevereiro e 30 de junho, considerando-se o primeiro, o segundo e o terceiro decêndios de cada mês.

Variáveis de saída do modelo:

- Índice de Satisfação da Necessidade de Água para a cultura (ISNA) - Definido como a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima (ET<sub>r</sub>/ET<sub>m</sub>) ao longo do ciclo, para um determinado ano, numa certa data, num tipo de solo, para o algodoeiro herbáceo de ciclo médio. Como o ciclo da cultura está dividido em quatro fases fenológicas e a fase de enchimento dos caroços é o período mais determinante da produtividade final, estima-se o valor de ISNA nesta fase. Em seguida, passa-se para o ano dois, data um, solo um, ciclo médio e, assim, sucessivamente, até o último ano. A partir deste cálculo, estabelece-se a função de frequência do ISNA e seleciona-se a data onde o valor calculado é maior ou igual ao critério de risco adotado (ISNA > 0,55), em 80 % dos casos. Os ISNA's foram espacializados pela utilização do software SPRING, versão 4.2 (CÂMARA et al., 1996). Para a caracterização do risco climático obtido ao longo dos períodos de simulações foram estabelecidas três classes de ISNA, conforme Steinmetz et al. (1985):

- ISNA ≥ 0,55 - a cultura do algodão herbáceo de sequeiro está exposta a um baixo risco climático

- 0,45 ≤ ISNA < 0,55 - a cultura do algodão herbáceo de sequeiro está exposta a um risco climático médio

- ISNA < 0,45 - a cultura do algodão herbáceo de sequeiro está exposta a um alto risco climático

Para a espacialização dos resultados, foram adotados os seguintes procedimentos: digitação de arquivo de pontos (em formato ASCII) organizados em três colunas, com latitude, longitude e valores de

relação ISNA, com 80% de frequência de ocorrência; transformação das coordenadas geográficas em coordenadas de projeção cartográfica utilizadas (no caso, projeção policônica), leitura do arquivo de pontos, organização das amostras e geração de uma grade regular (grade retangular, regularmente espaçada de pontos, em que o valor da cota de cada ponto é estimado a partir da interpolação de um número de vizinhos mais próximos). Por se tratar de uma análise bidimensional, na qual as variações de ISNA foram espacializadas em função do tempo, desconsiderando-se os efeitos orográficos, o interpolador escolhido foi aquele que mais se aproximou de um resultado linear.

## Resultados e Discussão

### Zoneamento de aptidão agroclimática

Dos 75 municípios do Estado, 48 municípios foram considerados aptos ao cultivo do algodoeiro herbáceo e 27 municípios foram classificados como inaptos, correspondendo a 64% e 36% dos municípios do Estado, respectivamente.

### Zoneamento de risco climático

Observou-se que a agricultura de sequeiro não permite o controle da oferta hídrica, o que se caracteriza como atividade de risco em períodos inadequados, podendo a safra ser comprometida pelo excesso ou pela escassez de água, acarretando prejuízos aos produtores e aos agentes financiadores da atividade. De acordo com as restrições edafoclimáticas do Estado de Sergipe, a exploração da cultura do algodão herbáceo em áreas não apropriadas impossibilita rendimentos satisfatórios, além de contribuir para o mau uso do solo e da água, propiciando a degradação e a subutilização dos recursos naturais disponíveis. A indicação da época de semeadura proposta por esse estudo não está necessariamente adequada ao período de chuva, pois a análise é feita no período de maior necessidade hídrica da planta, que tão longo se insere no intervalo que apresenta a maior incidência pluviométrica do Estado.

Deve-se sempre ter em mente que este zoneamento foi elaborado a partir dos dados disponíveis, referentes aos dados diários de precipitação e decendiais de evapotranspiração. A sensibilidade do modelo não permite a análise dos efeitos orográficos sobre regiões consideradas primeiramente como inaptas. Tendo em vista que a metodologia deste trabalho busca o aprimoramento contínuo, ao longo das safras posteriores, deve-se definir as regiões nas quais a exploração agrícola da cultura do algodoeiro herbáceo possa se inserir da forma mais produtiva.

As classes de plantio estão inseridas entre os meses de abril e maio; foram assim estipuladas considerando os menores riscos climáticos dentro da fase fenológica de maior exigência hídrica. Para a definição das épocas de semeadura com menores riscos climáticos, foram considerados a duração do período chuvoso e o ciclo fenológico da cultura. O período chuvoso dos postos pluviométricos foi definido como aquele que compreende os meses em que ocorrem pelo menos 10% da precipitação total anual. A definição do período de semeadura foi feita de forma a permitir que a semeadura e o desenvolvimento da planta, desde a germinação até o florescimento, cerca de 60 dias, ocorressem dentro do período chuvoso e que, durante a colheita, a possibilidade de chuvas fosse menor; estabeleceu-se o seguinte critério:

- a) para períodos chuvosos com duração de quatro meses - o período de semeadura correspondeu ao primeiro e segundo meses do período chuvoso.
- b) para períodos chuvosos com duração de cinco meses - o período de semeadura correspondeu ao segundo e terceiro meses do período chuvoso.

A Figura 1 mostra o comportamento do parâmetro precipitação pluviométrica média anual no período que se estende de 1963 a 2004 e valores da média pluviométrica no trimestre chuvoso para o período de 1963 a 2004 (Fig. 2) no Estado de Sergipe.

Municípios aptos ao cultivo e períodos indicados para plantio

No mapa (Fig. 3), estão inseridos os municípios do Estado de Sergipe, em torno dos quais se encontram as regiões aptas e inaptas ao cultivo do algodoeiro herbáceo.

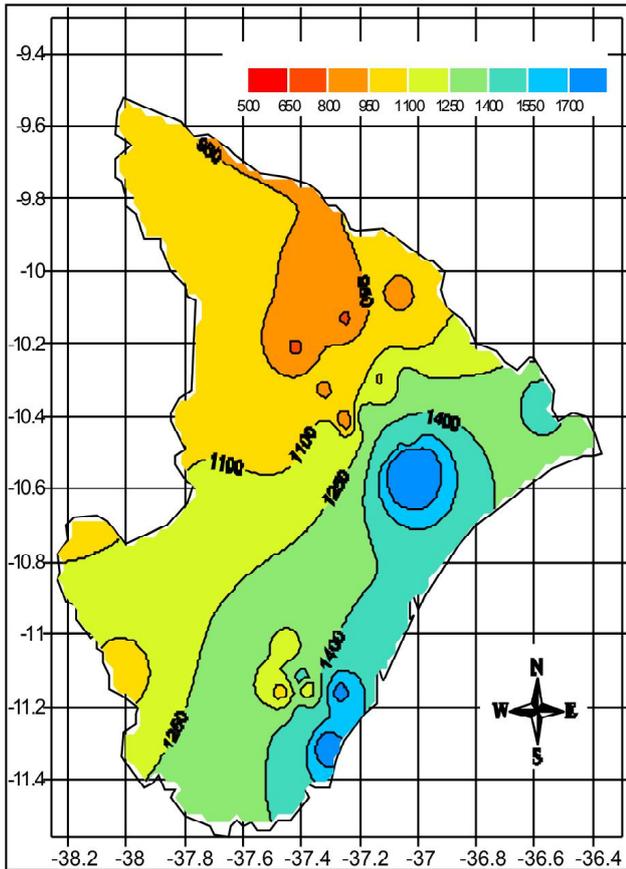


Fig. 1. Média Pluviométrica Anual para o Estado de Sergipe no período de 1963 a 2004.

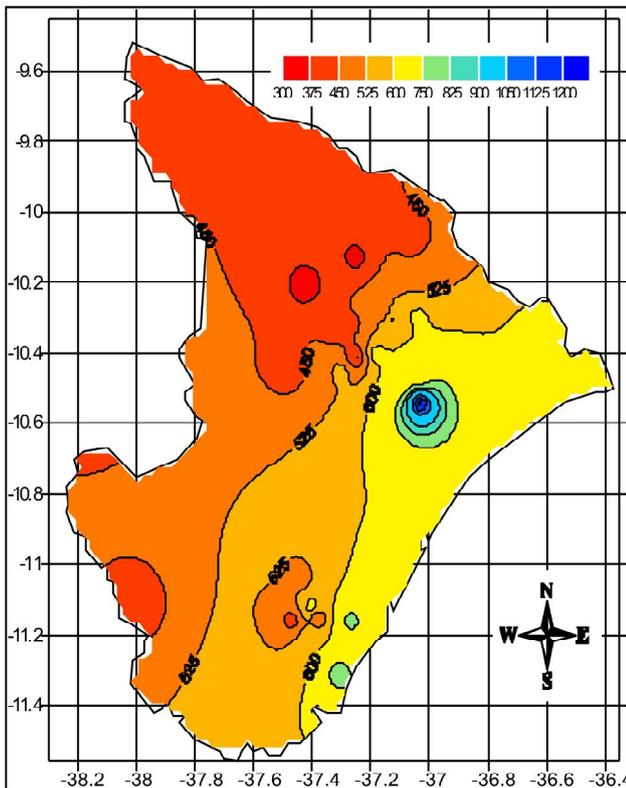


Fig. 2. Média Pluviométrica no Trimestre Chuvoso no Estado de Sergipe no período de 1963 a 2004.

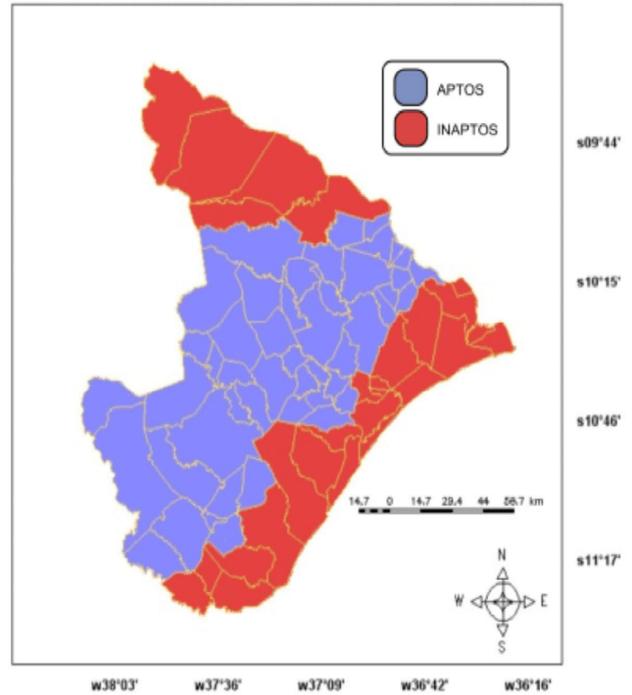


Fig. 3. Mapa dos municípios com aptidão plena ao cultivo do algodoeiro herbáceo no Estado de Sergipe.

Para definição do período de semeadura em cada município com aptidão plena, gerou-se um mapa temático de duração e definição do período chuvoso para posterior tabulação cruzada com a malha municipal do Estado. Da mesma forma, para definição do período de semeadura, usou-se o critério do limite de corte de 20%, quando ocorriam duas ou mais classes em um mesmo município. Com base nas análises realizadas, observou-se que as cultivares do algodão herbáceo de ciclos precoce, médio e tardio apresentaram as mesmas datas de semeadura para cada tipo de solo recomendado.

Na Tabela 1, estão listados os municípios do Estado de Sergipe aptos ao cultivo do algodoeiro herbáceo, suprimidos todos os outros, onde a cultura não é recomendada, foi criada com base em dados disponíveis por ocasião da sua elaboração. Se algum município mudou de nome ou foi criado um novo, em razão de emancipação de um daqueles da listagem abaixo, todas as recomendações são idênticas às do município de origem, até que nova relação o inclua formalmente.

Tabela 1. Municípios e períodos favoráveis ao plantio do algodoeiro herbáceo no Estado de Sergipe, em função dos tipos de solo predominantes nas regiões.

Município	Período
AMPARO DE SAO FRANCISCO	abril-maio
AQUIDABÃ	abril-maio
ARAUA	abril-maio
AREIA BRANCA	abril-maio
BOQUIM	abril-maio
CAMPO DO BRITO	abril-maio
CANHOPA	abril-maio
CAPELA	abril-maio
CARIRA	abril-maio
CEDRO DE SAO JOAO	abril-maio
CUMBE	abril-maio
DIVINA PASTORA	abril-maio
FEIRA NOVA	abril-maio
FREI PAULO	abril-maio
GRACHO CARDOSO	abril-maio
ITABAIANA	abril-maio
ITABAIANINHA	abril-maio
ITABI	abril-maio
LAGARTO	abril-maio
LARANJEIRAS	abril-maio
MACAMBIRA	abril-maio
MALHADA DOS BOIS	abril-maio
MALHADOR	abril-maio
MARUIM	abril-maio
MOITA BONITA	abril-maio
MURIBECA	abril-maio
NOSSA SENHORA APARECIDA	abril-maio
NOSSA SENHORA DA GLORIA	abril-maio
NOSSA SENHORA DAS DORES	abril-maio
NOSSA SENHORA DE LOURDES	abril-maio
PEDRA MOLE	abril-maio
PEDRINHAS	abril-maio
PINHAO	abril-maio
POCO VERDE	abril-maio
PROPRIA	abril-maio
RIACHAO DO DANTAS	abril-maio
RIACHUELO	abril-maio
RIBEIROPOLIS	abril-maio
SALGADO	abril-maio
SANTA ROSA DE LIMA	abril-maio
SAO DOMINGOS	abril-maio
SAO FRANCISCO	abril-maio
SAO MIGUEL DO ALEIXO	abril-maio
SIMAO DIAS	abril-maio
SIRIRI	abril-maio
TELHA	abril-maio
TOBIAS BARRETO	abril-maio
TOMAR DO GERU	abril-maio

## CONCLUSÕES

- 1) O cultivo do algodoeiro herbáceo no Estado de Sergipe apresentou risco climático diferenciado em função da época de plantio e do tipo de solo;
- 2) Para os dois tipos de solos, os períodos favoráveis ao plantio estão compreendidos entre 1 de abril e 31 de maio, justificados pelo critério de duração do período chuvoso do Estado e pelo ciclo médio das cultivares;
- 3) Identificaram-se 48 municípios no Estado de Sergipe que satisfazem todas as necessidades edafoclimáticas e fenológicas da cultura do algodoeiro herbáceo, em função da variabilidade espaço-temporal da chuva na região do Semi-Árido nordestino, sugere-se o acompanhamento das informações disponibilizadas por boletins de previsão climática, adequando e garantindo o plantio e a colheita sem interrupção do fornecimento das condições necessárias para o desenvolvimento da cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BARON, C. ; PEREZ, P. ; MARAUX, F. Sarrazon - bilan hidrique applique au zonage. Paris: CIRAD, 1996. 26 p.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. Computers and Graphics, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas Campina Grande: UFPB, 306 p, 1994. (Estudos de FAO: Irrigação e Drenagem, 33)
- EAGLEMAN, A. M. An experimentally derived model for actual evapotranspiration. Agricultural Meteorology, Amsterdam, v. 8, n. 4/5, p.385-409, 1971.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DE  
PERNAMBUCO. Zoneamento pedoclimático do  
Estado de Pernambuco: relatório de dados básicos.  
Recife: IPA/SUDENE, 1987. 183 p. v.1.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F.;  
BRASIL SOBRINHO, M. O. C. Nutrição mineral e  
adubação de plantas cultivadas. São Paulo: Pioneira,  
1974. 752 p.

REDDY, V. R.; REDDY, K. R.; BAKER, D. N.  
Temperature effect on growth and development of  
cotton during the fruiting period. *Agronomy Journal*,  
v. 83, p. 211-217, 1991.

REICHARDT, K. O solo como reservatório de água.  
In: REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas,  
1987. p. 27- 69.

SKAGGS, R. W. DRAINMOD - reference report:  
methods for design and evaluation of drainage-water  
management systems for soils high water tables.  
Raleigh: USDA-SCS, 1981. 329 p.

STEINMETZ, S. R. F. N., FOREST, F. Evaluation of  
the climatic risk on upland rice in Brazil, In:  
STEINMETZ, S. R. F. N., FOREST, F. Colloque  
"resistance a la secheresse en millieu intertropicale:  
quelles recherches pour le moyen terme?" Paris:  
CIRAD, 1985. p. 43-54.

SUDENE. Dados pluviométricos mensais do  
Nordeste: Sergipe. Recife, 1990. 106 p.

UACA. Unidade Acadêmica de Ciências  
Atmosféricas. Banco de Dados Climáticos. Campina  
Grande: UFCG, 2006. Disponível em:  
< [www.dca.ufcg.edu.br/clima.htm](http://www.dca.ufcg.edu.br/clima.htm). > Acesso em:  
10 maio 2006.

**Comunicado  
Técnico, 320**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
Embrapa Algodão  
Rua Osvaldo Cruz, 1143 Centenário, CP 174  
58107-720 Campina Grande, PB  
Fone: (83) 3315 4300 Fax: (83) 3315 4367  
e-mail: [sac@cnpa.embrapa.br](mailto:sac@cnpa.embrapa.br)  
1ª Edição  
Tiragem: 500

**Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento**



**Comitê de  
Publicações**

Presidente: Nair Helena Castro Arriel  
Secretária Executiva: Nivia Marta Soares Gomes  
Membros: Demóstenes Marcos Pedroza de Azevêdo  
Everaldo Paulo de Medeiros  
Fábio Aquino de Albuquerque  
Francisco das Chagas Vidal Neto  
João Luiz da Silva Filho  
José Wellington dos Santos  
Luiz Paulo de Carvalho  
Nelson Dias Suassuna

**Expedientes:** Supervisor Editorial: Nivia Marta Soares Gomes  
Revisão de Texto: Nisia Luciano Leão  
Tratamento das ilustrações: Oriel Santana Barbosa  
Editoração Eletrônica: Oriel Santana Barbosa