Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Comunicado Técnico 294

ISSN 0102-0099
Outubro/2006
Campina Grande, PB

Zoneamento de Riscos Climáticos da Cultura da Mamoneira no Estado de Sergipe, Referente ao Ano-Safra de 2006/2007

José Américo Bordini do Amaral[1]
Madson Tavares Silva[2]

A mamoneira tem sido cultivada no Nordeste do Brasil principalmente em condições de sequeiro. A produção atual de óleo do Brasil corresponde a cerca de 50 mil t ano^{-1}. Ela é obtida, na sua maioria, em unidades pequenas de produção agrícola, até 15 ha. Estima-se que existam cerca de 250 mil hectares plantados na região nordeste do país, com produtividades médias inferiores aos 1000 kg ha^{-1} de bagas. As variedades em uso comercial, são adequadas para altitudes entre 300 e 1500 m, temperaturas entre 20ºC e 30ºC, e precipitação acima de 500 mm ano^{-1}, com chuvas concentradas nos 6 primeiros meses.

A mamoneira desenvolve-se e produz bem em vários tipos de solo, com exceção daqueles que apresentam deficiência de drenagem. Solos profundos, com boa drenagem e bem balanceados quanto aos aspectos nutricionais, favorecem o seu desenvolvimento. O sistema radicular da mamoneira tem capacidade de explorar as camadas mais profundas do solo, que normalmente não são atingidas por outras culturas anuais, como soja, milho e feijão, promovendo melhor uso de água.

A mamoneira é exigente em fertilidade, devendo ser cultivada em solos com fertilidade média a alta, porém, solos com fertilidade muito elevada favorecem o crescimento vegetativo excessivo, prolongando o ciclo e expandindo, consideravelmente, o período de floração. Tanto solos ácidos como alcalinos tem efeito negativo no crescimento e desenvolvimento das plantas. A cultura prefere solos com pH entre 5 e 6,5, produzindo em solos de pH até 8,0. Por ser uma espécie que, durante os estágios iniciais de desenvolvimento, expõe o solo ao impacto das gotas de chuva, seu cultivo deve ser feito em áreas onde a declividade seja inferior a 12%, obedecendo as técnicas de conservação do solo Amorim Neto et al. (2001). Os solos dos cerrados devem ser corrigidos devido ao efeito floculante do alumínio trocável, que prejudica o desenvolvimento da cultura Amorim Neto et al. (2001).

O excesso de umidade é prejudicial em qualquer período do ciclo da lavoura, sendo mais critico nos estádios de plântula, maturação e colheita Azevedo et al. (1997). São comuns a queda e a perda de frutos maduros quando ocorrem chuvas fortes Távora (1982). Recomenda-se o cultivo em áreas com altitude na faixa de 300 a 1500 m acima do

[1]Pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, E-mail: bordini@cnpa.embrapa.br
[2]Graduando em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG e estagiário da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, E-mail: madson_tavares@hotmail.com

nível do mar Weiss (1983). A variação da temperatura deve ser de 20º a 30º C, para que haja produções com valor comercial Silva (1983); Canecchio Filho (1969) estando a temperatura ótima para planta em torno de 28ºC (Távora, 1982). Temperaturas muito elevadas, superiores a 40ºC provocam aborto das flores, reversão sexual das flores femininas em masculinas e redução substancial do teor de óleo nas sementes Beltrão & Silva, (1999). As baixas temperaturas retardam a germinação, prolongando a permanência das sementes no solo, o que favorece o ataque de microorganismos e insetos Távora (1982).

A exploração de culturas em áreas não apropriadas, impossibilitando rendimentos satisfatórios, contribui para o mau uso dos recursos naturais como o solo e a água propiciando sua degradação e/ou a subutilização, podendo ocasionar inclusive desertificação no semi-árido. A superfície terrestre comporta-se de forma dinâmica, apresentando mudanças que são conseqüência da ocorrência de fenômenos naturais e/ou de origem antrópica. Devido à necessidade de obtenção de máximo rendimento econômico, utilizando recursos limitados em determinada área, surge a necessidade de planejamento e ordenamento das ações de acordo com as características locais. Apresentam-se tecnologias apropriadas que são melhoradas continuamente para poder atender a essas finalidades.

Através de estudos que relacionam a interação solo - planta - atmosfera, é possível definir áreas que apresentam aptidão, viabilizando a exploração agrícola das culturas, ecológica e economicamente. A técnica do zoneamento com base em informações do solo, da planta e do clima, possibilita a definição dos ambientes ecologicamente favoráveis para que as culturas potencializem suas características agronômicas, tal como em seu habitat natural, segundo Amorim Neto et al. (1999).

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).

Para a identificação dos municípios com aptidão ao cultivo da mamoneira, foram utilizados os seguintes critérios: temperatura média do ar variando entre 20°C e 30°C; precipitação igual ou superior a 500 mm no período chuvoso; e altitude entre 300 m e 1500 m. Todos os parâmetros foram geo-espacializados por meio de um sistema geográfico de informações, permitindo a geração e cruzamento dos mapas com a malha municipal do Estado para estimar em cada município a área e a porcentagem de ocorrência das diversas classes de aptidão. As definições do risco climático e da época de semeadura foram realizadas por intermédio de um modelo de balanço hídrico da cultura, que exigiu os seguintes dados de entrada:

Variáveis de entrada do modelo:

- **Dados diários de chuva** - Registrados durante 25 anos em estações pluviométricas disponíveis no Estado de Sergipe. Os dados de precipitação utilizados se originam do Banco de Dados Hidrometeorológico da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, publicados na série "Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste – Sergipe"- (SUDENE, 1990h) e dados complementares de UACA (2006).

- **Solo** - Levantamentos Exploratórios – reconhecimento de solos dos Estados do Nordeste (BRASIL ,1972). Foram considerados três tipos de solo com diferentes capacidades de armazenamento de água:

- Tipo 1 - baixa capacidade de armazenamento de água (arenoso, teores de argila < 15%)
- Tipo 2 - média capacidade de armazenamento de água (textura média, 15% < teores de argila < 35%)
- Tipo 3 - alta capacidade de armazenamento de água (argiloso, teores de argila > 35%)

- **Evapotranspiração real** (ETr) – Foi estimada por uma equação de terceiro grau, proposta por Eagleman (1971), que descreve a evolução da ETr, em função da evapotranspiração máxima - ETm e da umidade do solo - HR, expressa como segue na equação(1):

$$\mathbf{ETr = A + B\ HR - C\ HR^2 + D\ HR^3} \qquad \mathbf{(1)}$$

em que,

A = 0,732 - 0,05 ETm, B = 4,97 ETm - 0,66 ETm^2, C = 8,57 ETm - 1,56 ETm^2 ,D = 4,35 ETm - 0,88 ETm^2 e HR = umidade do solo

- **Evapotranspiração máxima** (ETm) - Foi estimada pela equação (2), conforme Doorenbos & Kassam (1994):

$$\mathbf{ETm = ETp\ x\ Kc} \qquad \mathbf{(2)}$$

- **Coeficiente da cultura** (kc) - Corresponde à relação entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo); os kc'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 pela Doorenbos & Kassam (1994) equação (3):

$$\mathbf{kc = ETc\ /\ ETo} \qquad \mathbf{(3)}$$

- **Evapotranspiração Potencial** (ETp) - Foi estimada pela equação de Penman (1963) e calculada para cada dez dias do ano, gerando 36 dados de evapotranspiração, equação (4):

$$\mathbf{ETp = \{[s/(s + y)]\ Rn + [y/(s + y)]\ Ea\}} \qquad \mathbf{(4)}$$

sendo ETp - evapotranspiração estimada (mm dia^{-1}), Rn - saldo de radiação convertido em (mm dia^{-1}) de evaporação equivalente, Ea - termo aerodinâmica (mm dia^{-1}), y - constante psicométrica = (0,66 mb $ºC^{-1}$) e s - tangente à curva de pressão de saturação de vapor d'água (mb $ºC^{-1}$).

- **Ciclo das cultivares -** Utilizaram-se cultivares de ciclos precoce, médio e tardio, com porte médio de 1,7 m a 2,0 m de altura em condições de cultivo de sequeiro, de frutos semi-indeiscentes e de sementes grandes, com teor mínimo de óleo de 47%, como são os casos das BRS Nordestina e BRS Paraguaçu. Com ciclo médio (230 dias). Considerou-se um período crítico (floração/ enchimento das bagas) de 100 dias, o qual está compreendido entre o 60º e o 160º dia.

- **Altimetria** - Os valores de altitude dos municípios foram oriundos da grade altimétrica IBGE (2001), onde os valores são cotados em uma malha de 920 m x 920 m do terreno.

- **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):

$$\mathbf{CAD = [(CC - PMP)\ /\ (10\ Ds\ h)]} \qquad \mathbf{(5)}$$

em que: CAD - Capacidade de água disponível no solo (mm m^{-1}); CC - Capacidade de campo (%); PMP - Ponto de murchamento permanente (%); Ds - Densidade do solo (g cm^{-3}) e h - Profundidade da camada do solo (cm). Foram estabelecidas duas classes de CAD:

- Tipo 1 - média capacidade de armazenamento de água (CAD = 30 mm)
- Tipo 2 - alta capacidade de armazenamento de água (CAD = 40 mm)

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 (ETr/ETm) ao longo do ciclo, para um determinado ano, numa certa data, num tipo de solo, para a mamoneira de ciclo médio. Como o ciclo da cultura está dividido em quatro fases fenológicas e a fase de enchimento dos grãos é o período mais determinante da produtividade final, estima-se o valor de ISNA nesta fase. Em seguida, passa-se então 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 freqüência do ISNA e seleciona-se a data onde o valor calculado é maior ou igual ao critério de risco adotado (ISNA > 0,50), 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 ≥ 0,50 - a cultura da mamoneira de sequeiro está exposta a um baixo risco climático
- 0,40 ≤ ISNA < 0,50 - a cultura da mamoneira de sequeiro está exposta a um risco climático médio
- ISNA < 0,40 - a cultura da mamoneira 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 freqüência 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, 11 municípios foram considerados aptos ao cultivo da mamoneira e 64 municípios foram classificados como inaptos, correspondendo a 14,7% e 85,3% dos municípios do Estado, respectivamente.

Zoneamento de risco climático

Ainda é observado que agricultura de sequeiro não permite controle da oferta hídrica, o que deixa a atividade com risco de cultivo 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 da mamoneira 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. Segue-se ainda que a indicação da época de semeadura proposta por esse estudo não está necessariamente adequada ao período de chuva, pois a analise é feita ao período de maior necessidade hídrica da planta, que tão longo se insere no intervalo que apresenta a maior incidência pluviométrica do estado, sabendo que a cultura da mamona resiste ao deficit hídrico no inicio do cultivo.

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, tão logo tendo como objetivo definir as regiões nas quais a exploração agrícola da cultura da mamoneira possa se inserir da forma mais produtiva.

As classes de plantio estão inseridas entre os meses de fevereiro até 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 90 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 mês do período chuvoso.

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

Na Figura 1 observa-se 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 (Figura 2) no Estado de Sergipe.

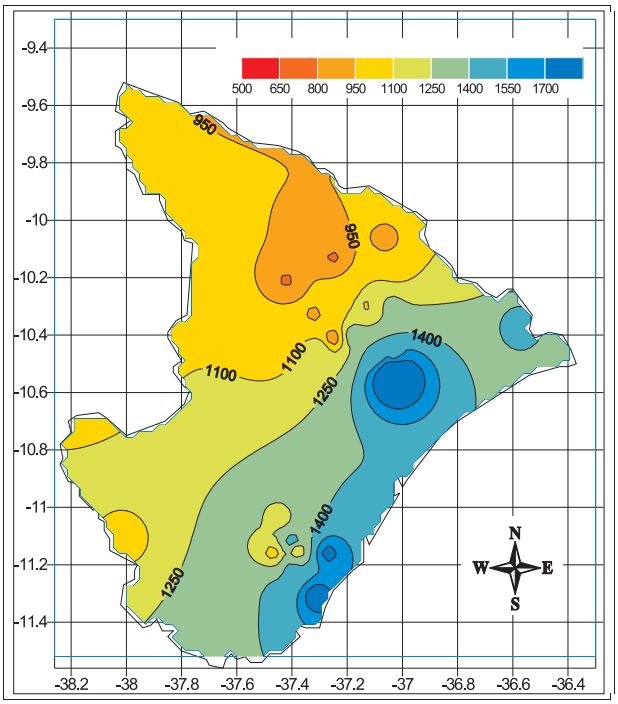

Fig. 1. Média pluviométrica anual no Estado de Sergipe no período de 1963 a 2004

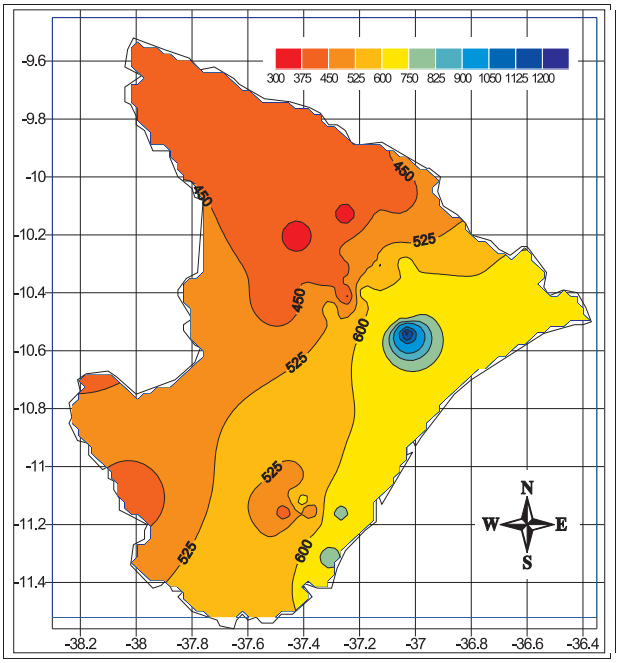

Fig. 2. Média pluviométrica no trimestre chuvoso no Estado de Sergipe no período de 1963 a 2004

Para definição do período de semeadura em cada município (Tabela 1) 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.

Tabela 1. Períodos de Semeadura

Mês : Novembro		Mês : Dezembro	
Dias	Período	Dias	Período
01 a 10	31	01 a 10	34
11 a 20	32	11 a 20	35
21 a 30	33	21 a 31	36
Mês : Janeiro		**Mês : Fevereiro**	
Dias	Período	Dias	Período
01 a 10	1	01 a 10	4
11 a 20	2	11 a 20	5
21 a 31	3	21 a 28	6
Mês : Março		**Mês : Abril**	
Dias	Período	Dias	Período
01 a 10	7	01 a 10	10
11 a 20	8	11 a 20	11
21 a 31	9	21 a 30	12
Mês : Maio		**Mês : Junho**	
Dias	Período	Dias	Período
01 a 10	13	01 a 10	16
11 a 20	14	11 a 20	17
21 a 31	15	21 a 30	18

Com base nas análises realizadas, observou-se que as cultivares de mamona de ciclos precoce, médio e tardio apresentaram as mesmas datas de semeadura para cada tipo de solo recomendado.

Os Solos Tipo 1, de textura arenosa, não foram recomendados para o plantio da mamoneira no Estado, por apresentarem baixa capacidade de retenção de água e alta probabilidade de quebra de rendimento das lavouras por ocorrência de deficit hídrico.

Relação de municípios aptos ao cultivo e períodos indicados para semeadura

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

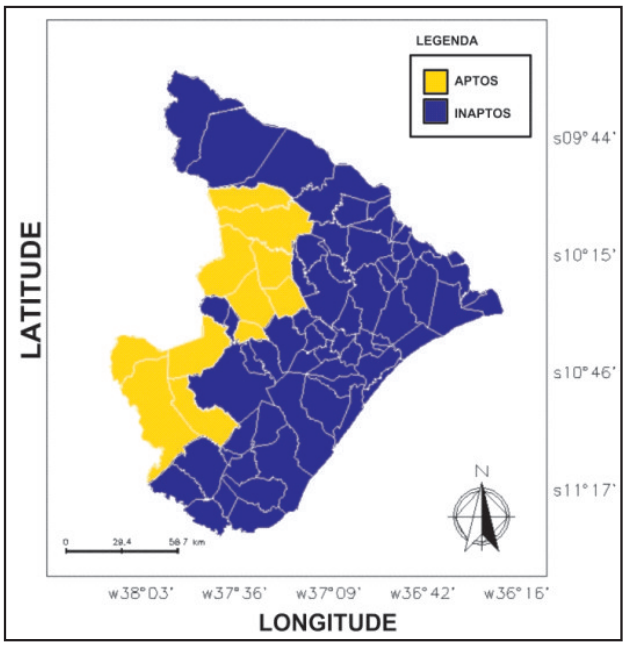

Figura 3. Mapa dos municípios com aptidão plena ao cultivo da mamoneira no Estado de Sergipe

Na Tabela 2 estão listados os municípios do Estado de Sergipe aptos ao cultivo da oleaginosa, suprimidos todos os outros, onde a cultura não é recomendada, foi calcada 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 2. Períodos de semeadura indicados para os municípios com aptidão plena ao cultivo da mamoneira no Estado de Sergipe

Ciclo	Médio	
Solos	Textura Média	Argiloso
Município	Período	
Carira	07 a 14	06 a 14
Frei Paulo	07 a 14	06 a 14
Macambira	07 a 14	06 a 14
Monte Alegre de Sergipe	07 a 13	06 a 14
Nossa Senhora Aparecida	07 a 14	06 a 14
Nossa Senhora da Glória	07 a 14	06 a 14
Poço Verde	07 a 13	06 a 14
Riachão do Dantas	07 a 14	06 a 14
Ribeirópolis	07 a 14	06 a 14
Simão Dias	07 a 13	06 a 14
Tobias Barreto	07 a 13	06 a 14

Conclusões

O Estado de Sergipe apresentou 11 municípios com aptidão edafoclimática para a condução da cultura da mamoneira, dependendo exclusivamente de precipitação pluviométrica na época crítica de condução da cultura, quando a cultura da mamoneira terá suas necessidades hídricas atingidas em pelo menos 80% das vezes no decorrer dos anos de plantio.

Referências Bibliográficas

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A.E. DE; BELTRÃO, N.E. de M. CLIMA E SOLO. IN: AZEVEDO, D. M. P. de ; LIMA, E. F. (Org.) **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 63-76.

AMORIM NETO, M. da S.; BELTRÃO, N.E. de M.; SILVA, L.C.; ARAÚJO, A.E. de; GOMES, D.C. **Zoneamento e época de plantio para mamoneira no Estado da Bahia**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999. 9p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 103).

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. V. **Recomendações técnicas para o cultivo** (*Ricinus communis L.*) **no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA - CNPA, 1997. 52p. (EMBRAPA - CNPA. Circular Técnica, 25).

BARON, C. ; CLOPES, A. Sistema de análise regional dos riscos agroclimáticos (**Sarramet / Sarrazon**). França: Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agronômica para o Desenvolvimento, 1996.

BELTRÃO, N.E. de M.; SILVA, L.C. Os múltiplos uso do óleo da mamoneira (Ricinus communis L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. **Fibras e Óleos**, n. 31, p. 7, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento exploratório**: reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Rio de Janeiro, 1972. v. 1-2.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers and Graphies,** v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CANECCHIO FILHO, V. Mamona: Quanto mais calor melhor. **Guia Rural,** p.176 - 179,1968/69.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos da FAO. Irrigação e Drenagem, 33)

EAGLEMAN, A.M. An experimentaly derived model for actual evapotranspiration. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.8, n.4/5, p.385-409, 1971.

FUNCEME (Fortaleza, CE). Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Monitoramento Hidroambiental.** Disponível em www.funceme.br/DEPAM/index.htm. Acesso em 10/05/2006.

IBGE (Rio de Janeiro,RJ). **Produção agrícola municipal.** SIDRA – Banco de Dados Agregados. Disponível em www.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp. Acesso em 05/04/2006.

IBGE (Rio de Janeiro,RJ). **Malha municipal digital do Brasil - 2001.** Rio de Janeiro: DGC/DECAR, 2001. CD-ROM.

PENMAN, H. L. **Vegetation and hydrology. Harpenden. [S.l.]: Commonwealth Bureau of Seils,** 1963.125p. (Techinical Communicationn.53)

REICHARDT, K. O solo como reservatório de água. In: REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícola.** [S.l.: s.n.], 1987. 27- 69 p.

SILVA, A. da. **Mamona:** potencialidades agroindustriais do Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE -ADR, 1983. 154p.

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 "resistence a la secheresse en millieu intertropicale**:quelles recherches pour le moyen terme?" Paris: CIRAD, 1985. 43-54 p.

SUDENE.(Recife,PE).**Dados pluviométricos mensais do Nordeste**: Ceará. Recife, 1990c. 671p. v.1/2

TÁVORA, F. J. A. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.

WEISS, E.A. Castor. In: WEISS, E.A. **Oil seed crops**. London: Longman, 1983. p. 31-99.

Comunicado Técnico, 294

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
1ª Edição
Tiragem: 500

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

BRASIL UM PAÍS DE TODOS GOVERNO FEDERAL

Comitê de Publicações

Presidente: Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão
Secretária Executiva: Nivia M.S. Gomes
Membros: Cristina Schetino Bastos
Fábio Akiyoshi Suinaga
Francisco das Chagas Vidal Neto
José Américo Bordini do Amaral
José Wellington dos Santos
Luiz Paulo de Carvalho
Nair Helena Castro Arriel
Nelson Dias Suassuna

Expedientes: Supervisor Editorial: Nivia M.S. Gomes
Revisão de Texto: Nisia Luciano Leão
Tratamento das ilustrações: Oriel Santana Barbosa
Editoração Eletrônica: Oriel Santana Barbosa