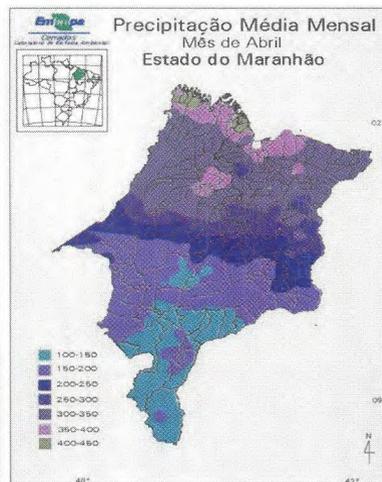
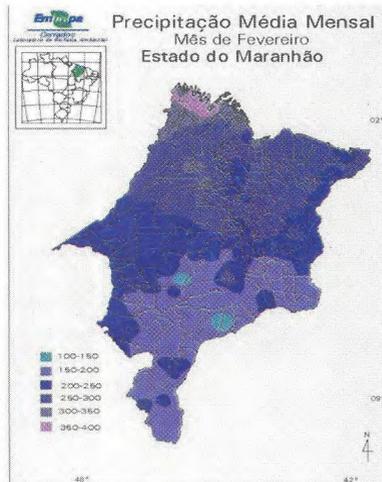
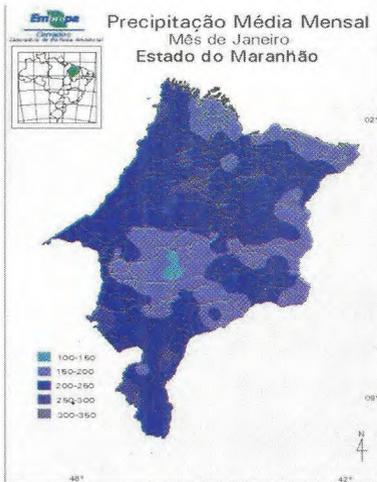


## Zoneamento de Risco Climático para a Cultura do Milho no Estado do Maranhão



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Meio-Norte  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## **Documentos 169**

# **Zoneamento de risco climático para a cultura do milho no Estado do Maranhão**

*Aderson Soares de Andrade Júnior  
Edson Alves Bastos  
Milton José Cardoso  
Clescy Oliveira da Silva*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Meio-Norte**

Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos Aires

Caixa Postal 01

CEP 64006-220 Teresina, PI.

Fone: (86) 3089-9100

Fax: (86) 3089-9130

Home page: [www.cpamn.embrapa.br](http://www.cpamn.embrapa.br)

E-mail: [sac@cpamn.embrapa.br](mailto:sac@cpamn.embrapa.br)

**Comitê de Publicações**

Presidente: Flávio Favaro Blanco,

Secretária Executiva: Luísa Maria Resende Gonçalves

Membros: Paulo Sarmanho da Costa Lima, Fábio Mendonça Diniz,

Cristina Arzabe, Eugênio Celso Emérito Araújo, Danielle Maria Machado

Ribeiro Azevêdo, Carlos Antônio Ferreira de Sousa, José Almeida Pereira

e Maria Teresa do Rêgo Lopes

Supervisão editorial: Lígia Maria Rolim Bandeira

Revisão de texto: Francisco de Assis David da Silva

Normalização bibliográfica: Orlane da Silva Maia

Editoração eletrônica: Erlândio Santos de Resende

**1ª edição**

1ª impressão (2008): 300 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Meio-Norte**

---

Zoneamento de risco climático para a cultura do milho no Estado

do Maranhão / Aderson Soares de Andrade Júnior ... [et al.] -

Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2008.

23 p. ; 21 cm. - (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X ; 169).

1. Milho. 2. Semeadura. 3. Solo. I. Andrade Júnior, Aderson Soares de. II. Embrapa Meio-Norte. III. Série.

---

CDD 633.15 (21. ed.)

© Embrapa, 2008

# **Autores**

## **Aderson Soares de Andrade Júnior**

Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Irrigação e Drenagem, bolsista do CNPq, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI.

*aderson@cpamn.embrapa.br*

## **Edson Alves Bastos**

Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI.

*edson@cpamn.embrapa.br*

## **Milton José Cardoso**

Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI.

*milton@cpamn.embrapa.br*

## **Clescy Oliveira da Silva**

Graduada em Química, UESPI, bolsista IC-CNPq, Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI.

# Apresentação

O cultivo do milho tem lugar de destaque na agricultura do Maranhão, ocupando, conforme dados oficiais, a terceira posição em área cultivada no estado. A atividade é realizada em regime de sequeiro durante o período chuvoso. Apesar de a média anual da precipitação pluvial no estado variar de 1.000 mm a 2.400 mm, valores que em termos totais não constituem fator limitante ao cultivo do milho, a cultura não está isenta de riscos advindos da má distribuição temporal das chuvas. Particularmente na região dos Cerrados, onde implantam-se as maiores áreas da cultura, é comum a ocorrência de um período de deficiência de chuvas durante a época chuvosa, conhecido popularmente como veranico. Na cultura do milho, esse fenômeno é fator de insucesso, principalmente se coincide com a fase de enchimento de grãos, contribuindo decisivamente para a redução da sua produtividade.

O zoneamento de risco climático avalia as ameaças decorrentes do clima e estabelece os limites de segurança à atividade agrícola. Esta publicação, identificando as áreas mais adequadas para o cultivo do milho, constitui importante ferramenta para o planejamento agrícola do Estado do Maranhão. O seu uso, não só pelas instituições promotoras do desenvolvimento agrícola mas também, diretamente, pelos produtores rurais, contribuirá para o sucesso da atividade, auxiliando no estabelecimento de políticas agrícolas e na tomada de decisão dos produtores.

*Hoston Tomás Santos do Nascimento*  
Chefe-Geral da Embrapa Meio-Norte

# Sumário

<b>Zoneamento de risco climático para a cultura do milho no Estado do Maranhão .....</b>	<b>9</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>Modelo de balanço hídrico .....</b>	<b>13</b>
<b>Modelo de espacialização .....</b>	<b>16</b>
<b>Mapas de risco climático .....</b>	<b>16</b>
<b>Conclusões .....</b>	<b>22</b>
<b>Referências .....</b>	<b>22</b>

# **Zoneamento de risco climático para a cultura do milho no Estado do Maranhão**

---

*Aderson Soares de Andrade Júnior*

*Edson Alves Bastos*

*Milton José Cardoso*

*Clescy Oliveira da Silva*

## **Introdução**

A cultura de milho é explorada praticamente em todo o Estado do Maranhão, notadamente em regime de sequeiro. Em termo de área cultivada, as maiores extensões contínuas de cultivo são encontradas na região dos Cerrados. A cultura ocupou no Maranhão, na safra 2006/2007, uma área plantada de 368.266 ha, com uma produção de 476.025 t e rendimento médio de 1.293 kg ha<sup>-1</sup>. Na região dos Cerrados, a área plantada foi de 24.508 ha, com uma produção de 85.700 t e rendimento médio de 3.500 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2007).

Segundo dados da Rede Nacional de Agrometeorologia (RNA), o período chuvoso no Maranhão concentra-se de novembro a abril, com precipitação média anual variando de 1.000 mm a 2.400 mm e trimestre mais chuvoso no período de janeiro a março (RNA, 2003) (Fig. 1). Contudo, apesar do elevado índice pluviométrico anual, o risco climático a que a cultura está sujeita é acentuado, em razão da irregularidade na distribuição de chuvas, traduzida por períodos de deficiência hídrica no solo de diferentes durações, notadamente se estes ocorrerem durante as fases de desenvolvimento mais críticas (floração e enchimento de grãos) (DOORENBOS; KASSAM, 1994), quando o estresse hídrico reduz sensivelmente o rendimento da cultura.

Em um cenário climático dessa natureza, o zoneamento agrícola de risco climático constitui-se em uma ferramenta fundamental no processo de tomada de decisão, principalmente com o surgimento do novo modelo agrícola brasileiro, baseado nas premissas de competitividade, eficiência e visão de agronegócio.

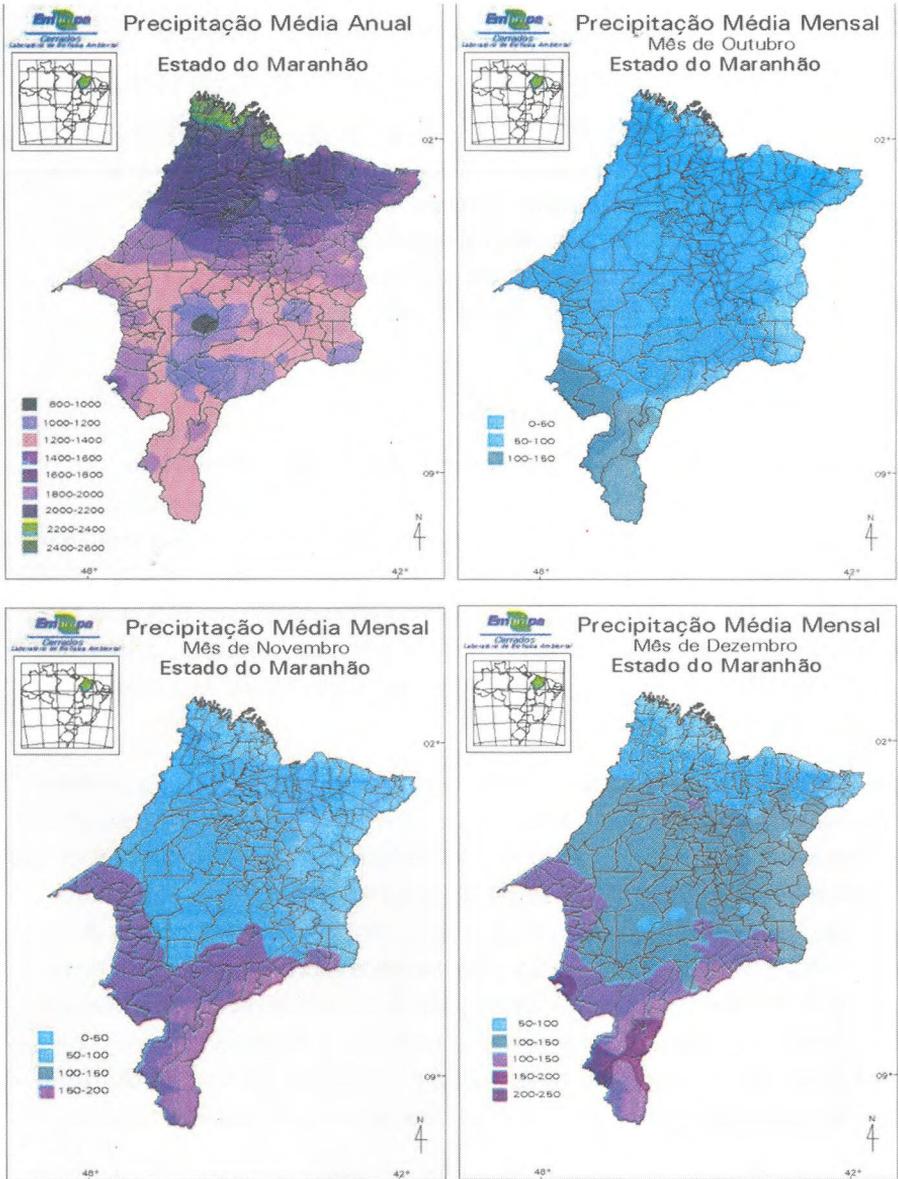


Fig. 1. Mapas de precipitação média (mm) mensal e anual para o Estado do Maranhão.

Fonte: RNA (2003).

Continua...

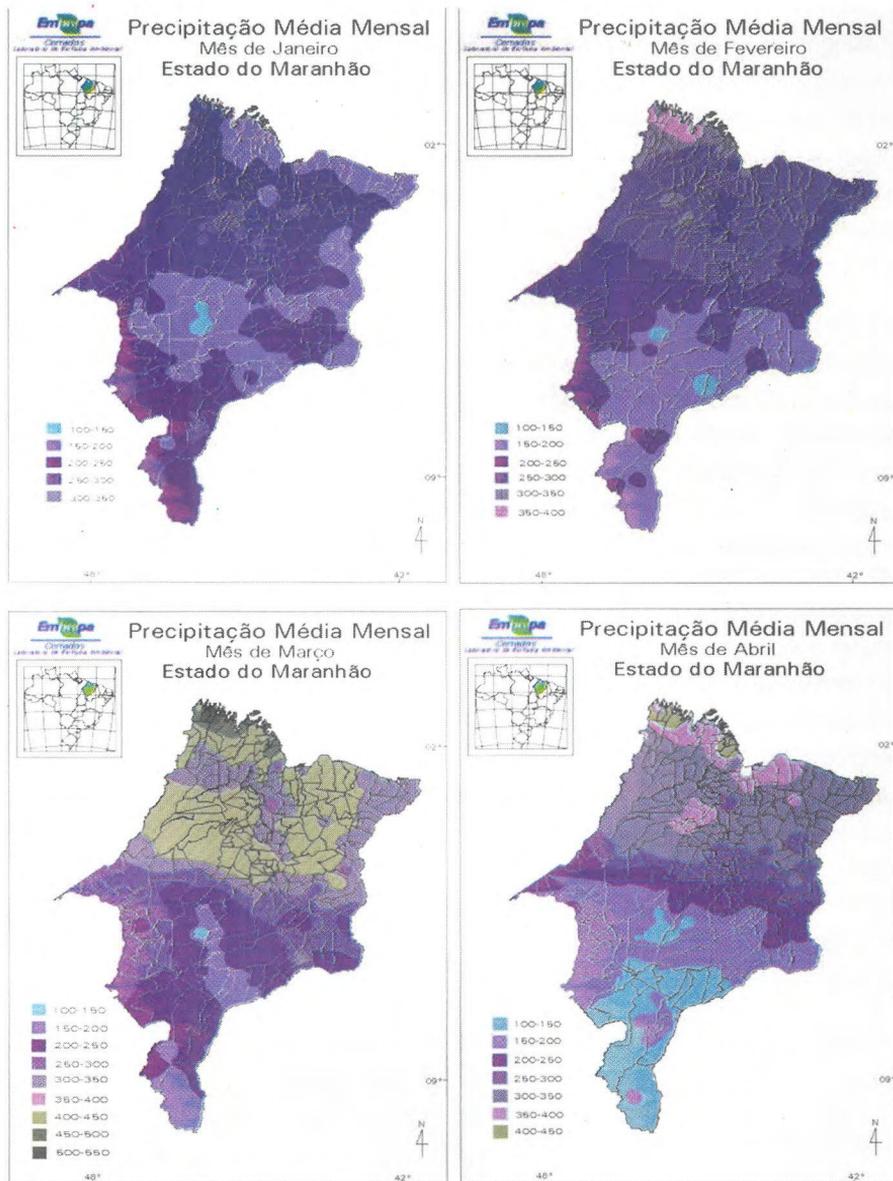


Fig. 1. Continuação.

O zoneamento agrícola de risco climático, a partir do conhecimento das variabilidades climáticas locais (como precipitação e evapotranspiração de referência) e de sua espacialização regional por meio de um sistema de informação geográfica (SIG), permite definir regiões de aptidão climática para o cultivo agrícola e épocas mais adequadas de semeadura, como forma de diminuir os efeitos negativos causados pela má distribuição de chuvas (SILVA; AZEVEDO, 2000; TEIXEIRA; AZEVEDO, 1996; ZULLO JÚNIOR., 1999).

Vários estudos mostram que a definição das épocas de semeadura, por meio do balanço hídrico do solo, contribui para reduzir o risco climático causado pela distribuição irregular das chuvas (ANDRADE JÚNIOR, 2000; ANDRADE JÚNIOR et al., 2007; ASSAD et al., 1997; MARIN et al., 2000; SILVA et al., 1995; SILVA; BRITES; ASSAD, 1998; ZULLO JÚNIOR et al., 1999).

Entretanto, existem poucos estudos no Maranhão voltados para o zoneamento agrícola de risco climático da cultura do milho. Evangelista, Assad e Aguiar (1999) recomendaram datas para o plantio de milho na microrregião de Chapadinha e sul do Maranhão com base no balanço hídrico do solo. Contudo, os balanços hídricos foram efetuados com uma série de dados de precipitação diferente da série mais atualizada, com os parâmetros de solo e cultura inadequados e sem representarem a condição real da capacidade de armazenamento de água dos solos da região. Além disso, os balanços hídricos foram simulados com uma análise freqüencial de 50 %, não adequada para estudos envolvendo planejamento agrícola. Para estudos dessa natureza, Andrade Júnior (2000) recomenda usar probabilidade de ocorrência superior a 75 %.

Em estudo de épocas de semeadura envolvendo híbridos (BRS 1001, BRS 2020, BRS 3003) e variedades de milho (Caatingueiro, Sertanejo e CPATC 5), conduzido na região dos Cerrados do sul maranhense, Andrade Júnior et al. (2007) concluíram que a semeadura no mês de dezembro resultou em melhor desempenho produtivo dos híbridos, enquanto a semeadura em janeiro favoreceu o desempenho produtivo das variedades. Contudo, o estudo restringiu-se apenas a uma área de produção de milho no município de São Raimundo das Mangabeiras, havendo a necessidade de regionalização do estudo para as demais áreas de produção do estado.

Assim, objetivou-se neste trabalho regionalizar o risco climático para a cultura do milho no Estado do Maranhão, com base no balanço de água no solo, para semeaduras em diferentes épocas, durante a estação chuvosa. Para tanto, utilizou-se uma série de dados diários de chuva mais atualizada e parâmetros de solo e cultura mais adequados para a região.

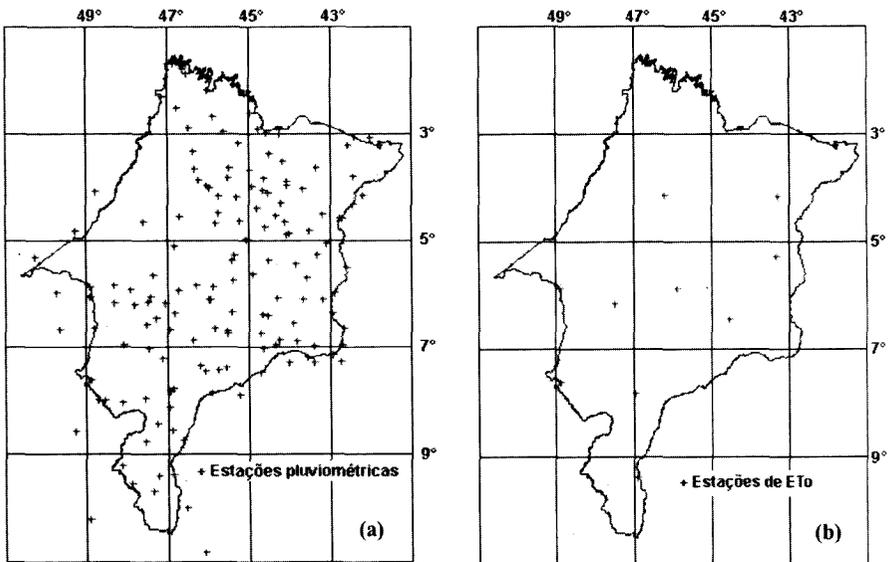
## **Modelo de balanço hídrico**

O zoneamento agrícola de risco climático foi efetuado em duas etapas: a) cálculo dos balanços hídricos diários, usando-se o programa computacional Sarrazon (BARON; PEREZ; MARAUX, 1996); b) espacialização dos índices de satisfação das necessidades hídricas das culturas, utilizando-se o programa computacional Spring, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Apesar de os balanços hídricos e da espacialização dos resultados terem sido realizados para todo o Estado do Maranhão, deu-se atenção especial aos municípios localizados na região sul e à microrregião de Chapadinha, onde predomina o ecossistema dos Cerrados.

Os balanços hídricos foram efetuados no período de outubro a fevereiro, compreendendo o início, a plena estação e o final da estação chuvosa na região dos Cerrados. As simulações foram efetuadas a cada dez dias (decêndios) e para o período de semeadura de 5 de outubro a 25 de fevereiro. As variáveis de entrada utilizadas no modelo foram:

- a) Precipitação diária: utilizaram-se as séries de dados de 127 estações pluviométricas, com no mínimo 15 anos de registros diários, obtidos junto ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Fig. 2a).
- b) Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>): os dados diários referentes à ET<sub>o</sub>, estimados pelo método de Penman - Monteith para dez municípios do estado (Caxias, Chapadinha, Imperatriz, Grajaú, Zé Doca, Barra do Corda, Colinas, Carolina, Balsas e Alto Parnaíba), foram fornecidos pelo INMET (Fig. 2b). Para os demais municípios, o modelo Sarrazon usou a estimativa de ET<sub>o</sub> do município mais próximo entre os acima mencionados.

c) Capacidade de armazenamento de água no solo (CAD): variou em razão do tipo de solo e da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura ( $Z = 0,40$  m), admitindo-se constante ao longo do ciclo da cultura. Assumiram-se três tipos de solos: tipo 1 – Neossolo Quartzarênico (0,60 mm de água/cm de solo e CAD = 25 mm); tipo 2 – Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (com menos de 35 % de argila; 1,00 mm de água/cm de solo e CAD = 40 mm); tipo 3 – Argissolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (com mais de 35 % de argila; 1,20 mm de água/cm de solo e CAD = 50 mm). Cabe ressaltar que, quando a espacialização do risco climático é feita considerando-se determinado tipo de solo, assume-se que toda a área em estudo apresente aquele tipo de solo.



**Fig. 2.** Distribuição espacial das estações pluviométricas (a) e de ETo (b) no Maranhão.

d) Cultivares: para representar as cultivares de milho recomendadas para a região em estudo, foi eleita uma cultivar com ciclo de 120 dias, considerada adaptada às condições de temperatura e fotoperíodo dos diferentes locais.

e) Coeficientes de cultura (Kc): usaram-se valores de Kc decendiais ao longo do ciclo da cultura do milho (Tabela 1). Esses valores foram consolidados a partir de informações obtidas na literatura, associadas a trabalhos de campo conduzidos nas condições locais (ANDRADE JÚNIOR et al., 1998; DOORENBOS; KASSAM, 1994).

**Tabela 1.** Valores de coeficientes de cultura (Kc) decendiais para a cultura de milho.

Ciclo (dias)	Decêndio											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
120	0,40	0,45	0,50	0,60	0,85	1,00	1,10	1,25	0,90	0,80	0,70	0,60

f) Modelo Sarrazon: o modelo de simulação do balanço hídrico da cultura (Sarrazon) permitiu a determinação dos valores de evapotranspiração real (ETr) e evapotranspiração máxima (ETm), com os quais se estimaram os valores dos índices de satisfação das necessidades de água (ISNA) da cultura, calculados pela equação 1. A ETr expressa a quantidade de água que a planta efetivamente consumiu e a ETm representa a quantidade de água desejável para garantir sua produtividade máxima (SILVA; BRITES; ASSAD, 1998):

$$ISNA = \left( \frac{ETr}{ETm} \right) \quad (1)$$

em que:

ISNA - índice de satisfação das necessidades de água (decimal).

ETr - evapotranspiração real da cultura (mm).

ETm - evapotranspiração máxima da cultura (mm).

Os valores de ISNA foram obtidos da simulação de balanços hídricos efetuados com uma probabilidade de ocorrência de 80 %. Adotaram-se como favoráveis, em um determinado município, as épocas de semeadura que se enquadravam em um dos seguintes critérios: a) área do município com até 20 % de classe de baixo risco climático; b) área do município com pelo menos 60 % de classe de médio risco climático.

- g) Classes de ISNA: para a caracterização do risco climático associado ao cultivo do milho na região Meio-Norte, foram estabelecidas três classes de ISNA: a)  $ISNA > 0,55$  - baixo risco climático (período favorável ao plantio); b)  $0,55 > ISNA > 0,45$  - médio risco climático (período intermediário para plantio); c)  $ISNA \leq 0,45$  - alto risco climático (período desfavorável ao plantio), conforme recomendação de Evangelista, Assad e Aguiar (1999).

## Modelo de espacialização

Na segunda etapa, para a espacialização dos resultados, foram empregados os valores de ISNA estimados para o período de desenvolvimento compreendido entre a floração e o enchimento de grãos (período mais crítico ao deficit hídrico), com frequência mínima de 80 % nos anos utilizados em cada estação pluviométrica. Cada valor de ISNA observado durante essa fase foi associado à localização geográfica da respectiva estação para sua posterior espacialização, utilizando-se o programa computacional Spring. É importante ressaltar que, por se tratar de um modelo de risco climático, assumiu-se que não existem limitações quanto à fertilidade de solos e danos causados por pragas e doenças, conforme sugerido por Assad, Feitoza e Evangelista (1999) e Evangelista, Assad e Aguiar (1999).

## Mapas de risco climático

As Fig. 3 a 5 apresentam os resultados do zoneamento agrícola de risco climático da cultura do milho por tipo de solo, em determinadas épocas de semeadura. Apesar de essas figuras mostrarem as regiões consideradas de alto, médio e baixo riscos climáticos em todo o Estado do Maranhão, atenção especial deve ser dada à região sul (entre as latitudes  $6^\circ$  S e  $11^\circ$  S) e ao leste maranhense (microrregião de Chapadinha), onde se localiza a região do Cerrado maranhense, detentora da maior área plantada com milho. Quanto ao tipo de solo, devem-se priorizar os tipos 1 e 2 (Neossolos e Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro, com menos de 35 % de argila), que são as classes predominantes nas regiões sul e leste do estado.

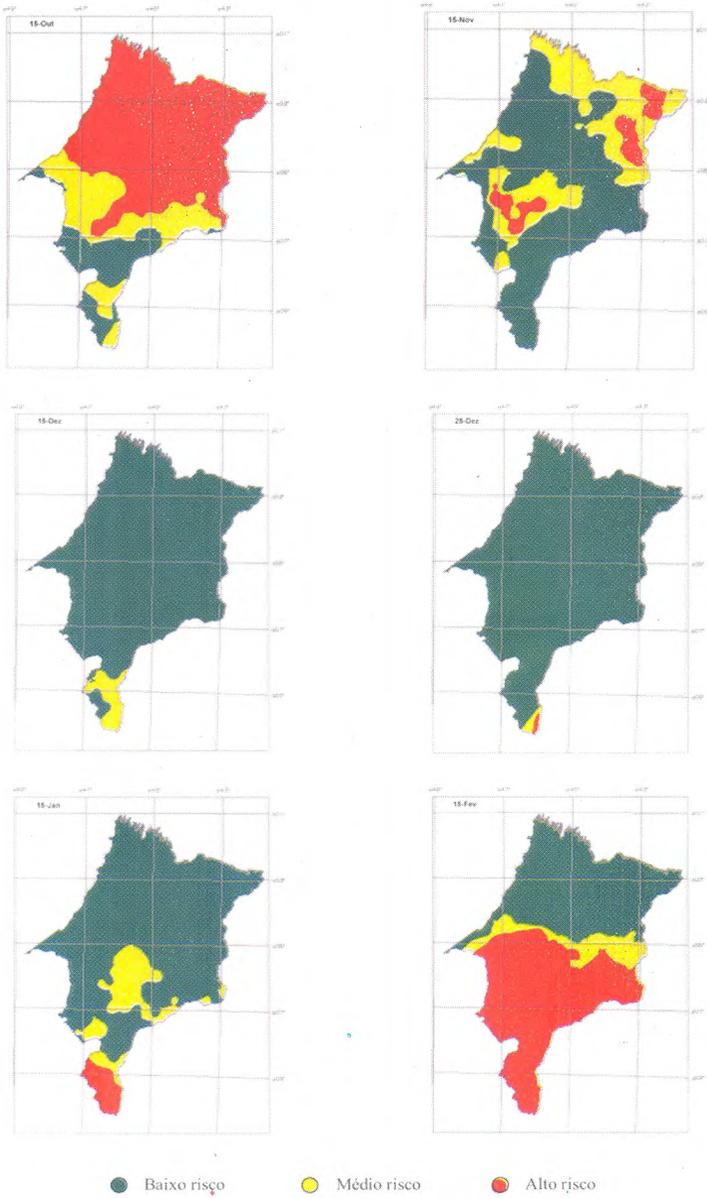


Fig. 3. Espacialização de riscos climáticos para milho em áreas com solo tipo 1 no Maranhão, para diferentes épocas de semeadura.

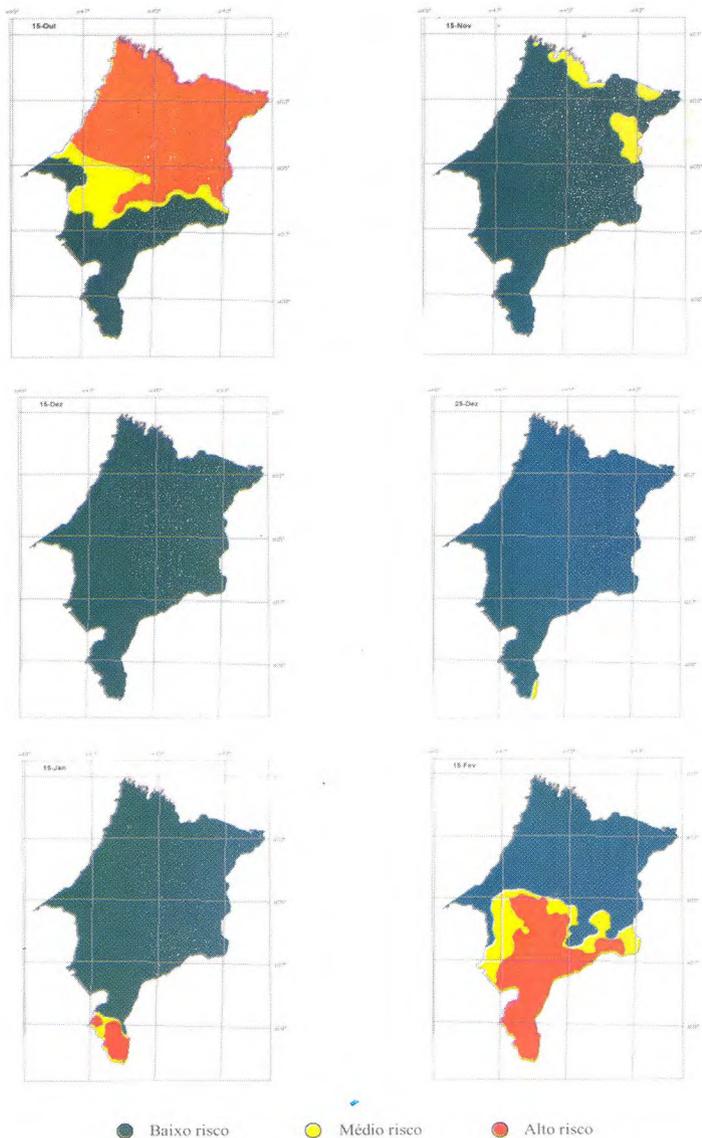


Fig. 4. Espacialização de riscos climáticos para milho em áreas com solo tipo 2 no Maranhão, para diferentes épocas de semeadura.

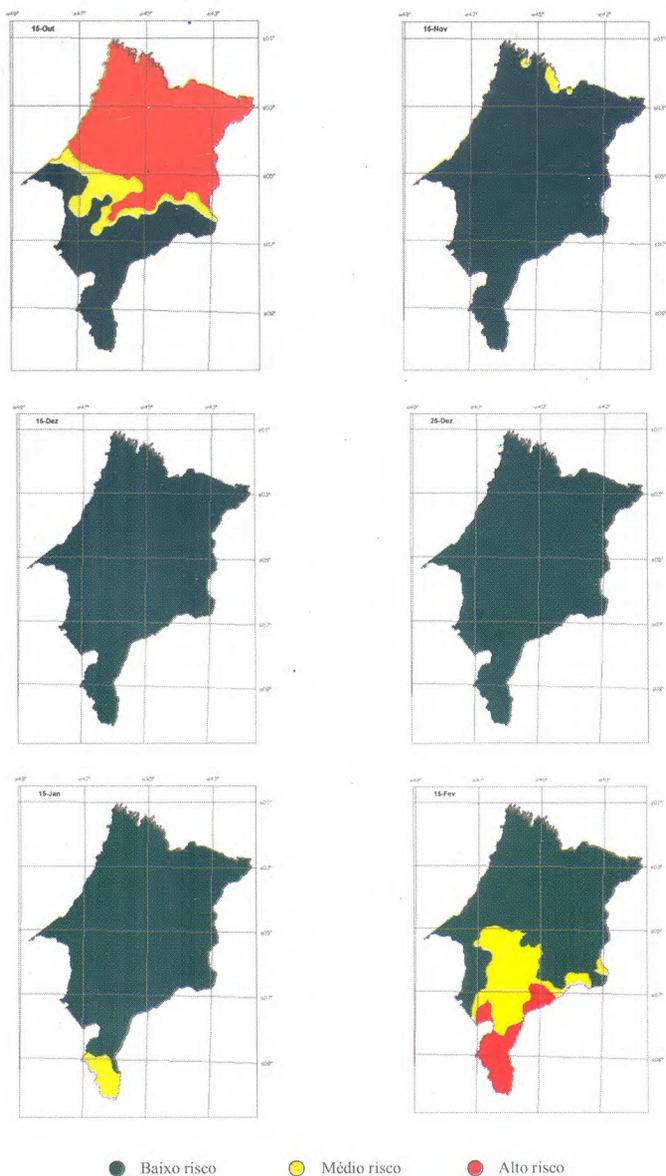


Fig. 5. Espacialização de riscos climáticos para milho em áreas com solo tipo 3 no Maranhão, para diferentes épocas de semeadura.

Para as áreas compreendidas entre as latitudes 2° S e 6° S, as informações quanto ao zoneamento agrícola climático de risco são aplicáveis, porém, com algumas restrições de solo.

Quando comparado ao zoneamento de risco climático para a cultura do milho no Piauí (ANDRADE JÚNIOR et al., 2001), constatou-se uma extensão maior de áreas com baixo risco climático no Maranhão, em razão de uma melhor disponibilidade e distribuição espacial de chuvas (Fig. 1). À medida que as épocas de semeadura foram avançando de outubro a fevereiro, as áreas indicadas como de baixo risco climático deslocaram-se em direção às regiões centro e norte do estado, onde o período chuvoso estende-se até os meses de março a abril (RNA, 2003).

Independentemente da região, as áreas consideradas aptas (de baixo risco climático) tenderam a ser mais extensas, quando se assumiram, como representativos da região, os solos do tipo 3. Esses solos apresentam maior capacidade de armazenamento de água em comparação aos solos dos tipos 1 e 2, pois possuem teores de argila superiores a 35 %. Ressalta-se, porém, que é pequena a ocorrência desse tipo de solo no estado. É importante que o usuário das informações identifique corretamente o tipo de solo da região de interesse, por meio de análise de solo e parecer de um agrônomo, a fim de usar corretamente os resultados apresentados neste zoneamento.

Diversos municípios foram considerados inaptos para o cultivo do milho, quando se processaram as simulações com o solo do tipo 2. Entretanto, todos eles foram considerados como de baixo risco climático ao assumirem -se os solos como do tipo 3. Isso porque as chuvas são uniformes na região dos Cerrados, tanto em termos quantitativos como em distribuição espacial (ANDRADE JÚNIOR; BASTOS, 1997). Quando isso ocorre, a capacidade de armazenamento de água do solo torna-se fator fundamental na definição da aptidão climática.

Para o sul do Maranhão, considerando-se os solos dos tipos 1 e 2, mais comuns na região, constatou-se que a semeadura do milho deve ser realizada nos seguintes períodos: solo tipo 1, de 15/outubro a 31/dezembro; solo tipo 2, de 1/Outubro a 10/Janeiro. Para o leste do Maranhão (região

de Chapadinha), os períodos indicados para a semeadura do milho são: solo tipo 1, 15-dezembro a 15/fevereiro; solo tipo 2, 1/Dezembro a 28/fevereiro.

É recomendável a adoção de épocas de semeadura situadas na faixa central dos intervalos de semeadura citados, como uma forma adicional de evitarem-se os riscos de insucessos advindos da variabilidade temporal típica das precipitações da região.

Em razão das diferenças metodológicas, principalmente quanto ao maior rigor estatístico usado na simulação dos balanços hídricos (frequência de 80 % de probabilidade), constatou-se que houve algumas divergências entre os resultados obtidos por este estudo, em comparação com os apresentados no trabalho de Evangelista, Assad e Aguiar (1999), notadamente quanto a uma maior restrição na indicação dos períodos favoráveis ao plantio de milho na região.

É importante ressaltar que as indicações de épocas de semeadura favoráveis ao cultivo do milho, mencionadas anteriormente, levaram em consideração apenas o aspecto relativo ao balanço de água em cada um dos tipos de solo. É aconselhável que sejam incorporadas outras variáveis, tanto climáticas como de manejo de solo, no modelo de zoneamento. Pode-se, por exemplo, utilizar a temperatura máxima como elemento definidor da aptidão climática, notadamente no caso do milho, que responde negativamente em termos produtivos à ocorrência de temperaturas elevadas ( $> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) durante as fases de floração e enchimento de grãos (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000). Da mesma forma, os balanços hídricos poderiam ser simulados em condição de plantio direto, favorecendo o acréscimo da capacidade de retenção de água dos solos, prática que está sendo progressivamente incorporada pelos produtores da região dos Cerrados.

No formato atual, o zoneamento agrícola de risco climático constitui-se em ferramenta fundamental no processo de tomada de decisão, devendo ser utilizado como documento orientador para auxiliar administradores de políticas públicas, agentes financeiros e produtores rurais na definição de regiões com aptidão climática para o cultivo do milho e na escolha de épocas de semeadura mais favoráveis a essa cultura.

## Conclusões

- a) A região do Cerrado maranhense é favorável ao cultivo do milho em diferentes combinações entre épocas de semeadura e tipos de solo.
- b) Considerando-se os solos dos tipos 1 e 2, mais comuns nessa região, as épocas de semeadura que oferecem menores riscos aos produtores são: 15/novembro a 25/dezembro, na região sul do Maranhão, e de 15/dezembro a 15/fevereiro, na microrregião de Chapadinha.

## Referências

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. **Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e Litoral Piauiense**. 2000. 566 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A. **Precipitação pluviométrica provável em municípios do cerrado piauiense**. Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1997. 22 p. (EMBRAPA-CPAMN. Documentos, 25).

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. O. Épocas de semeadura para a cultura do milho no cerrado do sul maranhense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Efeito das mudanças climáticas na agricultura**: anais. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. 5 p. 1 CD-ROM.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; BASTOS, E. A. Irrigação. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do milho no Piauí**. 2. ed. rev. atual. Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1998. p. 68-100. (EMBRAPA-CPAMN. Circular Técnica, 12).

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; SENTELHAS, P. C.; LIMA, M. G.; COSTA, C. A. R.; LEITE, D. A. S. R. Zoneamento agroclimático para as culturas de milho e soja no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 544-550, 2001.

ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A.; SANS, L. M. A.; FARIAS, J. R.; SILVA, S. C. Zoneamento agroclimático para grãos na região do Meio-Norte Brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS DO MEIO-NORTE, 1., 1997, Teresina. **Cerrados: sua biodiversidade é uma benção da natureza - anais**. Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1997. p. 20-38. (EMBRAPA-CPAMN. Documentos, 27).

ASSAD, E. D.; FEITOZA, L.; EVANGELISTA, B. A. **Recomendação de datas para o plantio de milho (*Zea mays*) na região sul do Estado do Piauí**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 19).

BARON, C.; PEREZ, P.; MARAUX, F. **Sarrazon bilan hydrique applique au zonage: bilan hydrique de réseaux pluviométriques et synotiques pour des applications de zonage annuels ou pluriannuels d' analyse de risques climatiques**. Montpellier: CIRAD - CA, 1996. 26 p.

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

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

EVANGELISTA, B. A.; ASSAD, E. D.; AGUIAR, L. M. S. **Recomendação de datas para o plantio de milho (*Zea mays*) na região sul do Estado do Maranhão e microrregião de Chapadinha**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 5 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 16).

IBGE. **Produção agrícola municipal** – ano 2007. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela). Acesso em: 18 ago. 2007.

MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; UNGARO, M. R. G. Perda de rendimento potencial da cultura do girassol por deficiência hídrica, no Estado de São Paulo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 1-6, 2000.

RNA - REDE NACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA. **Mapas de precipitação do Estado do Maranhão**. Disponível em: [www.agricultura.gov.br/rna](http://www.agricultura.gov.br/rna). Acesso em: 23 ago. 2003.

SILVA, G. B. da; AZEVEDO, P. V. de. Potencial edafoclimático da "chapada Diamantina" no Estado da Bahia para o cultivo de Cítrus. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 133 -139, 2000.

SILVA, S. C. da; ASSAD, E. D.; LOBATO, E. J. V.; SANO, E. E.; STEINMETZ, S.; BEZERRA, H. da S.; CUNHA, M. A. C. da; SILVA, F. A. M. da. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1995. 80 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 43).

SILVA, S. C. da; BRITES, R. S.; ASSAD, E. D. Identificação de risco climático para a cultura de arroz de sequeiro no Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 7, p. 1005-1011, 1998.

TEIXEIRA, A. H. de C.; AZEVEDO, P. V. de. Zoneamento agroclimático para a videira européia no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 139-145, 1996.

ZULLO JÚNIOR, J.; PINTO, H. S.; BRUNINI, O.; ASSAD, E. D. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) de sequeiro no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA, 11.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBA, 1999. 1 CD-ROM.