

Zoneamento de Risco Climático para as Culturas da Mamona e Feijão-caupi Consorciadas no Estado do Piauí



ISSN 0104-866X

Junho, 2012

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

Documentos 214

Zoneamento de Risco Climático para as Culturas da Mamona e Feijão-caupi Consorciadas no Estado do Piauí

*Aderson Soares de Andrade Júnior
Francisco de Brito Melo
Clescy Oliveira da Silva*

Embrapa Meio-Norte
Teresina, PI
2012

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
Email: sac@cpamn.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara*
Secretário-administrativo: *Manoel Gevandir Muniz Cunha*
Membros: *Humberto Umbelino de Sousa, Lígia Maria Rolim Bandeira, Igor Outeiral da Silva, Orlane da Silva Maia, Braz Henrique Nunes Rodrigues, João Avelar Magalhães, Laurindo André Rodrigues, Ana Lúcia Horta Barreto, Izabella Cabral Hassum, Bruno de Almeida Souza, Francisco de Brito Melo, Francisco das Chagas Monteiro, Marcos Jacob de Oliveira Almeida*

Supervisão editorial: *Lígia Maria Rolim Bandeira*
Revisão de texto: *Edsel Rodrigues Teles*
Normalização bibliográfica: *Orlane da Silva Maia*
Capa e editoração eletrônica: *Jorimá Marques Ferreira*
Foto da capa: Francisco de Brito Melo

1ª edição

1ª impressão (2012): 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

Andrade Júnior, Aderson Soares de.

Zoneamento de risco climático para as culturas da mamona e feijão-caupi consorciadas no Estado do Piauí / Aderson Soares de Andrade Júnior, Francisco de Brito Melo e Clescy Oliveira da Silva. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2012.

38 p. ; 21 cm. - (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X ; 214).

1. Zoneamento agrícola. 2. Variação sazonal. 3. Balanço hídrico. I. Melo, Francisco de Brito. II. Silva, Clescy Oliveira da. III. Série.

CDD 630.2516 (21. ed.)

© Embrapa, 2012

Autores

Aderson Soares de Andrade Júnior

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI
aderson@cpamn.embrapa.br

Francisco de Brito Melo

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Solos e Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI
brito@cpamn.embrapa.br

Clescy Oliveira da Silva

Engenheira-agrônoma, M.Sc. em Engenharia Agrícola, doutoranda da Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), Botucatu, SP
clescy@gmail.com

Apresentação

O zoneamento agrícola de risco climático, elaborado a partir da variabilidade climática caracterizada dentro de um espaço geográfico, constitui ferramenta de importância fundamental às atividades agrícolas.

Entre os usos da mamona, destaca-se o emprego do óleo na produção de biodiesel como uma alternativa para a redução da emissão de poluentes e gases de efeito estufa na atmosfera. No Nordeste, predomina o cultivo da mamoneira em consórcio com o feijão-caupi. Esse sistema de cultivo, prática comum entre os agricultores familiares, reduz os riscos de perda pela irregularidade climática, principalmente das chuvas, ocorrendo também melhor uso do solo e maior aproveitamento da propriedade.

Esta publicação apresenta o zoneamento agrícola de risco climático que contribui para o sucesso da atividade agrícola em situação de risco, assegurando a exploração sustentável no semiárido piauiense

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

Sumário

Introdução	9
Modelo de balanço hídrico	13
Modelo de espacialização	18
Mapas de risco climático.	19
Conclusões	36
Referências	36

Zoneamento de Risco Climático para as Culturas da Mamona e Feijão-caupi Consorciadas no Estado do Piauí

*Aderson Soares de Andrade Júnior
Francisco de Brito Melo
Clescy Oliveira da Silva*

Introdução

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) pertence à família das Euforbiáceas, sendo uma planta rústica e resistente à seca. Em termos mundiais, a espécie é cultivada comercialmente entre os paralelos 40° N e 40° S. Em 2011, na região Nordeste foram cultivados 201.247 ha com a cultura, com uma produção de 108.428 t de bagas. O Estado da Bahia é o maior produtor, com 82% da produção regional (88.968 t de bagas), em uma área cultivada de 141.182 ha. No Piauí, o cultivo da mamoneira ainda é muito incipiente em relação à região Nordeste, contribuindo com apenas 1.061 t de bagas, em uma área de 3.157 ha (IBGE, 2012).

O cultivo da mamoneira sofreu grande expansão, em virtude, principalmente, de sua capacidade de adaptação a diferentes condições de solo e clima e do uso múltiplo do óleo extraído de suas sementes, que possui inúmeras aplicações, tais como: fabricação de cosméticos, próteses para ossos humanos, lubrificantes e aditivos de combustíveis, dentre outras.

Atualmente, o uso de óleo de mamona para produção de biodiesel, visando a sua adição ao óleo diesel tradicional, é uma das alternativas brasileiras para redução da importação de petróleo e da emissão de poluentes e gases de efeito estufa na atmosfera (MELO et al., 2003).

O consórcio de culturas, segundo Portes e Silva (1996), é o sistema de cultivo em que a semeadura de duas ou mais espécies é realizada em uma mesma área, de modo que uma das culturas conviva com a outra, em todo ou em pelo menos parte do seu ciclo. Esse sistema de agricultura é uma prática bastante comum feita pelos pequenos produtores da região Nordeste do Brasil, que buscam, com ela, a redução dos riscos de perdas, por causa, notadamente, das irregularidades climáticas, principalmente as precipitações pluviais. Também buscam o maior aproveitamento da sua propriedade e o maior retorno econômico, além de constituir alternativa viável para aumentar a oferta de alimentos (ANDRADE et al., 2001).

No Nordeste, a mamoneira é cultivada, em quase sua totalidade, em regime de sequeiro e em consórcio com outras culturas, dentre as quais se destaca o feijão-caupi. O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma excelente fonte de proteína e apresenta todos os aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas e baixa quantidade de gordura (CARDOSO et al., 1994). Por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, tem a habilidade de fixar nitrogênio do ar, elemento químico exigido em grandes quantidades, tanto pela mamona quanto pelo feijão-caupi, para o seu desenvolvimento vegetativo e produtivo (MELO et al., 2003). Portanto, é uma excelente alternativa para o consórcio com a mamona. Ao utilizar o consórcio, o agricultor familiar garante maior estabilidade de rendimentos, maior aproveitamento dos recursos naturais, redução da erosão do solo, maior diversidade alimentar, maior ocupação de mão de obra e supressão natural de plantas daninhas (AZEVEDO et al., 1997).

No cultivo consorciado, as espécies normalmente diferem em altura e em distribuição das folhas no espaço, entre outras características morfológicas, que podem levar as plantas a competir por energia luminosa, água e nutrientes. A divisão da radiação solar incidente sobre

as plantas, em um sistema consorciado, será determinada pela altura das plantas e pela eficiência de interceptação e absorção. O sombreamento causado pela cultura mais alta reduz tanto a quantidade de radiação solar que a cultura mais baixa recebe quanto sua área foliar (FLESCH, 2002).

Estudos têm demonstrado maior viabilidade dos cultivos consorciados sob condições de restrição hídrica no solo (FERREIRA et al., 2008; LOPES, 1987; SANABRIA DE MOJICA, 1975), o que indica a possibilidade do cultivo desses arranjos em regiões com baixa e/ou má distribuição da oferta pluviométrica, onde as culturas solteiras, por suas maiores exigências no nível de satisfação hídrica para a obtenção de produtividades satisfatórias, não tem tido sucesso.

Quanto ao cultivo solteiro da mamoneira e feijão-caupi no Estado do Piauí, os estudos de zoneamento de risco climático não têm recomendado a indicação de cultivo, notadamente, para mamoneira, na região semiárida (AMORIM NETO et al., 2001; ANDRADE JÚNIOR et al., 2001, 2005), onde as baixas e irregulares cotas pluviométricas (400 mm - 600 mm) são insuficientes para o suprimento hídrico das culturas durante seu ciclo (ANDRADE JÚNIOR et al., 2004) (Figura 1).

Em um cenário climático dessa natureza, o zoneamento agrícola de risco climático constitui uma ferramenta fundamental no processo de tomada de decisão, principalmente quando se visualiza a possibilidade de indicação de cultivo para culturas consorciadas em regiões com baixa oferta pluviométrica, até então não contempladas no Programa de Seguridade Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (PROAGRO), ampliando significativamente o acesso ao crédito oficial, com maior oferta de opções de cultivo de baixo risco para a atividade agrícola familiar.

O zoneamento agrícola de risco climático permite, com base no conhecimento das variabilidades climáticas locais (por exemplo, precipitação e evapotranspiração de referência) e de sua espacialização regional por um sistema de informação geográfica (SIG), definir regiões de aptidão climática

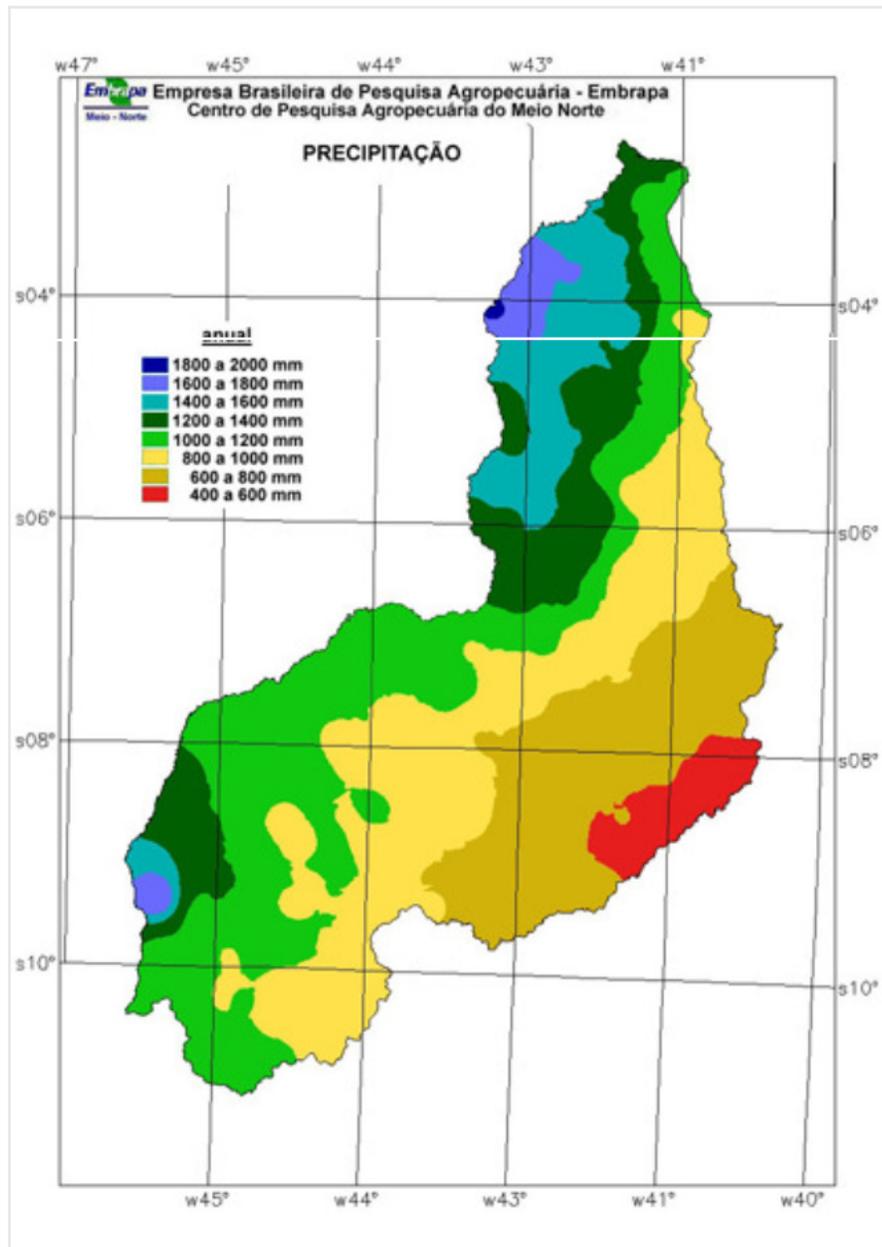


Figura 1. Mapa de precipitação anual (mm) para o Estado do Piauí.

para o cultivo agrícola e épocas mais adequadas de semeadura como forma de diminuir os efeitos causados pela má distribuição de chuvas (AMORIM NETO et al., 2001; ANDRADE JÚNIOR et al., 2001, 2005).

Neste documento, objetiva-se apresentar os resultados do zoneamento agrícola de risco climático para o consórcio mamona e feijão-caupi no Estado do Piauí, com base no balanço hídrico de água no solo, utilizando-se a série disponível mais atualizada de dados de chuva e parâmetros culturais da consorciação obtidos em ensaios de campo na região.

Modelo de balanço hídrico

O zoneamento agrícola de risco climático foi efetuado em duas etapas: a) cálculo dos balanços hídricos diários usando o programa computacional Sarrazon (BARON et al., 1996) e b) espacialização dos índices de satisfação das necessidades hídricas das culturas, utilizando o programa computacional Spring, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). 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 (MEDEIROS, 1996). As simulações foram efetuadas a cada dez dias (decêndios) e para o período de semeadura, de 5 de outubro a 25 de fevereiro (Tabela 1). As variáveis de entrada utilizadas no modelo foram:

a) Precipitação diária: utilizaram-se as séries de dados de 163 estações pluviométricas (Figura 2a), com no mínimo 15 anos de registros diários, obtidos junto ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e Núcleo Estadual de Hidrometeorologia do Estado do Piauí.

b) Evapotranspiração de referência (ET_o): os valores mensais de ET_o (Figura 2b), para todos os municípios, foram estimados pelo método de Thornthwaite (1948), com base no estudo desenvolvido por Gomes et al. (2005), usando as equações de estimativa da temperatura do ar propostas por Lima e Ribeiro (1998).

Tabela 1. Períodos de semeadura utilizados nos cálculos dos balanços hídricos.

Períodos → (Decêndios)	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Dias →	01 a 10	11 a 20	21 a 31	01 a 10	11 a 20	21 a 30	01 a 10	11 a 20	21 a 31
Meses →	Outubro			Novembro			Dezembro		
Períodos → (Decêndios)	1	2	3	4	5	6			
Dias →	01 a 10	11 a 20	21 a 31	01 a 10	11 a 20	21 a 28			
Meses →	Janeiro			Fevereiro					

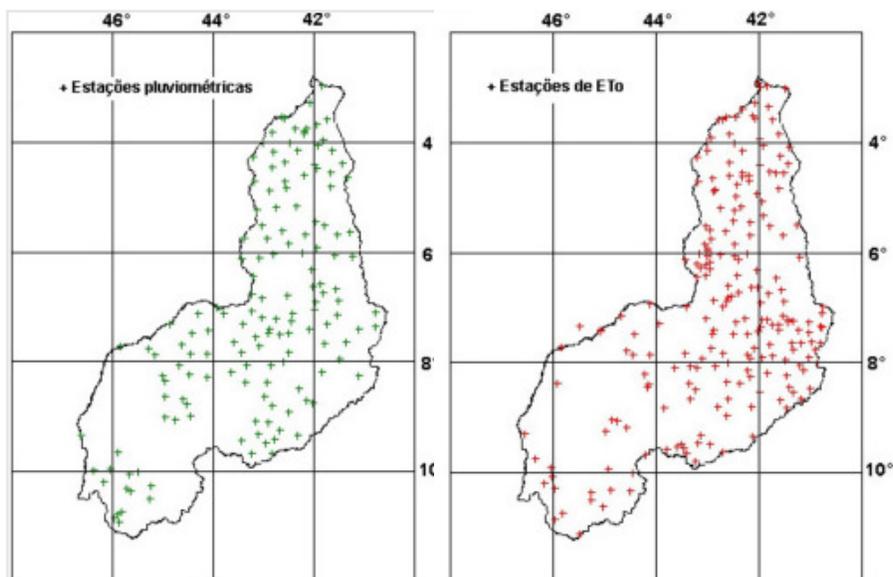


Figura 2. Distribuição espacial das estações pluviométricas (a) e de ETo (b) no Piauí.

c) Capacidade de armazenamento de água no solo (CAD): variou em função do tipo de solo e da profundidade efetiva do sistema radicular da mamoneira ($Z = 0,50$ 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 = 30 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 = 45 mm) e Tipo 3 - Argissolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (com mais de 35% de argila; 1,20 mm de água/cm de solo e CAD = 60 mm). Cabe ressaltar que, quando a espacialização do risco climático é feita considerando determinado tipo de solo, assume-se que toda a área em estudo apresenta aquele tipo de solo. Portanto, é necessário que o produtor, extensionista ou agente financeiro conheça o tipo de solo da propriedade ou da região, de modo a usar de forma adequada os resultados do zoneamento.

d) Cultivares: para representar as cultivares de mamona e feijão-caupi recomendadas para a região em estudo, foram eleitas cultivares hipotéticas, consideradas adaptadas às condições de temperatura e fotoperíodo do Estado do Piauí, com ciclo de 120 dias (mamona) e 65 dias (feijão-caupi). Recomenda-se que a semeadura do feijão-caupi seja efetuada no mesmo dia da semeadura da mamoneira. As fases críticas, das culturas ao déficit hídrico, não coincidem na mesma época, mantendo-se assim as mesmas condições em que foram obtidos os parâmetros culturais nos ensaios de campo. A duração do ciclo do consórcio mamona e feijão-caupi foi de 120 dias, distribuídos em quatro fases fenológicas: I - estabelecimento (30 dias), II - desenvolvimento vegetativo (30 dias), III - florescimento e enchimento de bagas e vagens (30 dias) e IV - maturação (30 dias).

e) Arranjo espacial: o arranjo espacial recomendado para o consórcio é 1:1 (uma fileira de mamona para uma fileira de feijão-caupi). O espaçamento para a semeadura da mamoneira deve ser de 1,2 m (entre fileiras) e 1,0 m entre plantas. O feijão-caupi deve ser semeado entre as fileiras da mamoneira, em um espaçamento de 0,6 m, com cinco plantas por metro linear. É necessária a execução das práticas de calagem e adubação das culturas, com base no resultado da análise de solo, bem como os tratamentos fitossanitários seguindo os sistemas de produção recomendados para a região de cultivo (CARDOSO, 2000; MELO et al., 2003).

f) Coeficientes de cultura (Kc): usaram-se valores de Kc decendiais ao longo do ciclo da cultura do consórcio mamona - feijão-caupi (Tabela 2). Os valores foram obtidos em ensaios de campo conduzidos nas condições edafoclimáticas de Alvorada do Gurgueia, PI (ANDRADE JÚNIOR et al., 2008a).

Tabela 2. Coeficientes de cultura (Kc) decendiais para o consórcio mamona e feijão-caupi.

Ciclo (dias)	Decêndios											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
120	0,20	0,25	0,30	0,60	0,90	1,00	1,20	1,20	1,30	1,25	1,15	1,00

g) 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 estimou o valor dos índices de satisfação das necessidades de água (ISNA) da cultura (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 et al., 1998):

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

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%, ou seja, com possibilidade de ocorrência de oito anos em cada dez anos. 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 ou 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 da mamona - feijão-caupi, foram estabelecidas três classes de ISNA, a saber: i) $ISNA \geq 0,45$ - baixo risco climático (período favorável para plantio); ii) $0,45 > ISNA > 0,35$ - médio risco climático (período intermediário para plantio); iii) $ISNA \leq 0,35$ - alto risco climático (período desfavorável para plantio). Essas classes de ISNA foram definidas com base em ensaios de campo, nos quais se avaliou a resposta produtiva do consórcio sob a imposição de diferentes níveis de estresse hídrico no solo (ANDRADE JÚNIOR et al., 2008b).

Modelo de espacialização

Na segunda etapa, para a espacialização dos resultados, foram empregados os valores de ISNAs estimados para o período fenológico compreendido entre a floração e o enchimento de grãos (período mais crítico ao déficit 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 agroclimático, assumiu-se que não existem limitações quanto à fertilidade de solos e danos causados por pragas e doenças.

Mapas de risco climático

As Figuras 3 a 5 apresentam os resultados do zoneamento agrícola de risco climático para o consórcio mamona e feijão-caupi, por tipo de solo, em determinadas épocas de semeadura. 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 no Estado do Piauí.

Em relação aos estudos de zoneamento de risco climático da mamoneira (ANDRADE JÚNIOR et al., 2006) e feijão-caupi (ANDRADE JÚNIOR et al., 2001) em cultivo solteiro, houve acréscimo das áreas com baixo risco climático em resposta ao regime pluviométrico, em termos de disponibilidade e distribuição espacial de chuvas (Figura 1). As áreas indicadas como de baixo risco climático deslocaram-se em direção às regiões central e norte do Estado à medida que as épocas de semeadura simuladas foram avançando de outubro a fevereiro, já que nessas regiões o período chuvoso estende-se aos meses de março a abril (MEDEIROS, 1996).

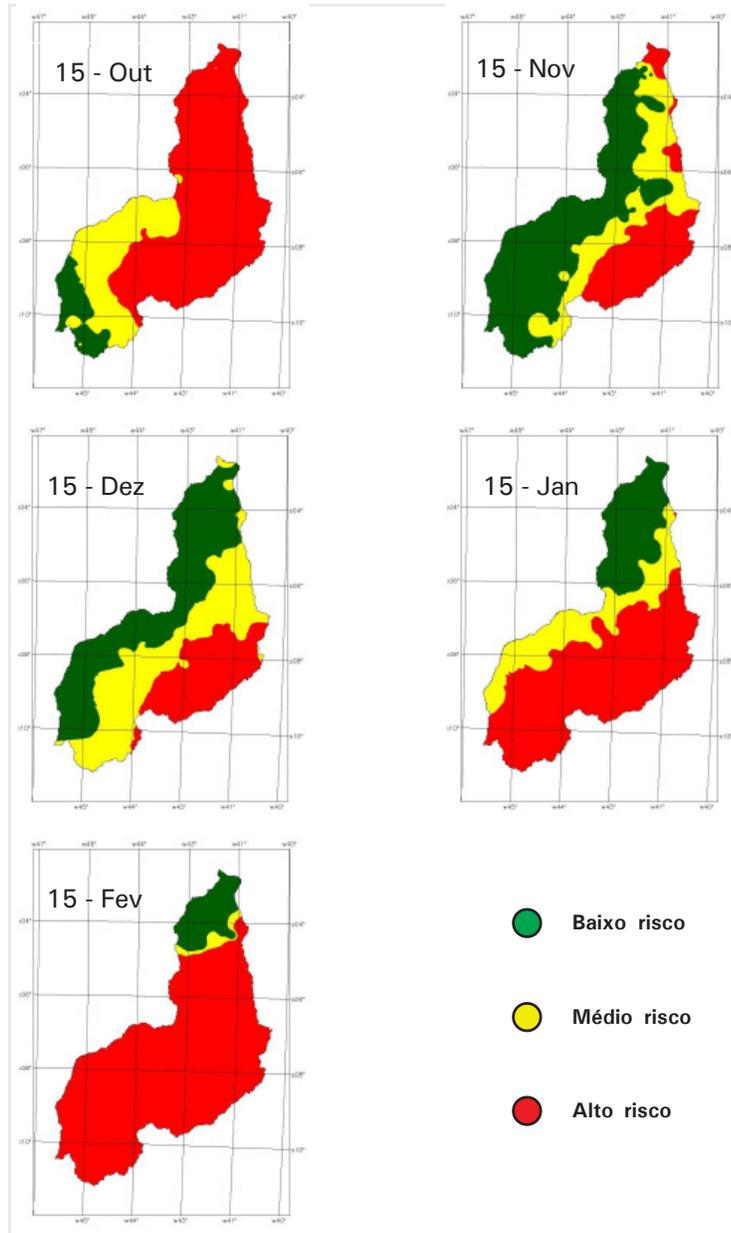


Figura 3. Espacialização de riscos climáticos para o consórcio mamona e feijão-caupi, em áreas com solo tipo 1, no Piauí

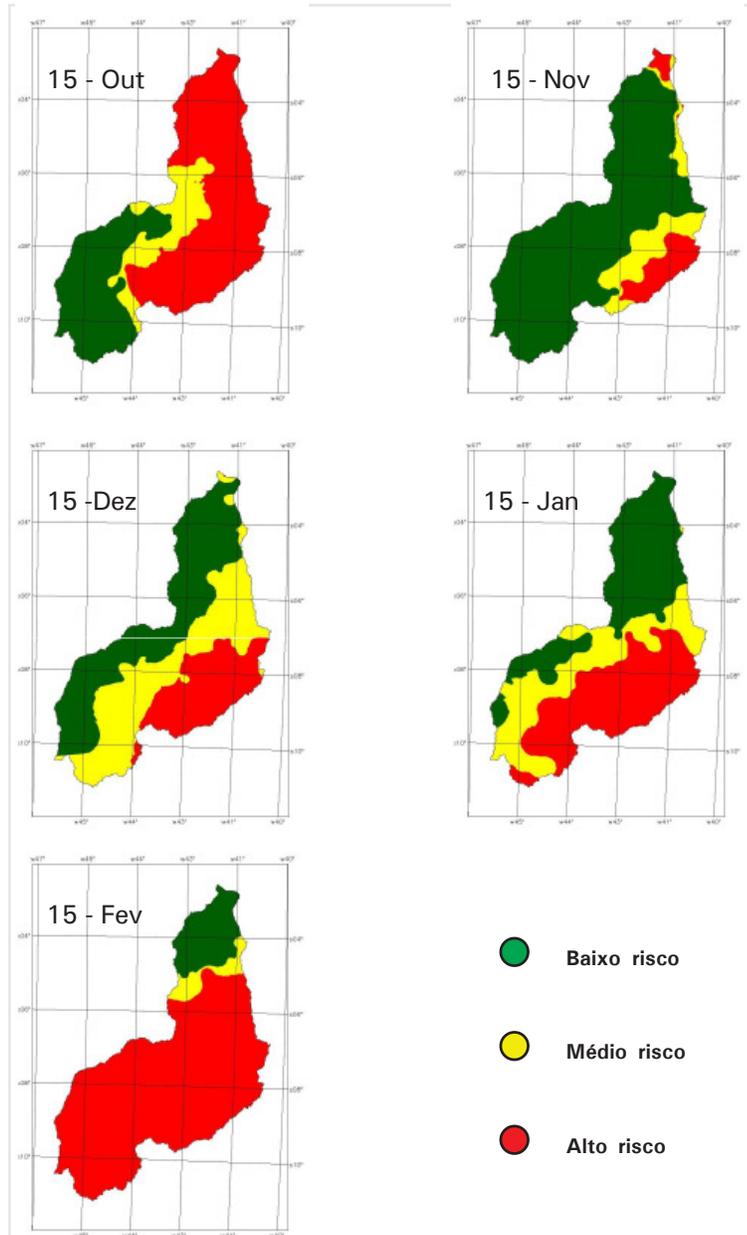


Figura 4. Espacialização de riscos climáticos para o consórcio mamona e feijão-caupi, em áreas com solo tipo 2, no Piauí.

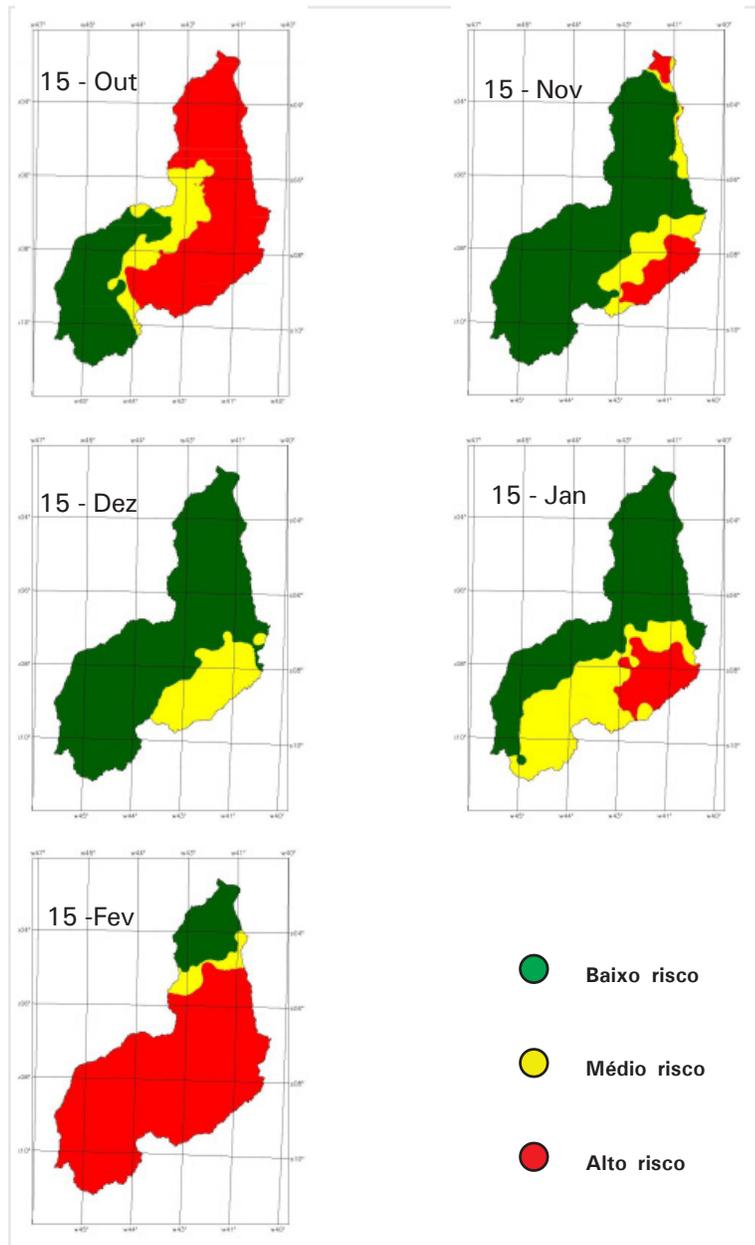


Figura 5. Espacialização de riscos climáticos para o consórcio mamona e feijão-caupi, em áreas com solo tipo 3, no Piauí.

Notadamente, para os solos com maior capacidade de retenção de água (tipo 3) e semeadura em dezembro, a região sudeste do Estado do Piauí (semiárido) apresentou alguma indicação de cultivo para o consórcio mamona - feijão-caupi (Figura 5), apesar de que nessa região o regime de chuvas é extremamente irregular e totaliza apenas 600 mm anuais (MEDEIROS, 1996), sendo insuficiente para o suprimento hídrico da mamoneira em cultivo solteiro (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). Mesmo assim, mostrou-se mais adequado para o cultivo do consórcio.

Embora a demanda hídrica do consórcio seja superior à das culturas solteiras (ANDRADE JÚNIOR et al., 2008a), os valores de ISNAs usados para a definição das áreas de baixo risco climático foram menores que os indicados para as culturas solteiras (ANDRADE JÚNIOR et al., 2008b), o que favoreceu para que houvesse acréscimo nas áreas de baixo risco climático para o consórcio. Entretanto, destaca-se que essa condição de ISNA reduzido induz níveis de produtividade das culturas em cultivo consorciado inferiores ao cultivo solteiro (ANDRADE JÚNIOR et al., 2008b), tornando a adoção do consórcio mamona e feijão-caupi uma alternativa agrícola para as regiões de baixa e irregular oferta pluviométrica, onde é inviável o cultivo do feijão-caupi e mamona em cultivo solteiro.

Em todas as épocas de semeadura simuladas, as áreas consideradas aptas (com baixo risco climático) tendem a ser mais extensas quando se assumiu os solos do tipo 3 como representativos da região. Esses solos apresentam maior capacidade de armazenamento de água em comparação aos solos do tipo 1 e 2, pois em termos granulométricos possuem teores de argila superiores a 35%. Ressalta-se, porém, que é pequena a ocorrência desses solos no Piauí. É importante que o usuário das informações identifique corretamente o tipo de solo a ser usado, por meio de análise de solo e parecer de um agrônomo, a fim de empregar corretamente as informações apresentadas neste zoneamento.

Alguns municípios foram considerados inaptos para o cultivo do consórcio mamona e feijão-caupi quando se processaram as simulações com solos do tipo 1 e 2. Entretanto, todos eles foram considerados como de baixo risco climático ao assumirem-se os solos como do tipo 3. Isto porque as chuvas são, de certa forma, bastante uniformes, notadamente na região dos cerrados, tanto em termos quantitativos como em distribuição espacial (ANDRADE JÚNIOR et al., 2004; ANDRADE JÚNIOR; BASTOS, 1997). Quando isso ocorre, a capacidade de armazenamento de água do solo torna-se fator fundamental da definição da aptidão climática.

De uma maneira geral, visando-se aos menores riscos climáticos em solos do tipo 1 e 2, os mais comuns no Piauí, constatou-se que a semeadura do consórcio mamona e feijão-caupi deve ser indicada nos seguintes períodos: a) solo tipo 1: de 15-novembro a 31-dezembro e b) solo tipo 2: de 1º-novembro a 31-janeiro. Na região semiárida, a semeadura do consórcio mamona e feijão-caupi somente deve ocorrer em áreas com solo tipo 3 e no período de 1º-dezembro a 31-dezembro. É recomendável a adoção de épocas de semeadura situadas na faixa central dos intervalos de semeadura citados, como forma adicional de reduzir-se os riscos de insucessos da variabilidade temporal típica das precipitações da região.

Em virtude das diferenças metodológicas, principalmente decorrentes do uso de valores de ISNA mais reduzidos para caracterizar as classes de alto risco climático, constatou-se que houve acréscimo nas áreas de médio e baixo risco climático, notadamente na região semiárida do Piauí, favorecendo a indicação do cultivo do consórcio mamona e feijão-caupi em substituição ao cultivo da mamona solteira, que apresenta elevado risco climático nessa região.

Na Tabela 3 é apresentada a relação dos municípios com indicação de cultivo e os respectivos períodos de semeadura, para todas as situações simuladas de tipo de solo. Para essa indicação adotaram-se os critérios de enquadramento descritos na metodologia do modelo de balanço hídrico, ou seja, o município foi considerado apto quando possuía até 20% de classe de baixo risco climático ou, com pelo menos, 60% de classe de médio risco climático. Houve indicação de cultivo para o consórcio mamona e feijão-caupi em todos os municípios do Piauí, em pelo menos, uma data de semeadura (Tabela 3).

É importante ressaltar que as indicações de épocas de semeadura favoráveis ao cultivo do consórcio mamona e feijão-caupi levaram em consideração apenas o aspecto relativo ao balanço de água em cada um dos tipos de solo. É aconselhável que, no futuro, sejam incorporadas outras variáveis climáticas, como, por exemplo, a temperatura mínima do ar, a umidade relativa do ar e a insolação, como elementos climáticos definidores da aptidão climática, notadamente no caso da mamoneira, que responde positivamente em termos produtivos à ocorrência de temperaturas mais amenas e maior número de horas de brilho solar, durante as fases de floração e enchimento das bagas (OLIVEIRA et al., 2008).

Entretanto, no formato atual, o zoneamento agrícola de risco climático constitui ferramenta fundamental no processo de tomada de decisão, devendo ser utilizado como documento orientador para auxiliar administradores de políticas públicas, agentes financeiros e produtores de base familiar, na definição de regiões com aptidão climática para o cultivo do consórcio mamona - feijão-caupi.

Tabela 3. Municípios aptos e períodos de semeadura para o consórcio mamona e feijão-caupi no Estado do Piauí, em cada tipo de solo.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Agricolândia	31 a 03	31 a 03	31 a 04
Água Branca	32 a 03	31 a 03	31 a 04
Alagoinha do Piauí		33 a 01	32 a 02
Alegrete do Piauí			33 a 02
Alto Longá	32 a 03	31 a 03	31 a 04
Altos	32 a 03	31 a 03	31 a 05
Alvorada do Gurgueia	32 a 35	31 a 36	31 a 01
Amarante	31 a 01	31 a 02	31 a 04
Angical do Piauí	31 a 02	31 a 03	31 a 04
Anísio de Abreu		31	31 a 01
Antônio Almeida	29 a 36	28 a 02	28 a 02
Aroazes	36 a 01	31 a 03	31 a 03
Aroeiras do Itaim			33 a 01
Arraial	31 a 36	31 a 02	31 a 02
Assunção do Piauí		35 a 01	32 a 04
Avelino Lopes	33	28 a 34	28 a 01
Baixa Grande do Ribeiro	30 a 36	28 a 01	28 a 02
Barra D'Alcântara	32 a 36	31 a 01	31 a 02
Barras	32 a 06	31 a 06	31 a 06
Barreiras do Piauí	29 a 36	28 a 02	28 a 03
Barro Duro	32 a 03	31 a 03	31 a 03
Batalha	32 a 05	32 a 06	31 a 06

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Belém do Piauí			33 a 36
Benedictinos	32 a 04	31 a 04	31 a 04
Bertolínia	31 a 35	30 a 36	28 a 02
Boa Hora	32 a 05	31 a 06	31 a 06
Bocaina		35 a 36	31 a 01
Bom Jesus	31 a 35	28 a 36	28 a 01
Bom Princípio do Piauí	34 a 05	33 a 05	33 a 06
Bonfim do Piauí			31 a 01
Boqueirão do Piauí	32 a 05	31 a 05	31 a 05
Brasileira	32 a 05	32 a 05	32 a 06
Brejo do Piauí		34	32 a 36
Buriti dos Lopes	33 a 06	33 a 06	33 a 06
Buriti dos Montes	35 a 01	33 a 03	32 a 04
Cabeceiras do Piauí	31 a 05	31 a 06	31 a 06
Cajazeiras do Piauí	31 a 36	31 a 01	31 a 02
Cajueiro da Praia	34 a 05	33 a 05	33 a 06
Caldeirão Grande do Piauí		01	35 a 02
Campo Grande do Piauí			33 a 01
Campo Largo do Piauí	32 a 06	31 a 06	31 a 06
Campo Maior	31 a 04	31 a 05	31 a 05
Canavieira	29 a 36	28 a 02	28 a 02
Canto do Buriti		31 a 34	31 a 36
Capitão de Campos	33 a 04	32 a 05	32 a 05

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Caracol		33	31 a 35
Caraúbas do Piauí	32 a 05	32 a 06	32 a 06
Caridade do Piauí			01
Castelo do Piauí	33 a 02	32 a 03	31 a 04
Caxingó	32 a 03	32 a 05	32 a 06
Cocal	35 a 06	33 a 06	33 a 06
Cocal de Telha	33 a 04	32 a 05	31 a 05
Cocal dos Alves	35 a 05	33 a 06	33 a 06
Coivaras	32 a 03	31 a 03	31 a 04
Colônia do Gurguéia	32	31 a 34	30 a 35
Colônia do Piauí		31 a 36	31 a 01
Conceição do Canindé		36	33 a 36
Cocal dos Alves	35 a 1	35 a 1	33 a 1
Coivaras	33 a 4	31 a 4	31 a 5
Colônia do Gurguéia	33 a 3	32 a 2	30 a 2
Colônia do Piauí	33 a 35	32 a 2	32 a 3
Conceição do Canindé	1		
Coronel José Dias		34 a 1	33 a 4
Corrente	34 e 3	32 a 3	32 a 4
Cristalândia do Piauí		32 a 1	32 a 2
Cristino Castro		32 a 3	32 a 3
Curimatá	31 a 3	32 a 4	32 a 4
Currais	33	31 a 36	31 a 2

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Curral Novo do Piauí		33 a 4	33 a 4
Curralinhos	35 a 3	34 a 35	28 a 1
Demerval Lobão	33 a 1	32 e 2	32 a 2
Dirceu Arcoverde		33 a 2	33 a 4
Dom Expedito Lopes		32 a 2	30 a 3
Dom Inocêncio		33 a 35	35 a 1
Domingos Mourão	2 e 3	33 a 5	33 a 5
Elesbão Veloso	30 a 1	32 a 3	32 a 4
Eliseu Martins	33 a 3	32 a 2	28 a 4
Esperantina	33 a 6	32 a 6	32 a 6
Fartura do Piauí	33	31 a 5	31 a 5
Flores do Piauí	33 a 3	33 a 34	33 a 35 e 3
Floresta do Piauí	35 a 1		
Floriano		32 a 4	32 a 4
Francinópolis	33 a 1	32 a 2	32 a 4
Francisco Ayres	1	33 a 3	33 a 3
Francisco Santos	1	32 a 3	32 a 3
Francisco Macedo	33	33 a 34 e 1	32 a 3
Fronteiras	34 a 4	32 a 36	32 a 36
Geminiano	35 a 3	32 a 4	32 a 4
Gilbués	34 a 36	33 e 1	1 e 2
Guadalupe	33 e 36 a 1	31 a 4	31 a 4
Guaribas		32 a 3	32 a 3

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Hugo Napoleão	33 a 36	33 a 3	33 a 4
Ilha Grande		32 a 6	32 a 6
Inhuma	33 a 35	34 a 4	32 a 4
Ipiranga do Piauí	33	30 a 1	30 a 2
Isaías Coelho	35 a 1	33	
Itainópolis	31 a 1	33	36
Itaueira		32 a 1	32 a 1
Jacobina do Piauí	33 e 36 a 1	33 a 2	35 a 3
Jaicós	33 a 1	33 a 3	33 a 3
Jardim do Mulato	35 a 1	33 a 3	33 a 34
Jatobá do Piauí	35 a 3	33 a 4	33 a 4
Jerumenha	33 e 36 a 1	32 a 3	32 a 4
João Costa	35	33	
Joaquim Pires	34 a 6	33 a 6	33 a 6
Joca Marques	33 a 3	32 a 3	32 a 4
José de Freitas	33 a 4	32 a 4	32 a 4
Juazeiro do Piauí	1 a 3	33 a 3	32 a 4
Júlio Borges	33 a 3	32 a 3	32 a 4
Jurema		33 a 35	33 a 36
Lagoa Alegre	33 a 3	32 a 3	31 a 4
Lagoa de São Francisco	33 a 6	28 a 4	28 a 5
Lagoa do Barro do Piauí		30,33 e 4	30, 33 a 36 e 4
Lagoa do Piauí	33 e 36 a 1	31 a 3	31 a 3

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Miguel Alves	31 a 06	31 a 06	30 a 06
Miguel Leão	31 a 03	31 a 03	31 a 04
Milton Brandão	33 a 03	32 a 04	32 a 05
Monsenhor Gil	31 a 04	31 a 04	31 a 05
Monsenhor Hipólito		32 a 36	32 a 01
Monte Alegre do Piauí	28 a 36	28 a 01	28 a 01
Morro Cabeça no Tempo	32 a 33	30 a 36	28 a 01
Morro do Chapéu do Piauí	32 a 06	32 a 06	32 a 06
Murici dos Portelas	32 a 05	32 a 05	32 a 06
Nazaré do Piauí	31 a 36	31 a 02	30 a 02
Nossa Senhora de Nazaré	31 a 05	31 a 05	31 a 06
Nossa Senhora dos Remédios	32 a 06	31 a 06	31 a 06
Novo Oriente do Piauí	32 a 36	31 a 02	31 a 02
Novo Santo Antônio	32 a 02	32 a 03	31 a 04
Oeiras	32 a 36	31 a 01	31 a 02
Olho D'Água do Piauí	32 a 03	31 a 03	31 a 04
Padre Marcos			33 a 01
Paes Landim		34	33 a 35
Pajeú do Piauí		32 a 35	31 a 01
Palmeira do Piauí	31 a 34	30 a 36	28 a 02
Palmeirais	31 a 03	31 a 03	30 a 04
Paquetá	01	33 a 02	30 a 02
Parnaguá	29 a 34	28 a 01	28 a 02

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Parnaíba	34 a 05	33 a 06	33 a 06
Passagem Franca do Piauí	32 a 03	31 a 03	31 a 04
Pau D'Arco do Piauí	32 a 03	31 a 03	30 a 04
Pavussu	31 a 32	31 a 35	30 a 01
Pedro II	32 a 05	32 a 05	32 a 06
Pedro Laurentino			34 a 35
Picos			34 a 01
Pimenteiras	32 + 36	32 a 01	31 a 02
Pão IX	33	32 a 01	32 a 02
Piracuruca	33 a 05	32 a 05	32 a 06
Piripiri	32 a 05	31 a 05	31 a 06
Porto	31 a 06	31 a 06	31 a 06
Porto Alegre do Piauí	30 a 36	30 a 01	28 a 02
Prata do Piauí	32 a 03	31 a 03	31 a 04
Redenção do Gurguéia	31 a 33	28 a 36	28 a 01
Regeneração	31 a 02	31 a 03	31 a 03
Riacho Frio	30 a 34	28 a 36	28 a 01
Ribeira do Piauí		32 a 34	31 a 01
Ribeiro Gonçalves	30 a 01	28 a 02	28 a 02
Rio Grande do Piauí	31 a 34	31 a 36	30 a 02
Santa Cruz do Piauí	01	33 a 02	30 a 02
Santa Cruz dos Milagres	35 a 02	32 a 03	32 a 04
Santa Filomena	28 a 01	28 a 03	28 a 04

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Santa Luz	32 a 34	31 a 36	29 a 01
Santa Rosa do Piauí	36	31 a 02	31 a 02
Santana do Piauí		36	32 a 01
Santo Antônio de Lisboa		32 a 36	32 a 01
Santo Antônio dos Milagres	31 a 02	31 a 03	31 a 04
Santo Inácio do Piauí			32 a 36
São Braz do Piauí			31 a 01
São Félix do Piauí	32 a 03	31 a 03	31 a 04
São Francisco do Piauí	32 a 36	31 a 01	30 a 02
São Gonçalo do Gurguéia	29 a 36	28 a 01	28 a 03
São Gonçalo do Piauí	31 a 03	31 a 03	31 a 04
São João da Canabrava	32 a 36	31 a 01	31 a 02
São João da Fronteira	34 a 03	33 a 05	32 a 05
São João da Serra	32 a 02	32 a 03	31 a 03
São João da Varjota		31 a 01	31 a 02
São João do Arraial	32 a 06	32 a 06	31 a 06
São José do Divino	33 a 05	32 a 06	31 a 06
São José do Peixe		31 a 36	31 a 02
São José do Piauí		31 a 36	31 a 01
São Julião		01	33 a 02
São Luís do Piauí		32 a 36	32 a 01
São Miguel da Baixa Grande	32 a 03	31 a 03	31 a 04

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
São Miguel do Fidalgo		34	32 a 36
São Miguel do Tapuio	34 a 01	32 a 02	31 a 04
São Pedro do Piauí	31 a 03	31 a 03	31 a 04
São Raimundo Nonato			32 a 35
Sebastião Barros	28 a 34	28 a 36	28 a 01
Sebastião Leal	29 a 36	28 a 02	28 a 02
Sigefredo Pacheco	32 a 03	31 a 03	31 a 04
Simões			35 a 01
Simplício Mendes			34
Socorro do Piauí		32 a 34	32 a 35
Sussuapara		36	32 a 01
Tamboril do Piauí		34	31 a 36
Tanque do Piauí	32 a 36	31 a 01	31 a 02
Teresina	31 a 04	30 a 04	30 a 05
União	31 a 05	31 a 06	31 a 06
Uruçuí	29 a 36	28 a 02	28 a 02
Valença do Piauí	32 a 36	31 a 02	31 a 02
Várzea Branca			31 a 34

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Várzea Grande	32 a 36	31 a 01	31 a 02
Vera Mendes			36
Vila Nova do Piauí			33 a 01
Wall Ferraz		32 a 01	31 a 02

*Solo 1 – Neossolos Quartzarênicos (sols com teor de argila maior que 10% e menor ou igual a 15% e CAD = 30 mm);

** Solo 2 – Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (com menos de 35% de argila e CAD = 50 mm) e

*** Solo 3 – Argissolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (com mais de 35% de argila e CAD = 70 mm).

Observações:

a) Foram suprimidos todos os municípios onde a cultura não é recomendada. Se algum município mudou de nome ou foi criado um novo em razão de emancipação de um daqueles da listagem acima, todas as recomendações são idênticas às do município de origem até que nova relação o inclua formalmente.

b) Caso exista mais de um período de plantio, por exemplo, 28 e 29 ou 33 a 1, significa que nos períodos intermediários ausentes da indicação, 30, 31 e 32, o plantio não é recomendado. Se a contecer um evento atípico na região (seca excessiva ou excesso de chuva), é recomendado que os produtores efetivem a implantação da lavoura nessa safra no local, pois esses eventos ainda não são possíveis de serem previstos pelo zoneamento.

Conclusões

- a) Houve acréscimo na indicação de cultivo do consórcio mamona e feijão-caupi em comparação à mamoneira solteira, notadamente na região semiárida e para cultivo em solos do tipo 3, durante o mês de dezembro;
- b) Para solos do tipo 1 e 2, mais comuns no Piauí, as épocas de semeadura que oferecem os menores riscos aos produtores familiares são: a) solo tipo 1: de 15- novembro a 31- dezembro e b) solo tipo 2: de 1º- Novembro a 31- Janeiro.

Referências

- AMORIM NETO, M. da S.; ARAUJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de M. Zoneamento agroecológico e época de semeadura para a mamoneira na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 551-556, 2001. Edição especial: Zoneamento agrícola.
- ANDRADE, M. J. B. de; MORAIS, A. R. de; TEIXEIRA, I. R.; SILVA, M. V. da. Avaliação de sistemas de consórcio de feijão com milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 242-250, mar./abr. 2001.
- 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; BASTOS, E. A.; SILVA, C. O. da; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. de. **Atlas climatológico do Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 101).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; MELO, F. de B.; BARROS, A. H. C.; SILVA, A. A. G. da; SANTIAGO, A. D. **Zoneamento de aptidão e de risco climático para a cultura da mamona no Estado de Alagoas**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 27 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 130).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; MELO, F. de B.; BASTOS, E. A. Zoneamento de risco climático para o feijão caupi no Piauí. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 5., 2001, Teresina. **Avanços tecnológicos no feijão caupi**: anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. p. 3-7. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56).

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; MELO, F. de B.; CEZAR-BARROS, A. H.; SILVA, C. O. da; GOMES, A. A. N. Zoneamento de aptidão e de risco climático para a cultura da mamona no Estado do Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Agrometeorologia, agroclimatologia e agronegócio: resumos**. Campinas: UNICAMP, 2005. p. 78.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; MELO, F. de B.; MASCHIO, F.; RIBEIRO, V. Q.; MORAIS, E. L. da C. Coeficientes de cultivo da mamoneira em sistema monocultivo e consorciado com feijão-caupi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. **Energia e ricinoquímica: [anais]**. Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008a. 6 p. 1 CD-ROM.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; MELO, F. de B.; MASCHIO, F.; RIBEIRO, V. Q.; MORAIS, E. L. da C. Índice de satisfação da necessidade de água da mamoneira em monocultivo e consorciada com feijão-caupi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. **Energia e ricinoquímica: [anais]**. Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008b. 7 p. 1 CD-ROM.

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOARES, J. J.; VIEIRA, R. M.; MOREIRA, J. de A. N. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. 52 p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 25).

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

CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 264 p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).

CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; FROTA, A. B.; MELO, F. de B. Arranjo populacional no consórcio milho x feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em regime de sequeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 41, n. 233, p. 19-27, 1994.

FERREIRA, V. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; SILVA, C. R. da; MASCHIO, R. Consumo relativo de água pelo milho e pelo feijão-caupi, em sistema de cultivos solteiro e consorciado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 96-106, abr. 2008.

FLESCH, R. D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 1, p. 51-56, 2002.

GOMES, A. A. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; MEDEIROS, R. M. Evapotranspiração de referência mensal para o Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 560-564, 2005.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Março de 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/>>. Acesso em: 14 abr. 2012.

LIMA, M. G.; RIBEIRO, V. Q. Equações de estimativa da temperatura do ar para o estado do Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 221-227, 1998.

LOPES, L. H. de O. **Efeito da deficiência hídrica no consórcio milho x feijão vigna.** 1987. 75 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MEDEIROS, R. M. de. **Isoietas médias mensais e anuais do Estado do Piauí.** Teresina: Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Irrigação. Departamento de Hidrometeorologia, 1996. 24 p.

MELO, F. de B.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, P. H. S. da. **Cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) consorciada com feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Semi-Árido.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003. 89 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 74).

OLIVEIRA, M. I. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; LUCENA, M. M. A. de; SILVA, G. A. da. Fatores que podem influenciar o crescimento e desenvolvimento da mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. **Energia e ricinoquímica: resumos.** Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008. p. 50. 1 CD-ROM.

PORTES, T. de A.; SILVA, C. C. da. Cultivo consorciado. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 619-638.

SANABRIA DE MOJICA, E. **Produccion de biomasa, nutricion mineral y absorcion de agua en la asociacion frijol - maíz cultivada en solucion nutritiva.** 1975. 63 f. Tesis (Mag. Sc.) - Centro Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba (Costa Rica).

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.

THORNTON, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, NY, v. 38, n. 1, p. 55-94, Jan. 1948.