

Zoneamento de Risco Climático para as Culturas do Sorgo 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 215

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

*Aderson Soares de Andrade Júnior
Milton José Cardoso
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: Milton José Cardoso

1ª edição

1ª impressão (2012): 300 exemplares

T

odos 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 do sorgo e feijão-caupi consorciadas no Estado do Piauí / Aderson Soares de Andrade Júnior, Milton José Cardoso e Clescy Oliveira da Silva. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2012.

42 p. ; 21 cm. - (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X ; 215).

1. Zoneamento agrícola. 2. Variação sazonal. 3. Balanço hídrico. I. Cardoso, Milton José. 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

Milton José Cardoso

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI
miltoncardoso@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 sorgo, planta originária de áreas secas da África, não é tradicionalmente cultivado no Brasil. No entanto, nos últimos anos tem crescido o seu emprego como fornecedor de grãos para rações. Dadas as suas características de tolerância ao déficit hídrico, constitui uma excelente alternativa para os agricultores piauienses como substituto do milho, notadamente em regiões mais secas, e também como cobertura do solo.

Em consórcio com o feijão-caupi, cultura tradicional no semiárido piauiense, o sorgo proporciona melhor uso da propriedade e diminuição dos riscos da atividade agrícola, sobretudo se comparado ao milho, cultura mais exigente por solo e água.

Apesar de sua menor exigência por água, a cultura do sorgo apresenta fases críticas de maior demanda, daí a necessidade de estudos de risco climático. Pela análise espacial e temporal de dados climáticos, estabelecem-se regiões de aptidão para o cultivo agrícola e épocas mais adequadas de semeadura.

Esta publicação apresenta a melhor época de semeadura, com base em séries históricas de variáveis climáticas, contribuindo para aumentar a sustentabilidade da agricultura piauiense e, conseqüentemente, a qualidade de vida dos agricultores.

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

Sumário

Introdução	9
Modelo de balanço hídrico	21
Modelo de espacialização	25
Mapas de risco climático.	26
Conclusões	40
Referências	40

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

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

Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é originário da região tropical da África e seu cultivo é adaptado às regiões quentes e secas, por causa da sua tolerância ao déficit hídrico. É cultivado, principalmente, onde a precipitação pluvial anual se situa entre 375 mm e 625 mm ou onde seja possível adotar-se irrigação suplementar.

Por causa de sua tolerância ao déficit hídrico, o sorgo é, normalmente, indicado para cultivo em áreas que não apresentam condições edafoclimáticas adequadas para a cultura do milho (SANTOS et al., 1996). O cultivo nessas áreas marginais de clima e, principalmente, sem uso de tecnologias tem contribuído para os baixos níveis de produtividade de grãos (1.500 kg ha⁻¹ a 2.500 kg ha⁻¹) da cultura ao longo dos anos (COELHO et al., 2002).

O sorgo começa a ocupar lugar de destaque no cenário nacional, em função da elevada demanda brasileira por grãos, notadamente para a fabricação de ração destinada aos setores da avicultura e suinocultura.

Estima-se que cerca de 10% a 20% dessa demanda possa ser atendida pelo sorgo, já que ele apresenta menor cotação de preço (entre 20% e 30%) em relação ao milho (COELHO et al., 2002).

O sorgo não apresenta tradição de cultivo e nem ocupa posição de destaque na agricultura piauiense. Segundo dados do IBGE (2012), no ano agrícola de 2010/2011, não houve registros de áreas cultivadas com essa gramínea no Piauí. Contudo, ante a característica de tolerância ao déficit hídrico, constitui uma excelente alternativa para os agricultores piauienses como substituição ao milho, especialmente nas regiões com menor disponibilidade de chuvas (FREIRE FILHO et al., 1986), bem como cultura para cobertura do solo, nas áreas de plantio direto com soja no cerrado piauiense.

Em termos de precipitação pluvial, o Piauí caracteriza-se por uma precipitação média anual variando de 800 mm a 1.400 mm (ANDRADE JÚNIOR et al., 2004), com o período chuvoso concentrando-se de novembro a março (Figuras 1 a 8).

Contudo, apesar do elevado índice pluviométrico anual do Piauí (Figura 1), o risco climático a que a cultura do sorgo está sujeita é acentuado, por causa da irregularidade na distribuição de chuvas, traduzida por períodos de veranicos de diferentes durações, notadamente se eles ocorrerem durante as fases mais críticas (formação das panículas e enchimento de grãos) (DOORENBOS; KASSAN, 1994), quando a falta de água reduz sensivelmente seus rendimentos.

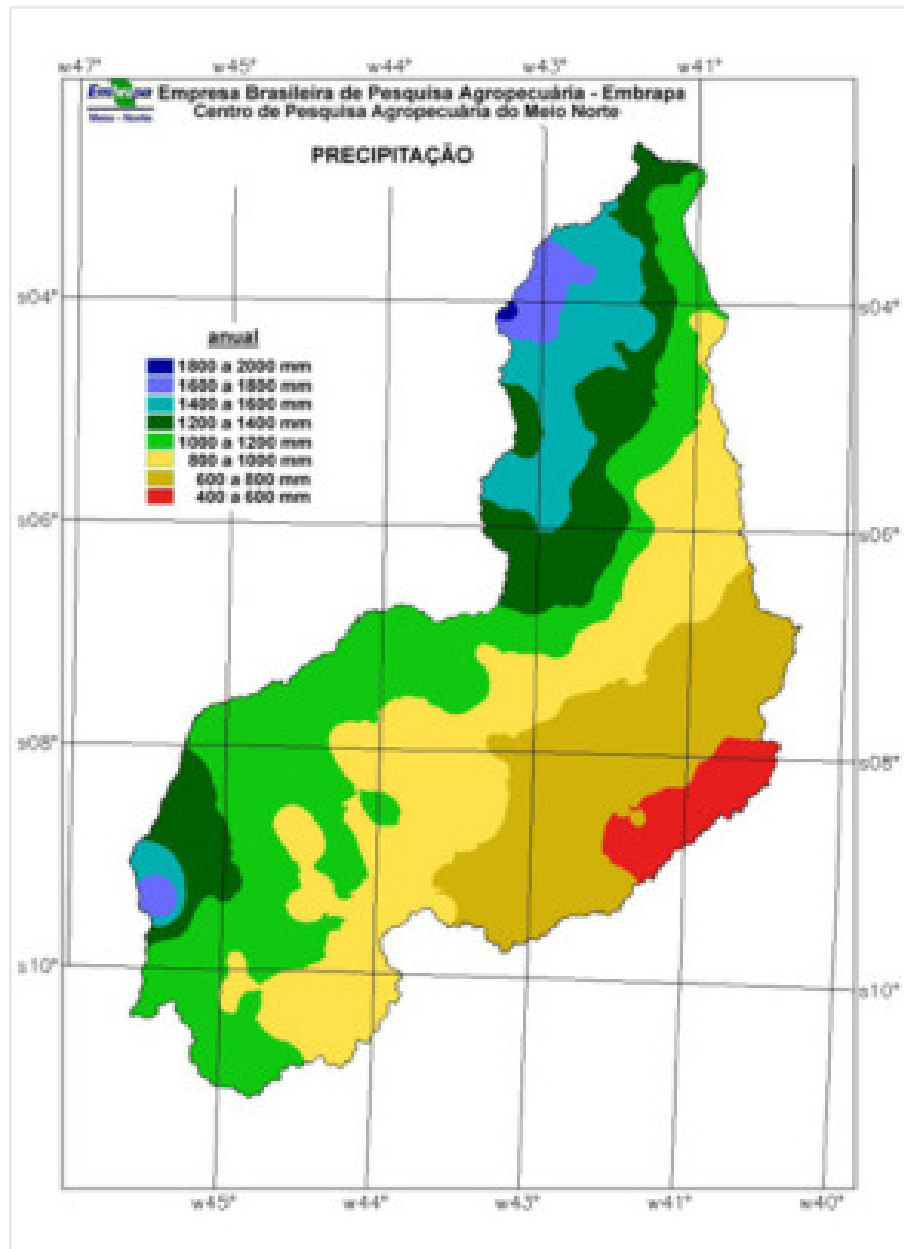


Figura 1. Mapa de precipitação anual (mm) para o Estado do Piauí.



Figura 2. Mapa de precipitação do mês de outubro (mm) para o Estado do Piauí.

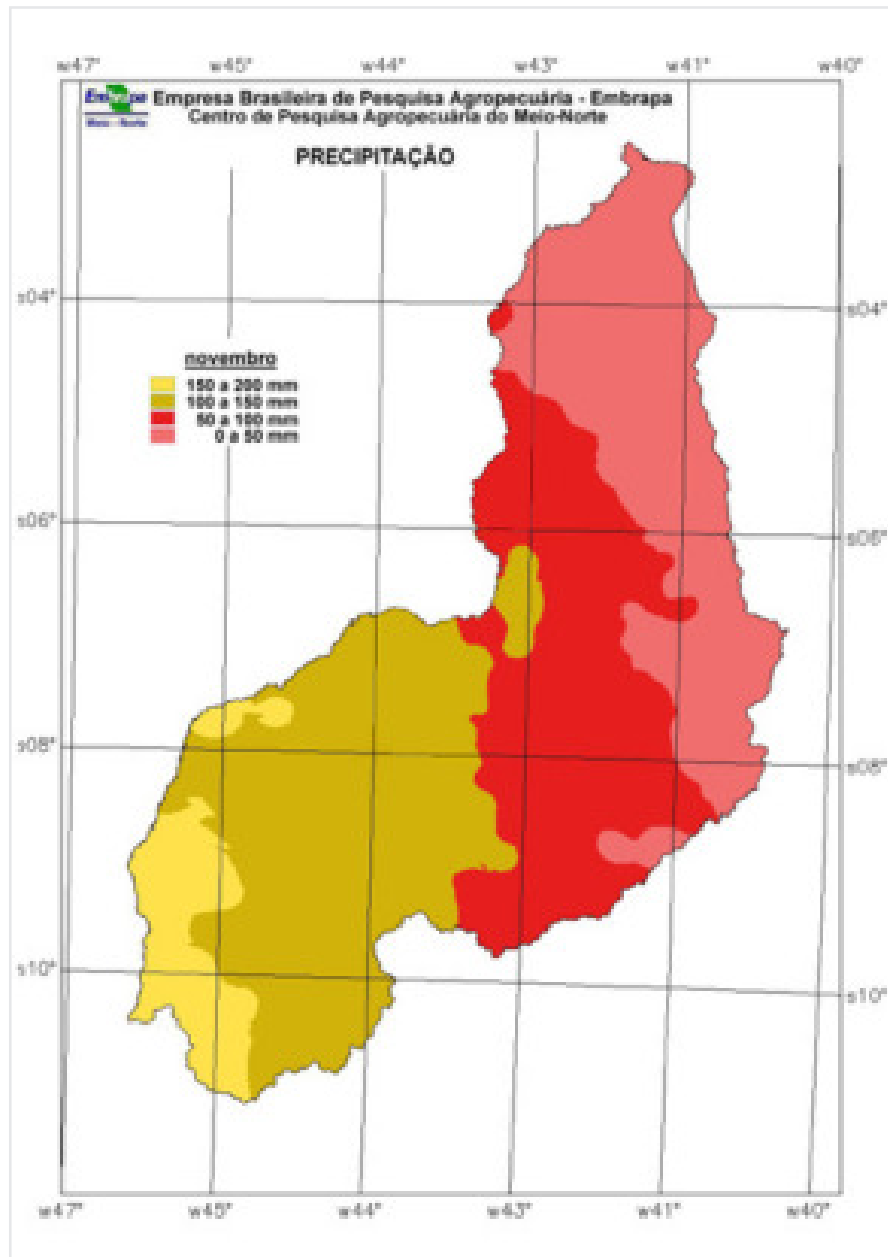


Figura 3. Mapa de precipitação do mês de novembro (mm) para o Estado do Piauí.

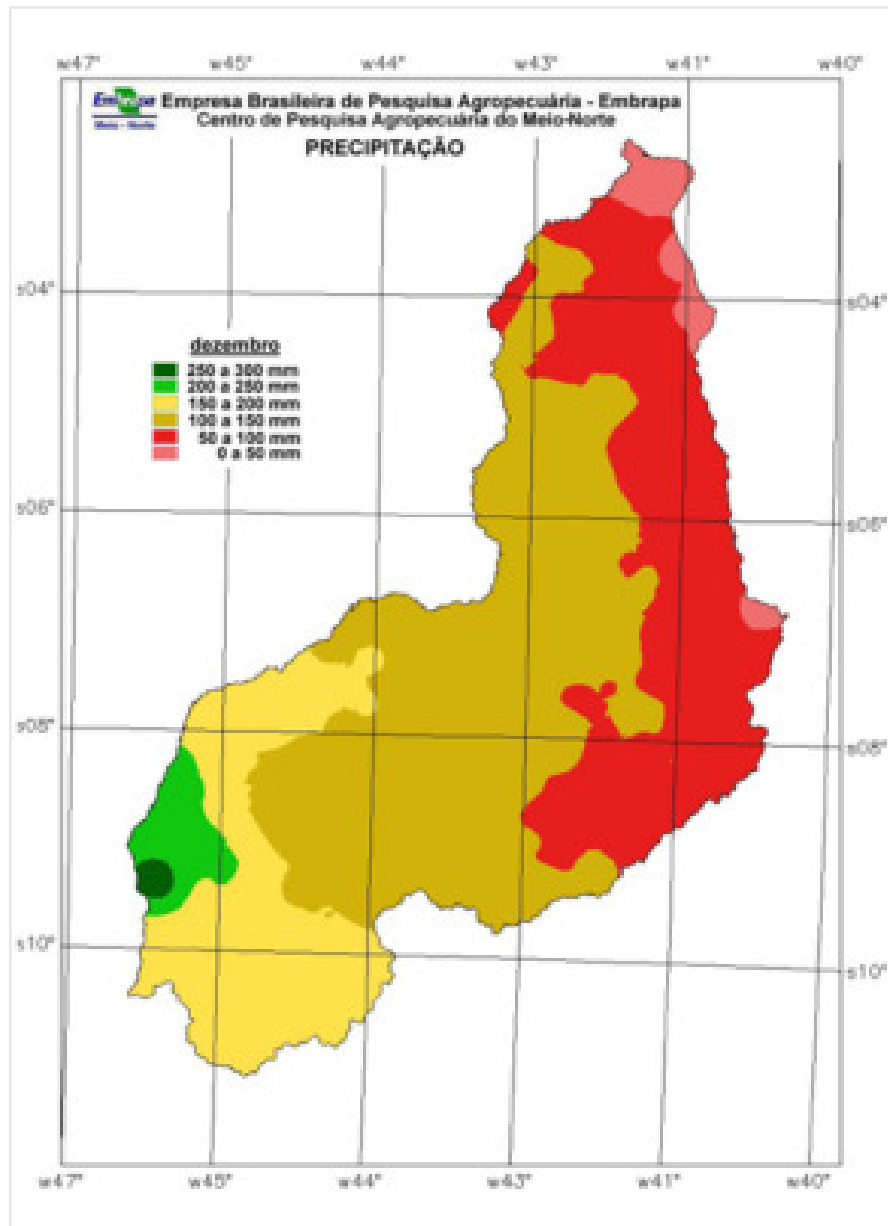


Figura 4. Mapa de precipitação do mês de dezembro (mm) para o Estado do Piauí.

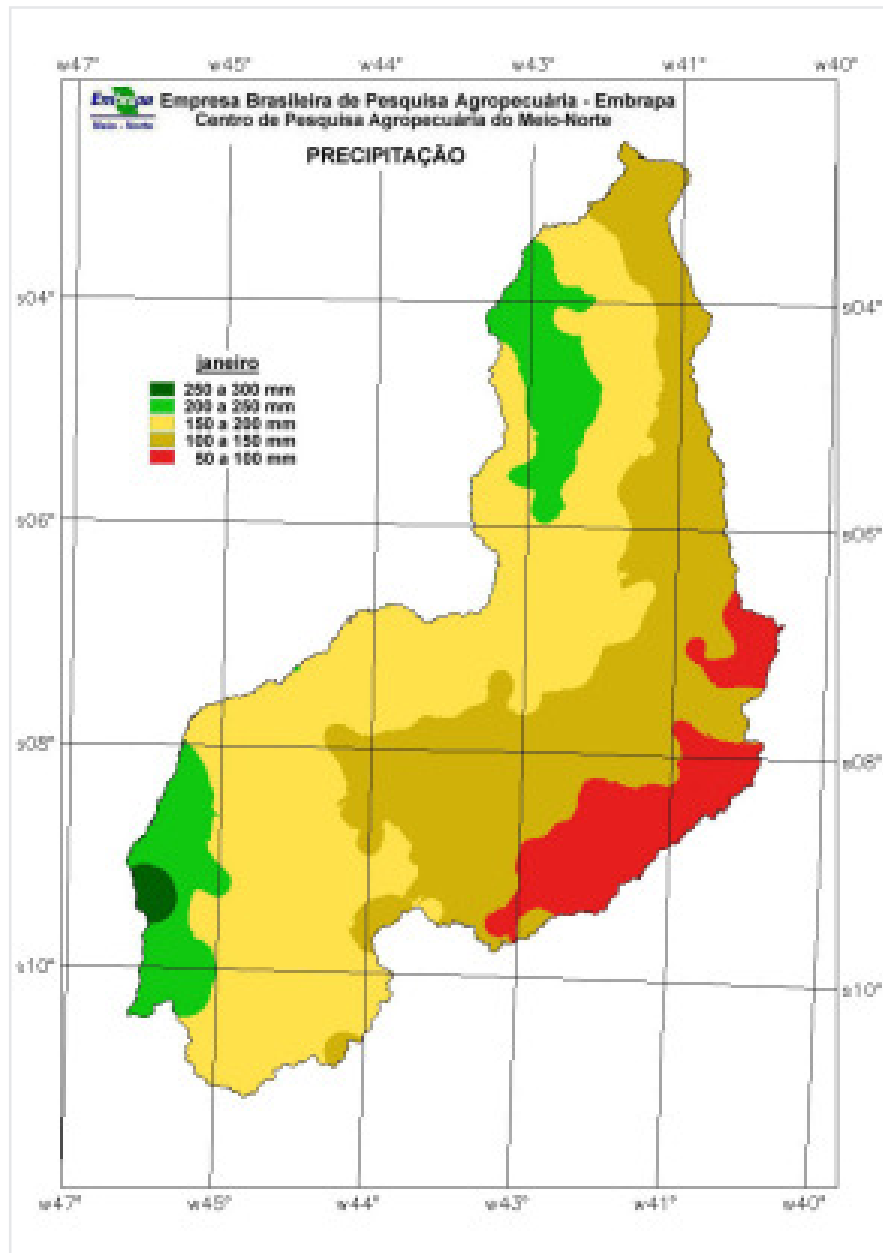


Figura 5. Mapa de precipitação do mês de janeiro (mm) para o Estado do Piauí.

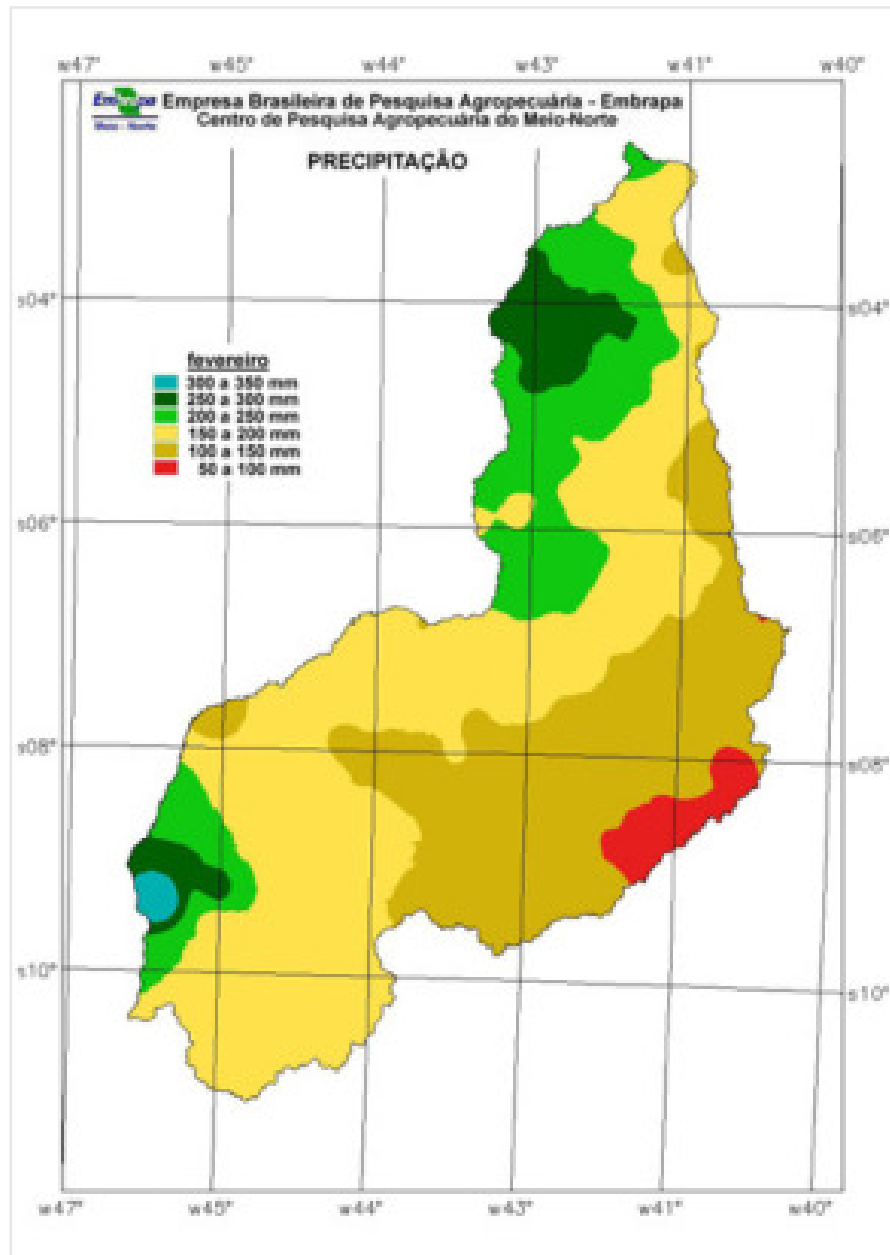


Figura 6. Mapa de precipitação do mês de fevereiro (mm) para o Estado do Piauí.

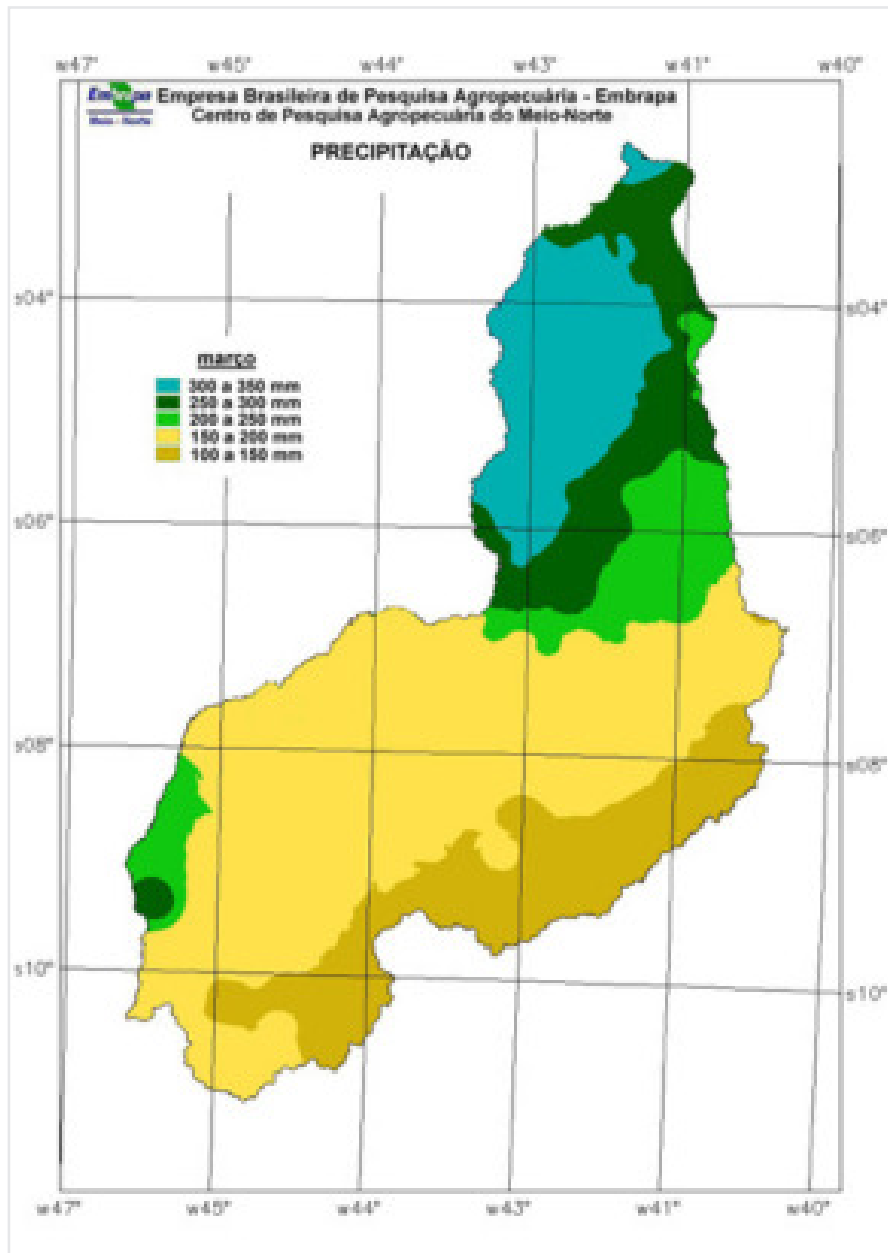


Figura 7. Mapa de precipitação do mês de março (mm) para o Estado do Piauí.

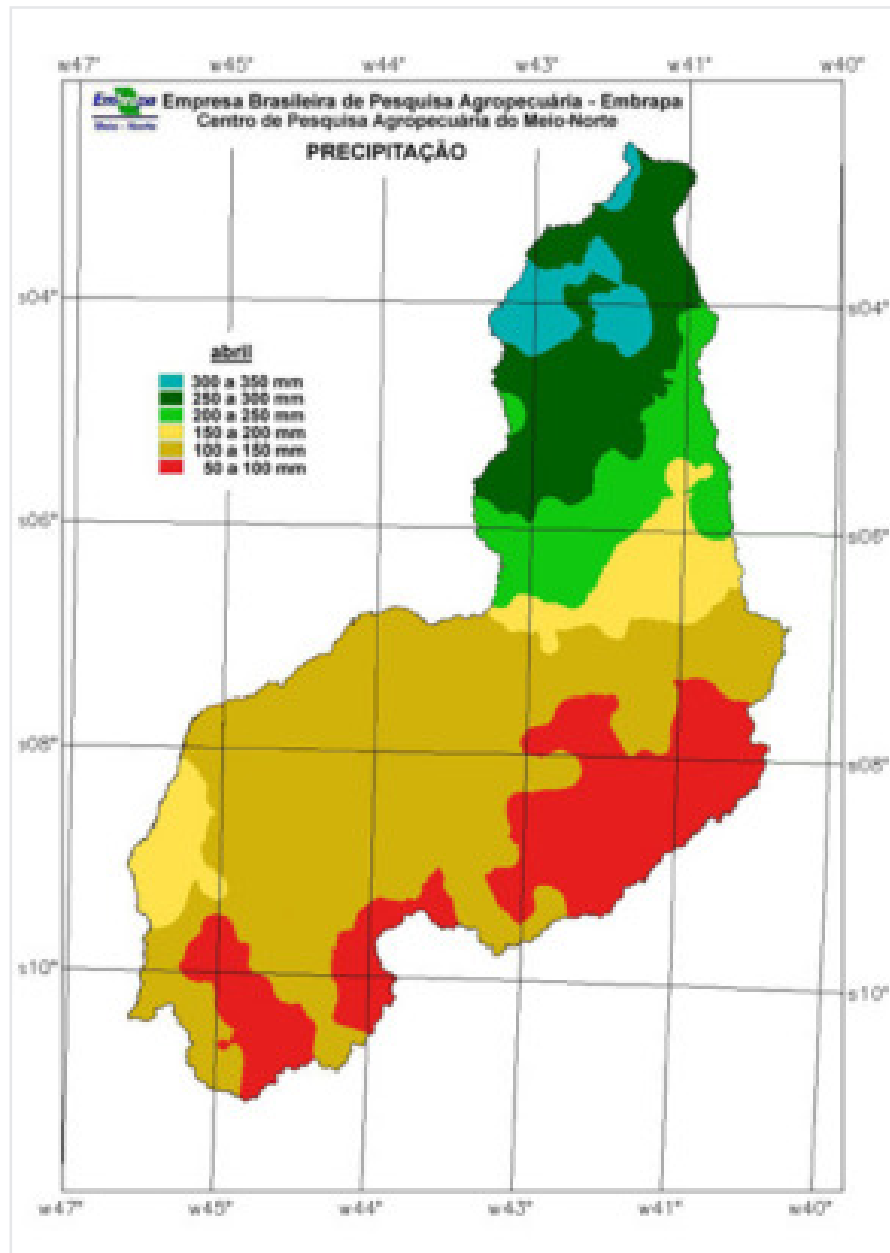


Figura 8. Mapa de precipitação do mês de abril (mm) para o Estado do Piauí.

O consórcio de culturas, segundo Portes e Silva (1996), é o sistema de cultivo em que a sementeira 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 pluviárias. 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 JÚNIOR et al., 2001).

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).

Quanto ao cultivo solteiro do sorgo e feijão-caupi no Estado do Piauí, os estudos de zoneamento de risco climático tem recomendado a indicação de cultivo, especialmente para o sorgo de ciclo precoce (90 dias) em solos com média a alta capacidade de retenção de água, na região semiárida (MASCHIO et al., 2008), 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 (como, por exemplo, precipitação e evapotranspiração de referência) e em sua espacialização regional por um sistema de informação geográfica (SIG), definir regiões de aptidão climática para o cultivo agrícola e épocas mais adequadas de semeadura como forma de diminuir os efeitos causados pela má distribuição de chuvas (ANDRADE JÚNIOR et al., 2001, 2008).

Neste documento, objetiva-se apresentar os resultados do zoneamento agrícola de risco climático para o consórcio sorgo 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 no Estado do Piauí (ANDRADE JÚNIOR et al., 2004). 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).
- c) Capacidade de armazenamento de água no solo (CAD): variou em função do tipo de solo e da profundidade efetiva do sistema radicular do sorgo ($Z = 0,40$ 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) 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 = 50 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 região, de modo a usar de forma adequada os resultados do zoneamento.

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		

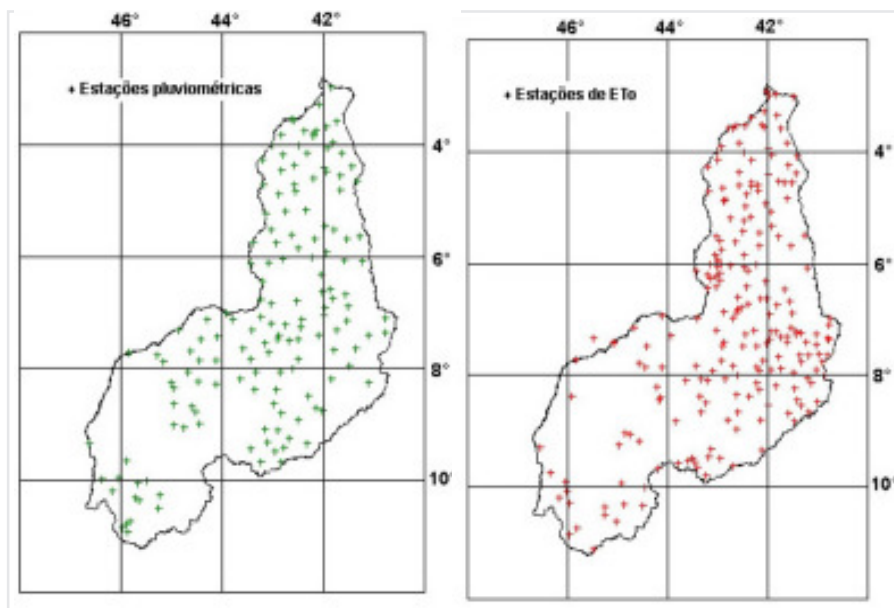


Figura 9. Distribuição espacial das estações pluviométricas (a) e de ETo (b) no Piauí.

d) Cultivares: para representar as cultivares de sorgo 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 100 dias (sorgo) e 65 dias (feijão-caupi). Recomenda-se que a semeadura do feijão-caupi seja efetuada 15 dias após a semeadura do sorgo. As fases críticas das culturas ao déficit hídrico ocorrem na mesma época (55 dias após a semeadura do sorgo), mantendo-se assim as mesmas condições em que foram obtidos os parâmetros culturais nos ensaios de campo (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012). A duração do ciclo do consórcio sorgo e feijão-caupi foi de 100 dias, distribuídos em quatro fases fenológicas: I - estabelecimento (25 dias), II - desenvolvimento vegetativo (25 dias), III - florescimento e enchimento das panículas do sorgo e vagens do feijão-caupi (25 dias) e IV - maturação (25 dias).

e) Arranjo espacial: o arranjo espacial recomendado para o consórcio é 1:1 (uma fileira de sorgo para uma fileira de feijão-caupi). O espaçamento para a semeadura do sorgo deve ser de 1,2 m (entre fileiras), com cinco plantas por

metro linear. O feijão-caupi deve ser semeado entre as fileiras do sorgo, em um espaçamento de 0,6 m das fileiras do sorgo, 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; RODRIGUES, 2007).

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

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

Ciclo (dias)	Decêndios										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
100	0,50	0,60	0,70	1,00	1,25	1,30	1,25	1,10	0,90	0,70	0,50

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 enquadrava 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.

h) Classes de ISNA: para a caracterização do risco climático associado ao cultivo do sorgo e 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) e 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., 2012).

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 10 a 12 apresentam os resultados do zoneamento agrícola de risco climático para o consórcio sorgo 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 (BARROS, 2006).

Em relação aos estudos de zoneamento de risco climático do sorgo (ANDRADE JÚNIOR et al., 2008) e feijão-caupi (ANDRADE JÚNIOR et al., 2001) em cultivo solteiro, houve ligeira redução das áreas com baixo risco climático em resposta ao regime pluviométrico, em função da elevação da demanda hídrica do consórcio e do aumento do ciclo de cultivo do sorgo (de 90 para 100 dias). As áreas indicadas como de baixo risco climático deslocaram-se em direção às regiões centro 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).

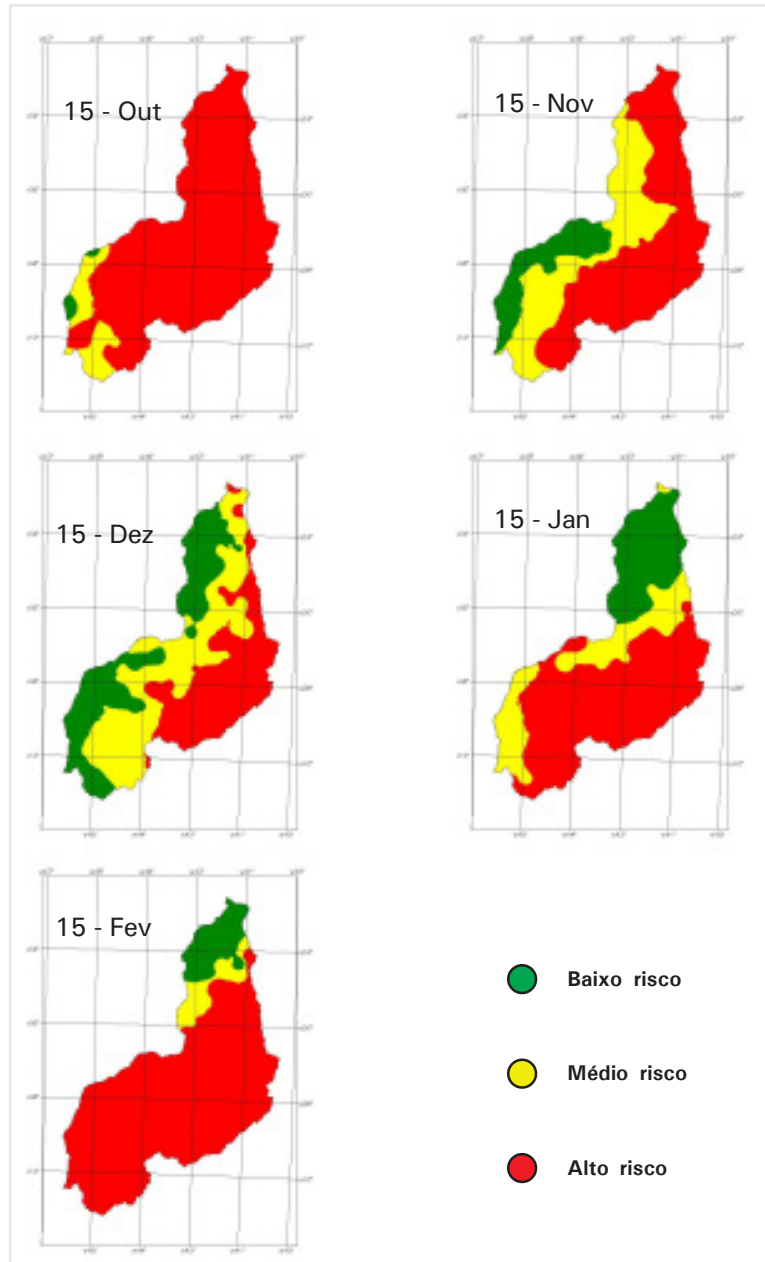


Figura 10. Espacialização de riscos climáticos para o consórcio sorgo e feijão-caupi em áreas com solo tipo 1, no Piauí.

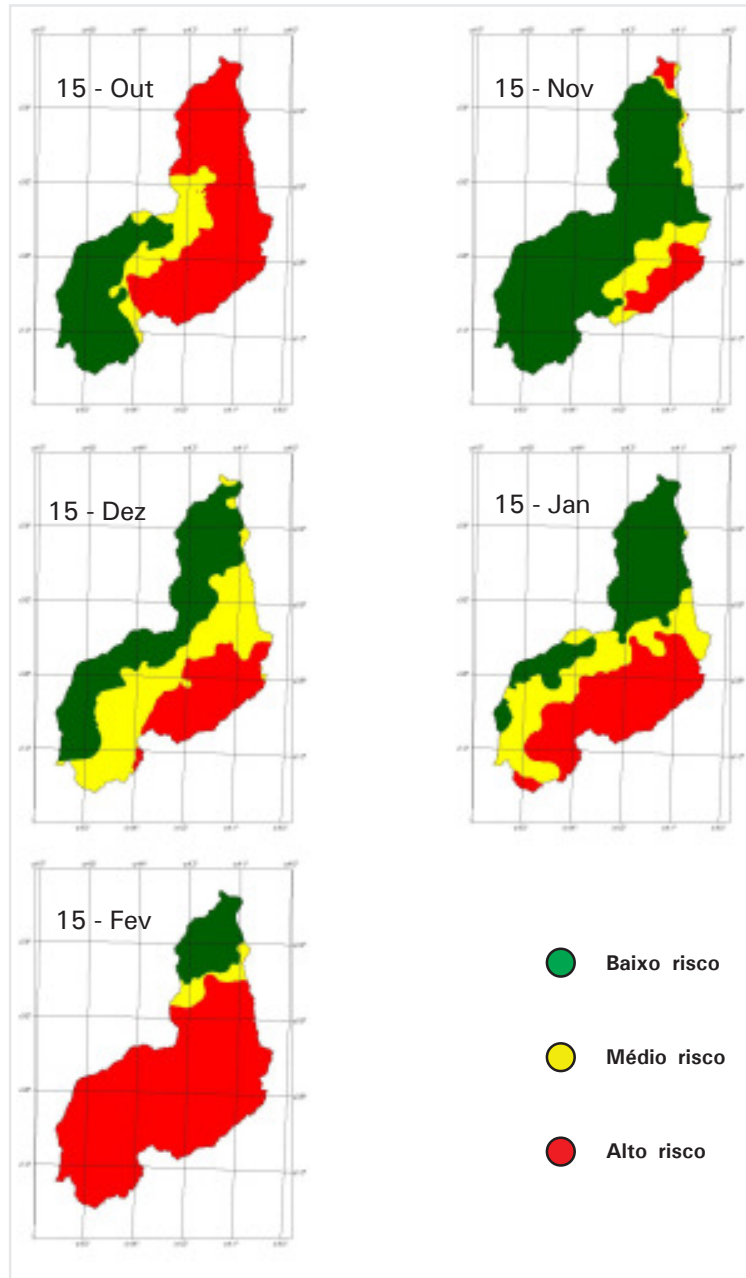


Figura 11. Espacialização de riscos climáticos para o consórcio sorgo e feijão-caupi em áreas com solo tipo 2, no Piauí.

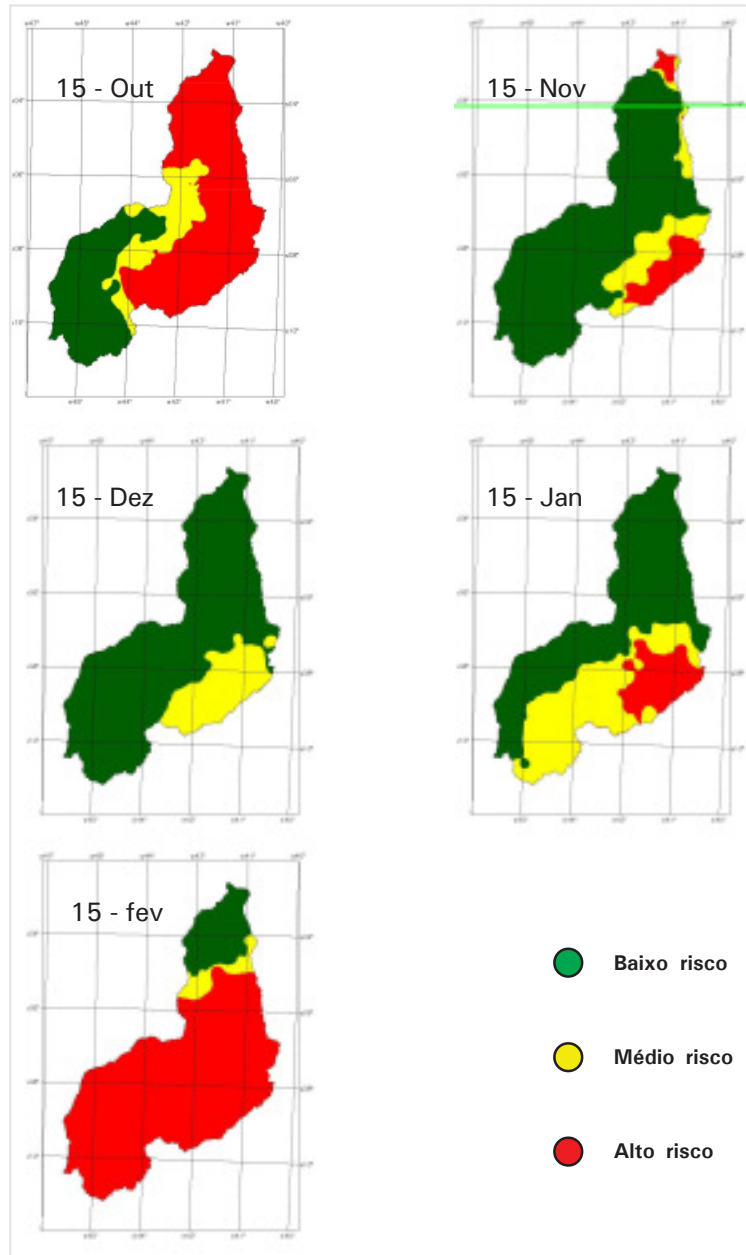


Figura 12. Espacialização de riscos climáticos para o consórcio sorgo e feijão-caupi em áreas com solo tipo 3, no Piauí.

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 sorgo - feijão-caupi (Figura 5), apesar de nessa região o regime de chuvas ser extremamente irregular e totalizar apenas 600 mm anuais (MEDEIROS, 1996), sendo insuficiente para o suprimento hídrico do consórcio sorgo e feijão-caupi. Porém, a região mostrou-se mais adequada para o cultivo do sorgo solteiro de ciclo precoce (90 dias) e em solos com média e alta capacidade de retenção de água (ANDRADE JÚNIOR et al., 2008).

Embora a demanda hídrica do consórcio seja superior à das culturas solteiras (ANDRADE JÚNIOR et al., 2008), os valores de ISNAs usados para a definição das áreas de baixo risco climático foram menores que os indicados para as culturas solteiras. Contudo, mesmo assim eles não favoreceram o acréscimo nas áreas de baixo risco climático para o consórcio, tornando a adoção do consórcio sorgo e feijão-caupi menos vantajosa para as regiões de baixa e irregular oferta pluviométrica, onde o cultivo do feijão-caupi e sorgo em cultivo solteiro apresentaram-se mais viáveis (ANDRADE JÚNIOR et al., 2001, 2008).

Em todas as épocas de semeadura simuladas, as áreas consideradas aptas (com baixo risco climático) tendem a ser mais extensas quando se assumiram 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 sorgo e feijão-caupi quando se processaram as simulações com o solo do tipo 1 e 2. Entretanto, todos eles foram considerados como de baixo risco climático ao se assumirem os solos como do tipo 3. Isso acontece porque as chuvas são, de certa forma, bastante uniformes, principalmente 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 maneira geral, visando os menores riscos climáticos em solos do tipo 1 e 2, os mais comuns no Piauí, constatou-se que a semeadura do consórcio sorgo e feijão-caupi deve ser indicada nos seguintes períodos: a) solo tipo 1: de 10-dezembro a 20-janeiro e b) solo tipo 2: de 10-novembro a 20-janeiro. Na região semiárida, a semeadura do consórcio sorgo e feijão-caupi somente deve ocorrer em áreas com solo tipo 3 e no período de 20-dezembro a 10-janeiro, ainda com médio risco climático associado a essas datas de semeadura. É recomendável a adoção de épocas de semeadura situadas na faixa central dos intervalos de semeadura citados, como forma adicional de se reduzirem os riscos de insucessos da variabilidade temporal típica das precipitações da 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 sorgo 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 sorgo e feijão-caupi levaram em consideração apenas o aspecto relativo ao balanço de água em cada um dos tipos de solo. 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 sorgo e 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 Gurguéia	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***
Boa Hora	34 a 06	33 a 06	33 a 06
Bocaina		01	01 a 02
Bom Jesus	33 a 34	32 a 01	28 a 02
Bom Princípio do Piauí	01 a 06	36 a 06	35 a 06
Boqueirão do Piauí	34 a 05	33 a 06	33 a 06
Brasileira	35 a 06	33 a 06	33 a 06
Buriti dos Lopes	36 a 06	35 a 06	34 a 06
Buriti dos Montes	01 a 02	36 a 04	34 a 04
Cabeceiras do Piauí	33 a 06	32 a 06	32 a 06
Cajazeiras do Piauí		32 a 01	32 a 02
Cajueiro da Praia	01 a 06	35 a 06	35 a 06
Campo Largo do Piauí	33 a 06	33 a 06	33 a 06
Campo Maior	33 a 04	32 a 06	32 a 06
Canavieira	32 a 01	32 a 01	32 a 03
Canto do Buriti		34	33 a 36
Capitão de Campos	36 a 04	34 a 05	33 a 06
Caraúbas do Piauí	34 a 06	33 a 06	33 a 06
Castelo do Piauí	01 a 03	34 a 04	33 a 04
Caxingó	34 a 02	34 a 06	34 a 06
Cocal	02 a 06	35 a 06	35 a 06
Cocal de Telha	35 a 04	33 a 05	33 a 06
Cocal dos Alves	01 a 06	35 a 06	34 a 06
Coivaras	33 a 04	32 a 05	32 a 05
Colônia do Gurguéia		33 a 34	33 a 36

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Colônia do Piauí		34 a 36	33 a 36
Corrente	33 a 35	28 a 36	28 a 02
Cristalândia do Piauí	31 a 36	28 a 36	28 a 02
Cristino Castro	33 a 34	33 a 36	33 a 01
Curimatá		34 a 35	28 a 36
Currais	33 a 34	32 a 36	32 a 01
Currálinhos	33 a 04	32 a 05	32 a 05
Demerval Lobão	33 a 04	33 a 05	32 a 05
Dom Expedito Lopes		33 a 34	33 a 36
Domingos Mourão	36 a 04	33 a 05	33 a 06
Elesbão Veloso	34 a 03	33 a 04	33 a 05
Eliseu Martins		33 a 34	32 a 36
Esperantina	34 a 06	33 a 06	33 a 06
Flores do Piauí		34 a 35	33 a 36
Floriano	32 a 36	32 a 02	31 a 02
Francinópolis		33 a 02	32 a 04
Francisco Ayres	33 a 03	32 a 03	32 a 03
Francisco Santos			01
Fronteiras			03 a 04
Gilbués	32 a 36	28 a 02	28 a 02
Guadalupe	32 a 36	32 a 01	32 a 04
Guaribas		33 a 35	33 a 36
Hugo Napoleão	33 a 04	33 a 04	33 a 05

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Ilha Grande	01 a 06	35 a 06	35 a 06
Inhuma		33 a 01	32 a 02
Ipiranga do Piauí		32 a 35	32 a 01
Itaueira	32 a 36	30 a 02	30 a 02
Jardim do Mulato	33 a 03	33 a 04	33 a 05
Jatobá do Piauí	34 a 04	33 a 05	32 a 05
Jerumenha	32 a 01	32 a 02	32 a 04
Joaquim Pires	34 a 06	33 a 06	33 a 06
Joca Marques	34 a 06	34 a 06	33 a 06
José de Freitas	33 a 06	32 a 06	32 a 06
Juazeiro do Piauí	36 a 03	34 a 04	33 a 05
Júlio Borges		31 a 35	28 a 36
Lagoa Alegre	33 a 06	32 a 06	32 a 06
Lagoa de São Francisco	33 a 06	33 a 06	33 a 06
Lagoa do Piauí	33 a 04	32 a 05	32 a 05
Lagoa do Sítio	33 a 36	32 a 04	32 a 05
Lagoinha do Piauí	33 a 04	33 a 05	33 a 05
Landri Sales	32 a 01	31 a 02	28 a 04
Luís Correia	01 a 06	35 a 06	35 a 06
Luzilândia	34 a 06	33 a 06	33 a 06
Madeiro	34 a 06	33 a 06	33 a 06
Manoel Emídio	33 a 35	33 a 36	32 a 01
Marcos Parente	32 a 36	32 a 01	31 a 04

Continua...

Tabela 3. Continuação.

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

Continua...

Tabela 3. Continuação.

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

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
Santo Antônio dos Milagres	33 a 03	33 a 04	33 a 05
São Félix do Piauí	36 a 03	33 a 04	33 a 05
São Francisco do Piauí		32 a 02	32 a 02
São Gonçalo do Gurguéia	33 a 35	28 a 02	28 a 02
São Gonçalo do Piauí	33 a 03	33 a 04	33 a 05
São João da Canabrava		33 a 01	33 a 02
São João da Fronteira	36 a 04	35 a 05	34 a 06
São João da Serra	03	34 a 04	33 a 04
São João da Varjota		34	33 a 02
São João do Arraial	34 a 06	33 a 06	33 a 06
São José do Divino	35 a 06	33 a 06	33 a 06
São José do Peixe		36	32 a 02
São José do Piauí		33 a 34	33 a 01
São Luís do Piauí		34 a 01	33 a 02
São Miguel da Baixa Grande		33 a 04	33 a 05
São Miguel do Tapuio	34 a 04	33 a 04	33 a 04
São Pedro do Piauí	33 a 04	33 a 05	32 a 05
Sebastião Barros	33 a 35	28 a 36	28 a 36
Sebastião Leal	32 a 01	31 a 02	30 a 02
Sigefredo Pacheco	36 a 04	33 a 04	33 a 05
Sussuapara		01	
Tanque do Piauí		33 a 01	32 a 02
Teresina	33 a 04	32 a 05	32 a 06

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Município	Solo Tipo 1*	Solo Tipo 2**	Solo Tipo 3***
União	33 a 06	32 a 06	32 a 06
Uruçuí	32 a 36	31 a 01	31 a 03
Valença do Piauí		33 a 02	33 a 04
Várzea Grande		33 a 01	32 a 02
Wall Ferraz			34 a 02

*Solo 1 – Neossolos Quartzarênicos (solos com teor de argila maior que 10% e menor ou igual a 15% e CAD = 25 mm); ** Solo 2 – Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (com menos de 35% de argila e CAD = 40 mm) e *** Solo 3 – Argissolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (com mais de 35% de argila e CAD = 50 mm).

Observações:

- 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 abaixo, todas as recomendações são idênticas às do município de origem até que nova relação o inclua formalmente.
- Caso algum município tenha tido seu nome modificado ou caso tenha sido criado um novo município, devem-se considerar todas as recomendações do município ao qual pertencia até uma nova relação o inclua formalmente.
- Caso exista mais de um período de plantio, por exemplo, 28 e 29 ou 33 a 1, significa que nos períodos de intermediários ausentes da indicação, 30, 31 e 32, o cultivo não é recomendado. Se acontecer um evento atípico na região (secas excessiva ou excesso de chuva), é recomendado que os produtores efetivem a implantação da lavoura nesta safra no local, pois esses eventos ainda não podem ser previstos pelo zoneamento.

Conclusões

- a) Não houve acréscimo nas áreas de baixo risco climático para cultivo do consórcio sorgo e feijão-caupi em comparação ao cultivo de sorgo solteiro, notadamente na região semiárida, onde ele só se mostrou viável em solos do tipo 3, durante o período de 20-dezembro a 10-janeiro, com médio risco climático associado a essas datas de semeadura;
- 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 10-dezembro a 20-janeiro e b) solo tipo 2: de 10-novembro a 20-janeiro.

Referências

- 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; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; SILVA, C. O. da. **Zoneamento de risco climático para a cultura do sorgo granífero no Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 39 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 178).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; DUARTE, J. A. L.; CARDOSO, M. J.; MASCHIO, R. **Sorgo e feijão-caupi**. In: ANDRADE JÚNIOR, A. S. de (Ed.). **Relações hídricas em cultivos consorciados**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 100-127. No prelo.
- 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).
- BARON, C.; PEREZ, P.; MARAUX, F. **Sarrazone 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.
- BARROS, A. H. C. (Coord.). **Solos do Nordeste**. Recife: Embrapa Solos - UEP Recife, 2006. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/>>. Acesso em: 14 abr. 2012.

- 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.
- COELHO, A. M.; WAQUIL, J.M.; KARAM, D.; CASELA, C.R.; RIBAS, P.M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 24 p. (Arquivo do Agrônomo, 14). Encarte do Informações Agronômicas, n. 100, dez. 2002.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. p. 3-101. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- 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.
- FREIRE FILHO, F. R.; ARAUJO, A. G. de; CARDOSO, M. J.; FROTA, A. B. Avaliação do sistema policultivar de feijão macassar em consórcio com sorgo e milho, no Piauí. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO PIAUÍ, 4., 1986, Teresina. **Anais...** Teresina: EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1986. p.128-142. (EMBRAPA-UEPAE de Teresina. Documentos, 6).
- 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.
- MASCHIO, R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; DUARTE, J. A. L.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Coeficientes de cultivo do sorgo em sistemas monocultivo e consorciado com feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 3.; WORKSHOP SOBRE MANEJO E ETIOLOGIA DA MANCHA BRANCA DO MILHO, 2008, Londrina. **Agroenergia, produção de alimentos e mudanças climáticas: desafios para milho e sorgo: palestras e trabalhos apresentados**. [Londrina]: Associação Brasileira de Milho e Sorgo: IAPAR; [Sete Lagoas]: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 5 p. 1 CD-ROM.
- 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.
- 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.

RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do Sorgo**. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2).

SANTOS, F. G.; COSTA, E. F.; RODRIGUES, J. A. S.; LEITE, C. E. P.; SCHAFFERT, R. E. Avaliação do comportamento de genótipos de sorgo para resistência a seca. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996. p. 32.

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.