

Zoneamento agrícola de risco climático para o feijão-caupi em cultivo convencional e plantio direto no estado do Piauí



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

DOCUMENTOS 253

Zoneamento agrícola de risco climático para o feijão-caupi em cultivo convencional e plantio direto no estado do Piauí

*Aderson Soares de Andrade Júnior
Edson Alves Bastos
José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro*

Embrapa Meio-Norte
Teresina, PI
2018

Exemplares desta publicação
podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio-Norte
Av. Duque de Caxias, 5.650,
Bairro Buenos Aires
Caixa Postal 01
CEP 64008-480, Teresina, PI
Fone: (86) 3198-0500
Fax: (86) 3198-0530
www.embrapa.br/meio-norte]
Serviço de Atendimento ao
Cidadão(SAC)
www.embrapa.br/fale-conosco/
sac

Comitê Local de Publicações da Unidade Responsável

Presidente
Danielle Maria Machado Ribeiro Azevedo

Secretário-administrativo
Jeudys Araújo de Oliveira

Membros
Edvaldo Sagrilo, Orlane da Silva Maia, Luciana Pereira dos S
Fernandes, Lígia Maria Rolim Bandeira, Humberto Umbelino
de Sousa, Pedro Rodrigues de Araújo Neto, Antonio de Padua
Soeiro Machado, Alexandre Kemenes, Ana Lúcia Horta Barreto,
Braz Henrique Nunes Rodrigues, Francisco Jose de Seixas
Santos, Joao Avelar Magalhaes, Rosa Maria Cardoso Mota de
Alcantara

Supervisão editorial
Lígia Maria Rolim Bandeira

Revisão de texto
Francisco de Assis David da Silva

Normalização bibliográfica
Orlane da Silva Maia

Editoração eletrônica
Jorimá Marques Ferreira

Foto da capa
Aderson Soares de Andrade Júnior

1ª edição
1ª impressão (2018): formato digital

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 agrícola de risco climático para o feijão-caupi em cultivo convencional e plantio
direto no estado do Piauí / Aderson Soares de Andrade Júnior, Edson Alves Bastos, José Eduar-
do Boffino de Almeida Monteiro. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2018.

26 p. : il. ; 16 cm x 22 cm. - (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X ; 253).

1. Feijão de corda. 2. Semeadura. 3. Plantio. 4. Irrigação. I. Bastos, Edson Alves. II. Mon-
teiro, José Eduardo Boffino de Almeida. III. Embrapa Meio-Norte. IV. Título. V. Série.

CDD 635.6592 (21. ed.)

Autores

Aderson Soares de Andrade Júnior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí

Edson Alves Bastos

Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí

Jose Eduardo Boffino de Almeida Monteiro

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Apresentação

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] é cultura de importância socioeconômica para as regiões Nordeste e Norte do Brasil, em razão do seu baixo custo de produção e por ser importante fonte de proteína para as populações de baixa renda.

Essa leguminosa é cultivada em regime de sequeiro e sua produtividade de grãos é altamente dependente do regime pluviométrico das regiões de cultivo. Em um cenário climático dessa natureza, o zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) assume grande importância, por identificar áreas ou regiões com condições edafoclimáticas satisfatórias ao desenvolvimento das culturas e com baixo risco climático.

O sistema de plantio direto do feijão-caupi pode ser considerado vantajoso em relação ao sistema de plantio convencional por utilizar resíduos de cultura para cobertura do solo, reduzindo a evaporação na superfície do solo, diminuindo o risco da cultura ao déficit hídrico, tornando-se prática de cultivo indicada para a redução do risco climático, especialmente, em solos arenosos de baixa capacidade de retenção de água.

Este trabalho objetiva indicar períodos de semeadura de baixo risco climático para o feijão-caupi no estado do Piauí, cultivado em sistema de plantio direto e preparo convencional do solo, em diferentes cenários de atendimento à necessidade de água da cultura, e avaliar quanto a adoção do plantio direto altera a janela de semeadura, indicada como de baixo risco climático em comparação ao preparo convencional do solo.

Luiz Fernando Carvalho Leite
Chefe-Geral da Embrapa Meio-Norte

Sumário

Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	16
Conclusão.....	24
Referências	24

Introdução

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] é cultura de importância socioeconômica para as regiões Nordeste e Norte do Brasil, devido ao seu baixo custo de produção e por ser importante fonte de proteína para as populações de baixa renda dessas regiões (Freire Filho, 2011).

Segundo dados da CONAB (Acompanhamento..., 2018), no total das três safras em 2016/2017, a área cultivada com feijão-caupi foi de 1.409,3 mil hectares, com produção de 713,3 mil toneladas e produtividade média de grãos de 506 kg ha⁻¹. Merecem destaque em área plantada os estados do Ceará (404,2 mil hectares), Piauí (233,2 mil hectares) e Mato Grosso (208,7 mil hectares). Contudo, com relação à produtividade de grãos, Mato Grosso destaca-se com 1.083 kg ha⁻¹, enquanto nos estados do Ceará e do Piauí esse valor não supera os 300 kg ha⁻¹.

O feijão-caupi é cultivado notadamente em regime de sequeiro, cuja produtividade de grãos é altamente dependente do regime pluviométrico das regiões de cultivo. A irregularidade do período chuvoso e outros fatores como solos arenosos, temperaturas elevadas e manejo inadequado são os principais responsáveis pelo baixo rendimento de grãos da cultura (Cardoso et al., 2017).

O zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) é instrumento de grande importância por identificar áreas ou regiões com condições edafoclimáticas satisfatórias ao desenvolvimento das culturas, possibilitando melhor aproveitamento das suas potencialidades genéticas, apresentando ganhos de produtividade aliados às reduções de perdas (Oliveira, 2010). É instrumento importante para a política agrícola do País, pois as indicações do ZARC são utilizadas como base para financiamento do custeio da atividade agrícola, bem como para a contratação de seguro agrícola pelos bancos oficiais e seguradoras privadas (Cunha; Assad, 2001).

O ZARC permite, a partir do conhecimento da variabilidade meteorológica local (por exemplo, a precipitação e a evapotranspiração de referência) e de sua espacialização regional por meio de um sistema de informação geográfica (SIG), definir regiões de aptidão climática e épocas mais adequadas de semeadura como forma de diminuir os efeitos causados pela distribuição irregular de chuvas (Andrade Júnior et al., 2007).

O sistema de plantio direto pode ser considerado vantajoso em relação ao sistema de plantio convencional por utilizar resíduos de cultura para cobertura do solo, reduzindo a evaporação na superfície do solo, diminuindo o risco da cultura ao déficit hídrico (Simidu et al., 2010), tornando-se prática de cultivo indicada para a redução do risco climático (Meireles et al., 2003). A presença de palhada na superfície do solo, em quantidade adequada, altera a relação solo-água, reduzindo a taxa de evaporação de água do solo (Dalmago; Bergamaschi, 2017) e elevando a disponibilidade de água para as plantas, principalmente nos estádios em que o dossel não cobre totalmente o solo (Stone et al., 2006), reduzindo assim o risco de frustração de safra por deficiência hídrica (Meireles et al., 2003).

Alguns estudos já foram conduzidos visando à quantificação do risco climático do feijão-caupi em diferentes condições ambientais, em cultivo solteiro e consorciado com outras culturas (Andrade Junior et al., 2001, 2007, 2009, 2010, 2017). Porém essa quantificação do risco tem sido efetuada para sistemas de cultivo que preconizam o preparo convencional do solo, o que não é mais a prática predominante nas regiões produtoras de grãos. O feijão-caupi vem-se constituindo uma alternativa de cultura de safrinha, cultivada sob palhada, especialmente em sucessão ao milho e à soja.

O objetivo deste estudo foi processar o ZARC do feijão-caupi no estado do Piauí, quando cultivado em sistema de plantio direto e de preparo convencional, admitindo-se diferentes cenários de atendimento da necessidade de água (ISNA) na fase de máxima demanda hídrica da cultura, e avaliar quanto a adoção do plantio direto altera a janela de semeadura indicada como de baixo risco climático em comparação ao preparo convencional do solo.

Material e Métodos

O zoneamento agrícola de risco climático foi efetuado a partir do cálculo dos balanços hídricos diários, usando-se o programa Sarrazon (Baron et al., 1996) adaptado para processamento em larga escala em um gerenciador de fila de processamento. Os resultados foram armazenados em banco de dados e visualizados por meio do sistema Micura (Embrapa Informática Agropecuária, 2018), utilizado para auxiliar a análise e validação de cenários agrícolas de Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Os balanços hídricos foram processados para o período de outubro a abril, correspondendo ao início, plena estação e término da estação chuvosa no Piauí (Andrade Júnior et al., 2004). As simulações foram efetuadas para datas de semeadura a cada dez dias (decêndios) entre 5 de outubro e 25 de abril (Tabela 1).

Em seguida, aplicou-se regra de bloqueio (filtro) aos decêndios indicados como de baixo risco climático, mantendo-se apenas os últimos sete decêndios consecutivos, de forma a evitar que a colheita seja feita em período sem a ocorrência de chuvas, o que poderia comprometer a qualidade dos grãos. As variáveis de entrada utilizadas no modelo foram:

a) Precipitação diária: utilizaram-se as séries de dados de 136 estações pluviométricas (Figura 1A), com no mínimo 15 e até 30 anos de registros diários, obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 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 decendiais de ET_o foram estimados a partir de dados diários de temperaturas mínima e máxima de 23 estações agrometeorológicas (Figura 1B), pelo método de Hargreaves & Samani adaptado e calibrado para as condições da região (Monteiro et al., 2017).

c) Capacidade de armazenamento de água no solo (CAD): variou em função do tipo de solo e da profundidade efetiva do sistema radicular do feijão-caupi ($Z = 0,45$ m). A profundidade do sistema radicular acompanha o crescimento da cultura e a disponibilidade de água no solo. Assumiram-se dois tipos de solos: Tipo 1 - Neossolo Quartzarênico (70 mm de água/m de

solo e CAD = 31,5 mm) e Tipo 2 - Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (com menos de 35% de argila, 110 mm de água/m de solo e CAD = 49,5 mm) (Brasil, 2008), que são as classes de solo predominantes no estado do Piauí (Jacomine, 1986). 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 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.

d) Cultivares: para representar as cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Piauí, foram eleitas cultivares hipotéticas, consideradas adaptadas às condições de temperatura e fotoperíodo, com ciclo de 70 dias. O ciclo do feijão-caupi foi distribuído em quatro fases fenológicas: I - estabelecimento (10 dias); II – desenvolvimento vegetativo (25 dias); III - florescimento e enchimento das vagens (25 dias); e IV - maturação (10 dias).

e) Coeficientes de cultura (Kc): usaram-se valores de Kc decendiais ao longo do ciclo da cultura do feijão-caupi (Tabela 2). Os valores foram obtidos em ensaios de campo conduzidos nas condições edafoclimáticas de Teresina, PI (Andrade Junior et al., 2018a).

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 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:

em que:

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

ETr - evapotranspiração real da cultura (mm).

ETm - evapotranspiração máxima da cultura (mm).

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	7	8	9
Dias →	01 a 10	11 a 20	21 a 31	01 a 10	11 a 20	21 a 28	01 a 10	11 a 20	21 a 31
Meses →	Janeiro			Fevereiro		Março			
Períodos → (Decêndios)	10	11	12						
Dias →	01 a 10	11 a 20	21 a 30						
Meses →	Abril								

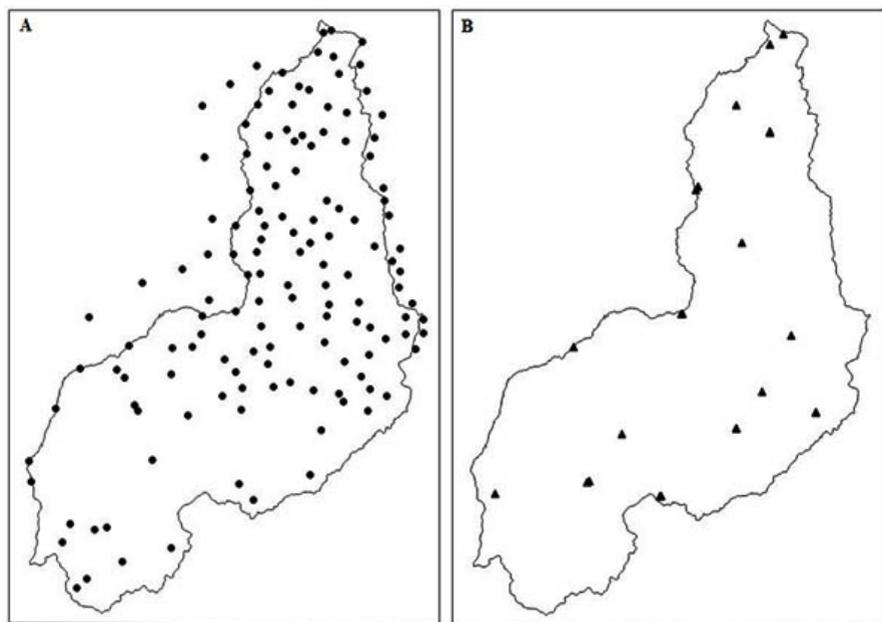


Figura 1. Estações pluviométricas (A) e de evapotranspiração de referência (B) no Piauí e estados vizinhos utilizadas no estudo.

Tabela 2. Coeficientes de cultura (K_c) decenciais para o feijão-caupi, cultivar BRS Itaim, cultivado em preparo convencional (PC) e em plantio direto (PD). Teresina, PI, 2016

Sistema de cultivo	Decêndios						
	1	2	3	4	5	6	7
Preparo Convencional	0,50	0,70	0,80	1,00	1,20	1,00	0,50
Plantio Direto	0,40	0,50	0,60	0,90	1,00	0,90	0,50

Fonte: Andrade Júnior et al. (2018a).

Os valores de ISNA foram obtidos da simulação de balanços hídricos efetuados com uma probabilidade de 80% de ocorrer acima do ISNA crítico definido nos diferentes cenários analisados, ou seja, com possibilidade de ocorrência de 8 anos em cada 10 anos. Adotaram-se como favoráveis, em determinado município, as épocas de semeadura em que foram verificados pelo menos 20% da área do município com baixo risco climático, ou seja, ISNA superior ao crítico.

g) Cenários de risco climático: avaliaram-se quatro cenários de risco quanto ao atendimento da necessidade hídrica (ISNA) na fase de máxima exigência do feijão-caupi (fase III), a saber: Cenário 1: ISNA = 0,55; Cenário 2: ISNA = 0,50; Cenário 3: ISNA = 0,45; e Cenário 4: ISNA = 0,40. Admitiu-se em todos os cenários a necessidade de atendimento de ISNA = 0,6 na fase I da cultura, de forma a assegurar adequada disponibilidade de água para permitir a semeadura e a emergência das plantas.

Na segunda etapa, para a espacialização dos resultados, foram empregados os valores de ISNA correspondentes ao percentil 80% da distribuição, estimados para o período fenológico compreendido entre a floração e o enchimento de grãos (período mais crítico ao déficit hídrico). Um decêndio de plantio em um dado município é considerado de baixo risco, quando resulta em ISNA superior ao ISNA crítico em mais de 80% dos anos da série de dados meteorológicos. Cada valor de ISNA observado durante essa fase foi associado à localização geográfica da respectiva estação para sua posterior espacialização por Krigagem ordinária, utilizando-se o software R (www.r-project.org). O pós-processamento, a organização, a análise dos resultados municipalizados e a geração dos mapas apresentados foram realizados no software QGIS (QGIS..., 2017). É importante ressaltar que, por se tratar de uma avaliação agroclimática, assumiu-se que não existem limitações quanto à fertilidade de solos e danos causados por pragas e doenças.

Resultados e Discussão

O processamento de todas as combinações possíveis envolvendo 2 sistemas de cultivo (preparo convencional e plantio direto), 2 tipos de solo (I e II), 12 períodos de semeadura (D1 a D12) e 4 cenários de risco climático (C1 a C4) resultou em um total de 192 mapas de risco climático para o feijão-caupi no estado do Piauí, o que torna inviável a publicação plena de todos eles. Por isso adotou-se a estratégia de apresentação apenas dos mapas de risco climático admitidos como essenciais para avaliação da adoção do plantio direto em comparação ao preparo convencional sobre o ZARC do feijão-caupi. Os mapas de risco climático do feijão-caupi gerados com a adoção do sistema de cultivo em preparo convencional e em plantio direto, em solos do tipo I e II, quando semeado no período de janeiro a abril, nos diferentes cenários de risco climático avaliados, são apresentados nas Figuras 2 e 3. Ressalte-se que os decêndios fora desse período não são aptos para a semeadura do feijão-caupi.

Em solos do tipo I, de textura arenosa e baixa capacidade de armazenamento de água no solo, houve predomínio de área e número de municípios com baixo risco climático para a semeadura do feijão-caupi no decêndio D5 (11 a 20 - fev), em todos os cenários avaliados e ambos os sistemas de cultivo (Figura 2 e Tabela 3). A semeadura no decêndio D5 induz a fase de máxima exigência hídrica nos decêndios D9 (21 a 31- mar) e D10 (1- 10 - abr). Quanto à precipitação pluviométrica, os meses de março e abril se caracterizam como os de maior disponibilidade hídrica para as culturas de sequeiro, de forma generalizada, especialmente na região centro-norte do Piauí (Andrade Junior et al., 2004).

No cenário C1, mais exigente quanto ao atendimento da necessidade hídrica da cultura (ISNA=0,55), houve indicação para o cultivo do feijão-caupi, em sistema convencional, em 93 municípios (41,7% da área do Piauí), enquanto em plantio direto a indicação elevou-se para 102 municípios (51,7% da área do Piauí).

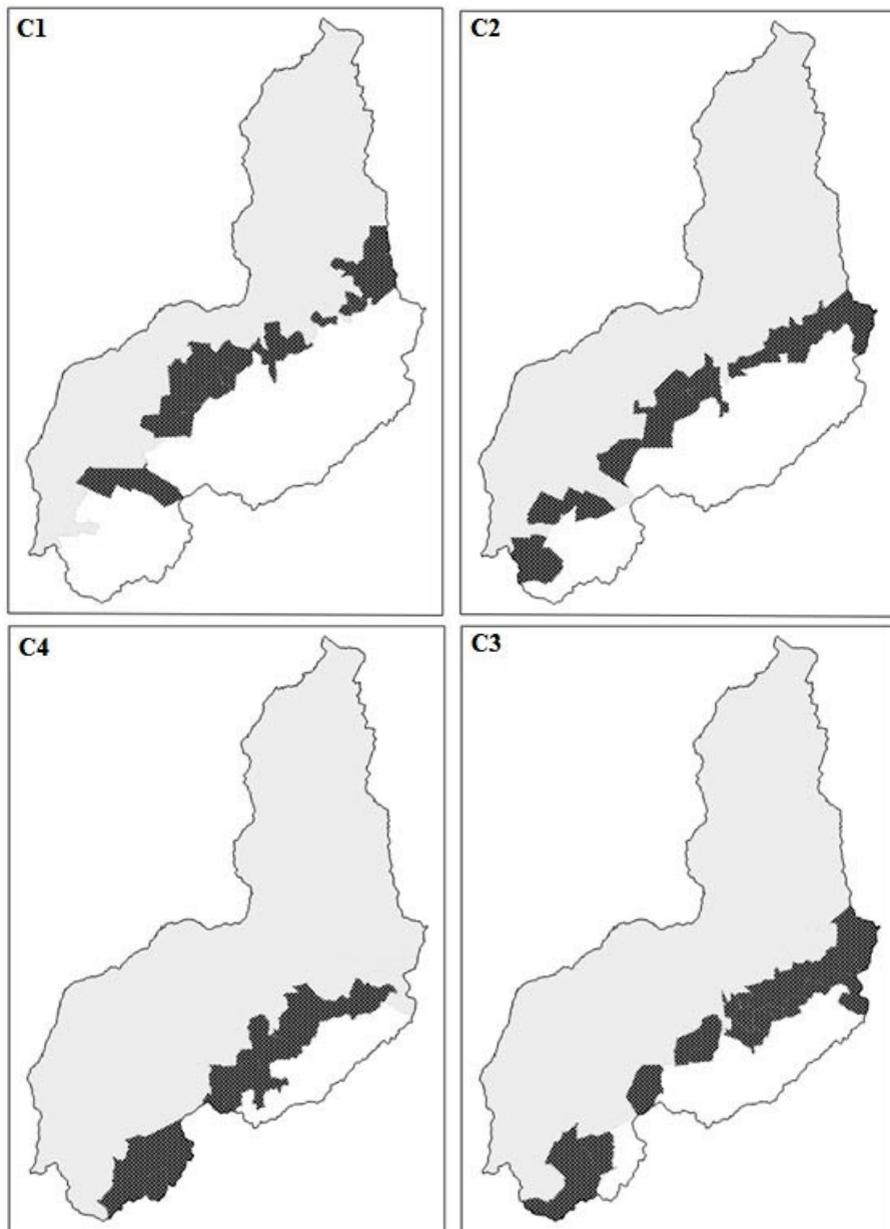


Figura 2. Espacialização das áreas com baixo risco climático para o feijão-caupi cultivado em preparo convencional (PC) (□) e em plantio direto (PD) (■), em solos tipo I, nos diferentes cenários de risco avaliados (C1 a C4), no estado do Piauí.

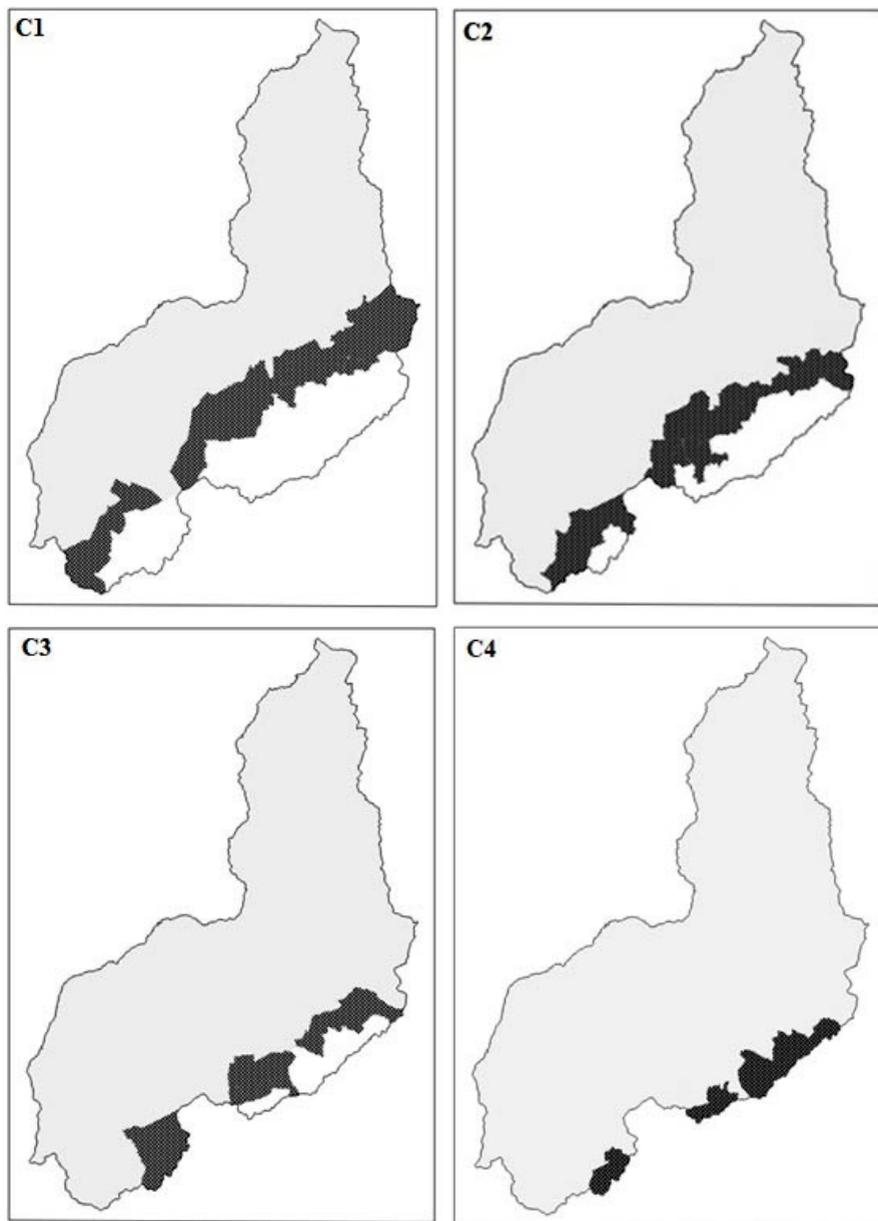


Figura 3. Espacialização das áreas com baixo risco climático para o feijão-caupi cultivado em preparo convencional (PC) (□) e em plantio direto (PD) (■), em solos tipo II, nos diferentes cenários de risco avaliados (C1 a C4), no estado do Piauí.

No cenário C4, menos restritivo quanto ao atendimento da necessidade hídrica da cultura (ISNA=0,40), o cultivo do feijão-caupi, em sistema convencional, foi indicado em 144 municípios (67,7% da área do Piauí) e em sistema de plantio direto (Tabela 3), em 162 municípios (78,3% da área do Piauí). Em ambos os cenários, a adoção do plantio direto proporcionou incremento na indicação do número de municípios aptos ao cultivo do feijão-caupi no Piauí, em decorrência do aumento na disponibilidade de água no solo.

O aumento da disponibilidade de água no solo em plantio direto tem sido observado por diversos autores (Costa et al., 2003; Silva et al., 2008; Stone et al., 2012). Em cultivo de feijão-caupi, em solo de textura franco-arenosa, em Teresina, PI, Andrade Junior et al. (2018a) constataram acréscimo na disponibilidade de água no solo de 15,4% durante ciclo do feijão-caupi em sistema de plantio direto em comparação ao sistema de cultivo convencional. O acréscimo na disponibilidade de água no solo em plantio direto deve-se à maior retenção de água na capacidade de campo, devido à melhor distribuição do diâmetro de poros (aumento da microporosidade), pois a retenção de água no ponto de murcha depende mais da textura do solo, que não é alterada pelo manejo (Stone et al., 2012).

Comparando-se os sistemas de cultivo entre si durante o decêndio D5, em solo tipo I, observa-se que o plantio direto foi superior em área e número de municípios aptos ao cultivo do feijão-caupi em relação ao preparo convencional do solo. Os incrementos com relação ao número de municípios, para cada cenário de risco climático, foram iguais a 9 (C1), 18 (C2), 24 (C3) e 18 (C4). Quanto à área em baixo risco climático, ainda com solo tipo I, os percentuais de incremento foram iguais a 10% (C1), 6,1% (C2), 9,7% (C3) e 10,6% (C4) (Tabela 3). O cenário C4, em cultivo de plantio direto, foi o que permitiu a indicação de maior número de municípios aptos, devido ao efeito combinado da redução da E_{Tc}, provocada pela diminuição dos valores de K_c (Tabela 2), e à menor exigência hídrica definida para esse cenário (Andrade Junior et al., 2018b).

Tabela 3. Número de municípios e área (%) com baixo risco climático para o feijão-caupi cultivado em solos do tipo I e II em sistema de plantio direto (PD) em preparo convencional (PC), em diferentes cenários de atendimento da necessidade hídrica da cultura (ISNA) (C1 a C4).

Decêndio	Solo I								Solo II							
	C1		C2		C3		C4		C1		C2		C3		C4	
	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD
D1	4	6	7	14	14	21	19	22	9	13	16	15	21	15	23	11
	5,9	5,0	4,3	13,6	13,5	15,3	14,4	15,4	8,2	8,0	12,0	10,5	15,0	7,5	15,1	4,8
D2	7	17	15	33	28	39	35	40	26	36	32	46	42	53	50	53
	8,3	17,4	16,9	28,2	26,3	29,9	27,6	32,1	23,1	25,7	25,5	31,1	30,1	30,3	31,1	27,6
D3	32	61	53	66	57	86	63	89	54	63	64	83	75	105	98	103
	13,3	29,7	26,8	37,4	34,5	46,5	39,8	53,1	30,1	42,3	38,3	52,3	48,9	57,8	57,1	58,5
D4	70	91	87	119	102	151	105	155	94	132	120	142	140	148	151	150
	32,3	48,2	46,2	59,5	53,7	73,3	57,1	77,3	49,8	63,6	59,6	70,5	68,6	74,2	75,3	77,0
D5	93	102	103	121	119	143	144	162	107	141	134	158	148	169	163	169
	41,7	51,7	52,3	58,4	57,2	66,9	67,7	78,3	54,4	67,4	63,8	76,4	69,6	81,8	77,9	83,0
D6	86	89	89	93	91	108	107	133	90	121	112	132	130	144	142	157
	26,0	37,5	34,3	44,3	41,9	53,9	52,3	60,0	42,2	53,2	55,2	59,1	58,7	65,8	66,4	77,2

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Decêndio	Solo I												Solo II												
	C1			C2			C3			C4			C1			C2			C3			C4			
	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	
D7	60	72	70	80	78	79	80	77	82	77	78	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
	16,7	18,7	18,6	22,1	21,5	26,3	26,5	32,0	26,7	31,5	29,5	38,1	35,7	46,8	42,2	56,0									
D8	43	51	48	59	59	65	65	74	60	72	66	80	74	87	83	85									
	12,3	14,7	13,9	16,7	16,7	18,8	18,8	20,7	17,0	20,5	19,1	22,1	20,7	33,4	26,5	37,8									
D9	37	42	40	47	45	51	49	59	47	59	53	65	61	69	67	76									
	10,0	11,6	10,6	13,7	12,9	14,7	14,2	16,7	13,7	16,7	15,3	18,8	18,0	19,4	19,9	20,8									
D10	8	18	18	26	27	35	34	39	28	41	34	43	38	47	43	54									
	1,0	4,4	4,0	7,1	7,2	9,7	9,2	10,5	7,6	11,0	9,2	12,1	10,7	13,7	12,1	15,9									
D11	0	0	0	0	0	10	6	24	0	26	10	28	25	35	28	41									
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,8	5,5	0,0	7,1	1,5	7,5	5,5	9,7	7,5	11,5									
D12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28									
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1	2,8	1,6	7,5					

Para cada decêndio, o número superior indica o número de municípios e o número inferior, a área de baixo risco climático (%); C1: ISNA na Fase III = 0,55; C2: ISNA na Fase III = 0,50; C3: ISNA na Fase III = 0,45; C4: ISNA na Fase III = 0,40; D1: 1 a 10-Jan; D2: 11 a 20-Jan; D3: 21 a 31-Jan; D4: 1 a 10-Fev; D5: 11 a 20-Fev; D6: 21 a 28-Fev; D7: 1 a 10-Mar; D8: 11 a 20-Mar; D9: 21 a 31-Mar; D10: 1 a 10-Abr; D11: 11 a 20-Abr; D12: 21 a 30-Abr.

Em solos tipo II, de textura franco-arenosa e média capacidade de armazenamento de água no solo, houve predomínio de área e número de municípios com baixo risco climático para o cultivo do feijão-caupi nos decêndios D5 (11 a 20-Fev) e D6 (21 a 28-Fev), em todos os cenários e sistemas de cultivo avaliados (Figura 3 e Tabela 3). Isso ocorreu em razão da melhor distribuição da precipitação pluviométrica durante os meses de março e abril (Andrade Junior et al., 2004) coincidirem justamente com o período de máxima exigência hídrica do feijão-caupi semeado em fevereiro, associado à maior capacidade de armazenamento de água no solo, potencializando assim o efeito da palhada para a redução do risco climático (Andrade Junior et al., 2018b). Em cultivo sob palhada, no cenário C4, há indicação para o cultivo do feijão-caupi em até 169 municípios, o que representa 83% da área do Piauí (Tabela 3).

Outro aspecto relevante que destaca ainda mais a importância da adoção do plantio direto no sistema de produção do feijão-caupi, como prática conservadora de água no solo e, portanto, com potencial de redução do risco climático a que a cultura está sujeita, quando em cultivo de sequeiro, diz respeito à possibilidade de abertura e/ou ampliação de janelas de plantio em regiões nas quais não seria possível a indicação de cultivo utilizando-se o preparo convencional do solo.

Nessa condição particular, em áreas com solo tipo II e em cenário C4 (menos restritivo), houve ampliação da janela de plantio de baixo risco climático para o feijão-caupi em 20 dias (decêndios D11 e D12) na região norte (Figura 4A), faixa de transição entre o Semiárido/Cerrado (decêndio D7) (Figura 4C) e Cerrado (decêndio D8) (Figura 4D). Houve também ampliação da janela de plantio em 10 dias (decêndio D5) na região semiárida do Piauí (Figura 4B).

Meireles et al. (2003), ao avaliarem o risco climático do feijoeiro em Goiás, concluíram que a utilização do sistema de plantio direto proporcionou aumento da ocorrência de áreas com menor risco e prolongamento do período favorável de semeadura, em relação ao sistema de preparo convencional. Ressaltaram que esses efeitos foram mais evidentes quanto maior a porcentagem da cobertura do solo pela palhada.

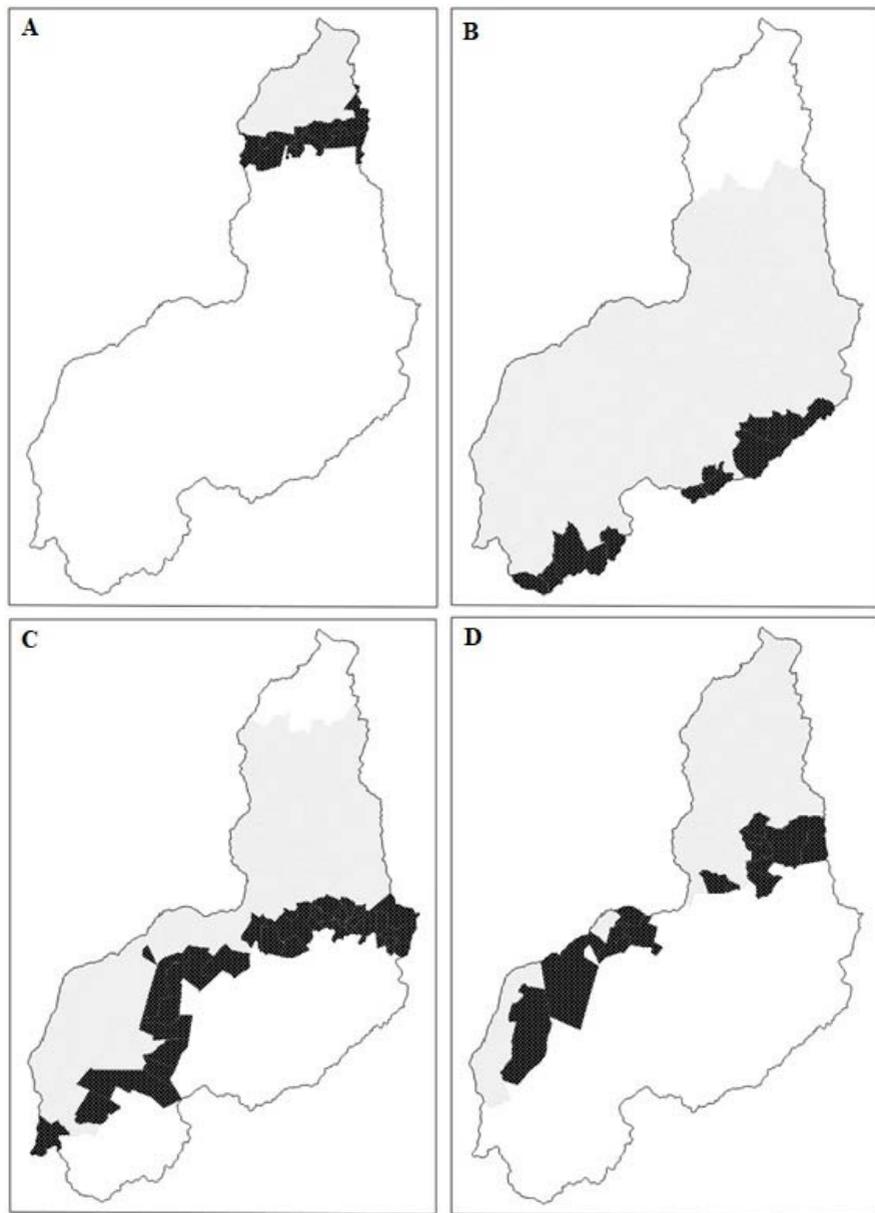


Figura 4. Espacialização das áreas com baixo risco climático para o feijão-caupi cultivado em preparo convencional (PC) (□) e em plantio direto (PD) (■), em solos tipo II, nos diferentes decênios em cenário de risco C4, no estado do Piauí. A: D11 e D12; B: D5; C: D7 e D: D8.

De fato, a redução da evaporação da água e o aumento da disponibilidade de água no solo proporcionada pela adoção do plantio direto permitem que o atendimento da necessidade de água do feijão-caupi possa ser flexibilizado, quando cultivado em sistema de plantio direto, já que ocorre redução do risco climático por deficiência hídrica no solo (Andrade Junior et al., 2018b).

Conclusão

A adoção do sistema de plantio direto aumenta o número de municípios e a área de baixo risco climático para o feijão-caupi, permitindo a ampliação das janelas de plantio em 20 dias, em áreas com solo de textura franco-arenosa, na região dos cerrados, e de 10 dias na região semiárida do Piauí.

Referências

- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS: Safra 2017/2018: Décimo primeiro levantamento, v. 5, n. 11, p. 1-148, ago. 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso 15 nov. 2018.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O. da; FREIRE FILHO, F. R. Zoneamento de risco climático para a cultura do feijão-caupi no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 109-117, jan./mar. 2007.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J. Clima. In: BASTOS, E. A. (Ed.). **Cultivo de Feijão-Caupi**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Versão eletrônica. (Embrapa Meio-Norte. Sistema de produção, 2; Embrapa Amazônia Ocidental. Sistema de produção, 2; Embrapa Agrobiologia. Sistema de produção, 4).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; SILVA, C. O. da. **Zoneamento de risco climático para as culturas de milho e feijão-caupi consorciadas no Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 34 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 199).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; MONTEIRO, M. M. de S.; SILVA JUNIOR, J. S. da Evapotranspiração e coeficiente de cultura do feijão-caupi sob sistema de cultivo convencional e plantio direto. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, p. 191-199, jul. 2018a.

ANDRADE JUNIOR, 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; BASTOS, E. A.; SILVA, M. V. P. da; SILVA JÚNIOR, J. S. da; MONTEIRO, J. E. B. de A. Índice de satisfação da necessidade de água do feijão-caupi sob sistema de cultivo convencional e plantio direto. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, p. 201-211, jul. 2018b.

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; OLIVEIRA, S. R. M. de; RIBEIRO, J. L.; SILVA, C. O. da. **Zoneamento de risco climático para as culturas de algodão e feijão-caupi consorciadas no Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2010. 30 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 205).

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.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Instrução Normativa nº 2, de 9 de outubro de 2008. Dispõe sobre os tipos de solos para fins de zoneamento agrícola de risco climático. **Diário Oficial da União**, n. 197, p. 71, 10 out. 2008. Seção 1.

CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; MELO, F. de B. **Rendimento de grãos do feijão-caupi BRS Itaim em função da densidade de plantio em sistemas de semeadura convencional e direta com palhada do primeiro ano**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2017. 7 p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado técnico, 240).

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 527-535, May/Jun. 2003.

CUNHA, G. R. da; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre o zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 377-385, dez. 2001. Número especial.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H. Evaporation of the soil water in response to the amount of straw and evaporative demand. **Agrometeoros**, v. 25, n. 2, p. 361-371, 2017.

EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA. **Micura**. [Campinas, 2018]. Disponível em: <<https://www.micura.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 15 out. 2018.

FREIRE FILHO, F. R. (Ed.). **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

JACOMINE, P. K. T. (Coord.). **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS: SUDENE-DRN, 1986. 2 v. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de pesquisa, 36; SUDENE-DRN. Recursos de solo, 18).

MEIRELES, E. J. L.; STONE, L. F.; XAVIER, L. de S.; MOREIRA, J. A. A. Risco climático do feijão da seca no Estado de Goiás, sob preparo de solo convencional e plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 116-120, jan./abr. 2003.

MONTEIRO, J. E. B. de A.; CUADRA, S. V.; OLIVEIRA, A. F. de; NAKAI, A. M.; MACIEL, R. J. S. Estimativa da evapotranspiração diária baseada apenas em temperatura. **Agrômetros**, v. 25, n. 1, p. 227-236, ago. 2017.

OLIVEIRA, S. R. M. **Definição de parâmetros para estimativa de risco climático no consórcio algodão herbáceo-feijão-caupi**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. [Beaverton: OSGeo], 2017. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/>. Acesso em: 20 out. 2018.

SILVA, G. J.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; BIANCHINI, A.; AZEVEDO, E. C. de; MAIA, J. C. de S. Variação de atributos físico-hídricos em Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado mato-grossense sob diferentes formas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2135-2143, 2008.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E. de; SOUZA, L. C. D. de; ABRANTERS, F. de L.; SILVA, M. P. da; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. A. **Efeitos do sistema plantio direto no uso da água pelas culturas e no manejo da irrigação**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 207).

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. A.; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 577-582, abr. 2006.

Embrapa

Meio-Norte

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE 14963