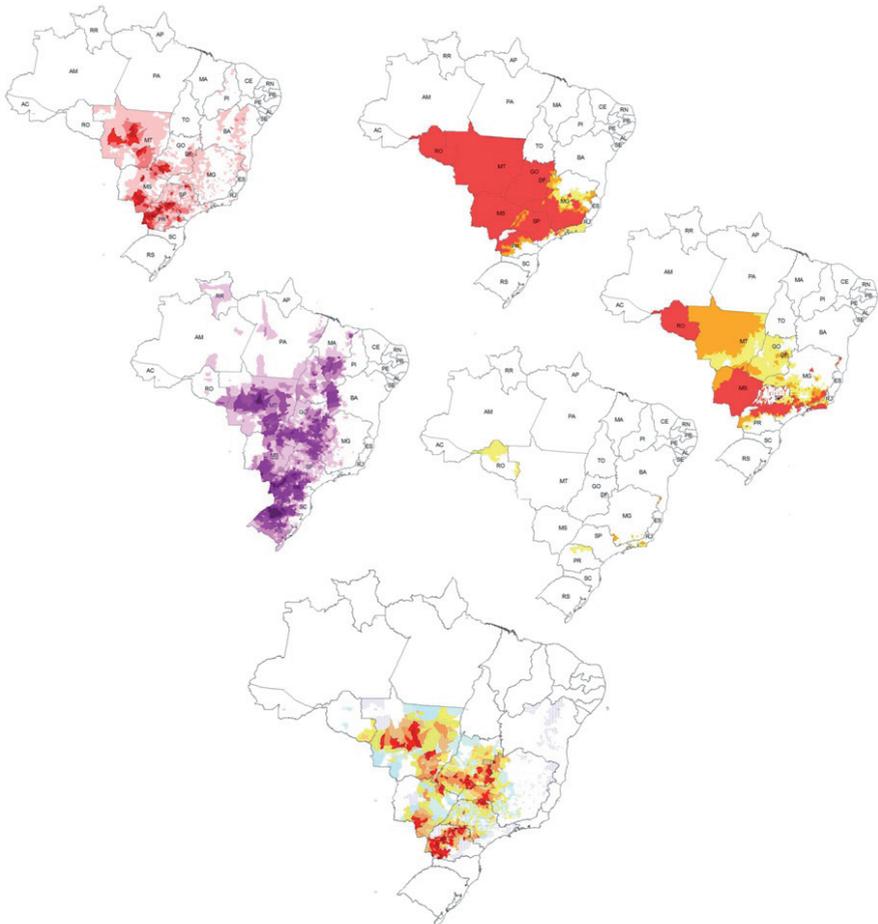


Expansão Potencial do Plantio de 2ª Safra de Milho no Brasil no Sistema de Rotação Soja-Milho Considerando o Zoneamento de Risco Climático



ISSN 1679-0154

Dezembro, 2012

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 63

Expansão Potencial do Plantio de 2ª Safra de Milho no Brasil no Sistema de Rotação Soja-Milho Considerando o Zoneamento de Risco Climático

Elena Charlotte Landau

José Carlos Cruz

André Hirsch

Daniel Pereira Guimarães

Embrapa Milho e Sorgo

Sete Lagoas, MG

2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
Home page: www.cnpms.embrapa.br
E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau
Membros: Flávia Cristina dos Santos Flávio Dessaune Tardin, Eliane Aparecida Gomes, Paulo Afonso Viana, Guilherme Ferreira Viana e Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro
Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa
Foto(s) da capa: Elena Charlotte Landau

1ª edição

1ª impressão (2012): on line

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 Milho e Sorgo**

Expansão potencial do plantio de 2ª safra de milho no Brasil no sistema de rotação soja-milho considerando o zoneamento de risco climático / Elena Charlotte Landau ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2012.

36 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 63).

1. *Zea mays*. 2. Produção. 3. Safrinha. 4. Aptidão climática.
I. Landau, Elena Charlotte. II. Série.

CDD 633.15 (21. ed.)

© Embrapa 2012

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução	8
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	14
Conclusões	29
Agradecimentos	30
Referências	30

Expansão Potencial do Plantio de 2ª Safra de Milho no Brasil no Sistema de Rotação Soja-Milho Considerando o Zoneamento de Risco Climático

Elena Charlotte Landau¹

José Carlos Cruz¹

André Hirsch²

Daniel Pereira Guimarães¹

Resumo

A produção de milho é de grande importância econômica para o Brasil, dadas as diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. A crescente demanda nacional e mundial pela produção de milho aumenta a pressão para a identificação de áreas com potencial para aumento da produção do cereal. O presente trabalho visa identificar áreas agrícolas com potencial para aumento da produção de milho na época da 2ª safra. Para tal, foi feita a integração espacial entre dados anuais e por safra disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) das áreas plantadas com milho e soja entre 2003 e 2010, e dados disponibilizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) que indicam os municípios com aptidão climática para o plantio de milho na época de 2ª safra. Isto permitiu identificar municípios e áreas agrícolas com potencial climático para expansão da 2ª safra de milho no Brasil, dentro do sistema de rotação soja-milho. Foi estimado um

¹Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. charlotte.landau@embrapa.br; josecarlos.cruz@embrapa.br, daniel.guimaraes@embrapa.br

²Professor Adjunto II, Universidade Federal de São João del-Rei / Campus Sete Lagoas, Sete Lagoas, MG. hirsch_andre@ufsj.edu.br

potencial climático para expansão em 13,5 milhões de hectares da área agrícola plantada com milho 2ª safra, no sistema soja-milho. A maior parte dessas áreas concentrou-se nas Regiões Centro-Oeste e oeste dos Estados do Paraná, Minas Gerais e São Paulo, estando 82% dessas áreas adicionais localizadas em municípios em que já foi plantada 2ª safra de milho nos últimos anos, e a maioria dos 18% restantes, em municípios situados geograficamente próximos aos anteriores. A época com menor risco climático para plantio da 2ª safra de milho em mais do que 80% dessas áreas adicionais estende-se entre o início de janeiro e o primeiro decêndio de fevereiro. A expansão futura da cultura provavelmente dependerá de incentivos econômicos e solução de gargalos técnicos e logísticos nas áreas identificadas. O plantio de milho deveria priorizar o uso de práticas que contribuam para a sustentabilidade econômica, ambiental e social, o que favorece o desenvolvimento sustentável e garante necessidades das gerações atual e futuras.

Palavras-chave: *Zea mays*, zoneamento agroclimático, análise espaço-temporal, sistema soja-milho, geoprocessamento.

Potential Expansion of Fall Maize Planting in Brazil on the Soybean-maize Rotation System Considering the Agroclimatic Zoning

Abstract

Maize production is of great economic importance for Brazil, given its use of various forms, ranging from animal feed to the high-tech industry. The growing domestic and global demand for maize production increases pressure to identify areas with potential for increased production of this cereal. This study aims to identify agricultural areas with climatic potential for increase the production of maize planted after soybean. From the spatial integration between areas annually planted with maize and soybean per harvest within 2003 and 2010 provided by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), and data indicating municipalities with climate suitability for planting maize during the “off season” provided by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (Mapa), we identified municipalities and agricultural areas with climatic potential for the expansion of the 2nd maize season in Brazil, considering the system of soybean-maize rotation. We identified a climate potential for expansion of 13.5 million hectares of agricultural land planted with maize, on the soybean-maize system. Most of these areas were concentrated in the Midwest region and on the Western part of the States of Paraná, Minas Gerais and São

Paulo, with 82% of these additional areas located in municipalities that already planted fall maize in recent years, and most of the 18% remaining in municipalities located geographically close to the previous ones. The time with less climate risk to planting fall maize in more than 80% of these additional areas extends from the beginning of January and the first ten days of February. The future expansion of the crop will likely depend on economic incentives, solving technical and logistical bottlenecks in the identified areas. Plantings of maize should prioritize the use of sustainable practices of economic, environmental and social viewpoints, promoting the sustainable development in order to ensure current and future generations needs.

Keywords: *Zea mays*, agroclimatic zoning, spatio-temporal analysis, mapping, soybean-maize system, GIS.

Introdução

O milho representa uma importante *commodity* agrícola para o Brasil, sendo cultivado nas diversas regiões do país, em diferentes sistemas de produção. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, superado apenas pelos Estados Unidos e pela China. Na safra brasileira de 2010 foram produzidas 53,2 milhões de toneladas (IBGE, 2012), destinadas principalmente para consumo humano e alimentação animal (avicultura, suinocultura e bovinocultura de leite), tanto no país quanto para exportação (GARCIA et al., 2008; NUNES, 2011). Dependendo da região do Brasil, a produção de milho ocorre em uma ou duas épocas do ano ou safras agrícolas: a 1ª safra ou safra de verão, que se desenvolve principalmente entre os meses de outubro e março; e a 2ª safra, safra de outono, de inverno ou “safrinha”, que se desenvolve principalmente entre janeiro e maio (BRASIL, 2012c). Condições climáticas e características do solo durante as épocas de plantio influenciam significativamente a produção de milho. A umidade do solo, a radiação solar e variações de temperatura e precipitação pluviométrica determinam o alcance de níveis ótimos para que a capacidade genética do milho plantado se expresse ao máximo (CRUZ et al., 2008). Quanto ao solo, além da disponibilidade de nutrientes, a disponibilidade de água para as plantas é essencial, principalmente em períodos do desenvolvimento em que a demanda hídrica é crítica: desde o pendoamento até o enchimento de grãos (BERGAMASCHI et al., 2004). Integrando características climáticas e edáficas que favorecem o desenvolvimento de determinadas culturas, o zoneamento agrícola de risco climático representa um programa governamental coordenado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), através do qual são indicadas as épocas de plantio com menores riscos de perda de safra nos municípios brasileiros edafoclimaticamente aptos para o plantio de determinadas culturas (BRASIL, 2012c).

O cultivo de milho ocorre praticamente em todo o território nacional, sendo Paraná, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais os Estados com maior produção de milho (CONAB, 2012). A produção do cereal aumentou nas últimas décadas no país, apresentando uma tendência de contínuo crescimento gerado pela demanda por milho para atender à produção de ração animal, visto que o segmento de produção de carne de frango vem sendo impulsionado no país pela exportação (GARCIA et al., 2008). Para fins de alimentação humana, também é crescente a demanda por produtos de melhor qualidade nutricional, livres de resíduos tóxicos e que apresentem baixo impacto sobre o ambiente durante o processo de produção, o que representa perspectivas promissoras para a agricultura orgânica em nível de mercado. Adicionalmente, o milho também tem se tornado uma das fontes para a produção de etanol (SOLOGUREN, 2007), o que tem aumentado ainda mais a demanda pelo produto.

Dada a contínua tendência de crescimento populacional no Brasil e no Mundo, além de mudanças econômicas e dos padrões de consumo nos mercados nacional e internacional, o que inclui o crescimento de setores vinculados à produção de grãos, verifica-se uma demanda crescente pelo aumento de produção nacional e mundial de milho. Em nível nacional, planos e programas de governo, como o “Plano ABC” e o “Plano Brasil Sem Miséria”, vêm estimulando o aumento da produção agrícola (BRASIL, 2012c).

No Brasil, observa-se alta diversidade em termos de sistemas de produção em uso, ocorrendo desde propriedades com plantios de subsistência e que utilizam técnicas rudimentares, até propriedades altamente tecnificadas que visam a exploração comercial da produção (MONTEIRO et al., 1996). Nos últimos anos, progressos tecnológicos têm possibilitado incrementos

consideráveis de produtividade na agricultura, resultando em aumentos de produção sem aumentar, no mesmo nível, a pressão sobre áreas naturais. Apesar disso, Cruz et al. (2008) ressaltam que a produtividade média nacional de milho ainda é baixa. Em 2010, foi de aproximadamente 3.573 kg/ha (IBGE, 2012), indicando que os sistemas de produção de milho devem ser bastante aperfeiçoados para se chegar a uma produção e uma rentabilidade proporcionais ao que a cultura pode atingir. Além do incremento de produtividade, o aumento da área plantada também tem propiciado o aumento da produção nacional de milho.

O plantio da segunda safra de milho no Brasil foi introduzido, inicialmente, por agricultores que objetivavam ter mais uma opção de cultivo após a safra de verão. Em alguns estados ela se tornou tão importante que substituiu quase completamente o cultivo do trigo. Dois fatores foram importantes para que isto acontecesse. O primeiro está relacionado às necessidades técnicas de rotação de cultura com soja, e de produção de cobertura morta para o solo no sistema de plantio direto, de forma que o milho 2ª safra, na maioria das vezes, passou a ser plantado em sucessão à soja, logo após a colheita desta. O segundo diz respeito à crescente pressão de demanda por milho, principalmente no período de “entressafra”, causando, conseqüentemente, elevação dos preços destes grãos no período (DUARTE, 2000).

Nos últimos anos, a produção da 2ª safra de milho vem se tornando cada vez mais relevante (LANDAU et al., 2011, 2012a,b), tendo chegado a uma produção nacional de 21 milhões de toneladas em 2010, representando 39,13% do total de milho produzido naquele ano. O aumento da área plantada com milho 2ª safra no Brasil tem sido impulsionado, principalmente, pela expansão do cultivo de soja. Na Região Centro-Oeste, o cultivo da soja teve uma expansão

muito rápida nos últimos anos, em decorrência do aumento da importância da soja no mercado internacional (DUARTE et al., 2011). Isso aumentou a necessidade de escolha de uma cultura para rotação economicamente viável, visando auxiliar no controle de pragas, doenças e plantas espontâneas da soja, e promovendo a melhoria de características físicas, químicas e biológicas do solo. O milho tem representado essa cultura por excelência, levando os produtores a optarem pelo plantio de soja de ciclo precoce na 1ª safra agrícola (primavera/verão) e de milho como 2ª safra agrícola (verão/outono).

As possibilidades de aumento da área plantada com milho na época de 2ª safra dependem, principalmente, da existência de áreas aptas para o plantio da cultura na época indicada. Este trabalho visa identificar áreas agrícolas climaticamente aptas para a expansão do plantio da 2ª safra de milho no país, representando um subsídio para a definição de ações que promovam o aumento da produção nacional de milho nas áreas indicadas.

Material e Métodos

Inicialmente foram organizados os dados municipais disponibilizados pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) sobre área plantada anualmente com milho por safra agrícola entre 2003 e 2010 (dados mais recentes disponibilizados atualmente pelo IBGE em nível de município). A seguir, foi realizada uma análise de consistência dos dados, para verificar possíveis erros relacionados com diferenças entre totais por ano e somatório de valores parciais referentes às safras do mesmo ano, no padrão de homogeneidade das informações entre anos consecutivos, etc. No caso do Estado de São Paulo, para os anos de 2009 e 2010, somente foram disponibilizadas informações anuais sobre a produção de milho. Para esse Estado, os dados municipais por

safras foram estimados considerando a proporção média do valor anual correspondente a cada safra nos anos de 2006, 2007 e 2008 (os três anos anteriores àqueles sem informações por safra).

Em algumas regiões do país, os dados disponibilizados pelo IBGE como referentes à 2ª safra de milho correspondem, na verdade, à 1ª safra agrícola de milho desses municípios, a qual é plantada na mesma época do ano em que em grande parte do país ocorrem os plantios da 2ª safra agrícola. Para identificar os municípios nessa situação foram considerados dois critérios: municípios com informações sobre área plantada na 2ª safra do IBGE, porém sem registros de plantios na 1ª safra, além de distantes mais do que 10 km de municípios com aptidão climática para plantio de milho na 2ª safra.

Para a identificação dos municípios com aptidão climática para o plantio da 2ª safra de milho foram organizados e georreferenciados os dados resultantes do zoneamento de risco climático para a 2ª safra de milho 2011/12, disponibilizados por município pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2012c) para nove Estados/Unidades da Federação: Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rondônia e São Paulo.

Nos municípios que se enquadraram nos critérios já citados, as informações disponibilizadas pelo IBGE como sendo da 2ª safra de milho foram consideradas como referentes à 1ª safra. Municípios com informações de plantio referentes a duas safras foram considerados como tendo plantado duas safras, mesmo que situados em áreas não indicadas pelo zoneamento de risco climático como aptos para o plantio de 2ª safra de milho. Para cada município, ano e safra, foi calculada a área relativa do município

destinada ao plantio da cultura, dividindo a área plantada com milho pela área total do município, e verificada a área máxima municipal destinada para o plantio da 2ª safra de milho no período de 2003 a 2010.

Posteriormente, foram organizados dados municipais sobre a área plantada anualmente com soja entre 2003 e 2010, disponibilizados pelo IBGE (2012), em nível de município. A seguir, foi realizada uma análise de consistência dos dados, visando identificar possíveis erros na base de dados. Para cada município foi calculada a área máxima destinada anualmente para plantios de soja entre 2003 e 2010.

As informações foram georreferenciadas por meio do uso de sistemas de informações geográficas (SIG), e levando em consideração a malha municipal digital do ano de 2005 (IBGE), no *Datum WGS84 (World Geodetic System 1984)*.

A identificação dos municípios com potencial climático para expansão da 2ª safra de milho foi estimada a partir da sobreposição espacial entre os municípios em que ocorreram plantios de milho na 2ª safra agrícola de 2010 ou período 2003-2010 e aqueles com aptidão climática para o plantio da cultura.

Mesmo municípios com potencial climático para o plantio de milho não apresentam 100% da sua área disponível para a realização de plantios agrícolas, considerando principalmente características limitantes relacionadas com a cobertura vegetal e diversidade de usos da terra em cada um. No caso de a soja ser a principal cultura plantada na mesma área em sistema de rotação com o milho 2ª safra, foi considerado que a área agrícola disponível para o plantio de milho 2ª safra por município equivale à área máxima já ocupada

com soja no mesmo município nos últimos anos. Assim, a área para expansão potencial do plantio da 2ª safra de milho ou área adicional possível foi estimada considerando a diferença entre a maior área anual destinada para o plantio de soja por município entre 2003 e 2010 e as áreas anuais já plantadas com 2ª safra de milho em 2010 e entre 2003 e 2010. Na análise foram considerados apenas municípios com aptidão climática para o plantio de milho 2ª safra.

Resultados e Discussão

Nos últimos anos, a produção de milho na época de 2ª safra tem se concentrado principalmente nos Estados da Região Centro-Oeste e na parte noroeste do Estado do Paraná (LANDAU et al., 2012b). Entre 2003 e 2010, os municípios que apresentaram maior área plantada com milho 2ª safra (acima de 90.000 ha) foram: Sorriso/MT, Lucas do Rio Verde/MT, Jataí/GO, Maracaju/MS e Sapezal/MT (Fig. 1). Em termos relativos, os municípios que destinaram maior área para o plantio da 2ª safra de milho no mesmo período (acima de 70%) foram: São Jorge do Ivaí/PR, Ivatuba/PR, Floresta/PR, Paripiranga/BA, Doutor Camargo/PR e Cruzália/SP.

Na maioria desses municípios, o plantio de 2ª safra de milho vem ocorrendo há mais tempo (em mais de seis anos dos oito analisados), considerando o período de 2003 a 2010 (Fig. 2). O plantio de 2ª safra de milho vem se estendendo anualmente, principalmente em torno de municípios em que já era plantada 2ª safra de milho e em Estados com zoneamento de risco climático para a cultura (Fig. 2). Em Estados do Nordeste (Bahia, Piauí), a falta de zoneamento de risco climático, possivelmente, está relacionada com a baixa precipitação normal em períodos críticos para a cultura. O plantio de 2ª safra de milho nesses municípios, provavelmente, vem ocorrendo sob irrigação (p.ex., em pivôs centrais).

Comparando a relação de municípios com aptidão climática para o plantio de milho na época de 2ª safra com aqueles em que foram efetuados plantios em 2010, ou entre 2003 e 2010, verifica-se ainda um potencial climático para expansão da cultura em municípios situados, principalmente, nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste (Figs. 3 a 5).

O fato de um município apresentar aptidão climática para o plantio de 2ª safra de milho não implica que toda a área do município possa ser destinada para o plantio de milho. Considerando as áreas municipais já destinadas para o plantio de 2ª safra de milho e a aptidão climática para o plantio de 2ª safra de milho em áreas agrícolas já destinadas para o plantio de soja (Figs. 1, 3 a 6), observou-se que ainda há áreas agrícolas com potencial para expansão do plantio da 2ª safra de milho no sistema de rotação soja-milho (Figs. 7 a 9), tanto em municípios em que já tem sido plantada 2ª safra de milho quanto em municípios sem registros de plantio de 2ª safra de milho. O Estado com maior potencial para expansão da cultura de milho 2ª safra no sistema de rotação soja-milho é o Mato Grosso, com aproximadamente 500 milhões de hectares de área adicional com possibilidade de ser plantada com a cultura, principalmente, dentro de municípios em que já foi plantada 2ª safra de milho anteriormente. A seguir, vêm os Estados de Goiás e Paraná, o primeiro com mais de 300 milhões de hectares de expansão potencial, e o segundo, com cerca de 250 milhões de hectares de expansão potencial. No Estado de Goiás, mais do que 50% da área com potencial para expansão do plantio da 2ª safra de milho situa-se em municípios em que não foi plantada 2ª safra de milho entre 2003 e 2010. Já, no Estado do Paraná, a maior parte da área com potencial para expansão da cultura ocorre em municípios em que já foi plantada 2ª safra de milho. Principalmente no Estado do Paraná verificou-se ainda o plantio de 71,5 mil hectares de milho

2ª safra em municípios com risco climático de perda de safra maior do que 20%. Na sua maioria, trata-se de município situados até 50 km de municípios classificados como climaticamente aptos no zoneamento de risco climático para o plantio da cultura. Nesses municípios é possível que os agricultores optem futuramente por deixar de plantar milho na época de 2ª safra, pela falta de seguro agrícola para plantios em que o risco climático de perda de safra é maior que o assumido pelo programa de zoneamento de risco climático. No caso do Estado do Rio de Janeiro, embora haja municípios com aptidão climática para o plantio da 2ª safra de milho, mas sem registros de plantios de soja, a área agrícola destinada para o plantio de 2ª safra de milho no sistema de rotação soja-milho foi considerada nula. No Estado de Rondônia, embora todos os municípios apresentem aptidão climática para o plantio de 2ª safra de milho, verificou-se a ocorrência de plantios de soja concentrados apenas no sudeste do Estado (Figs. 3 a 6). Nesse Estado, em que a cobertura vegetal predominante é representada pela Floresta Amazônica e há demarcadas várias unidades de conservação da diversidade biológica (Sistema de Unidades de Conservação - SNUC), as áreas agrícolas potencialmente disponíveis para o plantio de 2ª safra de milho estariam restritas, principalmente, aos municípios situados no sudeste dele (Figs. 8 e 9).

A maior parte da área potencialmente disponível para a expansão do plantio de 2ª safra de milho no sistema de rotação soja-milho demanda a realização de plantios no mês de janeiro (Figs. 3 a 5, 10). Em fevereiro, as áreas com potencial para expansão da cultura de milho 2ª safra climaticamente aptas para o plantio da cultura representam em torno de 60% das áreas com potencial de expansão, restringindo-se principalmente aos dois primeiros decêndios do mês. Em março, apenas alguns municípios dos

Estados do Paraná, Rondônia e Minas Gerais apresentam aptidão climática nos dois primeiros decêndios do mês.

Neste trabalho foi considerado que a área agrícola disponível para o plantio de milho 2ª safra equivale à área máxima já ocupada com soja no município nos últimos anos, ou seja, são áreas consolidadas. Sabe-se que, em alguns municípios, parte da produção anual de soja e milho ocorre sob irrigação. Em levantamento de áreas irrigadas realizado no Estado de Minas Gerais (GUIMARÃES; LANDAU, 2011) foi identificada a existência de pivôs centrais na margem de cursos e corpos d'água. Estas áreas, de acordo com o Código Florestal vigente (BRASIL, 2012a,b), são de preservação permanente (APPs). É provável que esta situação ocorra também em outros Estados do Brasil. A adequação das propriedades rurais à legislação ambiental vigente poderá implicar na obrigatoriedade de promover a recuperação ou recomposição da vegetação original nesses locais, o que resultará numa redução da área disponível para o plantio de soja e, conseqüentemente, da área disponível para o plantio de 2ª safra com milho. No entanto, acredita-se que a existência de plantios de soja e/ou milho em áreas de preservação permanente (APPs) represente apenas um pequeno percentual daquelas plantadas com essas culturas por município nos últimos anos.

Neste estudo também foi identificado um grande potencial para expansão do plantio de 2ª safra de milho no sistema de rotação soja-milho. O plantio extensivo de uma mesma cultura agrícola (ou rotação com poucas culturas) favorece o aumento da produtividade em curto prazo e a redução de custos de produção. No entanto, também pode trazer prejuízos ambientais, sociais e econômicos que comprometem o plantio futuro dessas culturas na região. Do ponto de vista ambiental, dependendo do tipo de

manejo, monoculturas podem favorecer a ocorrência de pragas, a resistência a doenças, o exaurimento do solo, a redução da diversidade biológica original da região e a contaminação das plantas, do solo, da água e da população humana com agrotóxicos usados na lavoura. Do ponto de vista social, a mecanização agrícola para plantio de extensas áreas reduz a demanda de mão de obra no campo, provocando a emigração das populações rurais. Quanto à questão econômica, o rápido aumento da resistência de insetos e agentes fitopatogênicos aos agrotóxicos aplicados demanda investimento financeiro progressivamente mais alto na compra de agrotóxicos com concentração e em quantidade cada vez maior. Adicionalmente, a ocorrência de grande oferta de um mesmo produto numa mesma região favorece a queda de preços no mercado, podendo comprometer toda a cadeia produtiva regional. Para estimular o desenvolvimento sustentável, o plantio de milho nas áreas adicionais identificadas, assim como nas áreas plantadas atualmente, precisará levar em conta diversos aspectos relacionados com o plantio da cultura, no intuito de maximizar vantagens e minimizar prejuízos futuros, considerando estratégias para minimizar o uso indiscriminado de agrotóxicos, controlar a erosão do solo, estimular a rotação de culturas, além de promover a adoção de práticas tecnicamente apropriadas, ambientalmente corretas, economicamente viáveis e socialmente aceitáveis, e que contribuam para a manutenção da sustentabilidade (EHLERS, 1994; DENTI; REIS, 2001; TRENTO et al., 2002; FAO, 2002, 2003; CIVIDANES; YAMAMOTO, 2002; FERREIRA, 2008; CUNHA et al., 2005; SOUZA; SILVA, 2010; KACHANI, 2012; SANTOS et al., 2012).

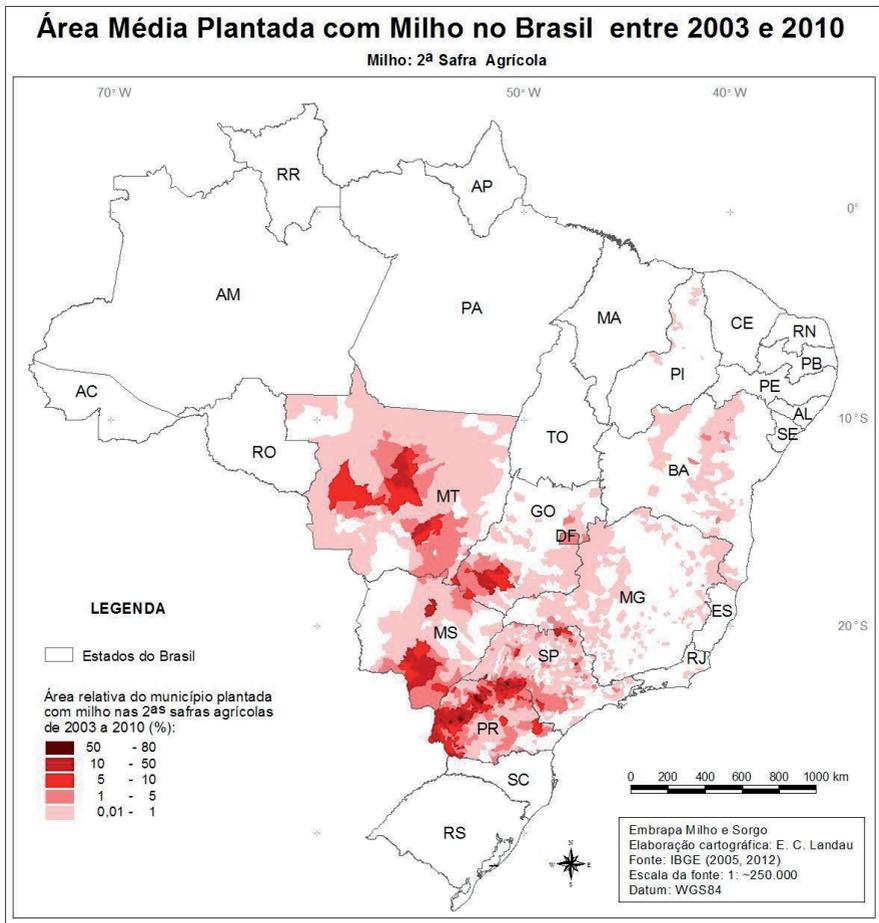


Fig. 1. Média das áreas relativas dos municípios brasileiros plantadas com milho nas 2^{as} safras agrícolas de 2003 a 2010.

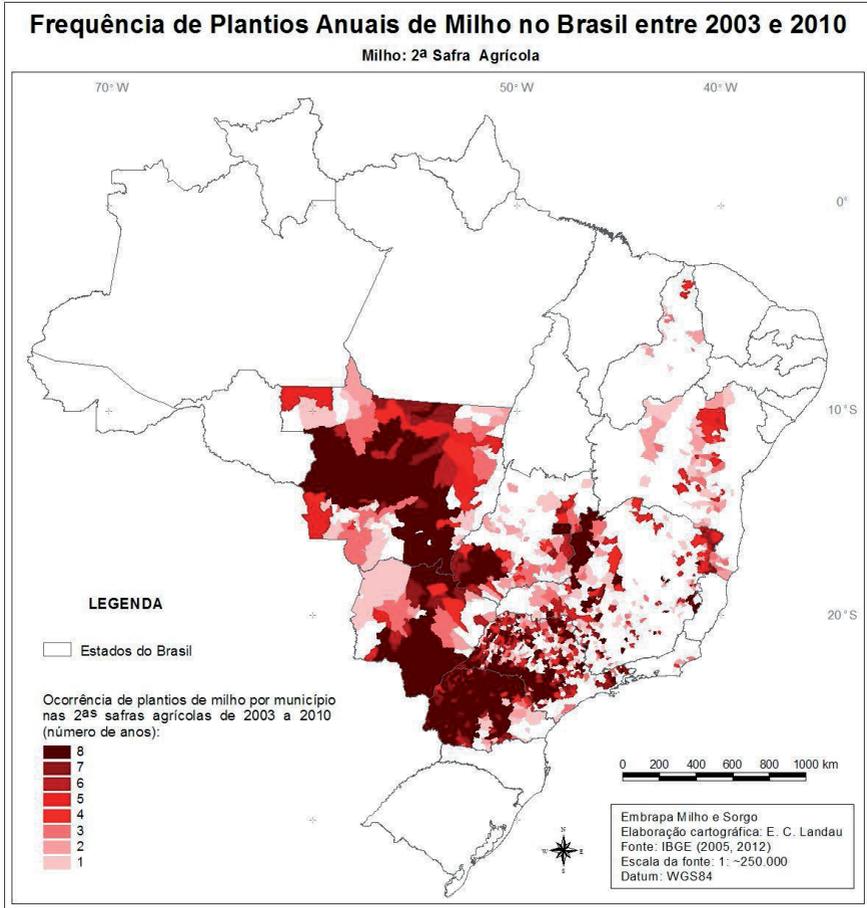


Fig. 2. Frequência de plantios anuais de 2ª safra de milho por município do Brasil de 2003 a 2010.

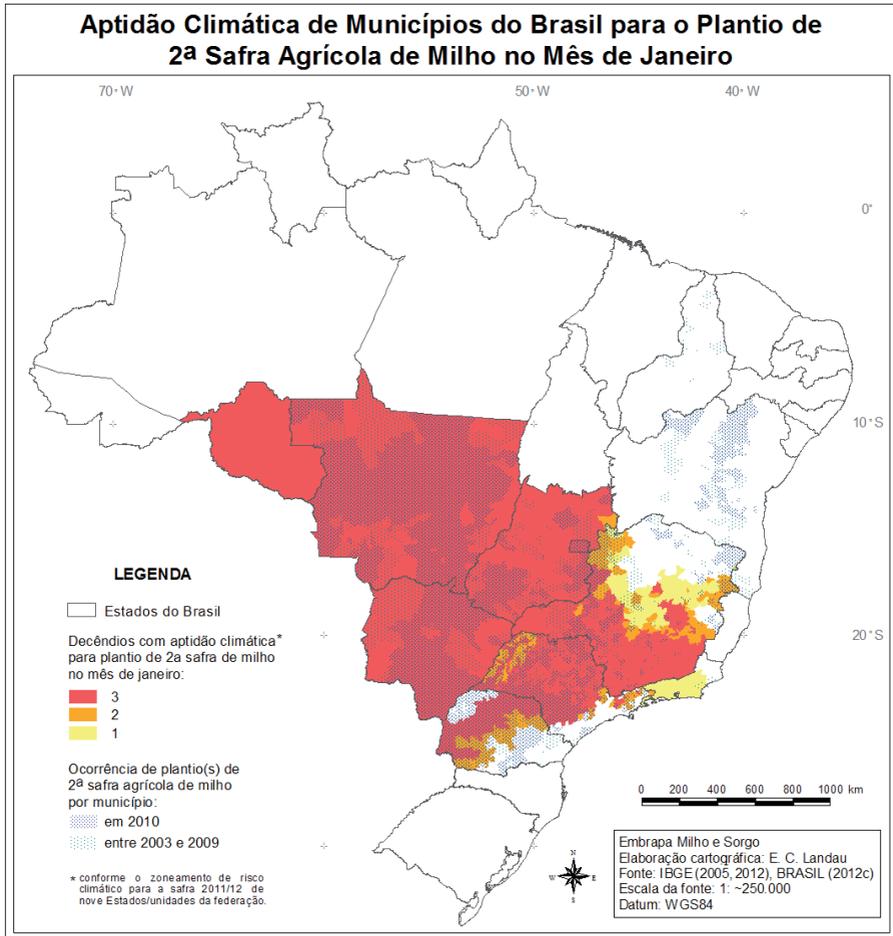


Fig. 3. Expansão potencial do plantio de 2ª safra de milho no Brasil considerando municípios com aptidão climática para o plantio de 2ª safra agrícola de milho no mês de janeiro.

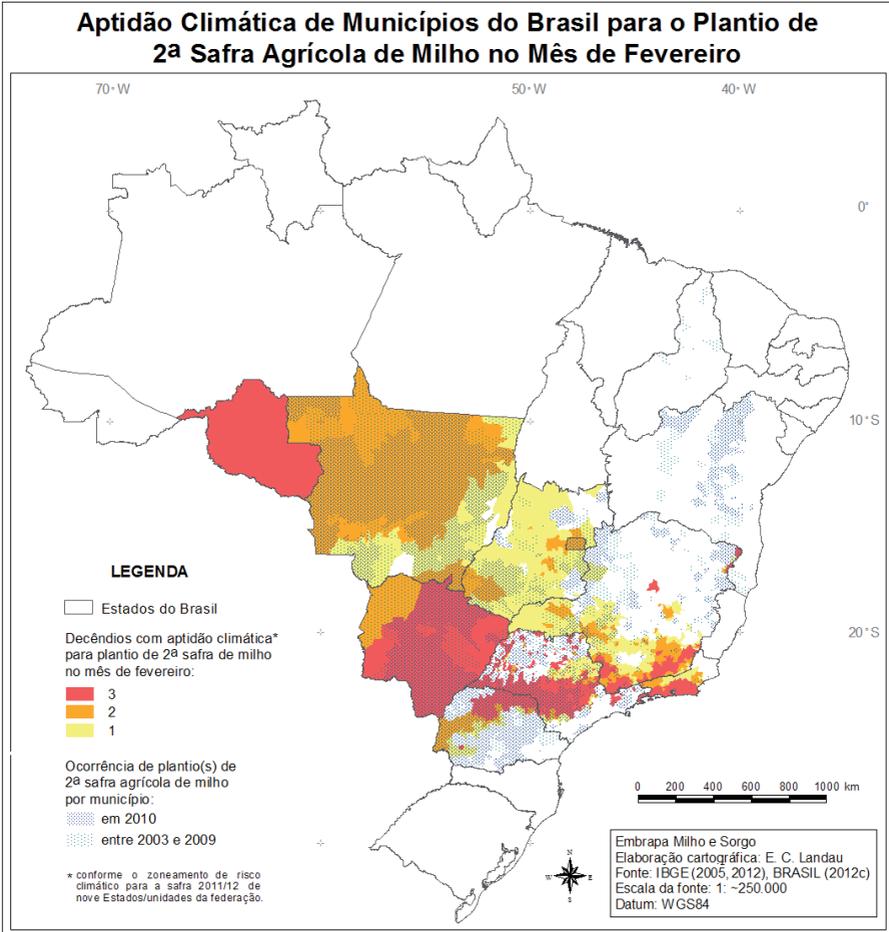


Fig. 4. Expansão potencial do plantio de 2ª safra de milho no Brasil considerando municípios com aptidão climática para o plantio de 2ª safra agrícola de milho no mês de fevereiro.

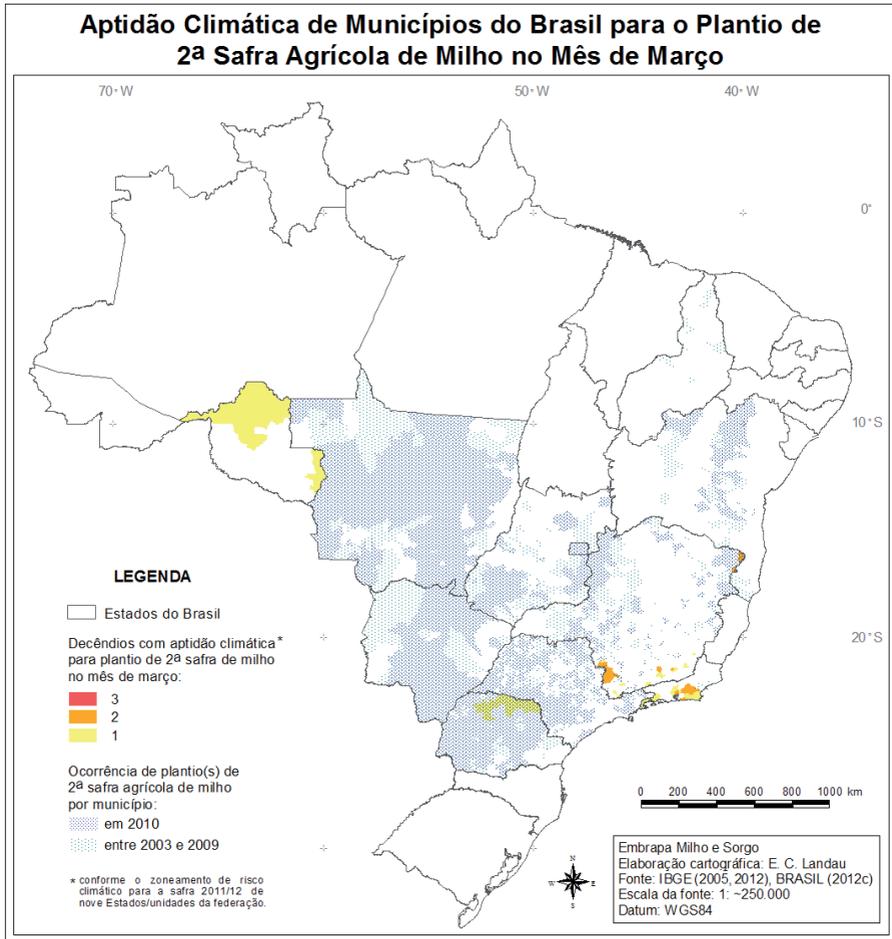


Fig. 5. Expansão potencial do plantio de 2ª safra de milho no Brasil considerando municípios com aptidão climática para o plantio de 2ª safra agrícola de milho no mês de março.

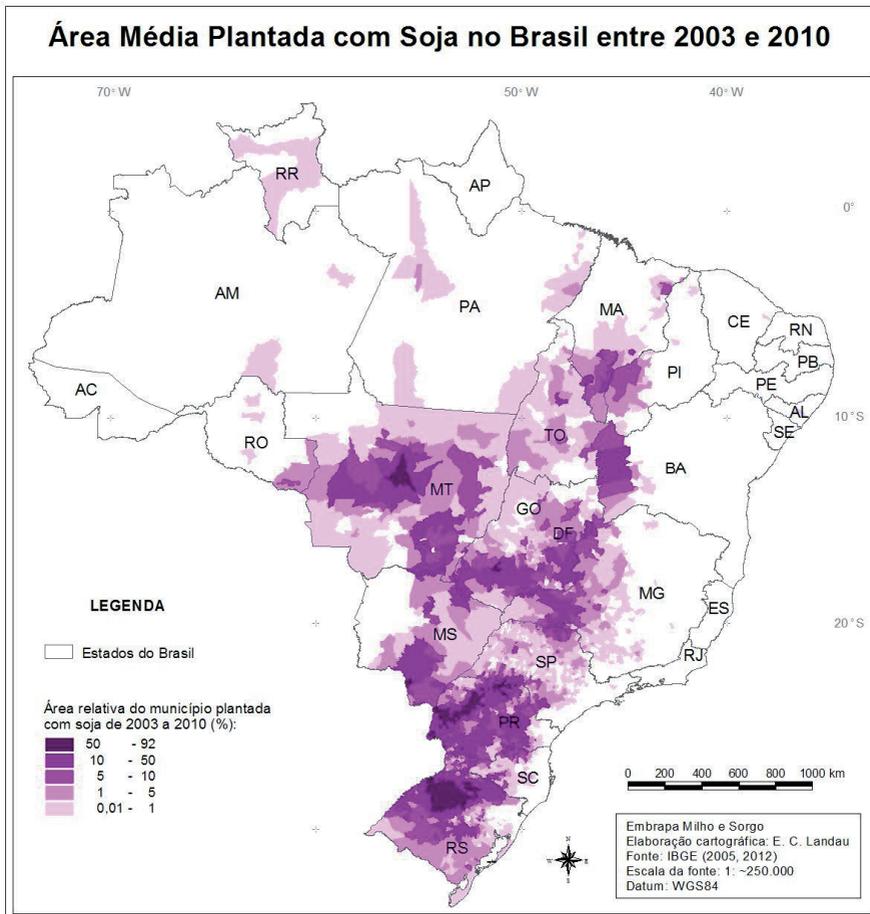


Fig. 6. Média das áreas relativas dos municípios brasileiros plantadas com soja de 2003 a 2010.

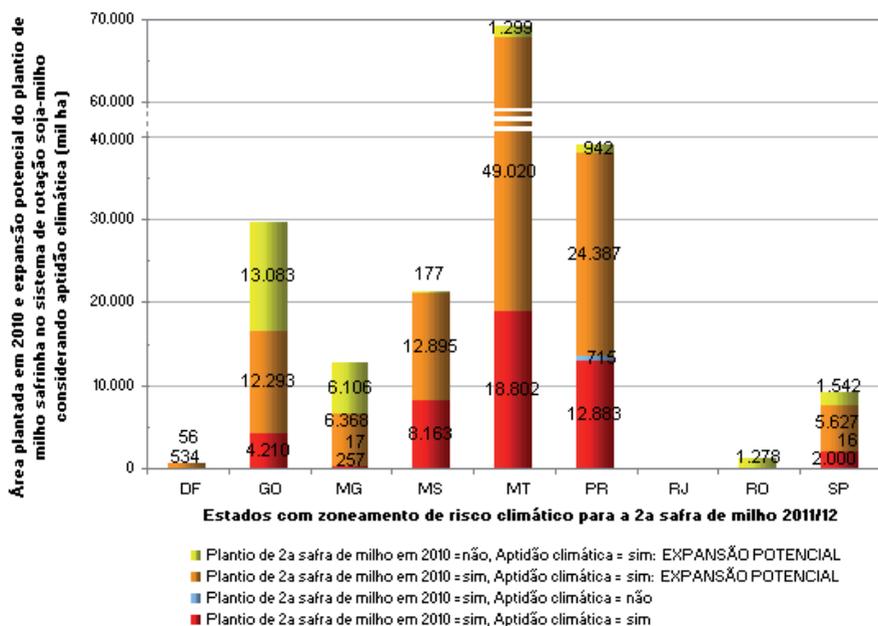


Fig. 7. Expansão potencial do plantio de 2ª safra de milho no sistema de rotação soja-milho nos Estados com zoneamento de risco climático para a 2ª safra de 2012, comparada às áreas destinadas ao plantio da cultura em 2010.

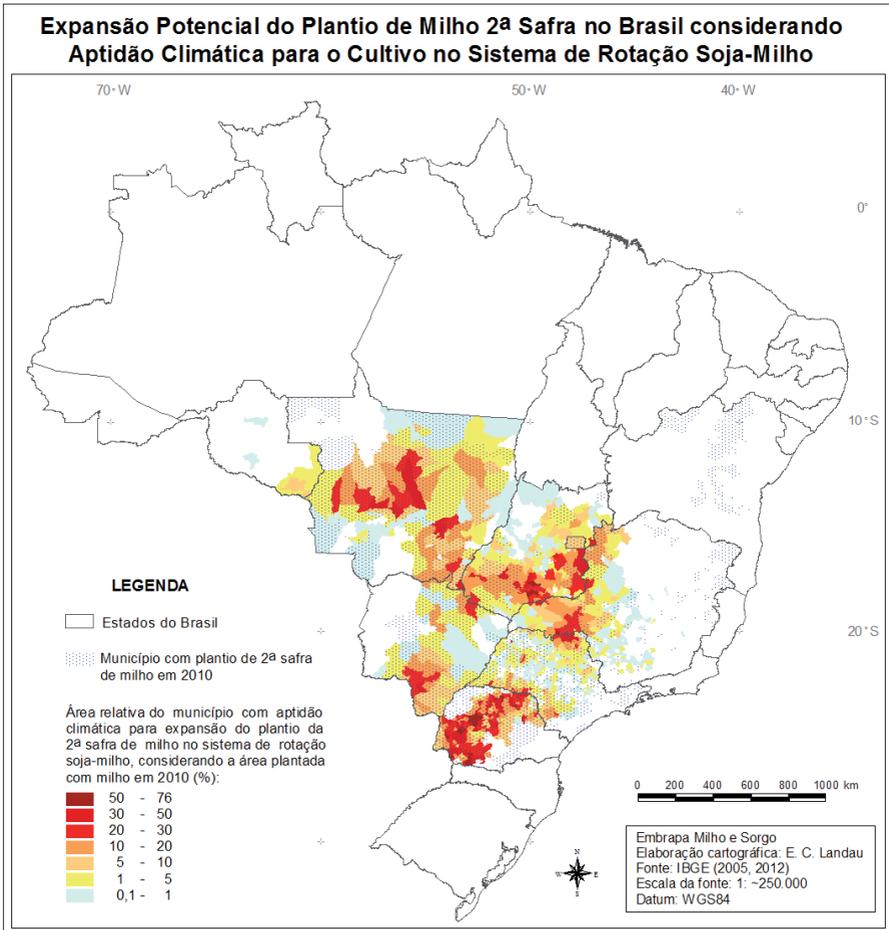


Fig. 8. Expansão potencial do plantio de 2ª safra de milho no Brasil considerando municípios com aptidão climática para o plantio de 2ª safra agrícola de milho no sistema de rotação soja-milho. Foi analisada a expansão potencial relativa à área plantada na 2ª safra de milho por município em 2010.

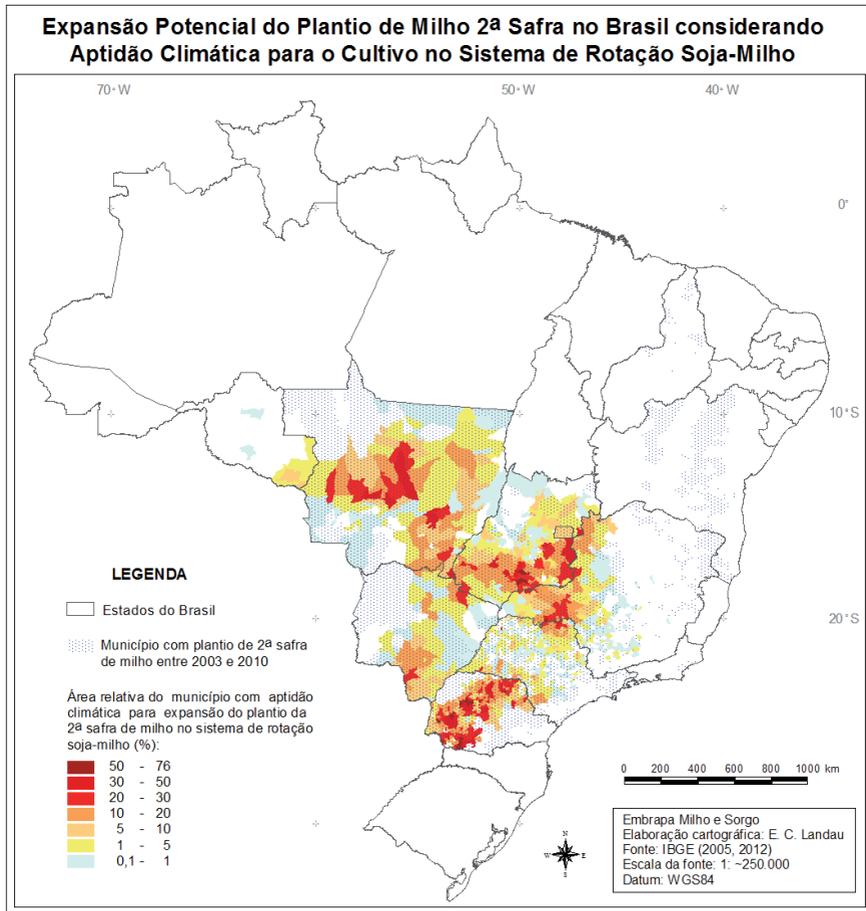


Fig. 9. Expansão potencial do plantio da 2ª safra de milho no Brasil considerando municípios com aptidão climática para o plantio de 2ª safra agrícola de milho no sistema de rotação soja-milho. Foi analisada a expansão potencial relativa à área máxima plantada com milho por município nas 2ªs safras agrícolas entre 2003 e 2010.

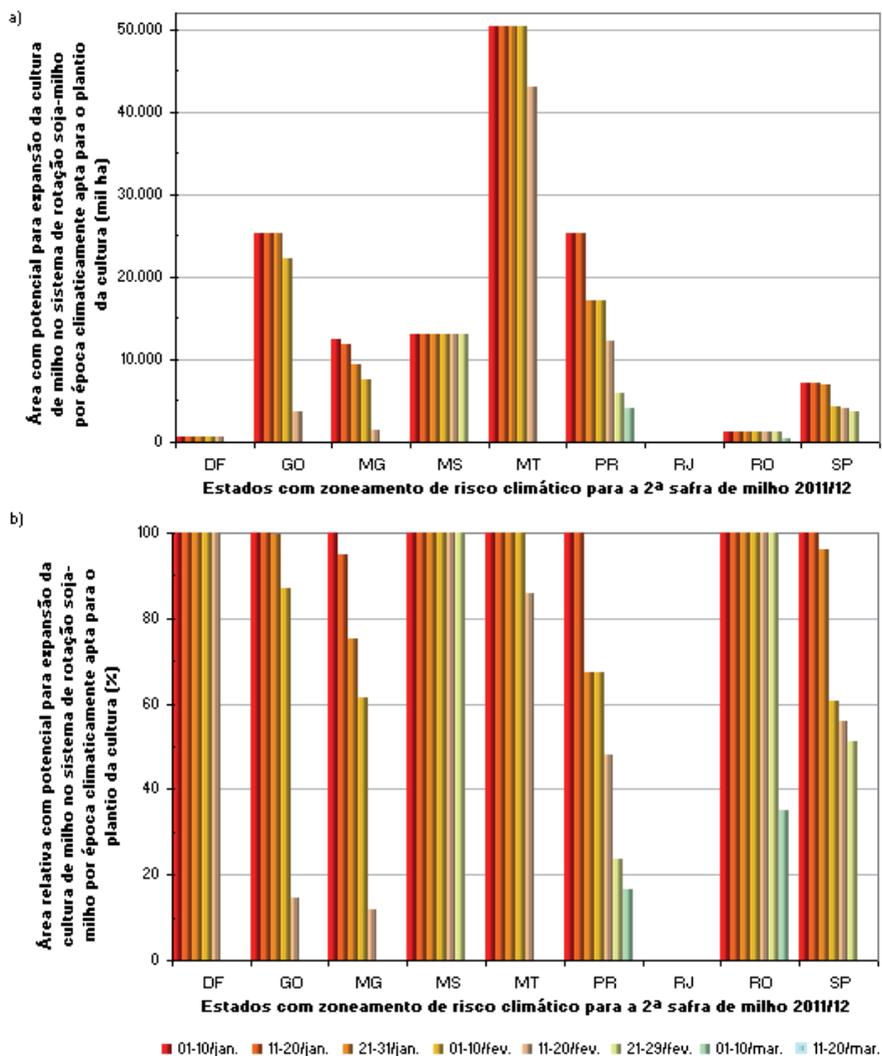


Fig. 10. Épocas climaticamente aptas para o plantio de 2ª safra de milho nas áreas com potencial para expansão da cultura no sistema de rotação soja-milho: a) área absoluta por Estado, b) área relativa por Estado.

Conclusões

O plantio da 2ª safra de milho vem se estendendo anualmente, principalmente em Estados da Região Centro-Oeste e na parte oeste dos Estados do Paraná, Minas Gerais e São Paulo, impulsionado essencialmente pela expansão do cultivo de soja. Apesar disso, verifica-se ainda potencial climático para o plantio de áreas agrícolas adicionais nessas regiões no sistema de rotação soja-milho 2ª safra. Em torno de 82% dessas áreas adicionais possíveis localizam-se em municípios em que já foi plantada a 2ª safra de milho nos últimos anos e as 18% restantes, em municípios situados geograficamente próximos aos anteriores. O Estado do Mato Grosso foi o que apresentou maior área com potencial para expansão dos plantios, estando 97,4% dessas áreas (4,9 milhões de hectares) localizadas em municípios em que já foi plantada a 2ª safra de milho em anos anteriores. O Estado de Goiás foi o que apresentou maior potencial para plantio de áreas adicionais em municípios sem registros anteriores de plantio desta cultura (1,3 milhões de hectares). O plantio das áreas adicionais identificadas implicaria num incremento de 2,9 vezes a área plantada com milho 2ª safra em 2010. A época com menor risco climático para plantio da 2ª safra de milho em mais do que 80% das áreas adicionais identificadas estende-se entre o início de janeiro e o primeiro decêndio de fevereiro.

Apesar dos baixos riscos climáticos, possibilitando uma expansão potencial significativa da área plantada com milho 2ª safra no Brasil, o fato dessas áreas não estarem sendo plantadas atualmente pode estar relacionado com: custo de oportunidade; estímulo ao plantio de outras culturas ou realização de atividades mais rentáveis nessas regiões (plantio de algodão, feijão, sorgo, milheto, trigo, cevada, arroz, girassol, cana-de-açúcar, braquiária e café); carência de tecnologia e assistência técnica para efetuar plantios de milho

nessa época; ocorrência de janela de plantio estreita (apenas um ou dois decêndios, que coincidem com a ocupação das áreas agrícolas com outras culturas); restrições legais e ambientais relacionadas com a cobertura vegetal atual e características do solo nesses locais; falta de infraestrutura suficiente e inadequação da logística de transporte, armazenamento e comércio nessas regiões. A expansão futura da cultura provavelmente dependerá de incentivos econômicos e da solução destes gargalos técnicos e logísticos nas áreas já identificadas. O estímulo à expansão de plantio deverá considerar o incentivo à adoção de práticas sustentáveis.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), à Embrapa Milho e Sorgo e à Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) pelo financiamento e apoio logístico fornecidos para a realização deste trabalho. Agradecemos também à Dra. Vera Maria Carvalho Alves, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, pela leitura, críticas e sugestões ao manuscrito.

Referências

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, set. 2004.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs

4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012a. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm>. Acesso em: 20 out. 2012.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 out. 2012b. **Disponível em:** <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm>. Acesso em: 25 out. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portarias de zoneamento agrícola de risco climático por unidade da Federação**. Brasília, DF, 2012c. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/portarias-segmentadas-por-uf>>. Acesso em: 9 mar. 2012.

CIVIDANES, F. J.; YAMAMOTO, F. T. Pragmas e inimigos naturais na soja e no milho cultivados em sistemas diversificados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 683-687, out./dez. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162002000400010&script=sci_arttext>. Acesso em: 5 out. 2012.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento.

Acompanhamento de safra brasileira: grãos: safra 2011/2012: décimo segundo levantamento, setembro 2012. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_06_09_18_33_boletim_graos_-_setembro_2012.pdf>. Acesso em: 5 out. 2012.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F. de; SANTANA, D. P. Manejo da cultura do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 8, p. 171-197.

CUNHA, M. J.; AMARO, R.; OLIVEIRA, A.; CASAU, F. **Tecnologias limpas em agro-pecuária**. Porto: Sociedade Portuguesa de Inovação, 2005. 104 p. (Agricultura e Ambiente). Disponível em: <http://www2.spi.pt/agroambiente/docs/Manual_IV.pdf>. Acesso em: 5 out. 2012.

DENTI, E. A.; REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência das podridões da base do colmo e no rendimento de grãos do milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 635-639, set. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582001000300009>. Acesso em: 5 out. 2012.

DUARTE, J. de O. Mercado e comercialização. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia>>.

embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/mercado.htm>. Acesso em: 10 ago. 2012.

DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C.; MIRANDA, R. A. de. Mercado e comercialização. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 7. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/mercado.htm >. Acesso em: 10 ago. 2012.

EHLERS, E. M. **O que se entende por agricultura sustentável?** 1994. 165 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-25112011-091132/pt-br.php>>. Acesso em: 5 out. 2012.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Development of a framework for good agricultural practices**. Rome, 2003. Disponível em: <<http://ebookbrowse.com/development-ofa-framework-for-good-agricultural-practices-fao-2003-pdf-d305703018>>. Acesso em: 5 out. 2012.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Good agricultural practices**. 2nd version. Rome, 2002. 6 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/magazine/GAP-V2-June02.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2012.

FERREIRA, C. M. **Fundamentos para implantação e avaliação da produção sustentável de grãos**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 229 p. Disponível em: <<http://www.agrosalud.org/descargas/Fundamentos%20>

para%20la%20implantacion%20y%20evaluaci%C3%B3n%20de%20granos_embrapa_2008.pdf>. Acesso em: 5 out. 2012.

GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J.; DUARTE, J. de O.; CRUZ, J. C.; PADRÃO, G. de A. Aspectos econômicos da produção e utilização do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 1, p. 21-46.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 24 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 40). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/920200/1/bol40.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2012.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/download>>. Acesso em: 9 mar. 2012.

IBGE. **Malha Municipal Digital 2005**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.ibge.com.br/home/geociencias/cartografia/territ_doc1a.shtm>. Acesso em: 9 mar. 2012.

KACHANI, M. Especialistas vêem problemas com a 'monocultura' soja-milho. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 27 maio 2012. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/1123402-especialistas-veem-problemas-com-a-monocultura-soja-milho.shtml>>. Acesso em: 5 out. 2012.

LANDAU, E. C.; CRUZ, R. K. M. da; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. P.; SOARES, G. P. **Perfil espaço-temporal da produção de milho no Brasil entre 1999 e 2010**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012a. 55 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 47).

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, L. S.; PENNA, L. B. **Variação da produção estadual de milho no Brasil entre 2000 e 2009**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 42 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 39). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/920747/1/bol39.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2012.

LANDAU, E. C.; HIRSCH, A.; CRUZ, J. C.; DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C.; MENDES, S. M. **Áreas de concentração da produção de milho no Brasil entre 2008 e 2010**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012b. 21 p. il. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 58).

MONTEIRO, J. A.; CRUZ, J. C.; SANS, L. M. A.; BAHIA, F. G. T. C.; SANTANA, D. P.; GARCIA, J. C.; BAHIA FILHO, A. F. C. O zoneamento macroecológico. In: CRUZ, J. C.; MONTEIRO, J. de A.; SANTANA, D. P.; GARCIA, J. C.; BAHIA, F. G. F. T. de C.; SANS, L. M. A.; PEREIRA FILHO, I. A. P. (Ed.). **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1996. p. 11-31.

NUNES, J. L. da S. Milho: comercialização. **Agrolink**, 2 ago. 2011. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/culturas/milho/comercializacao.aspx>>. Acesso em: 2 ago. 2011.

SANTOS, C. dos; PEDROTTI, A.; RAMOS, O. F.; RODRIGUES, S. A. S. Aspectos da sustentabilidade no cultivo do milho no Estado de Sergipe. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 21., 2012, Uberlândia.

Territórios em disputa: os desafios da geografia agrária nas contradições do desenvolvimento brasileiro: anais. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

SOLOGUREN, L. **Produtividade do milho no Brasil: o novo desafio para consolidar as exportações.** 2007. Disponível em <<http://cib.org.br/em-dia-com-a-ciencia/artigos/produtividade-do-milho-no-brasil-o-novo-desafio-para-consolidar-as-exportacoes>>. Acesso em: 3 ago. 2012.

SOUZA, J. D. de S.; SILVA, M. de F. P. da. Práticas agrícolas sustentáveis como alternativas ao modelo hegemônico de produção agrícola. **Sociedade e Desenvolvimento Rural on line**, v. 4, n. 2, p. 89-103, set. 2010. Disponível em: <<http://www.inagrodf.com.br/revista/index.php/SDR/article/viewFile/81/81>>. Acesso em: 5 out. 2012.

TRENTO, S. M.; IRGANG, H. H.; REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 6, p. 609-613, nov./dez. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582002000600009>. Acesso em: 5 out. 2012.

Embrapa

Milho e Sorgo



Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA