

## **Caracterização Ambiental das Áreas com Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais na Região do Matopiba - Brasil**



Imagem de satélite disponível através do programa Google Earth, mostrando pivôs centrais situados no limite entre os municípios de Barreiras (ao Norte) e Luis Eduardo Magalhães, no Estado da Bahia (11o55´12" S, 45o39´36" W).

ISSN 1679-0154  
Novembro, 2014

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

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 99**

## **Caracterização Ambiental das Áreas com Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais na Região do Matopiba - Brasil**

Elena Charlotte Landau  
Daniel Pereira Guimarães  
Denise Luz de Souza

Embrapa Milho e Sorgo  
Sete Lagoas, MG  
2014

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](http://www.cnpms.embrapa.br)

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

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Dagma Dionísia da

Silva, Maria Marta Pastina, Monica Matoso Campanha, Paulo

Eduardo de Aquino Ribeiro 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 (2014): 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**

---

Landau, Elena Charlotte.

Caracterização ambiental das áreas com agricultura irrigada por pivôs centrais na região do Matopiba - Brasil / Elena Charlotte Landau, Daniel Pereira Guimarães, Denise Luz de Souza. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2014.

43 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 99).

1. Irrigação. 2. Agricultura. 3. Produtividade. 4. Equipamento de irrigação. I. Guimarães, Daniel Pereira. II. Souza, Denise Luz de. III. Título. IV. Série.

CDD 631.587 (21. ed.)

---

© Embrapa 2014

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	4
<b>Abstract</b> .....	6
<b>Introdução</b> .....	7
<b>Material e Métodos</b> .....	11
<b>Resultados e Discussão</b> .....	13
<b>Conclusões</b> .....	31
<b>Agradecimentos</b> .....	32
<b>Referências</b> .....	32

# Caracterização Ambiental das Áreas com Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais na Região do Matopiba - Brasil

---

*Elena Charlotte Landau*<sup>1</sup>

*Daniel Pereira Guimarães*<sup>2</sup>

*Denise Luz de Souza*<sup>3</sup>

## Resumo

Foram mapeadas as áreas irrigadas por pivôs centrais em 2013 na Região do MATOPIBA, através da identificação visual, com base no mosaico formado por imagens do satélite Landsat 8 – OLI /TRS de 2013, exibido no programa *Google Earth*. A partir da sobreposição com mapas de clima, bioma, solos e relevo, foram observadas características ambientais dessas áreas. Foram identificados 1.401 pivôs centrais, ocupando uma área irrigada de 138.087,91 ha. Quase 90% dos pivôs concentram-se no oeste do Estado da Bahia, na Bacia do Rio São Francisco, principalmente nos municípios de Barreiras (338 pivôs, 34.714,68 ha irrigados), São Desidério (321 pivôs, 33.488,18 ha irrigados) e Luis Eduardo Magalhães (167 pivôs, 14.955,29 ha),

---

<sup>1</sup>Bióloga, D.Sc. em Zoneamento Ecológico - Econômico, Agroclimatologia e Geoprocessamento, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, charlotte.landau@embrapa.br

<sup>2</sup>Engenheiro Florestal, D.Sc. em Manejo Florestal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, daniel.guimaraes@embrapa.br

<sup>3</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental na UNIFEMM e Estagiária na Embrapa/CNPMS, Sete Lagoas-MG, deniseluz39@gmail.com

todos do Estado da Bahia. Os municípios com maior número de pivôs nos outros Estados foram: Balsas / MA (36 pivôs, 2.148,08 ha irrigados), Pedro Afonso / TO (31 pivôs, 4.088,87 ha irrigados) e Guadalupe / PI (7 pivôs, 421,26 ha irrigados). Mais da metade dos pivôs apresentou tamanhos entre 96 e 115 ha. A maioria dos pivôs ocorre em áreas de clima subúmido, com temperaturas médias mensais sempre maiores do que 18 °C e 4-6 meses de estiagem, no Bioma Cerrado, sobre latossolos amarelos distróficos de textura média e áreas relativamente planas. A Região é considerada de grande interesse para expansão da fronteira agrícola, com o aumento da agricultura irrigada. Apesar do benefício potencial da irrigação para a produção agrícola do país, estratégias para promover o aumento da produção agrícola irrigada devem considerar restrições relacionadas com a destinação prévia de áreas para outros fins e a disponibilidade, qualidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas. Ações estimulando a melhoria da qualidade da água, conservação de nascentes e Áreas de Preservação Permanente, bem como o uso eficiente dos recursos hídricos contribuirão para a melhoria da qualidade e quantidade de água disponível, sendo fundamentais para a sustentabilidade e expansão potencial da agricultura irrigada na Região.

**Palavras-chave:** agricultura irrigada, sensoriamento remoto, Landsat 8, pivôs centrais.

# **Environmental Characterization of the Irrigated Areas by Center Pivots in the Region of Matopiba – Brazil**

---

*Elena Charlotte Landau<sup>1</sup>*

*Daniel Pereira Guimarães<sup>2</sup>*

*Denise Luz de Souza<sup>3</sup>*

## **Abstract**

The areas irrigated by center pivots in 2013 in the Region of MATOPIBA (Brazil) were digitalized through visual identification based on a mosaic formed by images of the satellite Landsat 8 OLI /TRS from 2013, displayed using the Google Earth program. Environmental characteristics of these areas were identified by overlaying them with thematic base maps of climate, biomes, soils and relief. They were identified 1,401 center pivots, covering an irrigated area of 138,087.91 ha. Almost 90% of the pivots occur in the Western area of the State of Bahia, on the São Francisco river Basin, mainly in the municipalities of: Barreiras (338 pivots, 34,714.68 ha of irrigated area), São Desidério (321 pivots, 33,488.18 ha), and Luis Eduardo Magalhães (167 pivots, 14,955.29 ha), all from Bahia. The municipalities with more pivots situated in the other States were: Balsas / Maranhão (36 pivots, 2,148.08 ha of irrigated areas), Pedro Afonso /Tocantins (31 pivots, 4,088.87 ha) and Guadalupe / Piauí (7 pivots, 421.26 ha). More than 50% of the pivots had size between 96 and 115 ha. The majority occur in tropical areas, with average

temperature over 18°C all months, and 4-6 months with no rain; on the Cerrado Biome, over yellow latosoils and flat areas. The Region of MATOPIBA is considered of great interest for the grain irrigated production increase. Despite the potential benefit of irrigation for agricultural production, strategies to promote increasing agricultural production based on the increase of irrigated areas should consider constraints related to the availability, quality and water use conflicts on the watershed in which they are. Actions improving the water quality, conservation of headwaters and Permanent Preservation Areas, as well as the efficient use of the hydrological resources will contribute to improve the quantity and quality of the water available, allowing or not the future expansion of irrigated areas in the Region.

**Keywords:** irrigated agriculture, remote sensing, Landsat 8, *Google Earth*

## Introdução

A Região do MATOPIBA compreende as Mesorregiões situadas mais ao Sul do Estado do Maranhão, Leste do Estado do Tocantins, Sudoeste do Estado do Piauí e Extremo Oeste do Estado da Bahia. É considerada como uma grande fronteira agrícola no país, apresentando potencial de produção agrícola crescente nas últimas safras, principalmente de soja, milho, algodão e feijão (CONAB; INMET, 2014). Apesar da predominância de solos com textura arenosa e arenosa-média, e por apresentar um clima com períodos sem chuva de até 4 a 6 meses, e extensas áreas com baixa declividade, facilitando a mecanização agrícola, o aumento da produção agrícola está

em grande parte relacionado com a implantação de técnicas de irrigação, o que depende da disponibilidade hídrica local.

A irrigação de culturas agrícolas é uma prática utilizada para complementar a disponibilidade da água provida naturalmente pela precipitação, proporcionando ao solo teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das plantas (SETTI et al., 2001). A agricultura irrigada permite a obtenção de aumentos significativos de produtividade de diversas culturas agrícolas, contribuindo para reduzir a expansão de plantios em áreas com cobertura vegetal natural, aumentar a duração do período anual de plantios e a produção agrícola. Nos casos do milho e da soja, por exemplo, estima-se que a adoção de sistemas de irrigação pode proporcionar um aumento de produtividade de 57% e 60%, respectivamente (PIVOT, 2013). A irrigação por pivôs centrais, em muitas regiões ainda possibilita a sucessão de até três cultivos irrigados ao longo do ano agrícola, como cultivos de milho, feijão e olerícolas (SILVEIRA, 2011).

No caso das culturas irrigadas de soja, milho, café, feijão e outras, o sistema de irrigação mais utilizado é o pivô central. Neste, a área é irrigada por um sistema móvel, constituído por uma barra com aspersores que se movimenta em torno de um ponto central fixo. A barra movimenta-se em torno do eixo, tanto no sentido horário quanto no anti-horário, formando uma área irrigada com formato circular. Além de água, a estrutura também é usada para a aplicação de fertilizantes, inseticidas e fungicidas (BRAGA; OLIVEIRA, 2005; IBGE, 2006). O sistema chegou ao Brasil na década de 1970, tendo se consagrado como sistema de irrigação nas décadas seguintes, impulsionado, principalmente, por programas governamentais

como o PROINE (Programa de Irrigação do Nordeste), PROFIR (Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação) e o PRONI (Programa Nacional de Irrigação), dado o custo relativamente baixo, a facilidade de operação e a eficiência entre 70 e 90% no uso da água (CHRISTOFIDIS, 2002; SCHMIDT et al., 2004).

Conforme Christofidis (2005), a área ocupada pela agricultura irrigada no Brasil representa apenas 18% da área cultivada, respondendo por aproximadamente 42% da produção total de alimentos. De acordo com Sandri e Cortez (2009), no final da primeira década de 2000 ocorreu uma acentuada expansão da irrigação por pivôs centrais no Brasil, principalmente nos Estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Bahia, motivada pelas facilidades operacionais e de controle da lâmina de irrigação, com custos competitivos pelo menor dispêndio de mão-de-obra e pela possibilidade de obter alta eficiência de aplicação e distribuição de água.

Em termos geográficos, de acordo com Landau et al. (2013b), as Microrregiões do MATOPIBA com maior percentagem de estabelecimentos rurais com pivôs centrais em 2006 eram: Barreiras e Santa Maria da Vitória, no oeste do Estado da Bahia. Os autores basearam-se em levantamento realizado pelo IBGE, que considerou o número de estabelecimentos rurais com e sem pivôs centrais por município, não sendo possível a quantificação de pivôs centrais do Estado, pela falta de dados sobre o número de pivôs centrais por estabelecimento, a área destinada à agricultura irrigada ou a localização destes em termos de bacia/sub-bacia hidrográfica. Adicionalmente, levantamentos realizados durante censos estão sujeitos às respostas dadas pelos agricultores informantes que, muitas

vezes, podem sonegar informações temendo aumento da carga tributária ou outras razões.

Com o crescente interesse no aumento da produção agrícola na região, é provável que o número de pivôs centrais tenha aumentado consideravelmente nos últimos anos, sendo importante a realização de um levantamento atualizado que permita identificar a localização geográfica e a área irrigada por pivôs centrais, possibilitando conhecer, com maior exatidão, a situação da agricultura irrigada na Região. Metodologias como as utilizadas por Ferreira et al. (2011), Guimarães e Landau (2011), Toledo et al. (2011), Guimarães et al. (2008, 2012) e Landau et al. (2013a,b), que mapearam os pivôs centrais ocorrentes nos Estados de Minas Gerais, Distrito Federal, Goiás, São Paulo e Bahia a partir de imagens de satélite de 2008 a 2013, possibilitam o mapeamento de cada pivô central, permitindo a realização de análises relacionadas com a localização geográfica e tamanho de cada um. Apesar da existência de tecnologias para mapeamento de pivôs centrais, por ser trabalhosa e demorada a realização deste tipo de levantamento para extensas áreas, a maioria dos Estados carece deste tipo de mapeamento. Este trabalho objetivou mapear e quantificar os pivôs centrais da Região do MATOPIBA, identificando a localização geográfica, a variação de tamanho e a distribuição espacial destes por mesorregião, microrregião, município e bacia hidrográfica, além de características climáticas, de solos e de relevo nessas áreas, representando um subsídio para a definição de estratégias envolvendo o uso de agricultura irrigada e políticas para gerenciamento do uso das águas nas respectivas bacias hidrográficas e políticas de gestão do uso da água na Região.

## Material e Métodos

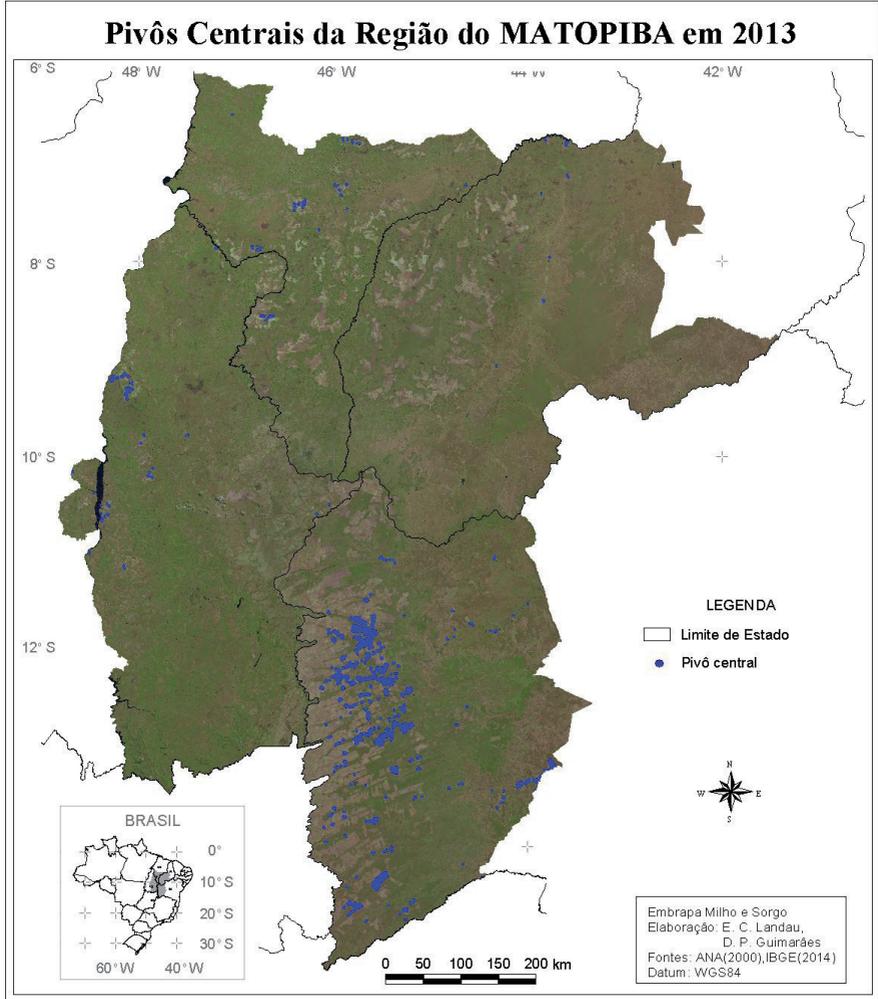
Inicialmente, foi gerado um mosaico de imagens do satélite Landsat 8-TM de 2013, disponibilizadas pelo USGS (United States Geological Survey) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). A composição colorida das imagens foi realizada utilizando o programa livre Hypercube (<http://www.agc.army.mil/hypercube/>), considerando a composição de bandas 6548R, sendo a banda 8 convertida para a forma de realce de relevo e aumento da resolução espacial para 15 m, para facilitar a visualização dos pivôs. As imagens foram convertidas para o formato *kml* (*keyhole mark-up language*) para visualização na plataforma *Google Earth* usando o software *Global Mapper*. Para tal, foram georreferenciadas para o *Datum* WGS84 (*World Geographic System*) e unidade das coordenadas geográficas em graus decimais. Foram considerados pivôs centrais as feições circulares identificadas na imagem, com área maior do que 2 ha (raio a partir de ~80 m). Para identificação dos pivôs foi considerada uma altitude do ponto de visão de 10 km; e para demarcação e digitalização dos polígonos correspondentes à área ocupada por cada pivô central da Região, uma altitude de 5 km. Como a procura pelos pivôs de irrigação foi visual, finalizada a primeira fase da digitalização foi efetuada conferência para evitar que algum pivô existente deixasse de ser mapeado. Para tanto, foi gerado um arquivo com linhas auxiliares paralelas, distantes 5 km entre si, para ser visualizada no programa *Google Earth*, junto com os pivôs. Considerando o espaço entre as linhas, seguindo cada intervalo entre as linhas auxiliares foi verificado se havia algum pivô não digitalizado anteriormente.

Após a digitalização das áreas irrigadas, o arquivo gerado no formato *kml* foi convertido para o formato *shapefile*, possibilitando o cálculo da área ocupada por cada pivô central, efetuada pelo software livre *MapWindow* ([www.mapwindow.org](http://www.mapwindow.org)). Para o cálculo das áreas, o arquivo digitalizado foi reprojetoado para o *Datum SAD69 (South American 1969)* e a projeção cartográfica Cônica Equivalente de Albers (*Albers Equal Conic*) considerando o Meridiano Central -54; Paralelo Padrão 1: -2; Paralelo Padrão 2: -22 e Latitude de Origem: -12, com unidade das coordenadas geográficas em metros. A partir da sobreposição espacial com o mapa de bacias hidrográficas elaborado pela Agência Nacional de Águas (2001) e com a malha municipal digital disponibilizada pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram identificados a bacia hidrográfica e o município em que cada pivô central estava situado. No caso de pivôs centrais localizados parcialmente em bacias hidrográficas ou municípios diferentes, foram consideradas a bacia hidrográfica e o município em que se localizava a maior parte do pivô central. A partir da sobreposição espacial com os mapas de clima elaborado pelo IBGE (2014a), de Biomas elaborado pelo IBGE (IBGE, 1993), de solos elaborado pelo IBGE e Embrapa / CNPS (IBGE, 2014b) de declividade gerado a partir da base disponível em Gamache (2009), de acordo com a metodologia apresentada em Guimarães et al. (2008) e de classes de aptidão agrícola propostas por Ramalho Filho e Beek (1995), foram observadas características climáticas e de declividade predominante no local em que cada pivô central estava situado. Também foram mapeadas as unidades de conservação (de proteção integral e de uso sustentável) e a delimitação das áreas indígenas da Região do MATOPIBA, por serem áreas não indicadas para a

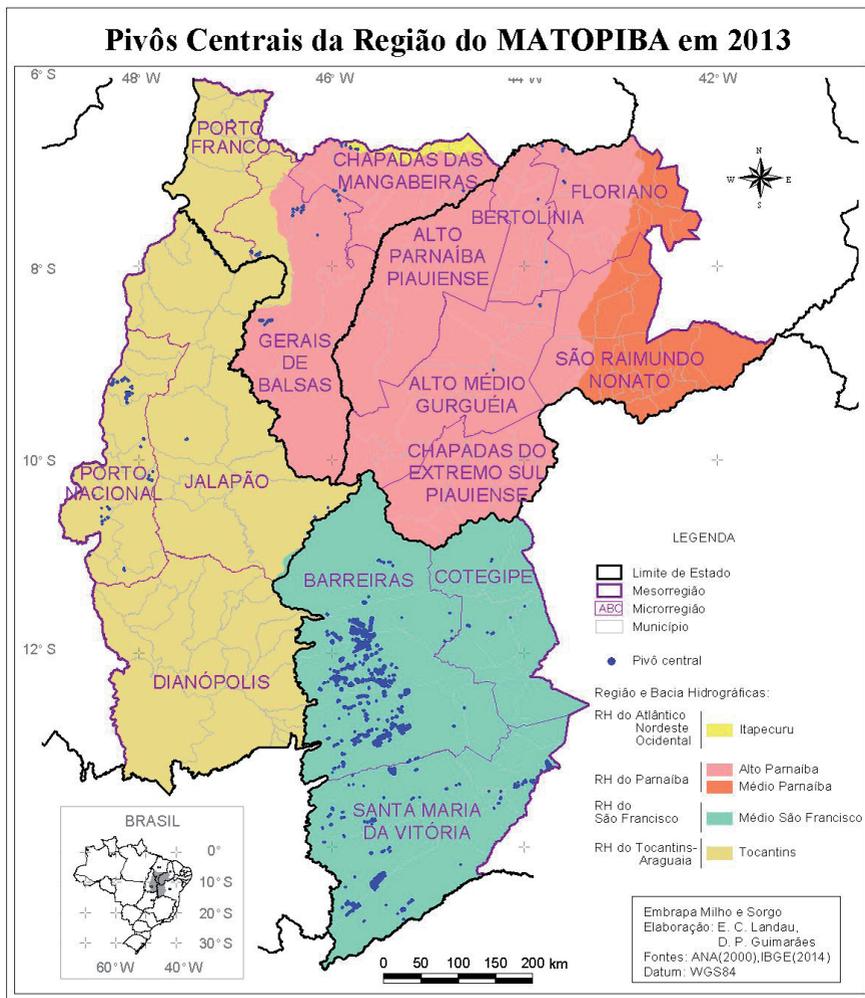
expansão da agricultura irrigada, por já terem sido destinadas para outras finalidades.

## **Resultados e Discussão**

Foram identificados 1.401 pivôs centrais na Região do MATOPIBA, ocupando uma área irrigada de 138.087,91 ha. Cerca de 90% destes estão localizados no oeste do Estado da Bahia (1.231 pivôs centrais no oeste do Estado da Bahia, 83 pivôs no sul do Estado do Maranhão, 68 pivôs no leste Estado do Tocantins e 19 pivôs no sudoeste do Estado do Piauí). Entretanto, mais de 60% (64,17%) dos pivôs da Região concentram-se na Microrregião de Barreiras, principalmente nos municípios de Barreiras / BA (338 pivôs, 34.714,68 ha irrigados), São Desidério / BA (321 pivôs, 33.488,18 ha irrigados) e Luis Eduardo Magalhães / BA (167 pivôs, 14.955,29 ha) (Figuras 1 e 2, Tabela 1). Nos outros Estados, as maiores concentrações de pivôs centrais foram observadas nos municípios de: Balsas / MA (36 pivôs, 2.148,08 ha irrigados), Pedro Afonso / TO (31 pivôs, 4.088,87 ha irrigados), São Raimundo das Mangabeiras / MA (22 pivôs, 762,94 ha irrigados), Riachão / MA (19 pivôs, 1.762,33 ha irrigados), Porto Nacional / TO (13 pivôs, 956,38 ha irrigados), Palmas / TO (7 pivôs, 648,50 ha irrigados) e Guadalupe / PI (7 pivôs, 421,26 ha irrigados).



**Figura 1.** Mosaico de imagens do satélite Landsat 8, evidenciando a localização geográfica dos pivôs centrais da Região do MATOPIBA em 2013.



**Figura 2.** Localização geográfica dos pivôs centrais em 2013 em relação às principais regiões e bacias hidrográficas, mesorregiões, microrregiões e municípios da Região do MATOPIBA, Brasil.

**Tabela 1.** Municípios da Região do MATOPIBA com maior área ocupada por pivôs centrais em 2013.

Município/Estado	Microrregião	Número de pivôs centrais	Área ocupada por pivôs centrais (ha)
Barreiras/ BA	Barreiras	338	34.714,68
São Desidério/ BA	Barreiras	321	33.488,18
Luís Eduardo Magalhães/ BA	Barreiras	167	14.955,29
Jaborandi/ BA	Santa Maria da Vitória	118	12.426,23
Riachão das Neves/ BA	Barreiras	54	9.293,04
Correntina/ BA	Santa Maria da Vitória	79	8.356,62
Cocos/ BA	Santa Maria da Vitória	52	4.889,42
Pedro Afonso/ TO	Porto Nacional	31	4.088,87
Santana/ BA	Santa Maria da Vitória	30	2.561,79
Balsas/ MA	Gerais de Balsas	36	2.148,08
São Félix do Coribe/ BA	Santa Maria da Vitória	29	1.843,30
Formosa do Rio Preto/ BA	Barreiras	18	1.836,76
Riachão/ MA	Gerais de Balsas	19	1.762,33
Porto Nacional/ TO	Porto Nacional	13	956,38
São Raimundo das Mangabeiras/ MA	Chapadas das Mangabeiras	22	762,94
Palmas/ TO	Porto Nacional	7	648,50
Coribe/ BA	Santa Maria da Vitória	7	526,36
Cotegipe/ BA	Cotegipe	6	481,17
Guadalupe/ PI	Floriano	7	421,26
Santa Maria da Vitória/ BA	Santa Maria da Vitória	6	359,31

Os municípios com maior área relativa ocupada por pivôs centrais (mais do que 2%) foram: Barreiras / BA (4,40%), Luís Eduardo Magalhães / BA (3,72%), São Desidério / BA (2,26%), São Félix do Coribe / BA (2,18%) e Pedro Afonso / TO (2,03%) (Tabela 2). Nos outros Estados, os municípios com maior área relativa irrigada foram: Guadalupe / PI (0,41%) e Riachão / MA (0,28%). As áreas de concentração de pivôs centrais coincidem com o apresentado por Landau et al. (2013b), baseados no levantamento de estabelecimentos rurais do país com pivôs centrais realizado pelo IBGE (2006).

**Tabela 2.** Municípios da Região do MATOPIBA com maior área relativa ocupada por pivôs centrais em 2013.

Município	Microrregião	Área relativa do município ocupada por pivôs centrais (%)	Área ocupada por pivôs centrais (ha)	Número de pivôs centrais
Barreiras/ BA	Barreiras	4,40	34714,68	338
Luis Eduardo Magalhães/ BA	Barreiras	3,72	14957,66	174
São Desidério/ BA	Barreiras	2,26	33488,18	321
São Félix do Coribe/ BA	Santa Maria da Vitória	2,18	1843,30	29
Pedro Afonso/ TO	Porto Nacional	2,03	4088,87	31
Riachão das Neves/ BA	Barreiras	1,59	9293,04	54
Jaborandi/ BA	Santa Maria da Vitória	1,31	12426,23	118
Santana/ BA	Santa Maria da Vitória	1,28	2561,79	30
Correntina/ BA	Santa Maria da Vitória	0,69	8356,62	79
Cocos/ BA	Santa Maria da Vitória	0,48	4889,46	53
Guadalupe/ PI	Floriano	0,41	421,26	7
Palmas/ TO	Porto Nacional	0,29	648,50	7
Riachão/ MA	Gerais de Balsas	0,28	1762,33	19
São Raimundo das Mangabeiras/ MA	Chapadas das Mangabeiras	0,22	762,94	22
Porto Nacional/ TO	Porto Nacional	0,21	956,38	13
Coribe/ BA	Santa Maria da Vitória	0,20	526,36	7
Santa Maria da Vitória/ BA	Santa Maria da Vitória	0,19	359,31	6
Balsas/ MA	Gerais de Balsas	0,16	2148,08	36
Jerumenha/ PI	Floriano	0,13	212,98	3
Ipueiras/ TO	Porto Nacional	0,12	101,01	1

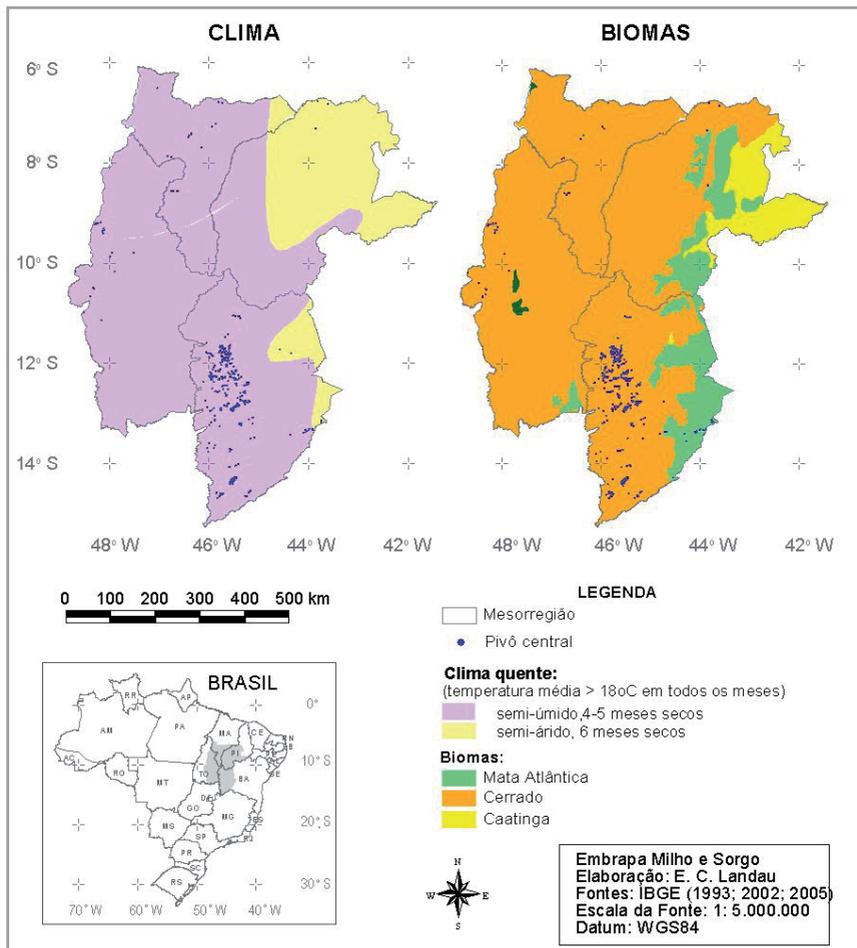
Em termos de bacias hidrográficas, mais de 90% das áreas irrigadas por pivôs centrais da Região concentram-se na Bacia do Médio São Francisco (90,71%), 5,63% localiza-se na Bacia do Tocantins, 3,40% na Bacia do Alto Parnaíba (Figura 2, Tabela 3).

**Tabela 3.** Localização geográfica dos pivôs centrais da Região do MATOPIBA em 2013 por sub-bacia hidrográfica.

Região Hidrográfica do Brasil	Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Sub-bacia Hidrográfica do(s) Rio(s)	Número de pivôs centrais	Área ocupada por pivôs centrais (ha)	Área ocupada por pivôs centrais (%)
RH Atlântico Nordeste Ocidental	Itapecuru	Itapecuru 01	11	367,56	0,26
RH do Parnaíba	Alto Parnaíba	Parnaíba 01	62	3.717,02	2,67
		Parnaíba 02	19	1.005,03	0,72
RH do São Francisco	Médio São Francisco	Grande São Francisco 01	903	94.432,38	67,89
		Corrente 01	301	29.376,91	21,12
		Carinhanha 02	27	2.357,97	1,70
RH do Tocantins-Araguaia	Tocantins	Médio Tocantins 02	24	3.886,97	2,79
		Sono	27	1.715,44	1,23
		Alto-Médio Tocantins	17	1.195,58	0,86
		Médio Tocantins 01	10	1.033,06	0,74
<b>Total</b>			<b>1.401</b>	<b>139.087,91</b>	<b>100,00</b>

Considerando as características climáticas da Região, a maior concentração de pivôs (96,03%) foi observada em áreas com clima quente semiúmido, em que as temperaturas médias mensais superam os 18 °C em todos os meses do ano, ocorrendo quatro a cinco meses sem chuva. Os 3,97% pivôs restantes localizam-se em áreas com clima semiárido, também com temperaturas médias maiores do que 18 °C em todos os meses do ano, porém com 6 a 8 meses de estiagem (Figura 3).

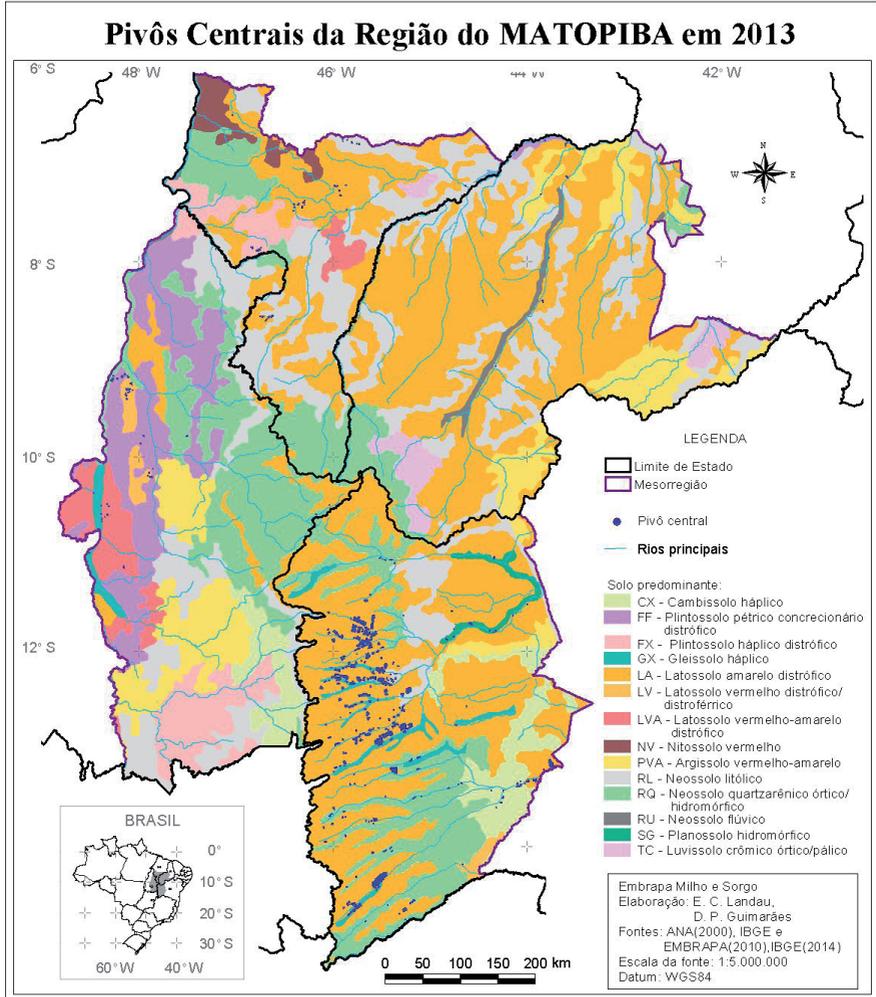
Quanto aos Biomas, a grande maioria dos pivôs (93,40%) localiza-se em áreas de Cerrado, onde a vegetação original predominante era do tipo savana arborizada. Os outros 6,60% pivôs encontram-se em áreas do Bioma Mata Atlântica, onde a vegetação original predominante era do tipo estepe / Floresta Estacional. Não foram observados pivôs centrais nas áreas da Região do MATOPIBA situadas no Bioma Caatinga (Figura 3).



**Figura 3.** Tipos climáticos e biomas das áreas em que foram instalados pivôs centrais em 2013 na Região do MATOPIBA, Brasil.

Em relação às características predominantes de solo, a maioria dos pivôs centrais (74,79%) concentra-se sobre latossolos amarelos distróficos de textura média; 10,73% ocorrem sobre gleissolos háplicos distróficos com argila de atividade baixa e textura arenosa, 4,85% sobre neossolos quartzarênicos de

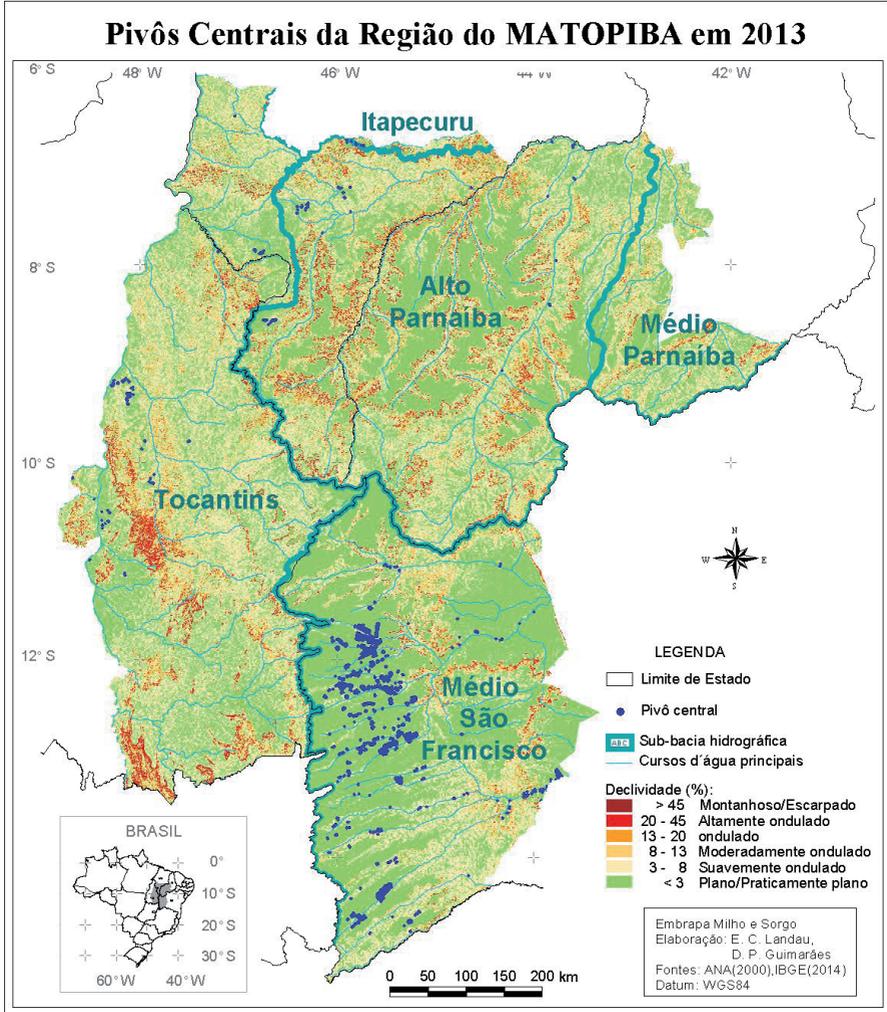
textura arenosa, 3,33%, sobre neossolos litólicos distróficos, e menos do que 2% ocorrem sobre outros tipos de solos (Figura 4).



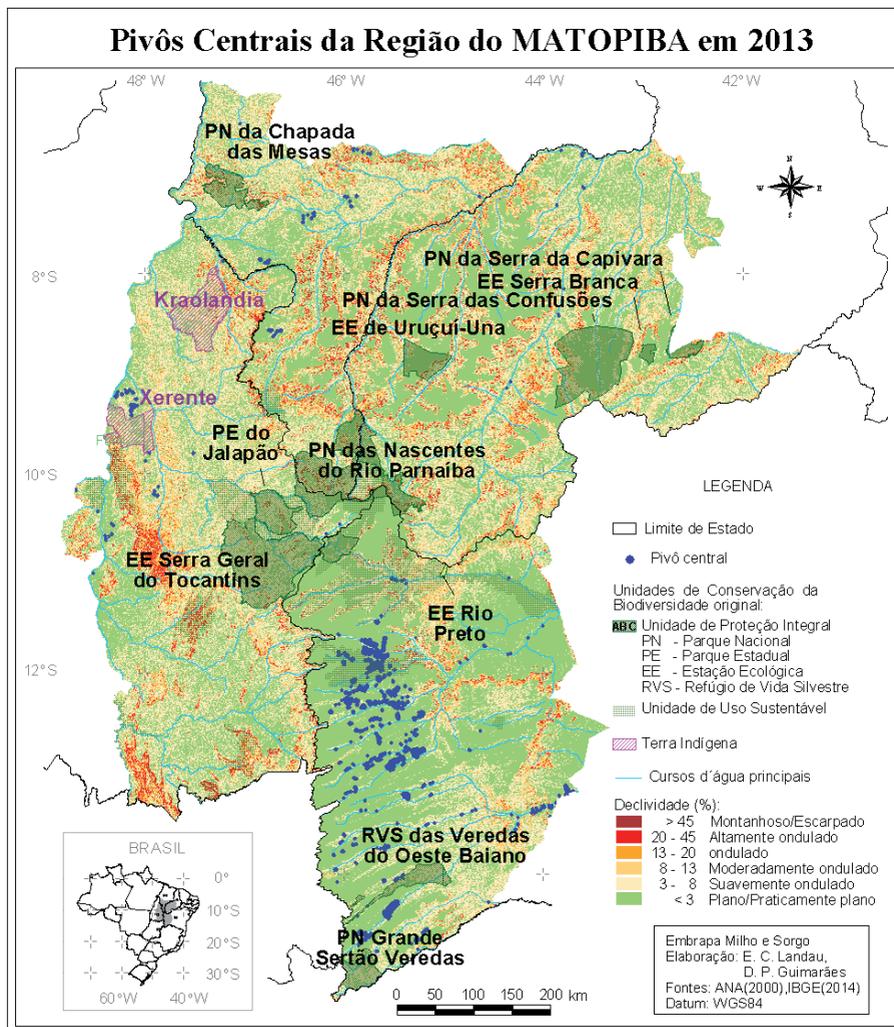
**Figura 4.** Tipos de solo predominantes nas áreas de ocorrência de pivôs centrais na Região do MATOPIBA em 2013.

Considerando o relevo, todos os pivôs centrais ocorreram em áreas planas ou praticamente planas (até 3% de declividade), predominantes na Região (Figura 5). Declividades acima de 13% representam limitações para a mecanização na agricultura. A predominância de áreas planas favoreceria a implantação de pivôs centrais na Região, se considerássemos apenas o relevo. Trata-se, no entanto, de uma Região com diversas unidades de conservação da diversidade biológica original (de proteção integral e de uso sustentável), além de terras indígenas (Figura 6), que representam áreas já destinadas para fins nem sempre compatíveis com a expansão da agricultura irrigada. Outras características ambientais e, principalmente, a disponibilidade de água para irrigação também deverão ser consideradas em programas que visem a expansão da agricultura irrigada na Região.

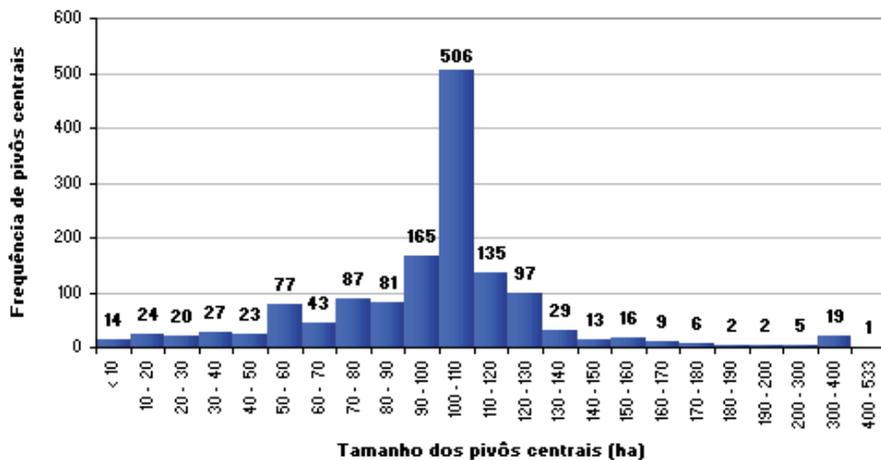
Quanto ao tamanho dos pivôs, mais da metade (50,75%) apresentou tamanhos entre 96 e 115 ha., No entanto, ocorrem pivôs numa amplitude entre 1,76 e 532,34 ha (Figuras 7 e 8). Não foi verificada relação entre a localização dos pivôs e o tamanho da área ocupado pelos mesmos. O tamanho médio dos pivôs foi de  $99,28 \pm 42,79$  ha, maior que o observado por diversos autores para diferentes Estados do Brasil, como Schmidt et al. (2004) para o Estado de Minas Gerais, que foi de apenas 35,39 hectares; Landau et al. (2014) para o Estado de São Paulo em 2013, que foi de  $47,81 \pm 33,03$  ha; Guimarães e Landau (2011) para o Estado de Minas Gerais em 2010, que foi de 68 ha; Guimarães et al. (2014), para o Estado da Bahia em 2013, que foi de  $68,85 \pm 47,46$  ha e Landau et al. (2013a) para os Estados de Goiás e Distrito Federal em 2010, que foi de  $76,2 \pm 35,9$  ha. O tamanho relativamente grande dos pivôs indica a alta tecnologia adotada na agricultura irrigada da Região.



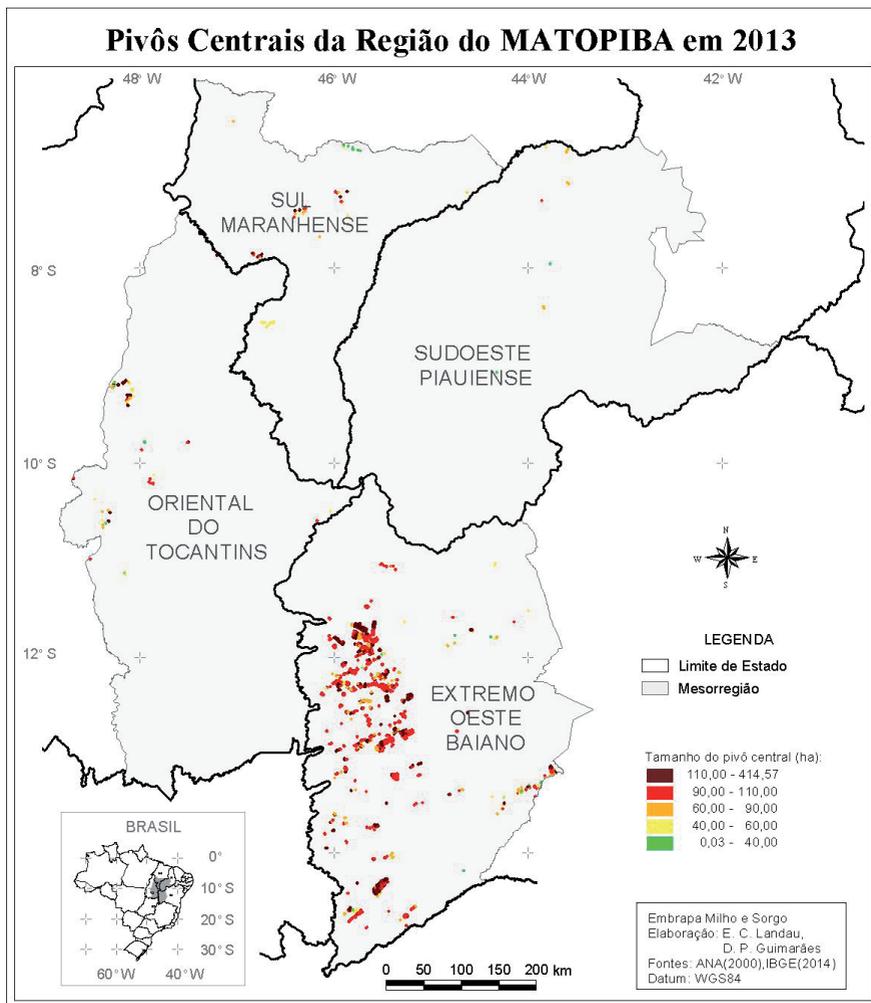
**Figura 5.** Localização geográfica dos pivôs centrais da Região do MATOPIBA em 2013 em relação às principais bacias hidrográficas e à variação da declividade. Declividades acima de 13% representam limitações para a mecanização na agricultura.



**Figura 6.** Unidades de Conservação, Terras Indígenas, declividade, cursos d'água principais e localização geográfica dos pivôs centrais da Região do MATOPIBA em 2013.



**Figura 7.** Variação do tamanho dos pivôs centrais na Região do MATOPIBA em 2013. Os 1.401 pivôs centrais apresentaram tamanho médio de  $99,28 \pm 42,79$  ha.



**Figura 8.** Variação geográfica do tamanho dos pivôs centrais da Região do MATOPIBA em 2013.

A adoção de sistemas de irrigação proporciona um aumento de produtividade para diversas culturas agrícolas. Por outro lado, a agricultura irrigada demanda o uso de grande volume d'água e energia, sendo apontada como a principal fonte de captação da água disponível nos mananciais, representando mais do que 70% da água consumida pela humanidade (SETTI et al., 2001). Conforme Christofidis (2008), durante a segunda metade do século XX, a população mundial dobrou no mesmo período em que o consumo de água quadruplicou. Segundo Müller (FALEIROS, 2013), enquanto a população mundial dobrou de tamanho, o total de áreas ocupadas pela agricultura cresceu apenas 12%, revelando o enorme ganho de produtividade. Entretanto, mesmo com o avanço da tecnologia agrícola, o cenário para as próximas décadas representa um enorme desafio, como demonstrado em Estocolmo pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). De acordo com as últimas projeções, até 2050 a população mundial deverá alcançar 9 bilhões de habitantes (hoje somos 7 bilhões) e, com isso, a demanda por alimentos subiria 70%. No modelo atual de produção, onde as áreas irrigadas têm grande importância, o consumo de água cresceria 55% para suprir a demanda de alimentos e, se isso ocorresse, a demanda global por água poderia ser maior do que a oferta em apenas 20 anos. Conforme Müller (FALEIROS, 2013), diretor do programa de Recursos Naturais da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), dois fatores ainda tornarão a relação água - agricultura mais complicada no futuro próximo: o crescimento do consumo de proteína animal nos países em desenvolvimento e a competição pelo uso da água entre a agricultura e a energia.

Christofidis (2005) considerou que, em função de sua disponibilidade hídrica, o Brasil teria um potencial 13% superior às capacidades mundiais de incorporação de novas áreas irrigadas. Apesar disso, o uso de irrigação na agricultura demanda cuidados e técnicas especiais para o aproveitamento racional da água, evitando o desperdício e contaminação do entorno (SETTI et al., 2001; ALBUQUERQUE et al., 2010). Se utilizada de forma incorreta, além de problemas quantitativos, a irrigação pode afetar drasticamente a qualidade dos solos, assim como a dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, em função do uso de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos (SETTI et al., 2001).

Em termos ambientais, as principais causas que comprometem a oferta e qualidade da água, gerando os conflitos pelo uso da água, decorrem do assoreamento e poluição de cursos e corpos d'água (rios, açudes, lagoas), causados pela erosão, mineração e uso de agrotóxicos. O assoreamento diminui a vazão dos rios, reduzindo, portanto, a disponibilidade hídrica. Dados da diretoria de pesquisa do IBGE informaram que 44% dos municípios brasileiros revelaram problemas de assoreamento dos rios como a principal causa de prejuízos de atividades pesqueiras, por exemplo, sendo os principais Estados prejudicados o Ceará, o Rio Grande do Norte e a Bahia (PINHEIRO et al., 2009). O assoreamento da grande maioria dos corpos d'água está associado a práticas agrícolas inadequadas nas lavouras, tais como o desmatamento das margens dos rios e o uso indiscriminado de queimadas que prejudicam a fertilização dos solos e favorecem a erosão. Com os solos desprotegidos, a água que deveria percolar para o lençol freático torna-se veículo de sedimentos para o leito dos rios e

riachos, diminuindo a vazão e carreando sedimentos e resíduos para os reservatórios (LIMA et al., 2008).

Outra questão importante a considerar representa a eficiência do uso da água (COELHO, 2005; ALBUQUERQUE et al., 2010). Segundo Coelho (2005), a agricultura irrigada no Brasil tem uma eficiência de apenas 60%, o que implica em riscos de danos ambientais pela dispersão de fertilizantes e defensivos agrícolas, além do risco de salinização das terras. Nunes et al. (2006) mostram os impactos da agricultura irrigada na salinização e sodificação dos solos do perímetro irrigado de Janaúba, Minas Gerais. Bernardo (1992) apresenta análise detalhada dos principais impactos ocasionados pela agricultura irrigada no Brasil. A tendência de escassez dos recursos hídricos, em contraponto à sua crescente demanda, tem causado sérios conflitos pelo uso da água. Lima et al. (1999) citam uma demanda por outorga da ordem de 770 m<sup>3</sup>/s na bacia do Rio São Francisco, o que corresponde a 27% da vazão média verificada na sua foz e cerca da metade da vazão mínima com duração de 7 dias e período de retorno de 10 anos (PRUSKI et al., 2005). Ressalta-se ainda a importância do uso da água para suprir outras atividades humanas, tais como a geração de energia, uso industrial e saneamento básico, além da necessidade de preservação dos ecossistemas aquáticos.

Embora o Brasil seja o país mais bem dotado de reservas hídricas do planeta, estas, por sua vez, não estão distribuídas de acordo com a concentração das populações. Nem sempre onde ocorrem as maiores concentrações urbanas e altas demandas estão presentes as maiores proporções dessas reservas hídricas, e isso causa sérios problemas em relação à manutenção do abastecimento das regiões mais populosas

(ZOLIN et al., 2011). O aumento da demanda pelo uso da água, evidenciado nos últimos anos, vem causando sérios conflitos entre os seus usuários em muitas regiões da Terra fazendo, em muitos casos, com que a água se torne fator limitante para o desenvolvimento sustentável (PRUSKI et al., 2007). Assim, a gestão dos recursos naturais no âmbito de determinadas unidades geoambientais, tais como as microbacias hidrográficas e a organização produtiva, devem ser tarefas coletivas, pois a partir de um projeto participativo e negociado seria possível fazer com que cada comunidade defina como coletar e armazenar a água de escoamento, plantio de espécies nativas em nascentes, reposição de mata ciliar, cuidados com a área de recarga dos mananciais, implantar cordões de vegetação e obras civis que impeçam o assoreamento e as diferentes formas de erosão (PINHEIRO et al., 2009).

Adicionalmente, deve-se definir o que está destinado para área de plantio e o uso do solo, como escolher as lavouras e os tipos de produção animal, e o destino dos seus produtos. Para tanto, será necessário que cada microbacia ou conjunto de microbacias hidrográficas conte com consórcios ou associações que concebam e promovam as intervenções necessárias tanto em termos institucionais e organizacionais, quanto no aspecto tecnológico (SILVA; PRUSKI, 1997; PINHEIRO et al., 2009), amparados na legislação vigente, como:

- Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, Arts. 84 e 85 - Política Agrícola (BRASIL, 1991),
- Lei 9433/97, capítulo II, artigo 5º, inciso IV – Cobrança pelo uso de recursos hídricos (BRASIL, 1997),
- Leis relativas ao Código Florestal (BRASIL, 1965, 2012a,b).

Estima-se que o número de pivôs encontrados apresenta tendências de forte crescimento no na Região, dada a crescente produção agrícola do país, impulsionada pelos altos valores das *commodities* agrícolas no mercado internacional e aumento da demanda pelo mercado interno.

Apesar do benefício potencial da irrigação para a produção agrícola do país, estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas devem considerar restrições relacionadas com a disponibilidade, qualidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas. Ações estimulando a melhoria da qualidade da água, conservação de nascentes e áreas de preservação permanente, bem como o uso eficiente do recurso contribuirão para a melhoria da qualidade e quantidade de água disponível, podendo permitir a futura expansão da área irrigada no país ou não. A dificuldade para a adoção dessas estratégias reside no fato de serem ações sem retorno imediato, contrariando a cultura imediatista predominante (PINHEIRO et al., 2009). O monitoramento das áreas consumidoras de água é também fundamental para o estabelecimento de políticas de gestão dos recursos dentro dos princípios de sustentabilidade ambiental. A definição de estratégias de conservação e uso da água deverão considerar a quantidade, qualidade, conservação e os múltiplos usos pretendidos da água disponível por bacia hidrográfica.

## Conclusões

A agricultura irrigada possibilita o aumento da produtividade e produção agrícola de diversas culturas, embora possa causar impactos adversos ao meio ambiente, à qualidade do solo e da água, à saúde pública e ao aspecto socioeconômico da região, agravando conflitos regionais pelo uso da água. A crescente produção agrícola do país, impulsionada pelos altos valores das *commodities* no mercado internacional e pelo aumento da demanda de alimentos no mercado interno provavelmente demandarão a expansão das áreas irrigadas no país. Estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas devem levar em consideração restrições relacionadas com a disponibilidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas, considerando o manejo integrado das bacias hidrográficas de interesse.

Considerando um aumento da demanda e preocupação de escassez pelo uso da água, órgãos municipais, estaduais e federais devem buscar soluções para o uso adequado do recurso. Alguns Estados brasileiros preveem a cobrança pelo uso da água, destinando os recursos arrecadados para a recuperação de áreas degradadas. Com o aumento de incentivos econômicos para a produção de alimentos prevê-se pressão para aumento das áreas irrigadas no Estado. Apesar do benefício potencial da irrigação para a produção agrícola do país, estratégias para promover o aumento da produção agrícola baseadas no aumento de áreas irrigadas devem considerar restrições relacionadas com a disponibilidade, qualidade e conflitos de uso da água das bacias hidrográficas em que estão inseridas. Ações estimulando a melhoria da

qualidade da água, conservação de nascentes e Áreas de Preservação Permanente, bem como o uso eficiente do recurso contribuirão para a melhoria da qualidade e quantidade de água disponível, podendo permitir ou não a futura expansão da área irrigada no Estado.

## Agradecimentos

Agradecemos à Agência Nacional de Águas (ANA) e à Embrapa Milho e Sorgo pelo apoio dado para a realização deste trabalho.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **HidroWeb**: sistema de informações hidrológicas: arquivos digitais: bacias hidrográficas brasileiras. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=4100>>. Acesso em: 30 mar. 2013.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; COUTINHO, A. C.; ANDRADE, C. de L. T. de; GUIMARÃES, D. P.; DUARTE, J. de O. **Manejo da irrigação em pivôs centrais no cerrado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 31 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 112). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31674/1/doc-112.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

ARAÚJO, E. S.; AMENDOLA, E. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Mapeamento das áreas irrigadas por sistemas de pivôs centrais entre os anos de 2006 e 2012 na região noroeste paulista. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 23., 2013, Luís Eduardo Magalhães. **Evolução**

**e tecnologia na irrigação: anais...** Brasília, DF: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2013. 1 CD- ROM.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 1-7, 1992. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/imagens/winotec\\_2008/winotec2008\\_palestras/Impacto\\_ambiental\\_da\\_irrigacao\\_no\\_Brasil\\_Salassier\\_Bernardo\\_winotec2008.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/imagens/winotec_2008/winotec2008_palestras/Impacto_ambiental_da_irrigacao_no_Brasil_Salassier_Bernardo_winotec2008.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2013.

BORGES, E. F.; ANJOS, C. S. dos; SANTOS, P. S. Estudos de detecção de mudança da paisagem no Pediplano Cimeiro - Chapada Diamantina (BA). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5657-5662. Disponível em: <<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.22.04.27/doc/5657-5662.pdf>>. Acesso em: 01 ago 2014.

BRAGA, A. L.; OLIVEIRA, J. C. Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 849-856. Disponível em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.25/doc/849.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

BRASIL. Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 jan. 1991. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8171.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm)>. Acesso em: 01 abr. 2013.

BRASIL. Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Seção IV – Da cobrança de uso dos recursos hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 26 mar. 2013.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: <<http://www.semob.piracicaba.sp.gov.br/arquivos/Legislacao/Federal%20e%20Estadual/Lei%20Federal%204.771-65%20-%20Codigo%20Florestal.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2012.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que 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; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 out. 2012a. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm)>. Acesso em: 25 out. 2012.

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**, 28 maio 2012b. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm)>. Acesso em: 20 out. 2012.

CHRISTOFIDIS, D. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos. In: THEODORO, S. H. (Org.). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Brasília: Garamont, 2002. p. 13-28.

CHRISTOFIDIS, D. **Água na produção de alimentos**: o papel da irrigação no alcance do desenvolvimento sustentável. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. 29 p.

CHRISTOFIDIS, D. Novos olhares sobre a irrigação no mundo, no Brasil e na bacia do rio São Francisco. **Revista ITEM**, Belo Horizonte, v. 78, p. 74-77, 2008.

COELHO, E. F. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57-60, set. 2005. Disponível em: <[http://ufrb.edu.br/neas/images/Artigos\\_NEAS/2005\\_3.pdf](http://ufrb.edu.br/neas/images/Artigos_NEAS/2005_3.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento; INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Culturas de verão - safra 2013/2014: região do MATOPIBA: Sul do Estado de

Maranhão, Leste do Estado do Tocantins, Sudoeste do Estado do Piauí e Extremo Oeste do Estado da Bahia. **Boletim de Monitoramento Agrícola**, v. 3, n. 1, pt. 1, p. 1-24, 2014.

Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_01\\_09\\_10\\_40\\_53\\_boletim\\_a14\\_v03\\_n01\\_p1.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_09_10_40_53_boletim_a14_v03_n01_p1.pdf)>.

Acesso: 25 jul. 2014.

FALEIROS, G. **ONU aponta desafio no uso da água na agricultura**. Disponível em: <<http://www.oeco.com.br/reportagens/25262-onu-aponta-desafio-no-uso-da-agua-na-agricultura>>. Acesso em: 26 mar. 2013.

FERREIRA, E.; TOLEDO, J. H. de; DANTAS, A. A. A.; PEREIRA, R. M. Cadastro das áreas irrigadas por pivôs centrais, em Minas Gerais, utilizando imagens do satélite CBERS-2B/CCD. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 31, n. 4, p. 771-780, 2011.

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162011000400015&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162011000400015&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 25 fev. 2013.

GAMACHE, M. **Free and low cost datasets for international mountain cartography**. Disponível em: <[http://www.parkdatabase.org/files/documents/0000\\_Free-and-low-cost-datasets-for-mountain-cartography\\_Earthlink\\_M-Gamache.pdf](http://www.parkdatabase.org/files/documents/0000_Free-and-low-cost-datasets-for-mountain-cartography_Earthlink_M-Gamache.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2009.

GLOBO RURAL. **Entenda como o braço de um pivô central de irrigação gira**. Vídeo (3 min). Disponível em: <<http://globo.com/rede-globo/globo-rural/v/entenda-como-o-braco-de-um-pivo-central-de-irrigacao-gira/3336969>>. Acesso em: 12 jun. 2014.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; SOUZA, D. L. de. **Irrigação por pivôs centrais no Estado da Bahia - Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento). No prelo.

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. 23 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 40). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57934/1/bol-40.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; COSTA, T. C. e C. da. **Relevo digital dos municípios brasileiros**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 75). Disponível em: <[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2009-09/21395/1/Doc\\_75.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2009-09/21395/1/Doc_75.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2013.

GUIMARÃES, D. P.; SOUZA, A. O.; MARTINS, R. F. Crescimento da agricultura irrigada por pivô central no Distrito Federal. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 9., 2012, Poços de Caldas. **Como a tecnologia pode auxiliar na preservação do meio ambiente**: anais. Poços de Caldas: GSC, 2012. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71976/1/Crescimento-agricultura.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ca/default.asp?o=2&i=P>>. Acesso em: 15 jun. 2011.

**IBGE. Mapas de climas do Brasil.** Escala 1:5.000.000.

Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/mapas/mapas\\_doc4.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/mapas/mapas_doc4.shtm)>. Acesso em: 19 mar. 2014a.

**IBGE. Mapas de solos do Brasil.** Escala 1:5.000.000.

Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/mapas/mapas\\_doc3.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/mapas/mapas_doc3.shtm)>. Acesso em: 19 mar. 2014b.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. J. dos. **Mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Goiás e no Distrito Federal-Brasil.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013a. 35 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 77). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94389/1/bol-77.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2014.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; LINS, P. A. de A.; SOUZA, D. L. de. **Concentração de áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de São Paulo - Brasil.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento). No prelo.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; GUIMARÃES, D. P.; HIRSCH, A.; PIMENTA, F. M. **Concentração geográfica de pivôs centrais no Brasil.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013b. 37 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 69). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95970/1/bol-69.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2014.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. de (Org.). **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília: MME: MMA-SRH: OMM: PNUD, 1999. p. 73-101.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil** . 2008. Disponível em: <[http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao\\_000fl7vsa7f02wyiv80ispcurr5frxoq4.pdf](http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao_000fl7vsa7f02wyiv80ispcurr5frxoq4.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2014.

MIRANDA, R. M.; ALENCAR, C. M. M. de. Questão agrária em Ibicoara-BA: antes e depois da barragem do Apertado. In: ENCONTRAO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 21., 2012, Uberlândia. **Territórios em disputa**: os desafios da geografia agrária nas contradições do desenvolvimento brasileiro. Uberlândia: UFU, 2012. 11 p. Disponível em: <<http://www.gamba.org.br/wp-content/uploads/2012/12/Artigo-Quest%C3%A3o-Agr%C3%A1ria-em-Ibicoara-antes-e-depois-da-barragem-do-Apertado.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2014.

NUNES, W. A. G. de A.; KER, J. C.; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; BEIRIGO, R. M.; BONCOMPANI, A. L. P. Características físicas de solos da região de Janaúba-MG, irrigados com água de poços tubulares ou do rio Gorutuba. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 107-118, jan./mar. 2006.

PINHEIRO, J. C. V.; CARVALHO, R. M.; FREITAS, K. S. de. Análise do suprimento atual e potencial de água potável para os Municípios cearenses. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 107-121, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a08v21n2.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

PIVOT. **Irrigação**: notícias. Disponível em: <<http://www.pivot.com.br/irrigacao/pivo/?ir=3&id=2026>>. Acesso em: 06 mar. 2013.

PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Comportamento hidrológico na Foz do Rio São Francisco durante período de 1950 a 1999. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 118-123, 2005. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol13/v13n2p118-123.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

PRUSKI, F. F.; RODRIGUEZ, R. del G.; NOVAES, L. F. de; SILVA, D. D. da; RAMOS, M. M.; TEIXEIRA, A. de F. Impacto das vazões demandadas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano, na bacia do Paracatu. **Revista Brasioleira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 199-210, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n2/v11n2a11.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.

SANDRI, D.; CORTEZ, D. de A. Parâmetros de desempenho de dezesseis equipamentos de irrigação por pivô central. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 271-278, 2009.

SCHMIDT, W.; COELHO, R. D.; JACOMAZZI, M. A.; ANTUNES, M. A. H. Distribuição espacial de pivôs centrais no Brasil: I – Região Sudeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 330-333, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n2-3/v8n2a26.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica: Agência Nacional de Águas, 2001. Disponível em: <[http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro\\_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2013.

SILVA, A. L. M. **A utilização do geoprocessamento e do sensoriamento remoto na Secretaria da Fazenda do Estado de Goiás**. Goiás: SEFAZ-GO, 2004. Disponível em: <<http://www.sefaz.go.gov.br/Geoprocessamento/GEOPROCESSAMENTO%20NA%20SEFAZ.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2012.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília-DF: MMA-SRH-ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 1997. 252 p.

SILVEIRA, J. M. de C. A importância da agricultura irrigada na sub-bacia Tambaú/Verde, Região Nordeste Paulista. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2011. Disponível em: <[http://www.aptaregional.sp.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=1108&Itemid=284](http://www.aptaregional.sp.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=1108&Itemid=284)>. Acesso em: 22 jun. 2014.

TESTESLAF, R. Irrigação por pivô central. In: IRRIGAÇÃO: técnicas, usos e impactos. Goiânia: UFG, [2006?]. Disponível em: <[http://www.agro.ufg.br/uploads/68/original\\_09\\_aula\\_Pivo.pdf](http://www.agro.ufg.br/uploads/68/original_09_aula_Pivo.pdf)>. Acesso em: 22 jul. 2014.

TOLEDO, J. H.; FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; SILVA, L. S. C.; PEREIRA, R. M. Mapeamento de sistemas de pivôs centrais no Estado de Minas Gerais a partir de imagens CBERS-2B/CCD.

In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 331-338. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0498.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2013.

ZOLIN, C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MINGOTI, R.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; PAULINO, J.; GONZÁLES, A. M. G. O. Minimização da erosão em função do tamanho e localização das áreas de floresta no contexto do Programa “Conservador das Águas”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, p. 2157-2166, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n6/a30v35n6.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

