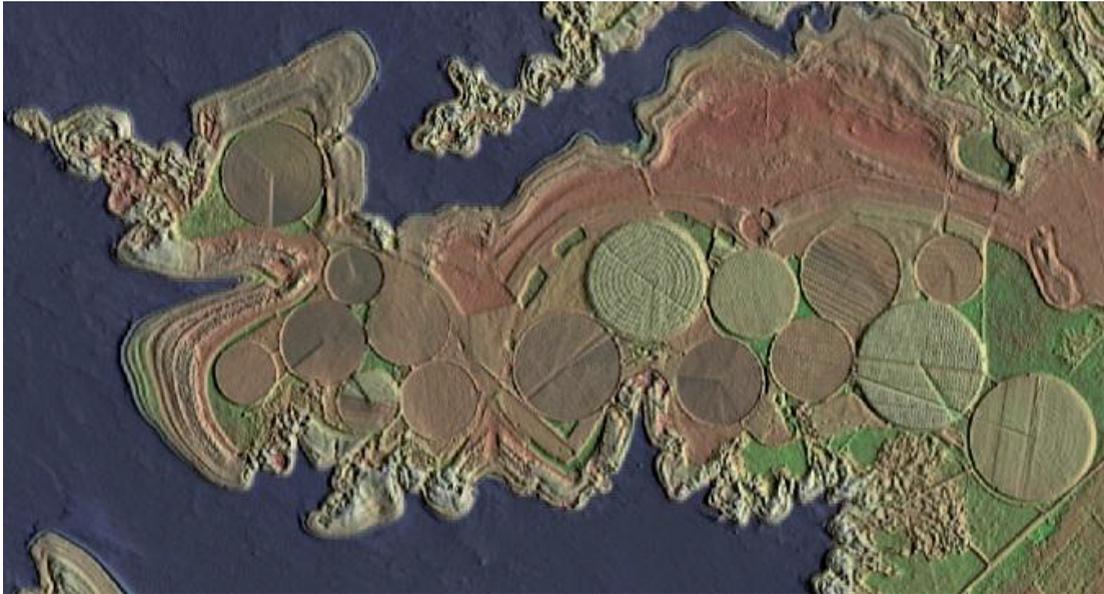


Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil em 2013



ISSN 1679-0154
Dezembro, 2014

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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 106

Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil em 2013

Daniel Pereira Guimarães
Elena Charlotte Landau

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

E-mail: 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 (Imagem do satélite Landsat 8, em que foram evidenciadas feições com os pivôs centrais ocorrentes na área.)

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

Guimarães, Daniel Pereira.

Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil em 2013 / Daniel Pereira Guimarães, Elena Charlotte Landau. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2014.

40 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 106).

1. Irrigação. 2. Agricultura. 3. Equipamento de irrigação. 4. Imagem de satélite. I. Landau, Elena Charlotte. II. Título. III. Série.

CDD 631.587 (21. ed.)

© Embrapa 2014

Sumário

| | |
|-------------------------------------|----|
| Resumo | 4 |
| Abstract | 6 |
| Introdução | 7 |
| Material e Métodos | 12 |
| Resultados e Discussão | 14 |
| Conclusões | 32 |
| Agradecimentos | 34 |
| Referências | 34 |

Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil em 2013

Daniel Pereira Guimarães¹

Elena Charlotte Landau²

Resumo

O mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Brasil em 2013 foi efetuado a partir da identificação visual em mosaicos formados por imagens do satélite Landsat 8 – OLI /TRS de 2013, inseridos na plataforma *Google Earth*. Foram identificados 17.878 pivôs centrais, ocupando uma área irrigada de 1.179.176 ha, e apresentando tamanho médio de $65,96 \pm 40,67$ ha. Cerca de 90% dos pivôs concentram-se nos Estados de Minas Gerais (5.573 pivôs, 366.428 ha irrigados), São Paulo (3.528 pivôs, 168.674 ha), Goiás (2.872 pivôs, 210.724 ha irrigados), Bahia (2.792 pivôs, 192.223 ha irrigados) e Rio Grande do Sul (1.111 pivôs, 76.081 ha irrigados). Aproximadamente 45% dos pivôs centrais do Brasil concentram-se na Região Hidrográfica do Rio Paraná;

¹Engenheiro Florestal, D.Sc. em Manejo Florestal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, daniel.guimaraes@embrapa.br

²Bióloga, DSc. Pesquisadora em Zoneamento Ecológico-Econômico, Geotecnologias e Agroclimatologia Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, charlotte.landau@embrapa.br

e quase 30%, na do Rio São Francisco. A maioria dos pivôs ocorre sobre terrenos planos a suavemente ondulados. Com o aumento de incentivos econômicos para a produção de alimentos, prevê-se a expansão futura das áreas irrigadas no país. Apesar do benefício potencial da irrigação para a produção agrícola, estratégias para promover o aumento da produção agrícola irrigada devem considerar restrições relacionadas com 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 gerenciamento eficiente dos recursos hídricos contribuirão para a melhoria da qualidade e quantidade de água disponível, fundamentais para possibilitar a sustentabilidade e expansão futura da agricultura irrigada no Brasil.

Palavras-Chave: agricultura irrigada, sensoriamento remoto, Landsat 8, pivôs centrais, 2013.

Survey of the Irrigated Areas by Center Pivots in Brazil

Daniel Pereira Guimarães¹

Elena Charlotte Landau²

Abstract

The areas irrigated by center pivots in Brazil were digitalized through visual identification based on mosaics formed by images of the satellite Landsat 8 OLI /TRS from 2013, displayed using the *Google Earth* program. 17,878 center pivots were identified, occupying an irrigated area of 1,179,176 ha, and with average size of 65.96 ± 40.67 ha. Almost 90% of the center pivots occur in the States of Minas Gerais (5,573 pivots, 366,428 ha irrigated), São Paulo (3,528 pivots, 168,674 ha), Goiás (2,872 pivots, 210,724 ha irrigated), Bahia (2,792 pivots, 192,223 ha irrigated) and Rio Grande do Sul (1,111 pivots, 76,081 ha irrigated). Near 45% of the center pivots from Brazil concentrates on the Hydrographic Region of the Paraná River, and approximately 30%, in the São Francisco one. Most pivots occur on flat lands. Considering the increasing economic incentives for food production, it is expected an increasing trend of irrigated areas. 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 springs and permanent preservation areas, as well as the efficient use of the resources will contribute to improve the quantity and quality of the water available, allowing or not the sustainable future expansion of the irrigated areas in Brazil.

Keywords: irrigated agriculture, remote sensing, Landsat 8, *Google Earth*, 2013.

Introdução

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, 2009). 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 se obter alta eficiência de aplicação e distribuição de água.

Durante o Censo Agropecuário de 2006, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizou um levantamento do número de estabelecimentos rurais com pivôs centrais por

município do Brasil (Figura 1), divulgando, também, no caso de municípios com mais do que 3 estabelecimentos rurais com pivôs centrais, o somatório das áreas desses estabelecimentos com pivôs centrais (IBGE, 2009; LANDAU et al., 2013). O Censo não permitiu quantificar os pivôs, nem identificar a localização geográfica de cada equipamento, nem avaliar a área realmente ocupada por pivôs centrais no Brasil. Isso sem considerar que levantamentos realizados durante censos estão sujeitos às respostas dadas pelos entrevistados que, muitas vezes, podem sonegar informações, temendo aumento da carga tributária ou outras razões, e também a motivos para manter sigilo ou omitir resultados de municípios com menos do que 3 informantes.

Com o crescente interesse no aumento da produção agrícola no país, 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 melhor a situação da agricultura irrigada no país. Imagens de satélite e tecnologias disponíveis possibilitam o mapeamento de cada pivô central, permitindo a realização de análises relacionadas com a localização geográfica e o tamanho de cada equipamento. Apesar da existência de tecnologias para mapeamento de pivôs centrais, por ser trabalhosa e demorada, não têm sido realizados levantamentos em nível de pivôs centrais para todo o país. Este trabalho objetivou mapear e quantificar os pivôs centrais do Brasil, identificando a localização geográfica, a variação de tamanho e a distribuição espacial destes por município e bacia hidrográfica, além de identificar características de relevo nessas áreas. A execução de um mapeamento nacional justifica-se: pela tendência crescente

de expansão da agricultura irrigada, pelos conflitos intra e intersetoriais pelo uso da água, pela carência de dados atualizados sobre as áreas irrigadas e pela necessidade de planejamento e ordenamento da atividade em bases econômicas e ambientais sustentáveis, 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 nas diferentes regiões do Brasil. O trabalho é fruto de uma parceria Embrapa/ANA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Agência Nacional de Águas).

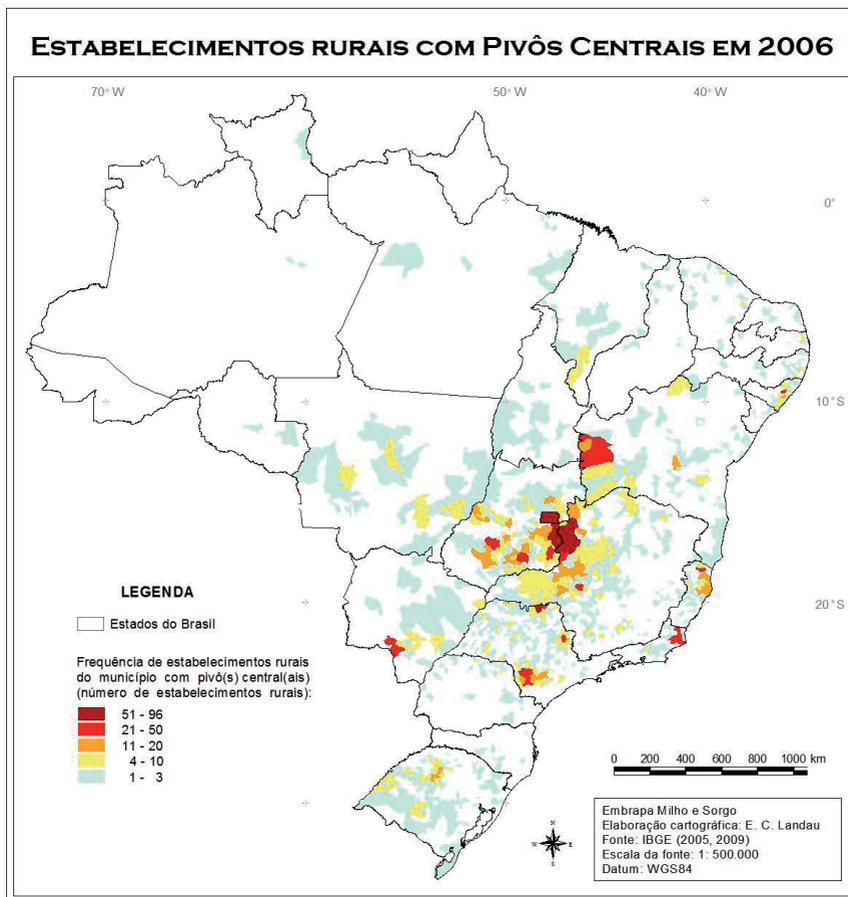


Figura 1. Estabelecimento rurais com pivôs centrais por município do Brasil em 2006 Fonte: Adaptado de IBGE (2009) e Landau et al. (2013)

Material e Métodos

Inicialmente, para cada Estado, ou conjunto de Estados geograficamente próximos, 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 (Figura 2). O realce de feições simulando variações de relevo, considerando as bandas espectrais do satélite Landsat 8 consideradas, representa uma técnica inovadora, que facilita a identificação visual de certas características da paisagem, como é o caso dos pivôs centrais.

As imagens foram convertidas para o formato *kmz* (*keyhole mark-up language*) usando o software *Global Mapper*, para visualização na plataforma *Google Earth*. Para tal, foram georreferenciadas para o *Datum WGS84* (*World Geographic System*), com coordenadas geográficas em graus decimais. A característica circular das áreas irrigadas por pivôs centrais facilita a visualização destas nas imagens do satélite Landsat 8. Foram considerados pivôs centrais as feições circulares identificadas na imagem, com raio maior do que ~80 m, incluindo áreas semicirculares. Para a identificação dos pivôs, foi considerada uma altitude do ponto de visão de 10 km; e, para a demarcação e digitalização dos polígonos correspondentes à área ocupada por cada pivô central, 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 visualizado 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 ainda não digitalizado. Adicionalmente, foi conferida a ocorrência ou não de pivôs centrais em municípios com estabelecimentos rurais em que foi registrada a ocorrência de pivôs centrais durante o Censo Agropecuário realizado pelo IBGE em 2006. Para tanto, o mapa gerado por Landau et al. (2013) com base nos dados levantados pelo IBGE em 2006 foi sobreposto geograficamente ao dos pivôs mapeados neste trabalho.

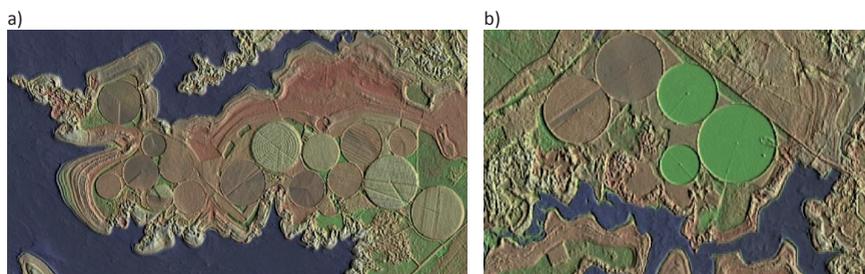


Figura 2. Realce de feições com o uso de sombras de relevo para a identificação dos equipamentos de irrigação por pivôs centrais: a) realce de pivôs inativos, b) realce de pivôs ativos e inativos.

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). 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 (divisão hidrográfica nacional) elaborado pela Agência Nacional de Águas (2000) e com a malha municipal digital disponibilizada pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014) 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 o mapa de declividade gerado considerando a base disponível em Gamache (2004), de acordo com a metodologia apresentada em Guimarães et al. (2008) e de classes de aptidão agrícola propostas por Ramalho Filho e Beek (1995), foi observada a declividade predominante na área de cada pivô central.

Resultados e Discussão

Foram identificados 17.878 pivôs centrais no Brasil, ocupando uma área irrigada de 1.179.176 ha, tendo sido identificados pivôs centrais em 940 municípios do país. Mais de 90% dos pivôs concentram-se em seis Estados: Minas Gerais (5.573 pivôs, 366.428 ha irrigados), São Paulo (3.528 pivôs, 168.674 ha), Goiás (2.872 pivôs, 210.724 ha irrigados), Bahia (2.792 pivôs, 192.223 ha irrigados), Rio Grande do Sul (1.111 pivôs, 76.081 ha irrigados) e Mato Grosso (555 pivôs, 67.071 ha irrigados) (Tabela 1, Figuras 3 e 4). As Unidades da Federação com maior área relativa ocupada por pivôs centrais são: o Distrito Federal

(2,29%), São Paulo (0,68%), Minas Gerais (0,62%), Goiás (0,62%) e a Bahia (0,34%) (Tabela 1, Figura 5). Não foram identificados pivôs centrais nas imagens de satélite dos seguintes Estados: Pará, Amazonas, Rondônia, Amapá e Acre.

Os municípios do Brasil com maior área irrigada por pivôs centrais são: Unaí/MG (604 pivôs, 56.983 ha irrigados), Cristalina/GO (667 pivôs, 54.109 ha irrigados), Paracatu/MG (750 pivôs, 51.699 ha irrigados), Barreiras/BA (338 pivôs, 34.715 ha irrigados), São Desidério/BA (321 pivôs, 33.489 ha irrigados) e Mucugê/BA (471 pivôs, 32.107 ha irrigados) (Tabela 2, Figura 4). Os municípios com maior área relativa ocupada por pivôs centrais são: Cristalina/GO (80,03%), Morro Agudo/SP (30,03%, 321 pivôs, 33.489 ha irrigados), Miguelópolis/SP (24,21%, 321 pivôs, 33.489 ha irrigados), Buri/SP (23,62%, 321 pivôs, 33.489 ha irrigados) e João Pinheiro/MG (11,68%, 321 pivôs, 33.489 ha irrigados) (Tabela 3, Figura 5).

Comparando os resultados divulgados do Censo Agropecuário de 2006 com o levantamento atual verificam-se discrepâncias acentuadas, tanto em nível estadual quanto municipal, isso sem considerar que o levantamento atual permite individualizar cada pivô (escala inframunicipal), enquanto os resultados do Censo Agropecuário foram disponibilizados por município, a partir de estimativas baseadas no número de estabelecimentos rurais com ocorrência de pivôs centrais declarada pelos seus proprietários. Divergências entre ambos os levantamentos em termos de municípios com ocorrência de pivôs centrais podem ser observadas comparando-se a Figura 1 com as Figuras 3, 4 e 5.

Tabela 1. Irrigação por pivôs centrais nas Unidades da Federação do Brasil em 2013, em ordem decrescente de área irrigada.

| Unidade da Federação/ Estado | Sigla | Número de pivôs centrais | Área ocupada por pivôs centrais (ha) | Área relativa ocupada por pivôs centrais (%) | Tamanho médio dos pivôs centrais: média \pm desvio padrão (ha) |
|------------------------------|-----------|--------------------------|--------------------------------------|--|--|
| Minas Gerais | MG | 5.573 | 366.428,13 | 0,625 | 65,75 \pm 37,12 |
| Goiás | GO | 2.872 | 210.724,12 | 0,620 | 73,37 \pm 37,79 |
| Bahia | BA | 2.792 | 192.223,48 | 0,340 | 68,85 \pm 47,46 |
| São Paulo | SP | 3.528 | 168.674,19 | 0,680 | 47,81 \pm 33,03 |
| Rio Grande do Sul | RS | 1.111 | 76.081,30 | 0,270 | 68,48 \pm 34,52 |
| Mato Grosso | MT | 553 | 67.071,14 | 0,074 | 121,29 \pm 41,54 |
| Mato Grosso do Sul | MS | 245 | 25.882,30 | 0,072 | 105,64 \pm 25,47 |
| Distrito Federal | DF | 218 | 13.212,38 | 2,286 | 60,61 \pm 31,39 |
| Espírito Santo | ES | 278 | 12.807,81 | 0,278 | 46,07 \pm 19,78 |
| Tocantins | TO | 114 | 10.758,92 | 0,039 | 94,38 \pm 73,82 |
| Paraná | PR | 156 | 9.201,84 | 0,046 | 58,99 \pm 30,74 |
| Ceará | CE | 131 | 7.857,37 | 0,053 | 59,98 \pm 30,38 |
| Maranhão | MA | 118 | 7.531,35 | 0,023 | 63,83 \pm 32,96 |
| Rio Grande do Norte | RN | 50 | 2.578,03 | 0,049 | 51,56 \pm 24,15 |
| Pernambuco | PE | 36 | 2.333,52 | 0,024 | 64,82 \pm 17,42 |
| Roraima | RR | 20 | 2.001,42 | 0,009 | 100,07 \pm 53,96 |
| Piauí | PI | 23 | 1.180,90 | 0,005 | 51,34 \pm 23,79 |
| Paraíba | PB | 23 | 1.035,29 | 0,018 | 45,01 \pm 26,21 |
| Alagoas | AL | 21 | 775,13 | 0,028 | 36,91 \pm 14,48 |
| Santa Catarina | SC | 6 | 393,82 | 0,004 | 65,64 \pm 35,69 |
| Sergipe | SE | 8 | 336,78 | 0,015 | 42,10 \pm 27,98 |
| Rio de Janeiro | RJ | 2 | 86,37 | 0,002 | 43,19 \pm 0,22 |
| Total | 22 | 17.878 | 1.179.175,61 | 0,138 | 65,96 \pm 40,67 |

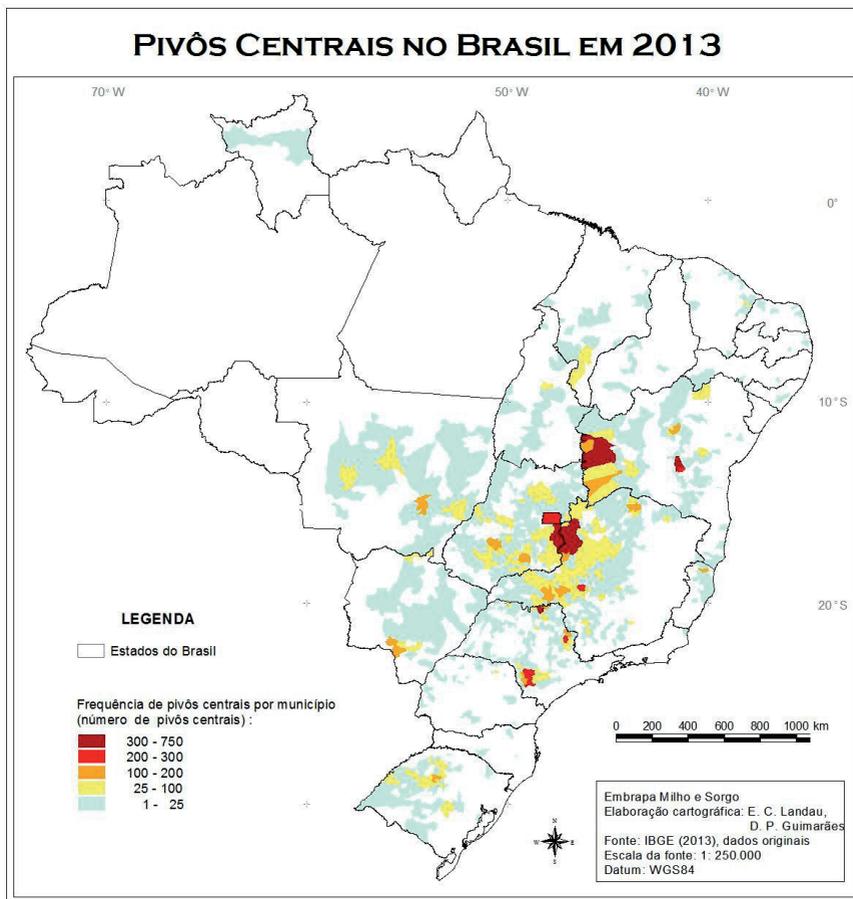


Figura 3. Número de pivôs centrais por município do Brasil em 2013.

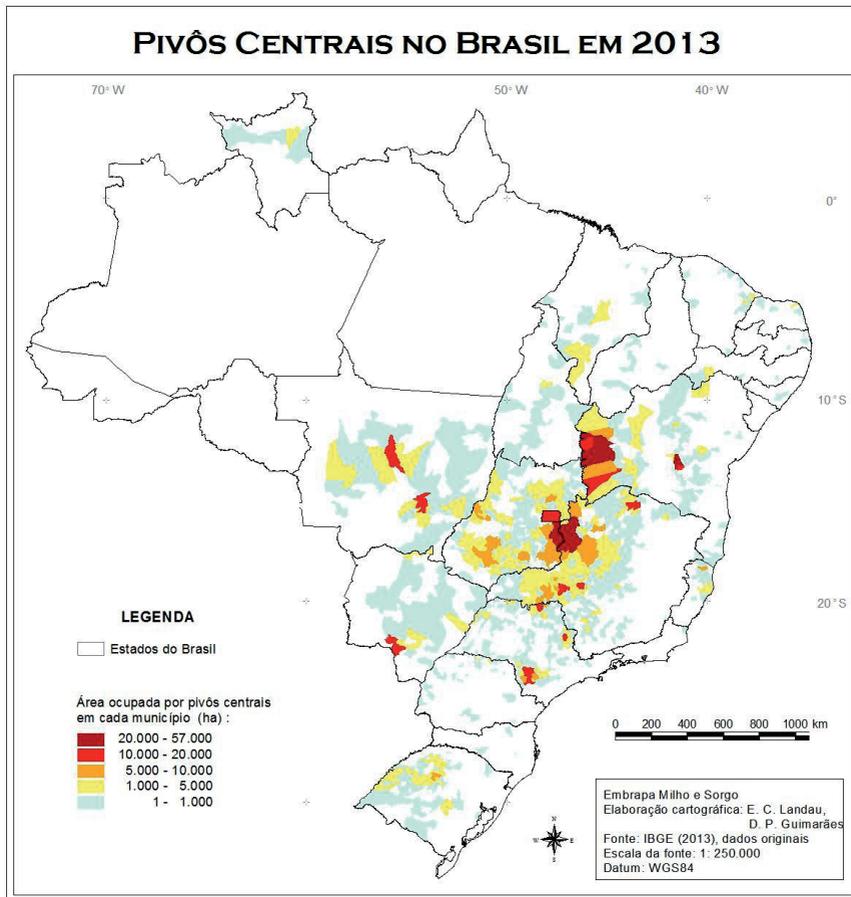


Figura 4. Área ocupada por pivôs centrais por município do Brasil em 2013.

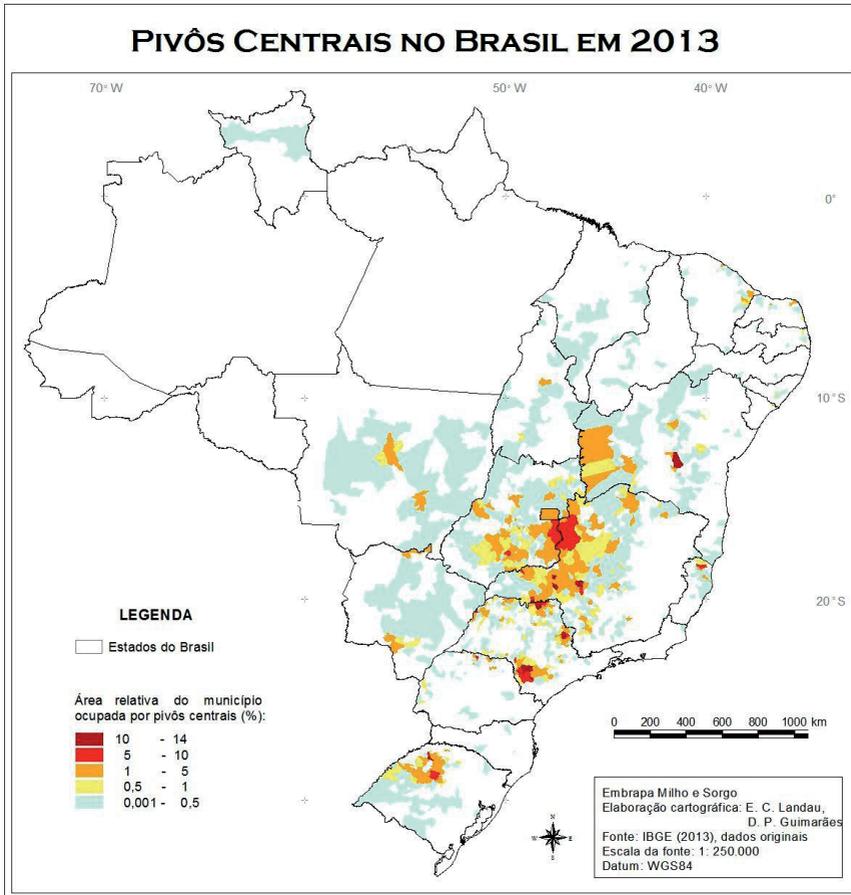


Figura 5. Área relativa ocupada por pivôs centrais por município do Brasil em 2013.

Tabela 2. Municípios do Brasil com maior área ocupada por pivôs centrais em 2013 (acima de 10.000 ha), em ordem decrescente de área irrigada.

| Município/Estado | Número de pivôs centrais | Área ocupada por pivôs centrais (ha) | Área relativa ocupada por pivôs centrais (%) |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--|
| Unai/ MG | 604 | 56.983,00 | 0,01 |
| Cristalina/ GO | 667 | 54.108,73 | 80,03 |
| Paracatu/ MG | 750 | 51.698,79 | 0,01 |
| Barreiras/ BA | 338 | 34.714,68 | 0,01 |
| São Desidério/ BA | 321 | 33.488,18 | 0,56 |
| Mucugê/ BA | 471 | 32.106,78 | 0,03 |
| Primavera do Leste/ MT | 144 | 17.194,18 | 0,02 |
| Luis Eduardo Magalhães/ BA | 167 | 14.955,29 | 0,02 |
| Rio Paranaíba/ MG | 262 | 13.911,92 | 0,04 |
| Itaí/ SP | 264 | 13.835,65 | 0,18 |
| Guaíra/ SP | 314 | 13.554,24 | 7,08 |
| Brasília/ DF | 218 | 13.212,38 | 0,01 |
| Jaborandi/ BA | 118 | 12.426,23 | 0,01 |
| Sorriso/ MT | 87 | 11.841,11 | 0,01 |
| Ponta Porã/ MS | 106 | 11.801,42 | 0,02 |
| Paranapanema/ SP | 247 | 11.670,20 | 0,05 |
| Ibicoara/ BA | 206 | 11.635,03 | 0,06 |
| Casa Branca/ SP | 264 | 11.588,22 | 0,59 |
| Itapeva/ SP | 204 | 11.385,07 | 1,60 |
| Jaíba/ MG | 149 | 11.109,42 | 0,36 |
| Perdizes/ MG | 149 | 10.151,07 | 0,03 |

Tabela 3. Municípios do Brasil com maior área relativa ocupada por pivôs centrais em 2013 (mais do que 2% da área do município), em ordem decrescente de área relativa irrigada.

| Município/Estado | Número de pivôs centrais | Área ocupada por pivôs centrais (ha) | Área relativa ocupada por pivôs centrais (%) |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--|
| Cristalina/ GO | 667 | 54.108,73 | 80,03 |
| Morro Agudo/ SP | 35 | 3.138,24 | 30,03 |
| Miguelópolis/ SP | 143 | 7.248,13 | 24,21 |
| Buri/ SP | 93 | 5.650,41 | 23,62 |
| João Pinheiro/ MG | 88 | 9.243,30 | 11,68 |
| Mococa/ SP | 99 | 2.297,32 | 9,42 |
| Guaira/ SP | 314 | 13.554,24 | 7,08 |
| Coromandel/ MG | 64 | 4.531,82 | 7,04 |
| São Nicolau/ RS | 16 | 946,38 | 5,51 |
| Bernardino de Campos/ SP | 28 | 1.795,98 | 5,16 |
| Coronel Macedo/ SP | 51 | 3.153,18 | 5,06 |
| Catalão/ GO | 63 | 5.160,56 | 4,98 |
| Buritis/ MG | 83 | 6.972,75 | 4,31 |
| Joia/ RS | 36 | 2.863,83 | 4,25 |
| Corinto/ MG | 12 | 778,86 | 4,20 |
| Angatuba/ SP | 74 | 3.254,11 | 3,79 |
| Brasilândia de Minas/ MG | 52 | 5.292,69 | 3,29 |
| Curvelo/ MG | 16 | 672,18 | 3,10 |
| Mirandópolis/ SP | 5 | 663,50 | 3,06 |
| Bonópolis/ GO | 8 | 732,30 | 2,96 |
| Goiatuba/ GO | 54 | 4.021,27 | 2,42 |
| São Borja/ RS | 35 | 2.565,13 | 2,42 |
| São Francisco de Assis/ RS | 2 | 307,30 | 2,36 |
| Paraúna/ GO | 117 | 7.671,05 | 2,22 |

Quanto ao tamanho dos pivôs, estes variam consideravelmente em termos de tamanho e formato. Apresentam tamanho médio de $65,96 \pm 40,67$ ha, ocorrendo pivôs com tamanhos entre 1,60 e 532,34 ha, com raios entre ~80 e ~1300m. Mais da metade dos pivôs (53,66%) apresenta tamanhos entre 20 e 80 ha (Figura 6). Não foi observada relação entre o número total de pivôs (ou área irrigada) e o tamanho médio dos pivôs por Estado. Entre os Estados em que foram mapeados mais do que 100 pivôs centrais, os que apresentaram maior tamanho médio foram: Mato Grosso (tamanho médio: $121,29 \pm 41,54$ ha), Mato Grosso do Sul (tamanho médio: $105,64 \pm 25,47$ ha), Tocantins (tamanho médio: $94,38 \pm 73,82$ ha), Goiás (tamanho médio: $73,37 \pm 37,79$ ha) e Bahia ($68,85 \pm 47,46$ ha); e os que apresentaram menor tamanho médio foram: o Espírito Santo (tamanho médio: $46,07 \pm 19,78$ ha), São Paulo (tamanho médio: $47,81 \pm 33,03$ ha), o Paraná (tamanho médio: $58,99 \pm 30,74$ ha) e o Ceará (tamanho médio: $59,98 \pm 30,38$ ha). A ocorrência de pivôs centrais maiores indica a adoção de alta tecnologia, em regiões com maior tamanho médio dos estabelecimentos rurais (Tabela 1).

Em termos de bacias hidrográficas, 26,28% dos pivôs centrais situa-se na Bacia do Médio Rio São Francisco (na Região Hidrográfica do Rio São Francisco); 19,09% na Bacia do Alto Paranaíba, 8,42% na do Rio Grande e 7,54% na do Paranapanema, as três últimas na Região Hidrográfica do Rio Paraná (Tabela 4, Figura 7). Na Bacia do Médio São Francisco, a maioria dos pivôs concentra-se nas sub-bacias do Grande São Francisco 01 e Paracatu 02 (respectivamente, 8,07% e 8,04% dos pivôs do Brasil). Na Bacia do Alto Paranaíba, concentram-se nas sub-bacias dos Rios São Marcos e Paranaíba 02 (respectivamente, 7,99% e 5,05% dos pivôs do país). Na Bacia do Paranapanema, concentram-se na sub-bacia do Rio

Paranapanema 05 (6,48% dos pivôs do Brasil). Na maioria das sub-bacias em que foi registrada maior concentração de pivôs centrais verifica-se a ocorrência de pólos nacionais de irrigação.

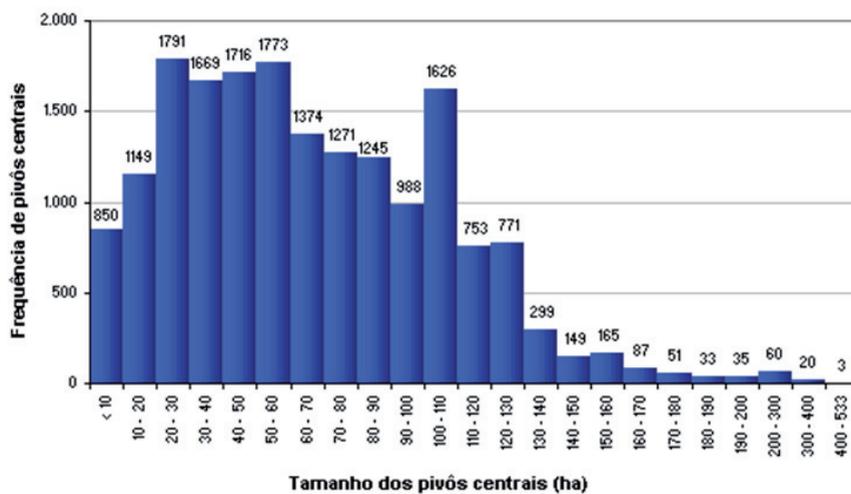


Figura 6. Variação do tamanho dos pivôs centrais no Brasil em 2013.

Tabela 4. Localização geográfica dos pivôs centrais do Brasil em 2013 por bacia hidrográfica.

| Região Hidrográfica do Brasil | Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s) | Número de pivôs centrais | Área ocupada por pivôs centrais (ha) | Área relativa irrigada por pivôs centrais (%) |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---|
| RH Amazônica | Negro | 20 | 2.001 | 0,17 |
| | Tapajós | 239 | 29.310 | 2,49 |
| | Xingu | 42 | 5.732 | 0,49 |
| RH do Tocantins/Araguaia | Araguaia | 449 | 50.317 | 4,27 |
| | Tocantins | 597 | 42.691 | 3,62 |
| RH Atlântico Nordeste Ocidental | Itapecuru | 12 | 461 | 0,04 |
| | Litorânea MA | 6 | 322 | 0,03 |
| | Mearim | 21 | 1.688 | 0,14 |
| RH do Parnaíba | Parnaíba Alto | 81 | 4.722 | 0,40 |
| | Parnaíba Baixo | 9 | 405 | 0,03 |
| | Parnaíba Médio | 7 | 457 | 0,04 |
| RH Atlântico Nordeste Oriental | Apodi Mossoró | 1 | 19 | 0,00 |
| | Curu | 13 | 796 | 0,07 |
| | Jaguaribe | 90 | 4.898 | 0,42 |
| | Litorânea PE PB RN | 20 | 980 | 0,08 |
| | Litorânea AL PE | 16 | 542 | 0,05 |
| | Litorânea CE | 5 | 366 | 0,03 |
| | Litorânea CE RN | 11 | 1.095 | 0,09 |
| | Litorânea PB RN | 2 | 35 | 0,00 |
| | Litorânea RN | 33 | 1.793 | 0,15 |
| Piranhas | 17 | 787 | 0,07 | |
| RH do São Francisco | São Francisco Alto | 649 | 35.454 | 3,01 |
| | São Francisco Baixo | 13 | 574 | 0,05 |
| | São Francisco Médio | 4.237 | 309.934 | 26,28 |
| | São Francisco | 74 | 4.364 | 0,37 |
| | Submédio | | | |

Tabela 4_Cont. Localização geográfica dos pivôs centrais do Brasil em 2013 por bacia hidrográfica.

| Região Hidrográfica do Brasil (cont.) | Bacia Hidrográfica do(s) Rio(s) | Número de pivôs centrais | Área ocupada por pivôs centrais (ha) | Área relativa irrigada por pivôs centrais (%) |
|--|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---|
| RH Atlântico Leste | Contas | 60 | 3.505 | 0,30 |
| | Itapicuru | 7 | 374 | 0,03 |
| | Litorânea BA | 3 | 131 | 0,01 |
| | Litorânea ES BA | 228 | 10.928 | 0,93 |
| | Paraguaçu | 733 | 45.608 | 3,87 |
| | Pardo Jequitinhonha | 87 | 4.911 | 0,42 |
| RH Atlântico Sudeste | Doce | 49 | 2.048 | 0,17 |
| | Litorânea RJ ES | 20 | 1.028 | 0,09 |
| | Paraíba do Sul | 4 | 241 | 0,02 |
| RH Atlântico Sul | Guaíba | 302 | 20.511 | 1,74 |
| | Litorânea RS | 4 | 407 | 0,03 |
| | Litorânea SC PR | 1 | 18 | 0,00 |
| RH do Uruguai | Uruguai Internacional | 730 | 50.537 | 4,29 |
| | Uruguai Nacional | 78 | 4.898 | 0,42 |
| RH do Paraná | Aguapeí Peixe | 10 | 1.229 | 0,10 |
| | Grande | 2.307 | 99.276 | 8,42 |
| | Iguaçu | 6 | 311 | 0,03 |
| | Ivaí | 5 | 157 | 0,01 |
| | Margem Dir Paraná A | 29 | 2.254 | 0,19 |
| | Margem Dir Paraná B | 22 | 1.312 | 0,11 |
| | Margem Esq Paraná | 221 | 23.258 | 1,97 |
| | Paranaíba Alto | 3.286 | 225.079 | 19,09 |
| | Paranaíba Baixo | 1.085 | 72.954 | 6,19 |
| | Parapanema | 1.685 | 88.924 | 7,54 |
| | Piquiri | 6 | 534 | 0,05 |
| Tietê | 187 | 12.441 | 1,06 | |
| RH do Paraguai | Planalto Paraguai | 59 | 6.560 | 0,56 |
| Total | | 17.878 | 1.179.176 | 100,00 |

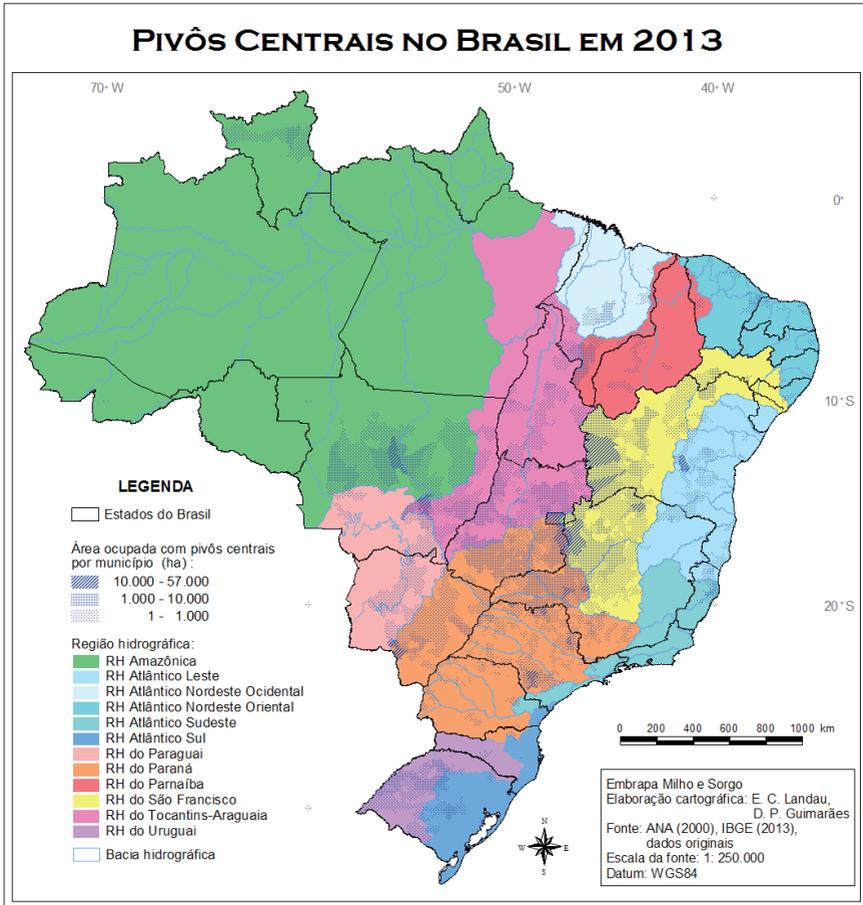


Figura 7. Localização geográfica dos pivôs centrais do Brasil em 2013 por região hidrográfica nacional.

Em relação ao relevo, a maioria dos pivôs ocorre sobre terrenos planos a suavemente ondulados (até 8% de declividade) (Figura 8). Declividades acima de 13% representam limitações para a mecanização na agricultura.

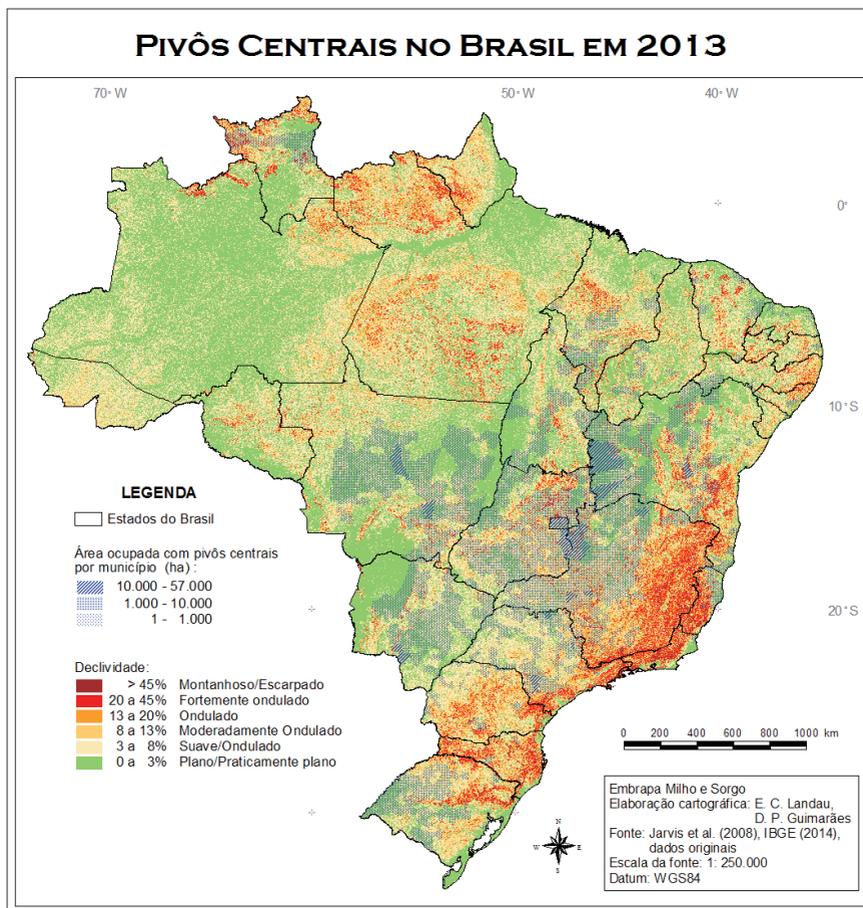


Figura 8. Características do relevo nos municípios de concentração de pivôs centrais no Brasil em 2013.

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 (2005), durante a segunda

metade do século XX, a população mundial dobrou no mesmo período em que o consumo de água quadruplicou. Segundo Müller (OECD, 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, em que 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 (OECD, 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 a 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 implicam 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 m³/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, deve ser tarefa coletiva, 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, implantação de 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 nº 9.433/97, 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 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 desta 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 deverá considerar 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 impulsionará 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.

A metodologia adotada permitiu a identificação de áreas irrigadas por pivôs centrais no Brasil, possibilitando a verificação de aumento de áreas irrigadas no país, bem como a localização geográfica dos equipamentos de irrigação instalados e tamanho de cada um. O mapeamento das áreas irrigadas deverá servir de base para o gerenciamento de bacias hidrográficas e formulação de políticas públicas, visando o uso eficiente das águas, considerando seus múltiplos usos no âmbito de cada bacia.

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 prevêem 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 país. 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 Brasil.

Agradecimentos

Agradecemos à Agência Nacional de Águas (ANA), à Embrapa Milho e Sorgo e aos graduandos Denise Luz de Souza, Pedro Arthur de Azevedo Lins e Thiago Júlio Tavares Motta pelo apoio dado para a realização deste trabalho.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **HidroWEB**: sistema de informações hidrológicas. 2000. Arquivos digitais. Bacias. 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; GUIMARAES, 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.

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>. Acesso em: 01 abr. 2013.

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://marte.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>. Acesso em: 01 abr. 2013.

BRASIL. Lei nº 9.433, 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>. Acesso em: 26 mar. 2013.

BRASIL. Lei Federal 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>. 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**, Brasília, DF, 28 maio 2012b. Disponível em: <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 em conflitos e uso sustentável dos recursos naturais. In: THEODORO, S. H. (Org.). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: 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.

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

GAMACHE, M. **Free and low cost datasets for international mountain cartography**. 2004. Disponível em: <http://www.icc.es/workshop/abstracts/ica_paper_web3.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2009.

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>. Acesso em: 30 mar. 2013.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ca/default.asp?o=2&i=P>>. Acesso em: 15 jun. 2011.

IBGE. **Malha municipal digital de 2013**. Rio de Janeiro, 2014.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; GUIMARAES, D. P.; HIRSCH, A.; PIMENTA, F. M. **Concentração geográfica de pivôs centrais no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 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_000fl7vsa7f02wyiv80isprr5frxoq4.pdf>. Acesso em: 10 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, janeiro-março, 2006.

OECD. **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.

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: 27mar. 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 Brasileira 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. 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>. Acesso em: 01 abr. 2013.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília: MMA: SRH: ABEAS-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>. Acesso em: 22 jun. 2014.

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.

