

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS IRRIGADAS POR PIVÔ CENTRAL NA SUB-BACIA TAMBAÚ-VERDE UTILIZANDO IMAGENS CCD/CBERS

**JANE MARIA DE CARVALHO SILVEIRA¹; SEBASTIÃO DE LIMA JÚNIOR²;
EMÍLIO SAKAI³; EDSON EIJI MATSURA⁴; REGINA CÉLIA DE MATOS PIRES⁵ E
AGMON MOREIRA ROCHA⁶**

¹Polo Nordeste Paulista/DDD/APTA. Av. Pres. Castelo Branco, s/n. Caixa Postal 58. CEP 13734-350, Mococa, SP. Fone (19) 3656-0200. E-mail: jane@apta.sp.gov.br

²Polo Nordeste Paulista/DDD/APTA. Av. Pres. Castelo Branco, s/n. Caixa Postal 58. CEP 13734-350, Mococa, SP. Fone (19) 3656-0200. E-mail: slimajr@apta.sp.gov.br

³IAC/APTA. Av.Theodoreto de Almeida Camargo, 1500. Caixa Postal 28. CEP 13001-970, Campinas, SP. Fone (19) 3202-1701. E-mail: emilio@iac.sp.gov.br

⁴Feagri/ UNICAMP. Av. Cândido Rondon, 501. CEP 13083-875, Campinas, SP. Fone (19) 3521-1023. E-mail: matsura@feagri.unicamp.br

⁵IAC/ APTA. Av.Theodoreto de Almeida Camargo, 1500. Caixa Postal 28. CEP 13001-970, Campinas, SP. Fone (19) 3202-1701. E-mail: rcmpires@iac.sp.gov.br

⁶Feagri/ UNICAMP. Av. Cândido Rondon, 501. CEP 13083-875, Campinas, SP. Fone (19) 3521-1114. E-mail: agmon@feagri.unicamp.br

1 RESUMO

O objetivo deste estudo foi identificar e quantificar as áreas irrigadas por pivô central nos municípios de Casa Branca, Itobi, Mococa, São José do Rio Pardo, Tambaú e Vargem Grande do Sul, pertencentes à bacia hidrográfica Tambaú-Verde, localizada na região Nordeste do Estado de São Paulo. A identificação das áreas irrigadas foi feita a partir de imagens do satélite CBERS 2. O mapeamento foi realizado através da identificação visual dos pivôs na imagem gerada pelo sensor CCD, órbita-ponto 155/124, data de aquisição 21/07/2007, resolução espacial de 20m e as bandas espectrais 2, 3 e 4. Adotou-se o sistema de coordenadas UTM e Datum SAD69, fuso 23Sul. A imagem permitiu mapear 420 equipamentos nas regiões de maior aglomeração, totalizando mais de 16 mil hectares irrigados na região, sendo que aproximadamente oito mil hectares irrigados localizam-se na sub-bacia Tambaú-Verde. O município de Casa Branca apresentou 188 pivôs centrais em nove mil hectares, ou seja, 11% da área territorial deste município são irrigadas por pivô central. A utilização de imagens do satélite CBERS associadas ao SIG mostraram-se ferramentas eficientes para mapear e monitorar áreas irrigadas por pivô central.

Palavras-chave: agricultura irrigada, geoprocessamento, Nordeste Paulista, sensoriamento remoto.

**SILVEIRA, J. M. de C.; LIMA JR, S.; SAKAI, E.; MATSURA, E. E.; PIRES, R. C. M.;
ROCHA, A. M.**

**IDENTIFICATION OF CENTER PIVOT IRRIGATED AREAS IN TAMBAÚ-VERDE
BASIN BY SENSOR CCD/CBERS**

2 ABSTRACT

The study aimed at identifying and quantifying center pivot irrigated areas in the cities of Casa Branca, Itobi, Mococa, São José do Rio Pardo, Tambaú and Vargem Grande do Sul, which belong to the Tambaú-Verde basin, located in the Northeastern region of São Paulo state. The identification of irrigated areas was performed based on images of the satellite CBERS 2. Mapping was carried out by visual identification of pivots and conversion of the targets of interest into vectors generated by the CCD image, 155/124 orbit-point, acquisition data in 07/21/2007, with space resolution of 20 m and spectral bands 2, 3 and 4. The UTM and SAD69 coordinate systems, spindle 23 South were adopted. The results showed 420 center pivots and the location of higher pivot groupings in each city, amounting to more than 16 thousand hectares of irrigated area. Approximately eight thousand hectares out of this total are located in the sub-basin Tambaú-Verde. Casa Branca city by itself has 188 pivots in more than 9 thousand hectares, which means that 11% of the territorial area of this city is irrigated by the center-pivot system. Images of the CBERS satellite associated with SIG proved to be efficient tools for mapping and monitoring center-pivot irrigated areas.

Keywords: irrigated agriculture, geoprocessing, northeast of São Paulo state, remote sensing.

3 INTRODUÇÃO

As estimativas de áreas irrigadas no Brasil por diferentes métodos, estados e regiões, apresentadas por Christofidis (2006), mostram que a área irrigada corresponde a 5,9% da área cultivada no Brasil, com destaque para as regiões Sudeste e Centro-Oeste em que há a predominância da irrigação por aspersão.

Segundo Sandri & Cortez (2009), a irrigação por pivô central se expandiu acentuadamente no Brasil nos últimos anos, mais notadamente nos estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Bahia, motivado pelas facilidades operacionais e 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.

Folegatti et al. (1998) atribuem a grande aceitação do pivô central às suas características que permitem a irrigação mecanizada de extensas áreas, mesmo com topografia irregular, facilidade de utilização de práticas de quimigação e estrutura que não interfere nas operações agrícolas.

De acordo com Queiroz et al. (2008), o pivô central é o sistema mais automatizado que existe no mercado, podendo essa automação variar desde um simples acessório a controladores que permitem o seu acionamento à distância por meio de ondas de rádio ou telefone celular.

O sistema de irrigação por pivô central tem proporcionado um significativo avanço da agricultura irrigada no Brasil. Com o desenvolvimento tecnológico industrial, houve na década de 80 e 90, maior crescimento deste sistema de irrigação, com vistas ao uso mais eficiente da água e da energia (Turco et al., 2009; Saraiva & Souza, 2012). Segundo King et al. (2009), grandes avanços nesses sistemas foram incorporados, a exemplo da possibilidade de aplicação independente de água e de defensivos.

Notadamente o município de Casa Branca e seus municípios vizinhos apresentam alto índice de irrigação por pivô central. De acordo com Silveira et al. (2010), há predominância nestas áreas irrigadas por pivô central com cultivo de hortaliças, principalmente, batata e

cebola, no período de março a outubro, intensificando o uso da irrigação por pivô central ao longo do ano agrícola, podendo chegar até três sucessões por ano.

Segundo Carvalho et al. (2005), o uso de informações geográficas na agricultura tem-se mostrado como ferramenta importante no planejamento de atividades, sendo possível criar de forma prática e menos onerosa, banco de dados e documentos cartográficos, como mapas temáticos, com as mais diversas informações que servirão de base para o bom planejamento de uma atividade.

O objetivo deste estudo foi identificar e quantificar através de imagens orbitais do satélite CBERS 2, as áreas irrigadas por pivô central na sub-bacia Tambaú-Verde, pertencente à Bacia do Pardo, na região nordeste do Estado de São Paulo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados na sub-bacia do Rio Tambaú - Rio Verde localizada no sul-sudeste da Bacia do Rio Pardo no Estado de São Paulo. Esta é composta por um pequeno trecho do Rio Pardo e pelos Rios Tambaú e Verde, afluentes da margem esquerda do Pardo. Os municípios que compõem esta sub-bacia são: Casa Branca, Itobi, Mococa, São José do Rio Pardo, Tambaú e Vargem Grande do Sul, onde a disponibilidade hídrica é bastante crítica, apresentando demanda de água maior do que 50% da $Q_{7,10}$ (Comitê da Bacia do Pardo, 2005). Isto significa que são áreas propensas a conflitos de uso de água.

O estudo abrangeu obtenção das imagens de satélite e a identificação dos alvos e quantificação da área irrigada. Para isto, as principais atividades desenvolvidas constaram da obtenção das bandas da imagem CCD/CBERS referente à área de estudo; seleção das bandas; classificação e composição da imagem; identificação das áreas irrigadas por pivô na imagem; quantificação de área irrigada e delimitação da sub-bacia. As imagens orbitais utilizadas foram cenas do satélite CBERS-2 sensor CCD, órbita-ponto 155/124, adquiridas gratuitamente pela internet, mediante efetivação de cadastro eletrônico na homepage do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2008). Cabe mencionar que a órbita-ponto 155/124 foi suficiente para abranger toda a área da sub-bacia. A cena da imagem de 21/07/2007 apresentou ausência de cobertura de nuvens.

Foram utilizadas para composição da imagem as bandas (ou faixas) espectrais 2, 3 e 4, correspondentes aos comprimentos de ondas do visível verde, vermelho e infravermelho próximo, respectivamente. O primeiro passo foi gerar uma imagem composta pelas bandas 2, 3 e 4 da cena 155/124 do satélite CBERS-2. Nesta composição RGB 432, os alvos foram classificados de acordo com suas cores, segundo os seus respectivos comportamentos espectrais, sendo: vegetação – tonalidades de cor vermelha; corpos d'água – tonalidades de azul escuro e preto; solos expostos – tonalidades de azul e ciano; culturais anuais – tonalidades de laranjas.

Em seguida, a cena foi recortada usando como limite os vetores dos municípios. Foi utilizado o arquivo vetorial da malha Municipal Brasileira de 2001 disponibilizada pelo IBGE, obtendo-se uma nova imagem, composta e limitada à área de estudo, tornando-se a base do levantamento. A característica circular e semicircular das áreas irrigadas por pivô central facilitou a delimitação com rapidez e precisão desses equipamentos de irrigação na imagem, sendo possível identificá-los e vetorizá-los. Na vetorização dos pivôs, via observação direta na imagem, criou-se um novo arquivo vetorial, do tipo polígonos para armazenamento dos vetores dos pivôs. A identificação e a delimitação de equipamentos de

pivô central na imagem foram realizadas na área territorial total compreendida pelos municípios que compõem a sub-bacia.

Na base de dados foi feita a quantificação de área irrigada de cada vetor e a contagem do número de pivôs em cada município, possibilitando obter assim a área irrigada de cada município. Em seguida, procedeu-se um novo recorte na imagem utilizando o vetor limite da sub-bacia, resultando assim na identificação e quantificação de pivôs centrais na sub-bacia Tambaú-Verde, acompanhada pelo respectivo banco de dados.

Após o mapeamento dos pivôs na sub-bacia via imagem, foi realizado um levantamento de coordenadas geográficas na base de alguns pivôs, utilizando um receptor de GPS (Global Position System) da marca Garmin, através de visitas nas áreas irrigadas dos dois eixos principais de irrigação da sub-bacia, visando obter as coordenadas geográficas da base de pivôs para constatação *in locu* do equipamento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas circulares (Figura 1) correspondem às áreas irrigadas por pivô central. Notam-se dois eixos com maior incidência de pivôs, um à direita que vai de Vargem Grande do Sul- Itobi - Casa Branca - São José do Rio Pardo e outro à esquerda, concentrado as margens do Rio Congonhas, no município de Casa Branca. Pela imagem do satélite foram registrados 420 pivôs centrais na área total que engloba os municípios de Casa Branca, Itobi, Mococa, São José do Rio Pardo, Tambaú e Vargem Grande do Sul. Estes resultados corroboram com os apresentados por Schmidt et al. (2004), que mapearam no Estado de São Paulo 1.305 conjuntos de irrigação por pivô central, destes mais de 380 localizados na região de Casa Branca. Pode-se, portanto, inferir que houve um crescimento da ordem de 10% no número de equipamentos de pivô central entre o ano de 2003 e 2007.

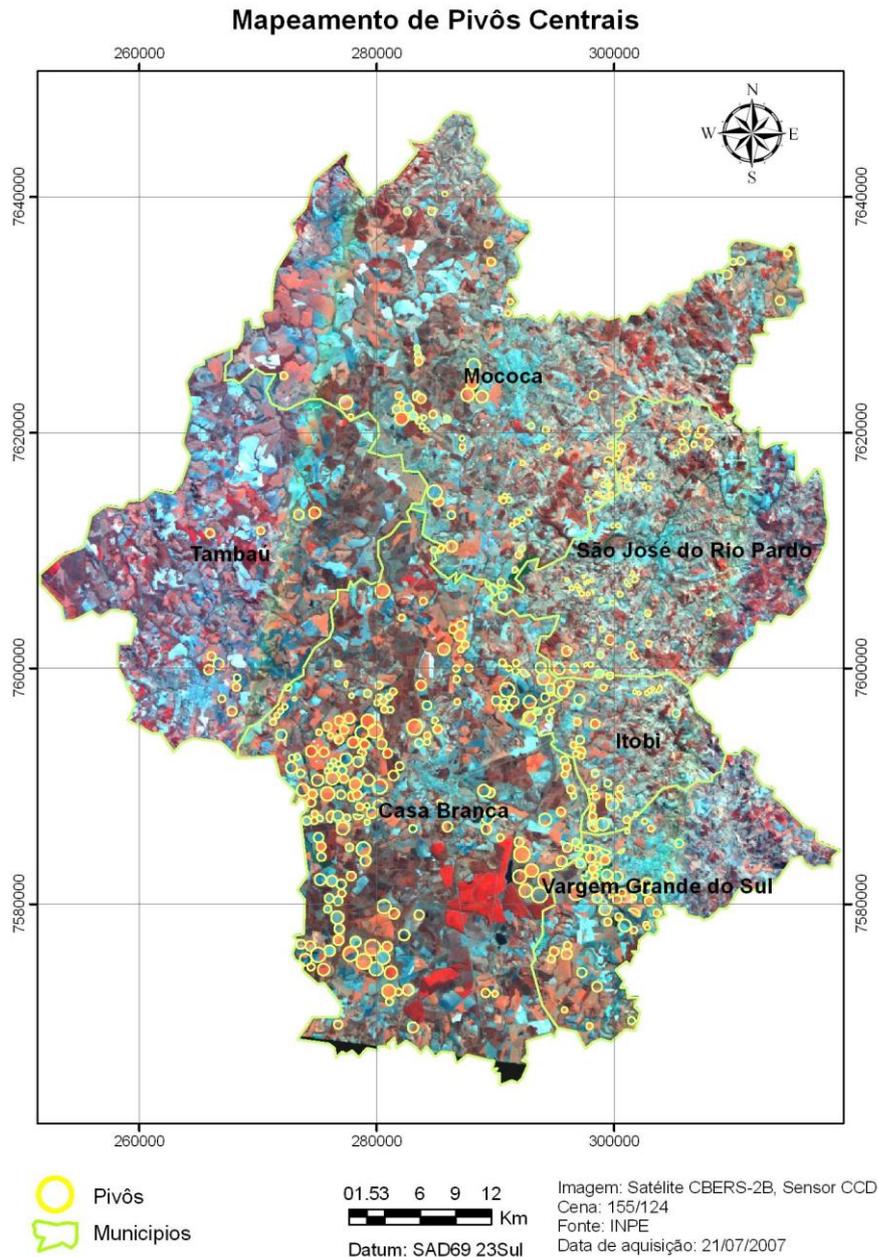


Figura 1. Áreas irrigadas por pivô central nos municípios de Casa Branca, Itobi, Mococa, São José do Rio Pardo, Tambaú e Vargem Grande do Sul obtidas a partir da cena CCD/CBERS-2 de 21/07/2007 – RGB 432.

A sub-bacia Tambaú-Verde possui 126.916 ha (Figura 2) e o município de Casa Branca ocupa mais de 45.000 ha, ou seja, 36% da área territorial deste município pertencem à bacia Tambaú-Verde. O município de Itobi encontra-se totalmente inserido na sub-bacia com uma área de 13.844 ha.

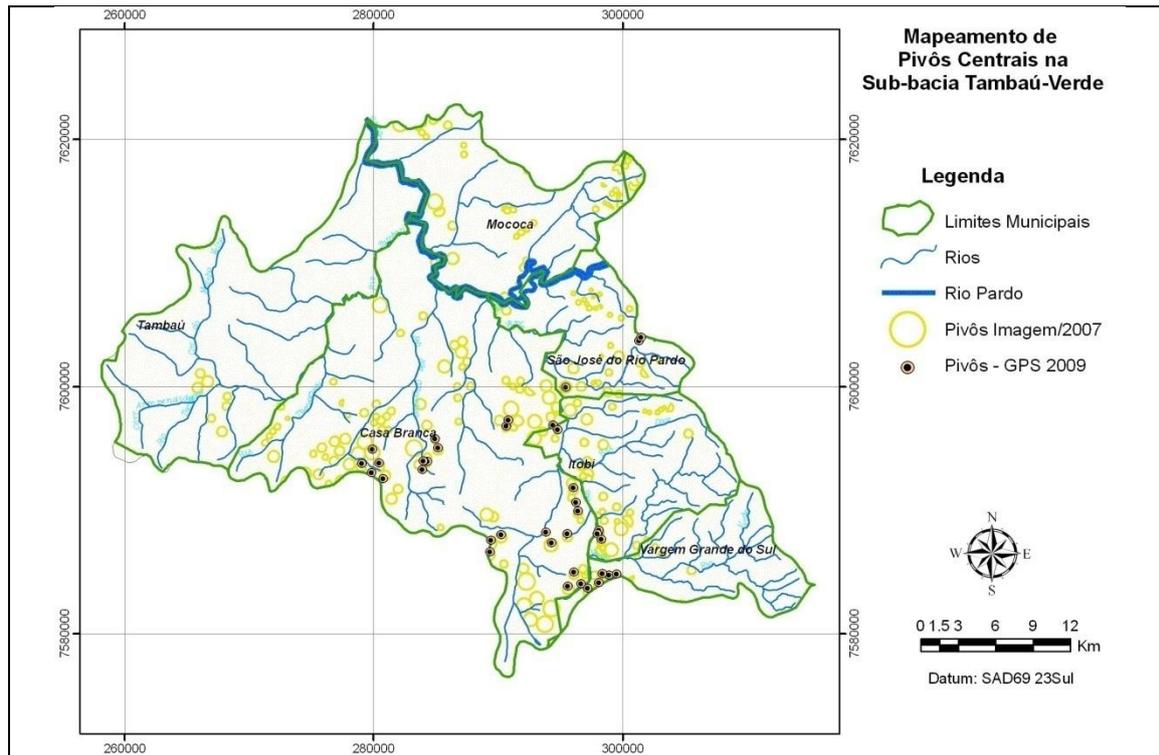


Figura 2. Vista geral dos pivôs centrais na sub-bacia Tambaú-Verde.

Os pivôs mapeados com auxílio da imagem do satélite se distribuem em toda sub-bacia, destacando dois eixos de maior aglomeração destes equipamentos, os quais foram utilizados nos levantamentos das coordenadas geográficas da base de pivôs em 2009 com auxílio de um GPS. No eixo Vargem Grande do Sul, Itobi, São José do Rio Pardo constatou-se que dos 25 equipamentos observados, 21 estavam na mesma posição das áreas mapeadas com auxílio da imagem de satélite capturada em 2007. Apenas quatro equipamentos mudaram de posição ou foram adquiridos após o ano de 2007. Fato semelhante foi observado às margens do Rio Congonhas (eixo à esquerda), onde a maioria das coordenadas manteve proximidade com as áreas mapeadas pela imagem de satélite. Desta forma, constatou-se que a maioria dos equipamentos exibidos na imagem de satélite de julho de 2007 encontra-se na mesma posição no ano de 2009. Nos demais, as coordenadas ficaram próximas aos alvos exibidos na imagem, podendo indicar um rodízio de área irrigada nas proximidades da base. Isto é factível, pois cultivos de olerícolas (batata, cebola) em anos consecutivos exigem mudança de área visando evitar problemas de doenças e nematóides.

Em ordem decrescente, o número de equipamentos mapeados foi de 188, 75, 58, 49, 39 e 11, para os municípios de Casa Branca, Mococa, São José do Rio Pardo, Vargem Grande do Sul, Itobi e Tambaú, respectivamente. Ao passo que na bacia Tambaú-Verde encontram-se: 110 em Casa Branca, 39 em Itobi, 38 em Mococa, 35 em São José do Rio Pardo, 8 em Tambaú e 11 em Vargem Grande do Sul (Figura 3). Isto significa que 57% dos pivôs identificados e mapeados na imagem estão dentro da sub-bacia.

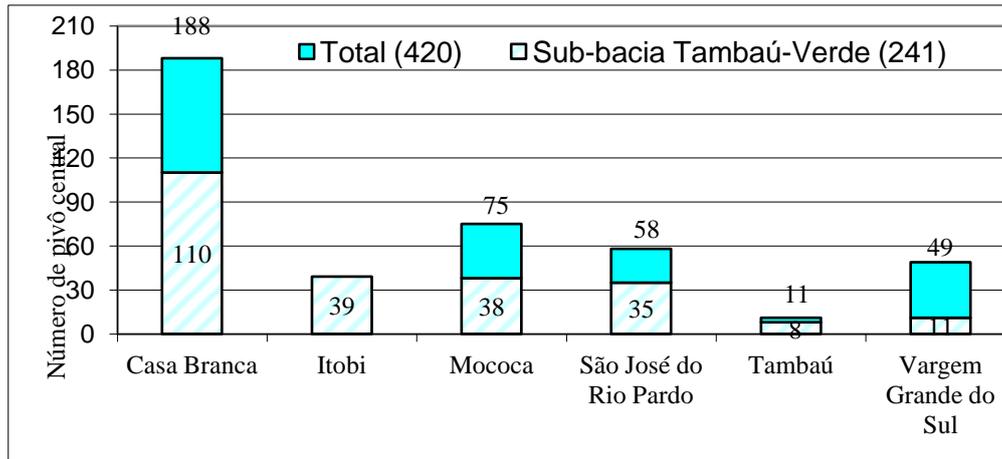


Figura 3. Número de pivôs mapeados por município e na sub-bacia Tambaú-Verde.

É oportuno mencionar que a unidade principal deste estudo foi uma pequena bacia hidrográfica, pois, constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, constituindo-se em uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização (Lessa et al., 2012). Entretanto, poucos trabalhos utilizam a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e estudos, além disso, a maioria dos censos e dados de áreas irrigadas disponíveis encontra-se em unidade territorial municipal.

A área total irrigada por pivô central nos seis municípios da sub-bacia é de 16.451,5 ha, sendo 7.822 ha na sub-bacia (Tabela 1). A população dos seis municípios é 222.931 habitantes. Segundo Christofidis (2006), o indicador mundial de superfície anual irrigada per capita, apresentava-se no patamar de $463 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$, tendo ocorrido no final do século XX uma redução para o valor de $453 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$. Neste sentido, ter-se-á para os municípios que compõem a sub-bacia, um valor de $737,9 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$, índice expressivo e superior ao indicador mundial que é de $453 \text{ m}^2 \text{ hab}^{-1}$. Vale ressaltar que neste índice foi considerado apenas o sistema de irrigação por pivô central, mas existem outros sistemas de irrigação na região que não foram mapeados neste estudo.

Tabela 1. Área territorial e área irrigada para os municípios que compõem a sub-bacia Tambaú-Verde

| Município | Área territorial total (ha) | Área do município na sub-bacia (ha) | Área irrigada por pivô central no município (ha) | Área irrigada por pivô central na sub-bacia (ha) |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|--|
| Casa Branca | 86.369,0 | 45.986,0 | 9.453,1 | 4.626,4 |
| Itobi | 13.844,0 | 13.844,0 | 1.169,9 | 1.169,9 |
| Mococa | 85.594,0 | 17.170,0 | 2.213,6 | 788,8 |
| São José do Rio Pardo | 41.924,0 | 10.423,0 | 1.186,1 | 687,7 |
| Tambaú | 56.361,0 | 29.352,0 | 490,1 | 297,6 |
| Vargem Grande do Sul | 26.852,0 | 10.141,0 | 1.938,7 | 251,6 |
| Total | 310.944,0 | 126.916,0 | 16.451,5 | 7.822,0 |

Em média, a sub-bacia possui 6,2% de área territorial sendo irrigada por pivô central, com destaque para o município de Casa Branca cujo índice é de mais de 10%. Tais índices são muito superiores aos percentuais apresentados por Christofidis (2006), em que média brasileira é de 5,89% hectares irrigados para cada hectare de área plantada.

Os resultados mostram a importância do sistema de irrigação por pivô central para a região com subsídios para o planejamento da irrigação visando reduzir o requerimento de água e maximizar os benefícios da irrigação (Carvalho et al., 2005). Todavia, novos estudos deverão ser realizados visando avaliar a interação de fatores climáticos, requerimento de culturas e preferência dos produtores por este método.

6 CONCLUSÕES

1. As cenas do satélite CBERS-2 sensor CCD foram apropriadas para identificação dos alvos (pivôs centrais) na imagem, denotando que o sensoriamento remoto é uma ferramenta alternativa para mapeamento e monitoramento de áreas irrigadas por pivô central.
2. A sub-bacia Tambaú-Verde apresenta alto índice de irrigação por pivô central, onde mais de 6% da área territorial é irrigada por pivô central.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, D. F. et al. Estimativa do custo de implantação da agricultura irrigada, utilizando o sistema de informação geográfica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p. 395-408, 2005.
- COMITÊ DA BACIA DO PARDO. Deliberação 009, de 2005, declara crítica a Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Congonhas, afluente da margem esquerda do Rio Pardo, localizada na região de Casa Branca, São Paulo, SP, Brasil. Ribeirão Preto, 2005. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/DELIBERACAO/CRH/CBH-PARDO/1718/009%20declara%20critica%20a%20bacia%20do%20ribeirao%20das%20congonhas.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2007.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. CBERS-2. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/en/index_en.htm/>. Acesso em: 29 abr. 2008.
- CHRISTOFIDIS, D. Recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na irrigação. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, v. 69/70, n.1-2, p.87-97, 2006.
- FOLEGATTI, M. V.; PESSOA, P.C.S.; PAZ, V.P.S. Avaliação do desempenho de um pivô central de grande porte e baixa pressão. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55,n.1, p. 119-127, 1998.
- KING, B. A.; WALL, R. W.; KARSKY, T. F. Center-pivot irrigation system for independent site-specific management of water and chemical application. **Applied Engineering in Agriculture**, v.25, n.2, p.187-198, 2009.

LESSA, L. G. F. et al. Análise espacial do conteúdo de água da bacia hidrográfica do Rio Pardo. **Irriga**, Botucatu, v.17, n.3, p. 376-386, 2012.

QUEIROZ, T. M.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Desenvolvimento de software e hardware para irrigação de precisão usando pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n.1, p. 44-54, 2008.

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

SARAIVA, K.; SOUZA, F. Estatísticas sobre irrigação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil segundo o censo agropecuário 2005-2006. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n.2, p. 168-176, 2012.

SCHMIDT, W. et al. 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.

SILVEIRA, J. M. C. et al. Identificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens CCD/CBERS. In: CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 9, 2010. Vitória/ES. **Anais...** Jaboticabal: Sbea, 2010.1 CD-ROM.

TURCO, J. E. P.; PIZZATTI, G. S.; PAVANI, L. C. Custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, afetado pelo manejo da irrigação e sistemas de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n.2, p. 311-320, 2009.