

Monitoramento da agricultura irrigada em tempo real

Daniel Pereira Guimarães¹
Elena Charlotte Landau¹

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Milho e Sorgo
Caixa Postal 151 - 35701-970, Sete Lagoas - MG, Brasil
{ daniel.guimaraes, charlotte.landau }@embrapa.br

Abstract. This paper presents the integration of geo-technologies for irrigated areas monitoring in real time, and includes the integration of the Landsat 8 satellite images, with a resolution of 15 meters, and shaded relief, for the identification of irrigation equipments, using the *Google Earth* platform to delimitation of center pivots, and the time series of the Modis satellite images from 2013 and 2014 to define the status of use of these areas. The results showed a strong increase of irrigated areas in the region, the highest concentration of irrigation areas occur in the dry months of May and June, and the strong impact of the drought on the use of these systems, in 2014. Despite the number of devices installed in the basin can reach a capacity irrigation of more than one hundred thousand hectares, when considering the maximum irrigates area per month, we observed that the maximum effective irrigation in the basin was less than that stipulated by the regulatory framework established by the National Water Agency – ANA, confirming the potential of this methodology for monitoring irrigated areas in real time.

Palavras-chave: remote sensing, image mosaic, irrigated areas, time series; sensoriamento remoto, processamento de imagens, series temporais.

1. Introdução

As sucessivas quebras de recorde nas safras agrícolas brasileiras demonstram a importância do agronegócio para a economia brasileira. Nesse setor, a agricultura irrigada cresce a taxas elevadas. Os sistemas irrigados permitem a produção de três safras agrícolas por ano (safra, safrinha e safra de inverno) e apresentam enormes vantagens comparativas com os cultivos de sequeiro: altas produtividades, melhor uso do solo, maior qualidade e diversidade de produção, redução dos riscos de perdas na lavoura, menor dependência das condições climáticas, redução da pressão sobre a expansão da fronteira agrícola, geração de empregos qualificados e outras. Além das culturas tradicionais como soja e milho que são cultivadas no verão, a agricultura irrigada contribui para grande parte da produção nacional de feijão, trigo, tomate, batata, cenoura e alho. Desse modo, a agricultura irrigada se apresenta como alternativa viável para garantir a segurança alimentar da humanidade.

A área irrigada no Brasil é de cerca de 6 milhões de hectares e muito inferior às de outros países como Índia (66 milhões), China (63), Estados Unidos (27) e Paquistão (20). A política oficial do governo brasileiro prevê dobrar a área irrigada do país nos próximos 5 anos, de forma a consolidar o país como grande produtor mundial de alimentos. Dentre os sistemas de irrigação existentes, a agricultura empresarial tem adotado o sistema de pivô central em função da capacidade de irrigar grandes áreas.

Os grandes benefícios advindos com a prática da agricultura irrigada devem ser contrapostos ao enorme consumo de água demandado pelos sistemas irrigados que consomem cerca de 70% das águas derivadas de rios, lagos e aquíferos, demandando um gerenciamento eficiente para evitar impactos ambientais e conflitos pelo uso da água, especialmente em anos de forte estiagem como 2014, onde a escassez hídrica impactou as demandas para uso humano, geração de energia, produção agrícola, navegação e transporte hidroviário. No caso brasileiro, a situação torna-se mais complexa em função da forte dependência dos recursos

hídricos para a geração de energia elétrica, e a espacialização das áreas irrigadas mostra claramente a tendência de concentração em regiões de fortes riscos de conflito pelo uso da água para a geração de energia e abastecimento humano, como nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Paranaíba e Paranapanema.

As fortes estiagens, que recentemente se abateram sobre as regiões Nordeste, Sudeste e Centro Oeste, indicam claramente a necessidade de gerenciamento dos recursos hídricos para evitar futuros colapsos no abastecimento de água para seus diversos usos. Na área agrícola, o primeiro passo é identificar as fontes de uso e caracterizar a demanda hídrica. O atendimento dessas demandas e a garantia de suprimento de água pelos futuros empreendimentos dependem da tomada de medidas que visem o ordenamento do uso da água.

Este trabalho apresenta uma proposição metodológica para a identificação das áreas irrigadas por pivôs centrais e suas condições de uso em tempo real, com o uso de geotecnologias. A bacia hidrográfica do Rio São Marcos, área de maior concentração de áreas com agricultura irrigada do Brasil, foi usada como exemplo demonstrativo. Ocupa áreas dos estados de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal e constitui área modelo para o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil. O município de Cristalina, no Estado de Goiás, possui a maior concentração de áreas irrigadas por pivôs centrais da América Latina (80,03% da área do município).

2. Metodologia de Trabalho

A delimitação da bacia hidrográfica do Rio São Marcos foi realizada a partir do MDE (modelo de elevação digital de terreno) versão SRTM- 4, disponibilizado pelo Consórcio para Informações Espaciais CGIAR-CSI, contendo as correções de distorções conforme os procedimentos descritos por Gamache (2004) no site de download: <http://srtm.csi.cgiar.org>. As melhorias da versão 4 incluem a correção de falhas amostrais (*void filled*), o uso de interpoladores eficientes e DEM's auxiliares. As análises basearam-se na aplicação do método TauDEM (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*) proposto por Tarboton (1997) e incorporado como *plugin* no software livre MapWindow (www.mapwindow.org), para determinação das áreas de contribuição (*Contributing Area*) e definição da rede de drenagem de acordo com a metodologia proposta por Strahler (1952). A conversão dos formatos grid para shapefiles representativas das bacias e redes hidrográficas foi também efetuada pelo uso do software MapWindow.

O georreferenciamento dos equipamentos de irrigação instalados na bacia do Rio São Marcos baseou-se na metodologia proposta por Guimarães et al. (2012):

- Geração de mosaicos de imagens de satélite Landsat 8 referentes aos anos de 2013 e 2014 a partir das imagens correspondentes às órbita/ponto 220/71, 220/72, 220/73, 221/71 e 221/72 obtidas no mês de setembro de 2013 e 2014. O realce das áreas-alvo foi efetuado pela inclusão da banda PAN (15 m de resolução) como sombra de relevo da imagem em cor natural obtida pela combinação das bandas 6, 5 e 4. A formação dos mosaicos incluiu também a equalização de cores e recorte dos limites da bacia hidrográfica.
- Conversão do mosaico para o formato kmz (*keyhole Markup Language*), para visualização e delimitação dos pivôs centrais usando o marcador de polígonos da plataforma *Google Earth*.
- Estimativa das dimensões dos pivôs de irrigação com o uso do software livre *MapWindow*.

A determinação da condição de uso dos pivôs centrais (inativo ou em produção) foi feita usando séries temporais de máximo NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) do Modis obtidas pela reflectância das bandas 1 (vermelho) e 2 (infra-vermelho próximo) em períodos de 16 dias. A combinação de imagens do LPDAAC da NASA (*Land Processes Distributed Active Archive Center*) MOD13Q1 e MYD13Q1 permite a obtenção de máximo

NDVI em intervalos de 8 dias. As áreas dos pivôs com NDVI superiores a 0,7 foram consideradas como plantadas sob o regime de irrigação. Tendo em vista o regime pluviométrico da região, optou-se por proceder às análises durante o período de estiagem, entre os meses de fevereiro e outubro. Metodologias similares foram usadas por Xiao et al. (2005) para mapear áreas irrigadas de arroz na China. Wardlow et al. (2008) demonstraram a eficiência dos índices NDVI do Modis para detectar assinaturas espectrais em diferentes culturas na região das Grandes Planícies nos Estados Unidos. No Brasil, o projeto CanaSat baseia-se no uso de imagens dos satélites Landsat e Modis para o monitoramento da cana-de-açúcar (Picoli et al. 2009 e Aguiar et al. 2011).

3. Resultados e Discussão.

A bacia hidrográfica do Rio São Marcos, com base na delimitação feita pela metodologia empregada, tem uma área de 121.396 hectares. A área irrigada vem sofrendo forte crescimento, tendo passado de 87.678 ha (1.005 pivôs) em 2013 para 100.363 ha (1.179 pivôs centrais) em 2014. A recente instalação de duas novas represas para a geração de energia (Serra do Facão e Batalha) dão a dimensão dos riscos de conflitos pelo uso da água nessa região. Para a diminuição dos riscos de conflitos pelo uso da água na bacia, a Agência Nacional de Águas (ANA) instituiu o marco regulatório do uso da água, onde o volume outorgado para a irrigação agrícola foi estipulado em 8,6 m³/s, suficiente para a irrigação de 63.500 hectares, ou seja, cerca de 60% da capacidade instalada em 2014.

A Figura 1 exemplifica o uso da banda PAN na forma de sombra de relevo para o reconhecimento no campo dos pivôs de irrigação. A Figura 2 mostra a alteração no número de pivôs entre os anos de 2013 e 2014. Os resultados mostram que não houve uma tendência definida de crescimento relacionada com a dimensão dos equipamentos. A Figura 3 apresenta os mosaicos de imagens Landsat 8 e a distribuição geográfica dos pivôs centrais em 2013 e 2014, evidenciando a alta concentração desses equipamentos de irrigação nas cabeceiras dos tributários do Rio São Marcos.

A Figura 4 apresenta a sobreposição dos equipamentos de irrigação na imagem MOD13Q1 do satélite Modis da bacia do Rio São Marcos e exemplifica um detalhe evidenciando pivôs ativos (verde = NDVI > 0,7), inativos (alaranjado = NDVI < 0,7) e parcialmente plantados. O reconhecimento dos padrões e conversão para atributo da shapefile serviu como base para o monitoramento temporal da agricultura irrigada na bacia nos anos de 2013 e 2014.



Figura 1. Imagem Landsat 8, combinação de bandas 6,5,4 (cor natural) e a banda 8 (PAN) como sombra de relevo para realce dos objetos alvo.

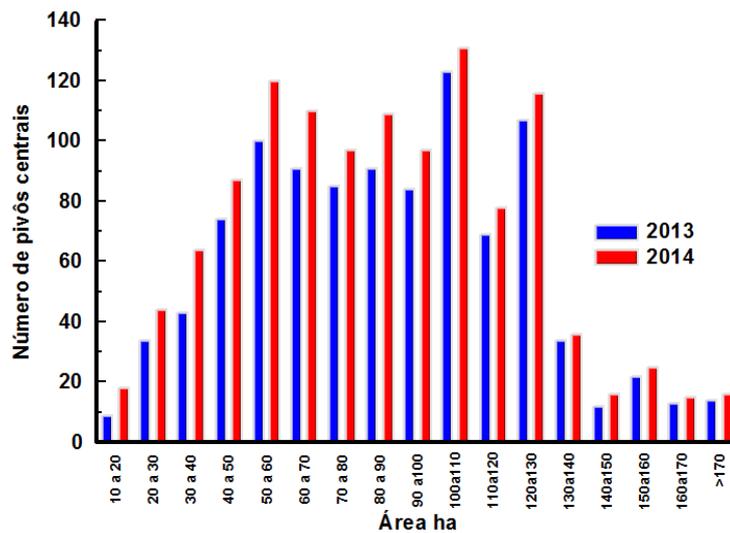


Figura 2. Variação por classe de tamanho do número de pivôs centrais de irrigação na bacia do Rio São Marcos entre os anos de 2013 e 2014.



Figura 3. Mosaicos de imagens de satélite Landsat 8 e distribuição dos pivôs centrais na bacia do Rio São Marcos em 2013 e 2014.

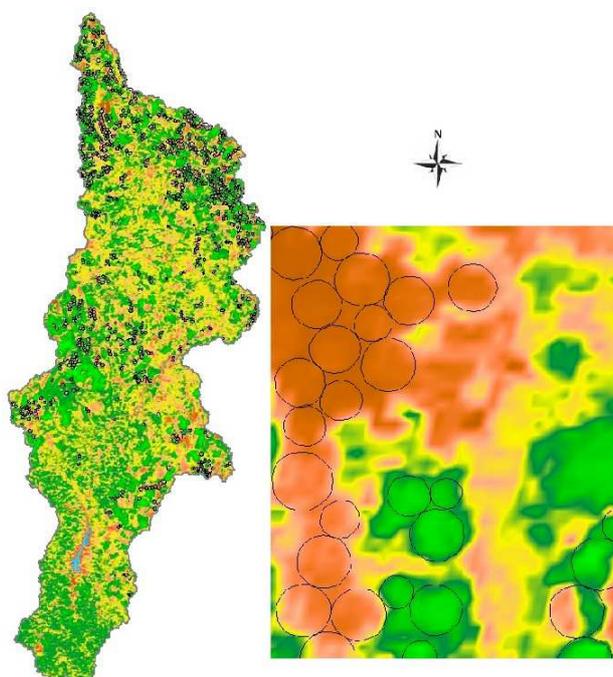


Figura 4. Imagem NDVI do Modis e a sobreposição dos pivôs centrais na bacia do Rio São Marcos, evidenciando a condição de uso dos equipamentos de irrigação.

A Figura 5 apresenta as alterações na área plantada, ciclo de plantio e número de pivôs ativos em 2013 e 2014 na bacia do Rio São Marcos. Os resultados mostram um maior número de equipamentos em pousio (inativos) no ano de 2014 e o mesmo ocorre em relação ao número de cultivos efetuados anualmente sendo que em 2013 a maioria dos pivôs recebeu cultivos por duas vezes durante o período de estiagem enquanto em 2014 os produtores optaram predominantemente em fazer apenas um cultivo. Esses resultados refletem a tomada de decisão, tendo como base o forte período de estiagem no ano de 2014, especialmente no segundo semestre, onde o uso da irrigação foi bastante suprimido. No entanto, observa-se que apesar da significativa redução do número de pivôs ativos ou com apenas um ciclo de cultivo no ano de 2014, a área irrigada teve pequena redução, indicando que os equipamentos de grande porte tiveram dois ciclos de cultivo nesse período.

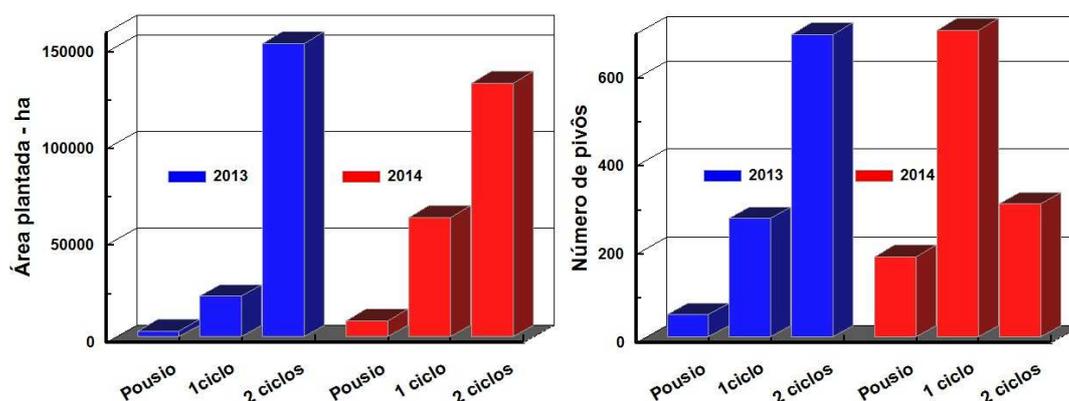


Figura 5. Condição de uso dos equipamentos de irrigação na bacia do Rio São Marcos nos anos de 2013 e 2014.

A Figura 6 mostra a variação temporal das áreas irrigadas por pivôs centrais na bacia do Rio São Marcos entre os anos de 2013 e 2014. Os resultados indicam uma maior concentração de área irrigada nos meses de maio e junho, o aumento da área irrigada no primeiro semestre de 2014 e a forte queda no segundo semestre em função da estiagem.

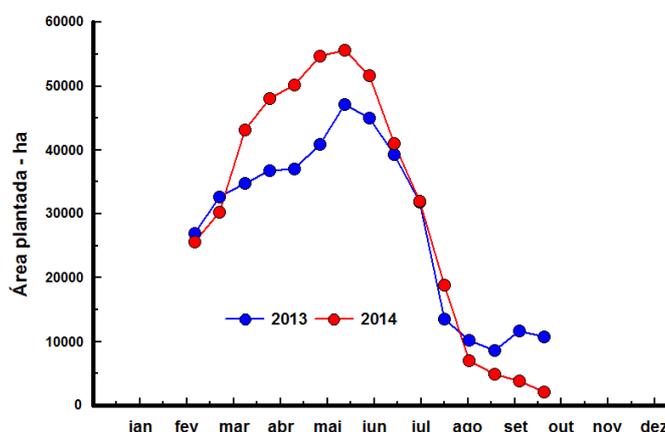


Figura 6. Variação temporal das áreas irrigadas por pivôs centrais na bacia do Rio São Marcos entre os anos de 2013 e 2014.

Verifica-se que, embora a área irrigável por pivôs centrais na bacia do Rio São Marcos em 2014 corresponda a mais de 100 mil hectares em função da capacidade dos equipamentos instalados, o máximo de área efetivamente irrigada foi inferior a 60 mil hectares e, portanto, abaixo do limite estabelecido pela Agência Nacional de Águas de 63.500 hectares, pactuado com os irrigantes da bacia.

4. Conclusões.

- A bacia hidrográfica do Rio São Marcos apresenta alta concentração e forte expansão das áreas irrigadas por pivôs centrais.
- O uso de imagens de satélite Landsat 8 com a inclusão da banda PAN na forma de sombra de relevo permite identificar os equipamentos de irrigação por pivôs centrais.
- A sobreposição das imagens de satélite na plataforma Google Earth facilita a identificação e delimitação das áreas de irrigação por pivôs centrais.
- O uso das séries temporais de imagens Modis NDVI permite quantificar as áreas irrigadas ao longo do tempo.
- Na bacia hidrográfica do Rio São Marcos, o uso de irrigação por pivôs centrais tende a ser mais intenso nos meses de maio e junho.
- A forte estiagem ocorrida no ano de 2014 causou impacto na quantidade de pivôs com dois ciclos de produção no período de estiagem, porém, o impacto na área plantada foi menor em função do uso de equipamentos de grande porte.
- As áreas irrigadas por pivôs centrais na bacia hidrográfica do Rio São Marcos em 2013 e 2014 foram inferiores às definidas pelo marco regulatório instituído pela Agência Nacional de Águas.

Agradecimentos

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

Referências Bibliográficas

- Aguiar, D. A.; Rudorff, B. F. T.; Silva, W. F.; Adami, M.; Mello, M. P. Remote Sensing Images in Support of Environmental Protocol: Monitoring the Sugarcane Harvest in São Paulo State, Brazil. **Remote Sensing**. 2011; 3(12):2682-2703.
- Gamache, M. (2004). Free and Low Cost Datasets for International Mountain Cartography, http://www.icc.es/workshop/abstracts/ica_paper_web3.pdf.
- Picoli, M. C. A.; Rudorff, B. F.; Rizzi, R.; Giarola, A. Índice de vegetação do sensor MODIS na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, 2009.
- Rudorff, B. F. T.; Aguiar, D. A.; Silva, W. F.; Sugawara, L. M.; Adami, M.; Moreira, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**. 2010; 2(4):1057-1076.
- Silva, B. S. G. "Delimitação automática de bacias usando o programa TauDEM/Mapwindow." *Nota Técnica, São José dos Campos, INPE-10435-NTC/360* (2003).
- Strahler, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, **Geological Society American Bulletin**, 63: 1117-1142. 1952.
- Tarboton, D. G. Taudem 5.0. Watershed Delineation Using Taudem, A tutorial for using TauDEM to delineate a single watershed, Utah State University, 2011.
- Xiao, X.; Boles, S.; Frohling, S.; Li, C.; Babu, J. Y.; Salas, W.; Moore, B. Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images. **Remote Sensing of Environment**, Volume 95, Issue 4, 30 April 2005, p. 480–492.
- Wardlow, B. D.; Egbert, S. L.; Kastens, J. H. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the US Central Great Plains. **Remote Sensing of Environment**, 112(3), 1096-1116, 2008.