

Técnica de Fusão de Imagens para Facilitar a Detecção de Áreas Canavieiras em Incompatibilidade Ambiental

Maikon R. de Novaes¹, Bernardo T. F. Rudorff¹, Edison Crepani¹
Luciana Miura Sugawara¹

¹Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil

{maikon,bernardo,crepani,lmiura}@dsr.inpe.br

Abstract: *The purpose of this paper is to develop a methodology based on the techniques of GIS and remote sensing as the fusion techniques of images to identify cane crops in APP in the São Paulo state. For such images were used pancromatic the HRC (High Resolution Camera) and multispectral CCD (Charge Coupled Device) data. The intersection between APP and Sugarcane crop maps, combined with a careful visual interpretation with the aid of the fusion image, resulting in the areas of legal conflict. In the study area was found 9,840 hectares of APP in 996,100 hectares of sugarcane crop of which 60 hectares have found themselves in legal incompatibility environment. Fusion images technique allowed sugarcane crops identification as well as the detailed layout of the drainage network in the next scale 1:10.000.*

1. Introdução

As Áreas de Preservação Permanente são definidas por lei como áreas protegidas com a função ambiental de preservar os recursos naturais. Com isto os direitos de propriedade devem ser exercidos em conformidade com as limitações que a legislação em geral, e especialmente a Lei nº. 4.771 de 15 de setembro de 1965, estabelecem no Código Florestal.

Considerando a necessidade de regulamentar o Art. 2º da referida Lei foram elaboradas as resoluções CONAMA nº 302 (reservatórios artificiais) e nº 303 (cursos d'água e nascente). Embora estas resoluções estabeleçam os parâmetros, as definições e os limites das APP não se dispõem atualmente de mapas que adequadamente representem estes espaços territoriais protegidos tampouco o uso e ocupação no entorno dos reservatórios artificiais, dos cursos d'água e das nascentes.

As imagens de sensoriamento remoto têm ampliado bastante o horizonte de suas aplicações nos últimos anos devido à melhor qualidade e maior disponibilidade das imagens permitindo observar a superfície terrestre com maior detalhe e maior frequência. A integração destas imagens com outras fontes de dados espaciais em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Banco de Dados Geográficos (BDG) ampliaram significativamente o leque de possibilidades de análises espaciais de dados da superfície terrestre.

A fim de facilitar a extração de dados de imagens orbitais pelos usuários pode-se contar com diversas técnicas de processamento de digital de imagens, isto é, a análise e o

tratamento de imagens por computador. Uma destas técnicas amplamente utilizadas é a fusão de imagens. Esta consiste em unir a informação de bandas multiespectrais de diferentes faixas de comprimento de onda com a melhor resolução espacial presente nas bandas pancromáticas dos sensores (Schowengerdt, 2007) a fim que os alvos terrestres sejam mais distinguíveis pelo olho humano, possibilitando extrair informações em escalas maiores de trabalho.

Diante de novos lançamentos de satélite, avanços na tecnologia de sensores orbitais e crescente disponibilidade de imagens de satélite de alta resolução espacial para uso civil surgem novas possibilidades de usar técnicas de processamento digital de imagens e geoprocessamento a fim de identificar áreas de preservação permanente dispostas na legislação ambiental, bem como o seu uso presente.

Neste sentido o presente trabalho tem por objetivo utilizar as mais recentes geotecnologias disponíveis para gerar um mapa das Áreas de Preservação Permanente de cursos d'água e identificar a incompatibilidade legal da ocupação destas APP com o cultivo de cana em uma área piloto situada no norte do Estado de São Paulo. Devido à indisponibilidade de uma base vetorial de hidrografia em escala próxima a 1:10.000, buscar-se-á, neste trabalho, extrair uma rede de drenagem em escala equivalente de detalhes.

2. Material Utilizado

Para este trabalho foi utilizada uma imagem adquirida pelo sensor CCD – órbita/ponto 158/123 e duas do sensor de alta resolução HRC – sub-órbita/ponto 158_C/128_1 e 158_C/128_2 correspondendo à data de 28 de junho de 2008.

Além destas foram adquiridas uma imagem Landsat-7/ETM+ Geocover (NASA, 2000)¹, georeferenciada, que servirá de base para o registro das imagens do sensor CCD (Charge Coupled Device) e HRC (High Resolution Camera) com resoluções espaciais de 20 m e 2,7 m, respectivamente. Somando-se a estas foram utilizadas bases cartográficas vetoriais pré-existent de municípios (IBGE, 2005); de drenagem escala 1:50.000 (IBGE, 2008) e uma imagem da missão SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* – (USGS, 2008) reamostrados os 90 m para tamanhos de pixels de 30 m por Valeriano (2004).

Um mapa temático com áreas agrícolas mapeadas de uso de cana-de-açúcar produzidas pelo projeto CANASAT² serviu para configurar, posteriormente, o mapa de incompatibilidade legal.

Foram utilizados aplicativos como o ESRI ArcGIS 9.2®, e seu *plugin* ArcHydro 1.2 (ESRI, 2007) para extração de rede de drenagem. Para outros processamentos de imagens, bem como armazenamento do banco de dados adotou-se o aplicativo SPRING 4.3.3 (Câmara et al., 1996).

3. Metodologia

3.1. Pré-processamento

¹ Disponível via <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>. Acessado em julho de 2008.

² Disponível via <http://www.dsr.inpe.br/canasat/>. Acessado em julho de 2008.

Adquiridas as cenas citadas anteriormente (Landsat-7/ETM+ Geocover; CBERS-2B/CCD e CBERS-2B-HRC) foi definida uma área para o projeto correspondente à área das duas cenas do sensor de alta resolução – HRC – compreendida entre as longitudes W 49° 47' 56.60" - 49° 27' 50.95" e latitudes S 20° 23' 5.94" – 20° 4' 28.52". A imagem georreferenciada ETM+ Geocover serviu como referência para o registro sendo que as duas cenas HRC compõem um mosaico abrangendo partes dos municípios de Riolândia, Paulo de Freire, Pontes Gestal, Palestina, Américo de Campos, Cosmorama e Tanabi, todos inseridos no estado de São Paulo.

3.2. Fusão HRC-CCD

As técnicas de fusão permitem integrar a melhor resolução espacial da banda pancromática à melhor resolução espectral das demais bandas, produzindo uma imagem colorida que reúne ambas as características. As técnicas de fusão incluem: Intensidade-Matiz-Saturação (IHS), Principais Componentes, Transformação Wavelet, dentre outros (Schowengerdt, 2007; Gonzales, 2001). No entanto, o método de IHS é um dos mais utilizados devido a sua eficiência e facilidade de implementação (Tu et al., 2001) sendo aplicado, também, para extração de feições hidrológicas (Renzulo et al., 2008). Logo, optou-se por uma fusão por transformação IHS onde o resultado é apresentado na Figura 1 (a,b).



Figura 1a – Imagem CCD - R4B2G3



Figura 1b – Imagem Fusão (CCD-HRC) - R4B2G3

3.3. Criação da Rede de Drenagem e Mapa de APP

Primeiramente, foi importado um mapa contendo a rede de drenagem escala 1:50.000 a fim de gerar, em seguida, um *buffer* contendo as áreas de distâncias. Todavia, devido à resolução espacial fina proporcionado pela fusão das imagens, o mapa pré-existente tornou-se incompatível com a escala de trabalho.

Diversos trabalhos (Valeriano, 2004; Wright et al., 2006) mostram que Modelos Digitais de Elevação (MDE) são de grande valia quando se utiliza Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em Cartografia Regulamentar, auxiliando no ordenamento do território, planejamento urbano e regional, zoneamento, quantificação de grandezas ligadas às características físicas da bacia e identificação da rede de drenagem e divisores de água.

O radar de abertura sintética (SAR) por interferometria mostra-se muito eficaz para medir a topografia digital. A Missão Topográfica por Radar interferométrico, ou Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), gerou um modelo digital de elevação (MDE) de resolução de 90 m, interpolados para 30 m (Valeriano, 2004).

Através do algoritmo ArcHydro 1.2 do aplicativo ArcGIS 9.2 fez-se três extrações automáticas a partir do MDE do SRTM usando os seguintes parâmetros de segmentação: 200, 1000 e 1500 pixels. A fim de buscar o melhor resultado que fosse compatível com a escala próxima de 1:10.000 foi utilizado como auxílio a rede gerada a partir de 1000 pixels pois esta não superestimou as áreas de drenagem e mostrou um melhor resultado visual quando inserida sobre a imagem fusionada.

A imagem fusionada aliada aos dados de extração automática da rede de drenagem foram utilizados como base para o traçado manual da rede de drenagem e posterior obtenção do mapa de distâncias (*buffers*) referentes às APPs seguindo a definição da legislação ambiental (Figura 2).

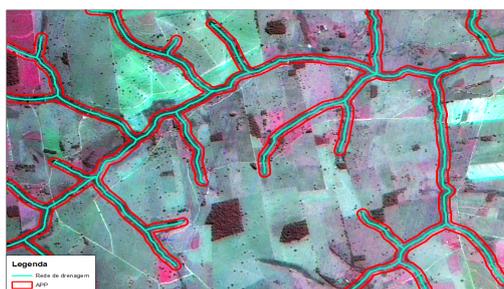


Figura 2 – Imagem fusionada com o traçado manual da rede de drenagem e APPs

Um mapa de distância é um tipo de análise de proximidade (medida de distância entre objetos), comumente medida em unidade de comprimento, que apresenta zonas com larguras especificadas (distâncias) em torno de um ou mais elementos de um mapa temático vetorial a partir da definição de fatias associadas a classes temáticas previamente definidas no banco de dados. Um mapa de distância ou “buffer” é definido como sendo uma área de extensão regular, que é desenhada ao redor de um ou mais elementos espacialmente definidos (pontos, linhas ou polígonos) (INPE, 2000).

As APPs são determinadas em legislação a partir da definição de fatias correspondentes à área situada em faixa marginal do curso d’água, medida a partir do nível mais alto (nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso de água perene ou intermitente), em projeção horizontal, com largura mínima de: (i) 30 metros para curso de água com menos de 10 metros de largura; (ii) 50 metros para curso de água com 10 a 50 metros de largura; (iii) 100 metros para curso de água com 50 a 200 metros de largura; (iv) 200 metros para curso de água com 200 a 600 metros de largura e (v) 500 metros para curso de água com mais de 600 metros de largura.

Os lagos e lagoas naturais foram também vetorizados a partir da imagem fusionada com auxílio da rede de drenagem extraída da imagem SRTM e foram acrescidas ao seu redor uma faixa de 50 metros quando localizados em área rural e apresentarem até vinte hectares de superfície e faixa de 100 metros para os demais localizados em área rural.

3.4. Áreas de Incompatibilidade Legal para a Cana.

O mapa das APPs foi sobreposto a um mapa temático da cana-de-açúcar obtido por meio de imagens multitemporais do sensor TM do satélite Landsat-5. A intersecção dos dois mapas, aliado a uma cuidadosa interpretação visual com o auxílio da imagem fusionada, resulta nas áreas de incompatibilidade legal.

As áreas de incompatibilidade legal para drenagem correspondem às Áreas de Preservação Permanente que foram utilizadas para alguma atividade diferente daquela prevista em lei.

4. Resultados e Considerações

Verificou-se que a área de estudo tem 9.840 ha de APP e 996.100 ha cultivados com cana dos quais 60 ha estão inseridas em APP, ou seja, em incompatibilidade legal. O método de fusão de imagens favoreceu a identificação de lavouras de cana-de-açúcar bem como o traçado detalhado da rede de drenagem em escala próxima a 1:10.000 (Figura 2).

No entanto, deve-se atentar que os mapas produzidos estão em escalas diferentes de trabalho. O mapa realizado no projeto CANASAT trabalha em escalas de resolução compatíveis com o produto do Landsat/TM, de 30m. Por outro lado, o mapa aqui produzido possui uma escala mais refinada, de 2,7 m o que possibilita o trabalho em escalas até 1:5.000.

Devido à pouca disponibilidade de mapas em escala compatível realizada neste trabalho, a validação do mesmo deve ser efetuada por meio de um trabalho de campo onde devem ser sorteados pontos amostrais, aleatoriamente, na área das APP geradas a fim de confirmar o sucesso desta metodologia. Com a disponibilidade de imagens de alta resolução combinadas com técnicas de processamento de imagem como a fusão pode-se realizar trabalhos de mapeamento, zoneamento e monitoramento ambiental em escalas superiores a 1:10.000 de maneira eficiente e dinâmica.

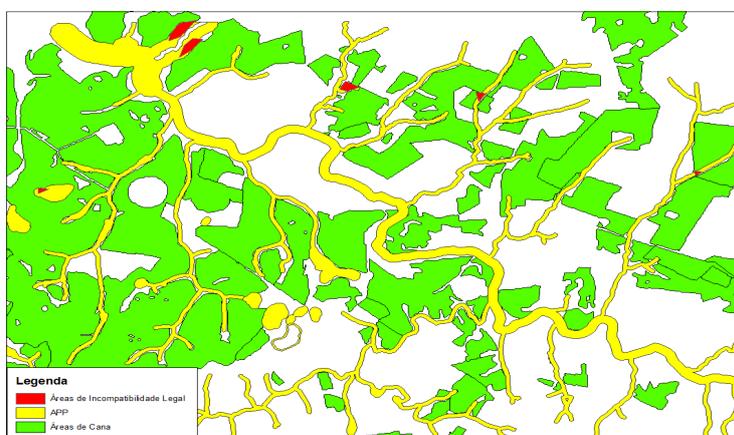


Figura 3 – Áreas de lavoura de cana-de-açúcar em incompatibilidade legal.

As imagens de alta resolução também contribuem para diminuir possíveis dúvidas durante a prática de classificação e interpretação de imagens no processo de mapeamento agrícola das lavouras de cana-de-açúcar. Estas podem, desta forma, auxiliar no mapeamento destas áreas contribuindo para estimativas mais precisas de safras.

Apesar da fusão ter apresentado um bom resultado, recomenda-se para este tipo de técnica um melhor registro das cenas. No caso de imagens de alta resolução é necessário adquirir pontos em campo, através de um GPS de precisão, inferior a um metro. Com isso, pode-se ter mais propriedade na confirmação de áreas de incompatibilidade legal de uso.

Para determinados fins, mapeamentos ou classificações automáticas ainda não respondem de maneira realística o que torna tal trabalho manual uma operação penosa e de grande custo para o operador. Assim, esta pesquisa abre campo para novas possibilidades de trabalho no mapeamento de áreas de preservação permanente a fim de que estas não se tornem alvos de práticas incompatíveis de uso e perante a lei.

5. Referências

- Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. C. P. (1996) “SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling”. *Computers and Graphics*, v. 15, n. 6, p. 13-22.
- Constituição Federal - Lei nº. 4.771 de 15 de setembro de 1965. (2004) *in*: “Coletânea de Legislação de Direito Ambiental”. Organizador Odete Medauar. 3.ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: RT.
- ESRI (2007). “Arc Hydro Tools version 1.2 for ArcGIS 9.2 Tutorial”. California. 110 p.
- Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. (2000) “Processamento de Imagens Digitais”. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 509 p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2005) “Malha Municipal do Brasil: Situação 2005”. Rio de Janeiro: IBGE.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2000) “Fundamentos de Geoprocessamento”. Tutorial – SPRING.
- Renzullo, L. J., Barrett, D. J., Marks, A. S., Hill, M. J., Guerschman, J. P., Mu, Q., Running, S. W. (2008). Multi-sensor model-data fusion for estimation of hydrologic and energy flux parameters. *Remote Sensing of Environment*. v. 112, p.1306–1319.
- Schowengerdt, R. A. (2007) “Remote sensing models and methods for image processing”. San Diego: Academic Press, 515 p.
- Tu, T.; Su, S.; Shyu, H.; Huang, P. S. (2001) “Efficient intensity-hue-saturation-based image fusion with saturation compensation”. *Optical Engineering*, v. 40, n. 5.
- USGS. United States Geological Survey. (2008) “Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)”. <<http://edc.usgs.gov/products/elevation/srtm>>. Acesso em agosto de 2008.
- Valeriano, M. M. (2004) “Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul”. São José dos Campos, SP INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 72p.
- Wright, R.; Garbeil, H; Bologna, S. M.; Mougini-Mark, P. J. (2006) “An assesment of shuttle radar topography mission digital elevation data for studies of volcanomorphology”. *Remote Sensing of Environment*. v. 105. p 41-53.