

Análise da Evolução da Cultura de Cana-de-açúcar nas Áreas de Conflito Territorial.

Michelle Cristina Sanches¹
Isaura Zubcov¹
Maria de Lourdes Bueno Trindade Galo¹

¹ Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP
Caixa Postal 467 – 19060-900 – Presidente Prudente - SP, Brasil
sanches.michelle@yahoo.com.br; isazubbcov@gmail.com; mlourdes@fct.unesp.br

Abstract. The development of this work began of an user's need for the mapping of the culture of the sugarcane in areas of territorial conflict, in the Pontal do Paranapanema and in the Nova Alta Paulista from São Paulo. In those areas they are great part of the establishments of the state of São Paulo and areas of lands with pending juridical situation, as discriminatory cessation, vacant, discriminatory in process, paralyzed, matter and the state reservation of the Morro do Diabo. The mapping of agrarian cultures, as sugarcane uses tools of remote sensing, digital processing of images, as supervised classification; interpretation of digital images and geoprocessing for the extraction of information of the use and covering of the Earth through images of satellites multispectral, as obtained them by sensor CCD/Cbers and TM/Landsat. Together with the mapping of the sugarcane they interfered vectorial data supplied by several institutions, like ITESP (Instituto de Terras do Estado de São Paulo), DER-SP (Departamento de Estrada e Rodagem - São Paulo) and Ministry Publishes, to provide a general vision of the evolution of the sugar cane section. The result of that development is the generation of thematic maps of the sugarcane in two times, 2002 and 2007, integrated with information of limit of municipal districts, establishments, juridical situation, cane plants and highways.

Palavras-chave: remote sensing, georeferencing, image processing multispectral, sensoriamento remoto, georreferenciamento, processamento de imagens multiespectrais.

1. Introdução

A vitória do Brasil na Organização Mundial do Comércio (OMC) contra subsídios europeus para a exportação de açúcar, o advento dos carros bi-combustível e a necessidade de fontes de energia renovável a que venham substituir os combustíveis fósseis, acarretaram numa crescente demanda por produtos sucroalcooleiros e com ela vem surgindo uma intensa busca por novas áreas agrícolas com aptidão para a expansão da cana-de-açúcar no estado de São Paulo (FREITAS e SPAROVEK, 2006).

Com o intuito de proporcionar uma idéia desse crescimento, por meio do que retrata Thomaz Junior (2006), a área canavieira plantada na safra 2006/07 em todo o Brasil cresceu 6% em relação à safra anterior e agora já são 6,3 milhões de hectares, sendo que no estado de São Paulo representa 3,4 milhões de hectares. Os dados da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) e do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) sinalizam que, na safra 2007/08, deverão ser moídas aproximadamente 480 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, espalhadas por uma área de plantio de aproximadamente 6,7 milhões de hectares. Essa previsão indica crescimento de mais de 10% em relação à safra passada, produção de 21 bilhões de litros de etanol, correspondendo a um crescimento de 13,5% sobre o período anterior, sendo que somente em São Paulo, 157 plantas agroindustriais processarão 280 milhões de toneladas de cana-de-açúcar em 4,0 milhões de hectares.

Essa estimativa demonstra a intensa necessidade por novas áreas aptas para cultivo, e da expansão da cultura em regiões de conflito territorial, como o Pontal do Paranapanema e a Nova Alta Paulista, onde estão localizadas grande parte dos assentamentos rurais e áreas de pendências jurídicas do Estado de São Paulo. Como a cana-de-açúcar é considerada uma cultura semi-perene, plantada em grandes áreas, ela possui características favoráveis para sua identificação nas imagens de satélites e conseqüente análise e mapeamento da sua cobertura na superfície da Terra. Para quantificar as áreas agrícolas de cana-de-açúcar e gerar mapas temáticos com a sua distribuição espacial é fundamental a aplicação de ferramentas de

sensoriamento remoto, princípios de geoprocessamento, processamento digital de imagens, interpretação de imagens, análise temporal de imagens, assuntos estes que são abordados no decorrer deste estudo.

Neste contexto, o Sensoriamento Remoto, representa hoje, um dos principais instrumentos para o monitoramento de realidades amplas e dinâmicas na identificação dos alvos presentes no ambiente terrestre por meio do estudo entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas diversas manifestações; sendo essa uma tecnologia que permite a aquisição de informações necessárias para o mapeamento e caracterização de áreas agrícolas (NOVO, 1992).

2. Metodologia de Trabalho

A crescente demanda por produtos sucroalcooleiros vem ocasionando uma intensa busca por áreas aptas para o cultivo da cana. Assim, as áreas do Pontal do Paranapanema e da Nova Alta Paulista vêm nos últimos anos sofrendo com a exploração das indústrias processadoras de cana-de-açúcar, por serem consideradas as últimas grandes regiões do Estado de São Paulo com solo, clima e relevo favorável para essa expansão. A área de estudo em questão inclui essas duas regiões administrativas do Oeste do Estado de São Paulo, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1 – Localização da Área de Estudo no Estado de São Paulo.

Fonte: Instituto Geográfico e Cartográfico (2003).

Dessa forma, para produzir representações temáticas que indicassem a distribuição espacial do aumento da área plantada com cana-de-açúcar na área de estudo, foram realizados processamentos em imagens multiespectrais de média resolução em duas épocas distintas, a fim de quantificar seu crescimento. Para cobrir toda a área de estudo foram utilizadas imagens do sensor TM do satélite LANDSAT-5 nas bandas 3, 4 e 5, intervalos espectrais do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio, respectivamente, para a época de 2002. No entanto, para a época de 2007 foram necessárias 5 imagens do sensor CCD do satélite CBERS-2, e as bandas espectrais utilizadas foram 2, 3 e 4, comprimentos de onda do verde, vermelho e infravermelho próximo, respectivamente. A escolha das bandas espectrais foi baseada no comportamento espectral da vegetação. As datas das imagens selecionadas para as duas épocas foram determinadas devido às imagens serem livres ou parcialmente cobertas de nuvens e possuírem boa qualidade visual.

Devido ao interesse por informações das áreas de conflito territorial adicionaram-se dados vetoriais que auxiliaram na análise da evolução da cultura de cana-de-açúcar do ponto de vista da situação jurídica das terras. Para tanto, foram solitadas á instituições públicas informações, como:

- Limites Municipais do banco de dados do Ministério Público de Presidente Prudente, ano 2007 (formato *.dxf);
- Assentamentos e Situação Jurídica provenientes do Mapa da Situação Jurídica do ITESP (Instituto de Terras do Estado de São Paulo), sede de Presidente Prudente, arquivo digital do ano de 2003 (formato *.dxf);
- Malha viária do DER (Departamento de Estradas e Rodagem) da região de Presidente Prudente, do ano de 2005 (formato *.dxf). Foram inseridos os dados vetoriais que auxiliaram no recorte dos planos de informações das imagens.

O processamento digital considerou imagens de duas épocas (2002 e 2007). Este processamento considerou a segmentação, classificação e edição matricial gerando mapas temáticos para as datas consideradas.

O método de classificação foi o supervisionado, no qual o operador deve possuir um conhecimento prévio da resposta espectral dos alvos de interesse. Para realizar este processo, aplicou-se um classificador por regiões, e extraíram-se os atributos das regiões criadas na segmentação. O mesmo processo foi realizado para as duas épocas, uma fase importante para a classificação multiespectral supervisionada é o treinamento, que consiste no reconhecimento do comportamento espectral das classes. No treinamento o usuário deve identificar na imagem áreas representativas para cada classe.

Para orientar na aquisição das amostras das classes de treinamento utilizou-se dos dados disponibilizados pelo Canasat e chaves de interpretação para as duas épocas distintas. As tabelas 1 e 2 ilustram as chaves de interpretação utilizadas.

Tabela 1 - Chave de Interpretação para as imagens TM/Landsat composição 5, 4, 3 – RGB respectivamente.

Classes	Tonalidade	Forma	Padrão	Textura
Cana adulta	Verde escuro	Regular	Quadriculado	Aveludada
Cana	Verde claro	Regular	Quadriculado	Aveludada
Pastagem	Magenta claro	Regular	Uniforme	Lisa
Solo	Magenta do claro ao escuro	Regular	Quadriculado ou uniforme	Lisa

Tabela 2 - Chave de Interpretação para as imagens CCD/Cbers composição colorida 4, 3, 2 – RGB respectivamente

Classes	Tonalidade	Forma	Padrão	Textura
Cana adulta	Magenta médio	Regular	Quadriculado	Aveludada
Cana	Magenta claro	Regular	Quadriculado	Aveludada
Pastagem	Cyano do claro ao escuro	Regular	Quadriculado ou uniforme	Lisa
Solo	Magenta escuro	Regular	Quadriculado	Lisa

Para a época de 2002, toda a edição da classificação se baseou nas informações disponibilizadas pelo Canasat para o mapeamento temático para a safra 2003/04. Embora, os mapas temáticos representem épocas distintas, considerou-se que as classes denominadas no

Canasat como “Área Antiga de Cana” e “Área de Cana em Reforma” constituíam áreas consolidadas ou áreas novas de cultivo da cana-de-açúcar em 2002. Nesse processo, todas as classes temáticas foram remapeadas para uma única classe denominada “Cana 2002”, e ao final gerou-se o mapa temático representando a distribuição espacial da cana para o período de 2002.

Na edição preliminar para a época de 2007, além da descrição dos tipos de cobertura e da chave de interpretação para a cena CCD/Cbers, utilizaram-se dados extraídos do mapeamento do Canasat para a safra 2006/07, gerando-se assim, um mapa temático com classes definidas com base no Canasat e classes de dúvidas, decorrentes das dúvidas surgidas na interpretação visual. As classes de dúvida foram incluídas no mapeamento por apresentarem similaridade com aquelas definidas na chave de interpretação da imagem CCD/Cbers e que não estavam incluídas no mapeamento do Canasat. Para certificar a interpretação visual para a época de 2007 algumas verificações de campo foram realizadas utilizando GPS de navegação coletando pontos de checagem que auxiliaram na reedição do mapa temático.

Com a inserção de todos os atributos, o Banco de Dados foi modelado dispondo de todas as informações de interesse em apenas um projeto, possibilitando cruzar planos de informações e assim analisar a evolução da cana-de-açúcar em áreas de conflito territorial, em situações jurídicas específicas. As etapas desenvolvidas neste trabalho são apresentadas de forma genérica no fluxograma da figura 2.

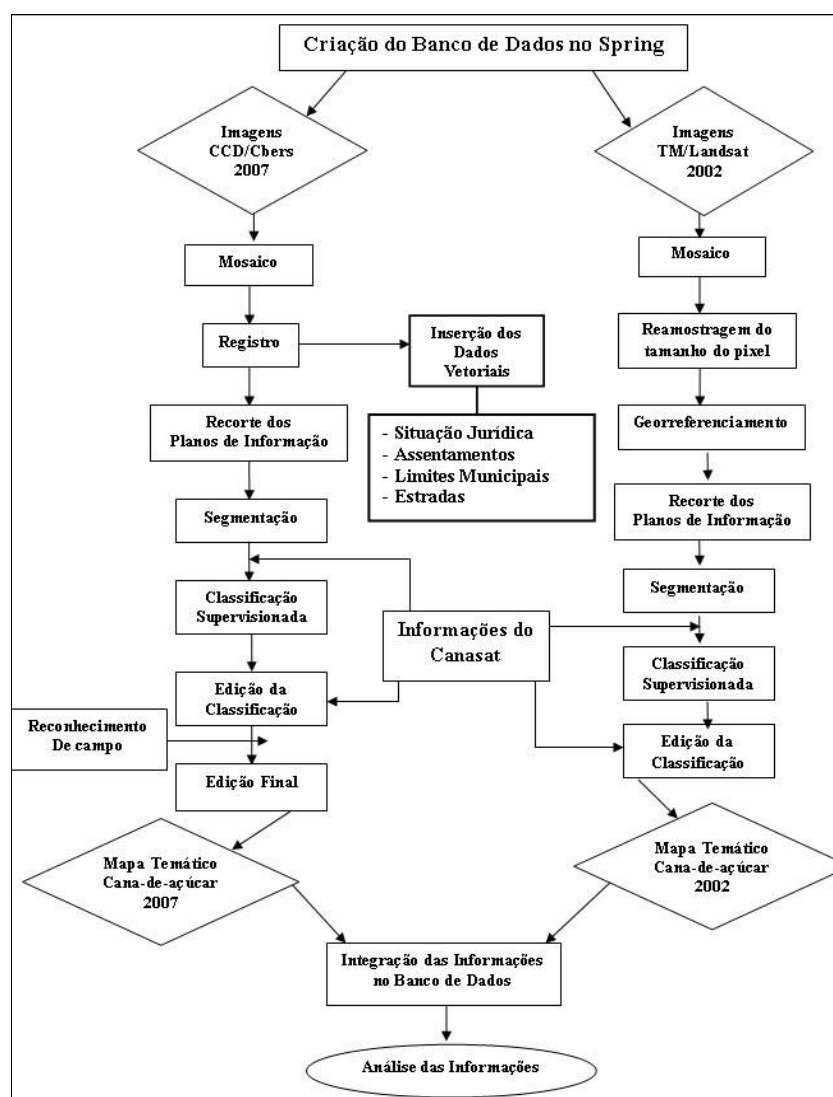


Figura 2 – Fluxograma das atividades desenvolvidas

3. Resultados e Discussão

As informações necessárias para análise da evolução canavieira, os mapas temáticos representando as áreas de cultivo de cana-de-açúcar no Pontal do Paranapanema e na Nova Alta Paulista resultantes da classificação supervisionada por regiões e posterior interpretação final das imagens TM/Landsat (2002) e CCD/Cbers (2007), são apresentadas individualmente pelas Figuras 3 e 4, respectivamente.

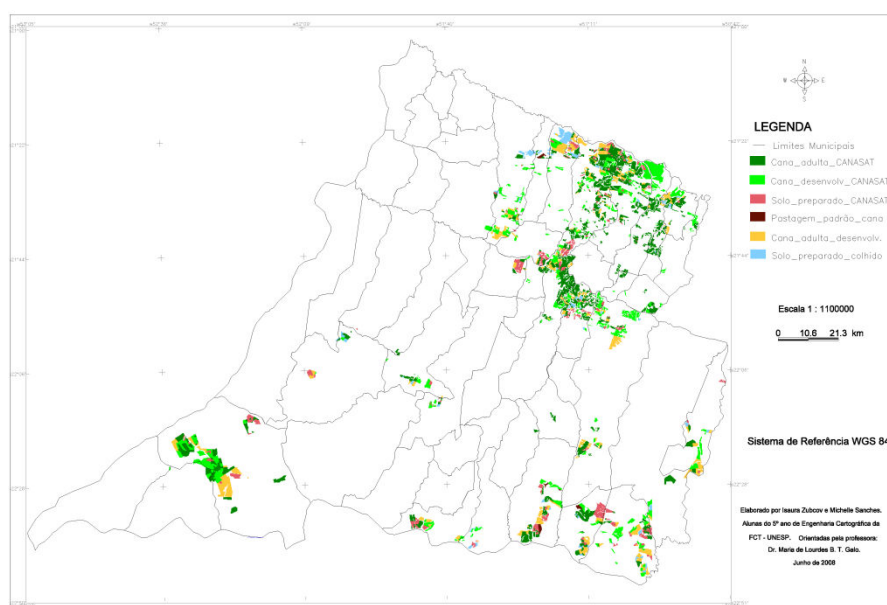


Figura 3 – Mapeamento da cana-de-açúcar em 2002, resultante da extração de informações a partir da imagem TM/Landsat.

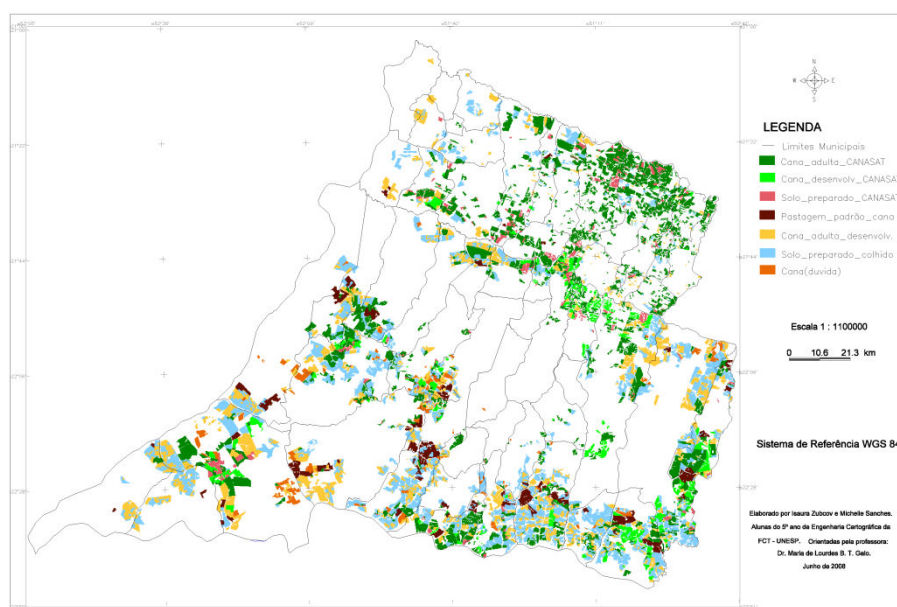


Figura 4 – Mapeamento da cana-de-açúcar em 2007, resultante da extração de informações a partir da imagem CCD/Cbers.

A análise dos mapas representados nas Figuras 3 e 4 detectou uma acentuada mudança da cultura canavieira, pela distribuição espacial e ocupação das terras mapeadas para 2002 e 2007, percebe-se um aumento significativo no cultivo da cana-de-açúcar.

Com a inclusão das áreas de assentamentos e situação jurídica das terras verificou-se que, no município de Teodoro Sampaio, ocorreu uma expansão do cultivo da cana-de-açúcar em locais próximo aos limites dos assentamentos implantados pelo INCRA e pelo ITESP, coincidindo com áreas de situação jurídica em andamento, ou seja, nas quais ocorrem pendências jurídicas das terras. Fica claro que a expansão da cana-de-açúcar em relação ao que existia em 2002 é bastante significativa, que ocorre também em relação a uma área de preservação ambiental: o Parque Estadual Morro do Diabo, como pode ser visualizado pela figura 5.

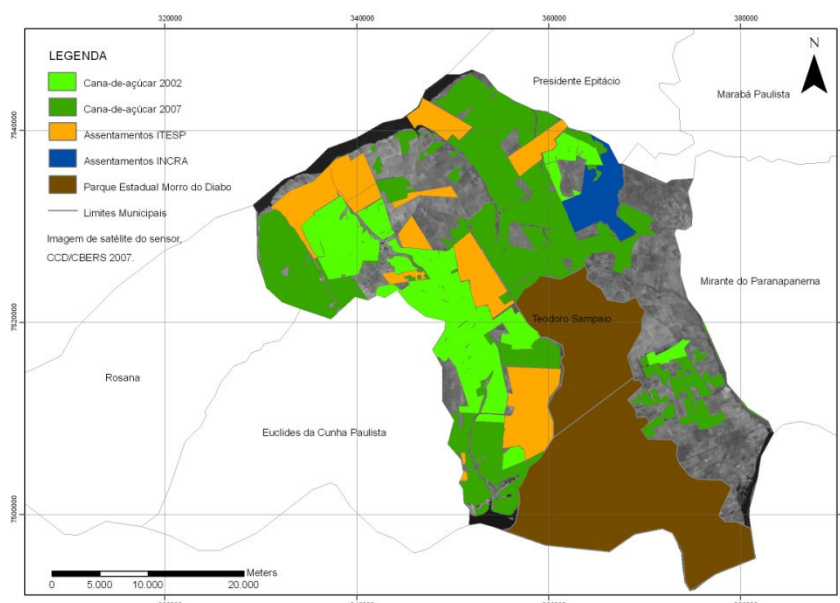


Figura 5 – Mapeamento Temático da Cana-de-açúcar no Município de Teodoro Sampaio.

Ampliando outra porção do cruzamento de mapas temáticos, destaca-se uma região, constituída pelos municípios Presidente Epitácio, Caiuá, Presidente Venceslau, Ouro Verde, Panorama, Dracena e Paulicéia, no qual ocorreu um crescimento acentuado do cultivo de cana-de-açúcar em área de Situação Jurídica Devoluta, como pode ser visualizada na figura 6.

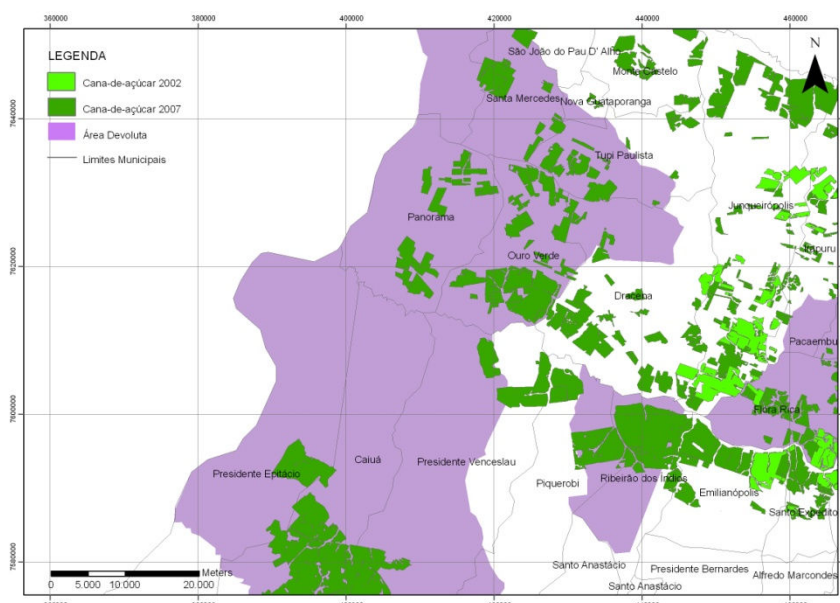


Figura 6 – Mapeamento Temático da Cana-de-açúcar nas áreas de Situação Jurídica Devoluta.

Para uma melhor percepção da evolução da cultura de cana-de-açúcar, foram calculados os valores de área ocupada por classe, obtidos diretamente do aplicativo Spring, para 2002 e 2007, pela ferramenta medida de classes. Com o valor da área de cada classe temática calculou-se o valor total de cana-de-açúcar para a Nova Alta Paulista e o Pontal do Paranapanema, para as épocas de 2002 e 2007. Os valores calculados permitiram verificar que ocorreu um crescimento de 462.292,88 hectares de cana-de-açúcar entre 2002 e 2007, considerando a área ocupada por cana extraída segundo a classificação realizada.

Com a análise dos valores de área calculados observou-se uma quantidade significativa de interpretação adicional em relação ao mapeamento do Canasat de aproximadamente 360 mil hectares para o ano de 2007. Essa superestimativa foi ocasionada pela adição das classes de “solo preparado” ou “recém colhido” e “dúvida”, em torno das áreas com padrão de “cana adulta” e “cana em desenvolvimento” caracterizando prováveis áreas de expansão da cultura. Com a subtração das classes temáticas “solo preparado” ou “solo recém colhido” e “dúvida”, o crescimento da cultura entre 2002 e 2007 passar a ser de 259.333,6 hectares, essa diferença na estimativa é caracterizada pela verificação de campo realizada no ano de 2008, com inclusão de áreas com resposta espectral de “solo preparado” ou “recém-colhido” nas imagens do sensor CCD/Cbers de 2007, que na verificação de 2008 apresentavam o cultivo da cana-de-açúcar. E a indisponibilidade de verificar em campo toda área mapeada de 2.434.979,07 hectares, o que torna o mapeamento temático realizado uma possível estimativa de crescimento para os próximos anos.

4. Conclusões

O presente trabalho atingiu o seu objetivo principal de gerar representações temáticas da cana-de-açúcar, a partir da análise dos resultados obtidos verificou-se que a cultura de cana-de-açúcar vem aumentando consideravelmente nas regiões do Pontal do Paranapanema e da Nova Alta Paulista no período de 2002 a 2007. Apesar da aparente superestimação das áreas ocupadas por essa cultura verificada na da interpretação das imagens de 2007 (CCD/Cbers), percebe-se que a área estimada é coerente com as informações recentemente divulgadas no Canasat, principalmente no que se refere à projeção da área plantada, essa projeção para os próximos anos pode ser encontrada pelas notícias disponibilizadas no site do INPE. Notou-se, ainda, pelo cruzamento de informações inseridas no Banco de Dados que o maior impacto da evolução das áreas de cana vem ocorrendo em regiões de pendência jurídica, e nas vizinhanças dos assentamentos rurais.

Para o mapeamento da cana-de-açúcar foram encontradas limitações pela indisponibilidade de imagens livres de nuvens para cobrir toda a área de estudo em diferentes datas no mesmo ano, que permitissem realizar uma melhor análise de cada época. Desse modo, as imagens para a época de 2002 não completaram o mosaico da área de estudo, pois no início das atividades do projeto o INPE ainda não disponibilizava gratuitamente imagens do satélite Landsat. Outra limitação encontrada foi na classificação supervisionada proveniente da diferença de tonalidade da cana-de-açúcar entre as diferentes órbitas/pontos do mosaico, por estas terem sido tomadas em datas diferentes e conseqüentemente em condições atmosféricas diferentes.

O processo de classificação digital das imagens foi importante no mapeamento dessas áreas canavieiras, entretanto a interpretação visual se mostrou imprescindível no refinamento desse mapeamento, suportado pelas verificações de campo nas regiões hipoteticamente críticas. Porém, devido à extensão da área de estudo não foi possível realizar todas as verificações de campo no presente momento, ficando assim como recomendação a realização de trabalhos contínuos que façam as verificações de campo para certificar as áreas de dúvida resultantes da interpretação visual e que também utilizem imagens tomadas em outras épocas do ano.

Agradecimentos

A Prof(a) Dr(a) Maria de Lourdes B. T. Galo, pelo conhecimento passado, pela orientação e apoio em todo o desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Nilton Nobuhiro Imai pela colaboração na solução de dúvidas.

Ao Prof. Dr. Antonio Thomaz Junior, usuário que incentivou a realização do presente trabalho, que disponibilizou seus equipamentos e grande parte das informações utilizadas e pela verificação de campo que foi imprescindível para os resultados finais.

A Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo – ITESP, por fornecer o mapa dos assentamentos e situação jurídica do Pontal do Paranapanema e da Nova Alta Paulista.

Ao Assessor do Ministério Público Geólogo Marcos Boin do Ministério Público de Presidente Prudente, por disponibilizar dados utilizados nesse trabalho, pela prontidão em atender-nos e pela grande contribuição na troca de informações.

Ao Engenheiro Álvaro Ferro do Departamento de Estradas de Rodagem da Divisão Regional de Presidente Prudente, pelos dados referentes à malha viária do Estado de São Paulo.

Referências Bibliográficas

Canasat – **Mapeamento da Cana via imagens de satélite de observação da Terra**. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/canasat/> >. Acesso em: fevereiro a novembro de 2008.

FREITAS, F. L. M.; SPAROVEK, G. **Avaliação dos efeitos da entrada da cana-de-açúcar em áreas de assentamentos da região do Pontal do Paranapanema** – SP. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, 2006.

INPE-CBERS (**Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres – INPE**). Disponível em: <<http://www.cbers.inpe.br/>>. Acesso em: fevereiro a outubro de 2008.

THOMAZ JUNIOR, A. T. **Agronegócio Alcoolizado e Culturas em Expansão no Pontal do Paranapanema! Legitimação das Terras Devolutas/Improdutivas e Neutralização dos Movimentos Sociais**. Presidente Prudente. p.2. 2006.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: E. Blücher, 1992.

Spring - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas. **Manual do Usuário**. São José dos Campos, 2004. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/spring> >. Acesso em: março a novembro de 2008.