

Mapeamento da cana-de-açúcar na Região Centro-Sul via imagens de satélites

Bernardo Friedrich Theodor Rudorff¹

Luciana Miura Sugawara²

Resumo - Mesmo com o potencial das imagens de sensoriamento remoto para diversas aplicações no setor agrícola, algumas limitações ainda têm dificultado a implementação de métodos operacionais para avaliação das safras agrícolas. A cultura da cana-de-açúcar possui características favoráveis para sua identificação em imagens de satélites por ser uma cultura semiperene e cultivada em grandes áreas. O projeto Canasat visa estabelecer uma ponte entre o conhecimento adquirido, por meio de pesquisas com imagens de sensoriamento remoto, e o uso operacional destas imagens para avaliação da área cultivada com cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil.

Palavras-chave: Geotecnologia. Estimativa de área. Sensoriamento remoto. Imagem de satélite. Landsat. CBERS.

INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os países pioneiros na utilização de imagens de satélites de sensoriamento remoto para o monitoramento dos recursos naturais. Desde 1973, o País possui uma antena de recepção para as imagens dos satélites americanos da série Landsat e, desde 1999, por meio de uma cooperação técnico-científica com a China, o Brasil também passou a ser produtor de imagens com o início da série de satélites China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS). Apesar do grande potencial de aplicações, que as imagens de sensoriamento remoto possuem para o setor agrícola, ainda existem limitações que têm dificultado a implementação de métodos operacionais para a avaliação das safras agrícolas de grandes culturas. Contudo, a cultura da cana-de-

açúcar possui características favoráveis de identificação nas imagens de satélites por ser uma cultura semiperene, plantada em grandes áreas (MENDONÇA, 1986; RUDORFF et al., 2005).

O levantamento da área plantada com cana-de-açúcar, por meio da sua identificação e mapeamento em imagens de satélite permite obter mapas temáticos com a distribuição espacial da cultura de forma rápida e confiável. Assim, em 2003 o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em conjunto com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) e a União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA), iniciou um projeto denominado Canasat para mapear a área de cana no estado de São Paulo (RUDORFF et al., 2004). Em 2005, o projeto foi ampliado

para mapear a área de cana em toda a Região Centro-Sul do Brasil. Neste artigo, são apresentados os principais resultados deste projeto, que visa estabelecer uma ponte entre o conhecimento adquirido por meio de pesquisas com imagens de sensoriamento remoto e o uso operacional dessas imagens, para avaliação da área cultivada com cana-de-açúcar.

IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO

A grande vantagem das imagens de satélites de sensoriamento remoto é que estas são obtidas continuamente, na medida em que o satélite gira em torno da Terra e esta, por sua vez, em torno de seu eixo, de tal forma que a cada órbita o satélite obtém a imagem de uma nova faixa da superfície, até que todo o globo seja imageado

¹Eng^a Agr^a, Ph.D., Pesq. INPE - Div. Sensoriamento Remoto, Caixa Postal 515 CEP 12227-010 São José dos Campos-SP. Correio eletrônico: bernardo@dsr.inpe.br

²Eng^a Agr^a, M.Sc., Bolsista INPE - Div. Sensoriamento Remoto, Caixa Postal 515, CEP 12227-010 São José dos Campos-SP. Correio eletrônico: lmiura@dsr.inpe.br

e comece um novo ciclo. Estes ciclos definem a repetitividade das imagens e podem variar de um dia até quase um mês, dependendo do nível de detalhe com que o sensor a bordo do satélite observa a superfície. Por exemplo, o sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat 5 recobre o globo terrestre a cada 16 dias e a menor área por ele observada é de 30 x 30 m. Outra característica importante das imagens é que estas são obtidas em faixas ou bandas do espectro eletromagnético, as quais permitem observar os alvos em comprimentos de onda que vão além da capacidade visual do olho humano. Por exemplo, a radiação refletida nas bandas do infravermelho próximo e médio apresenta importante informação sobre os alvos agrícolas. Em geral, os melhores resultados para análise de alvos agrícolas são obtidos com imagens nas bandas do visível (vermelho), do infravermelho próximo e do infravermelho médio.

Diversos estudos e pesquisas foram realizados com essas imagens para auxiliar no mapeamento das áreas de culturas agrícolas. Contudo, ainda são muito pouco utilizadas por diversas razões, ou seja, custo das imagens, dificuldade no processamento para extrair a informação de interesse, cobertura de nuvens, tempo de revisita do satélite, nível de detalhe da imagem, disponibilidade de imagens na época adequada para identificar a cultura, etc. Dentre as limitações citadas, a cobertura de nuvens é atualmente a mais crítica, já que são fotografadas pelo satélite, impedindo visualizar a cultura de interesse.

CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Apesar da complexidade do manejo do cultivo da cana-de-açúcar, esta apresenta diversas características favoráveis para ser bem identificada e mapeada nas imagens de satélites:

- a) é uma cultura semiperene, cujo plantio é feito normalmente entre os meses de outubro e março, quando a época de plantio e o número de meses de crescimento (do plantio ao primeiro corte) definem se a cana-planta é de ano ou de ano-e-meio;
- b) após o primeiro corte, as rebrotas da cana são denominadas soqueiras e crescem normalmente durante um período de 12 meses;
- c) as soqueiras sofrem cortes anuais durante cinco a seis anos, quando estas são renovadas com uma cana-planta. Se a área for renovada com uma cana-planta de ano, então ela será colhida na safra seguinte. Contudo, a maioria das reformas dá-se por meio da cana-planta de ano-e-meio, que será colhida na safra subsequente.

O período de crescimento vegetativo mais intenso ocorre entre os meses de outubro e março, quando a cultura tem alta demanda por água, radiação e temperatura. A partir de abril, o crescimento vegetativo passa a ser reduzido, quando deve ocorrer o acúmulo de sacarose nos colmos. Neste período, dá-se início à colheita, que normalmente estende-se até o mês de outubro. Essa dinâmica de cultivo precisa ser bem entendida, para que a cultura seja identificada de forma correta nas imagens e a área seja quantificada de forma precisa no início de cada ano-safra.

IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DA CULTURA DA CANA

As Figuras 1, 2 e 3 mostram exemplos de composições coloridas falsa cor RGB 453³ das imagens do satélite Landsat 5, utilizadas na safra 2006/2007, a fim de ilustrar

o procedimento de identificação da cana-de-açúcar nas imagens.

Dadas às características de cultivo da cana-de-açúcar, foi observado que é necessário adquirir duas imagens: uma entre os meses de janeiro e fevereiro (Período 1) e outra entre os meses de março e abril (Período 2). A imagem do Período 1 permite identificar bem as áreas de cana em expansão (Fig. 1D) plantadas no ano anterior (Fig. 1C), conforme pode ser comprovado nas imagens de 2/11/2004 (Fig. 1A) e 22/2/2005 (Fig. 1B), que destacam a área sem o cultivo da cana-de-açúcar. Além disso, é possível identificar as soqueiras que foram colhidas do início ao meio da safra do ano anterior e que nas imagens do Período 1 já estão bem desenvolvidas (Fig. 2A). As áreas de cana que estão sendo reformadas com cana de ano-e-meio também podem ser bem identificadas nas imagens do Período 1, pois nesta época elas passam por uma rotação de cultura, em geral, com uma leguminosa, conforme destacado na Figura 3A. Já as imagens do Período 2 têm como principal finalidade confirmar a presença da cana no início do ano-safra, quando todas as lavouras de cana, destinadas à colheita, estão suficientemente desenvolvidas, para que sejam bem identificadas nas imagens (Fig. 1E e 2B).

As imagens das Figuras 1F e 2C mostram lavouras de cana colhidas entre os meses de abril e setembro e que estão rebrotando (cana-soca). A Figura 2C mostra uma área de cana-soca de 2º corte, que deveria ser colhida a partir de abril de 2007 (safra 2007/2008).

Na prática, muitas vezes não é possível adquirir uma imagem livre de cobertura de nuvens sobre a área canavieira nos meses de janeiro e fevereiro, de tal forma que a identificação dessas áreas de cana fica restrita às imagens da segunda data (março/

³Uma composição colorida red (R), green (G), blue (B) é composta por informações provenientes de imagens obtidas em três bandas do espectro eletromagnético. A cada banda é atribuída uma cor, R, G, ou B. Nas Figuras 1, 2 e 3 as cores R, G e B foram atribuídas às bandas do sensor TM no infravermelho próximo (banda 4), infravermelho médio (banda 5) e vermelho (banda 3), respectivamente.

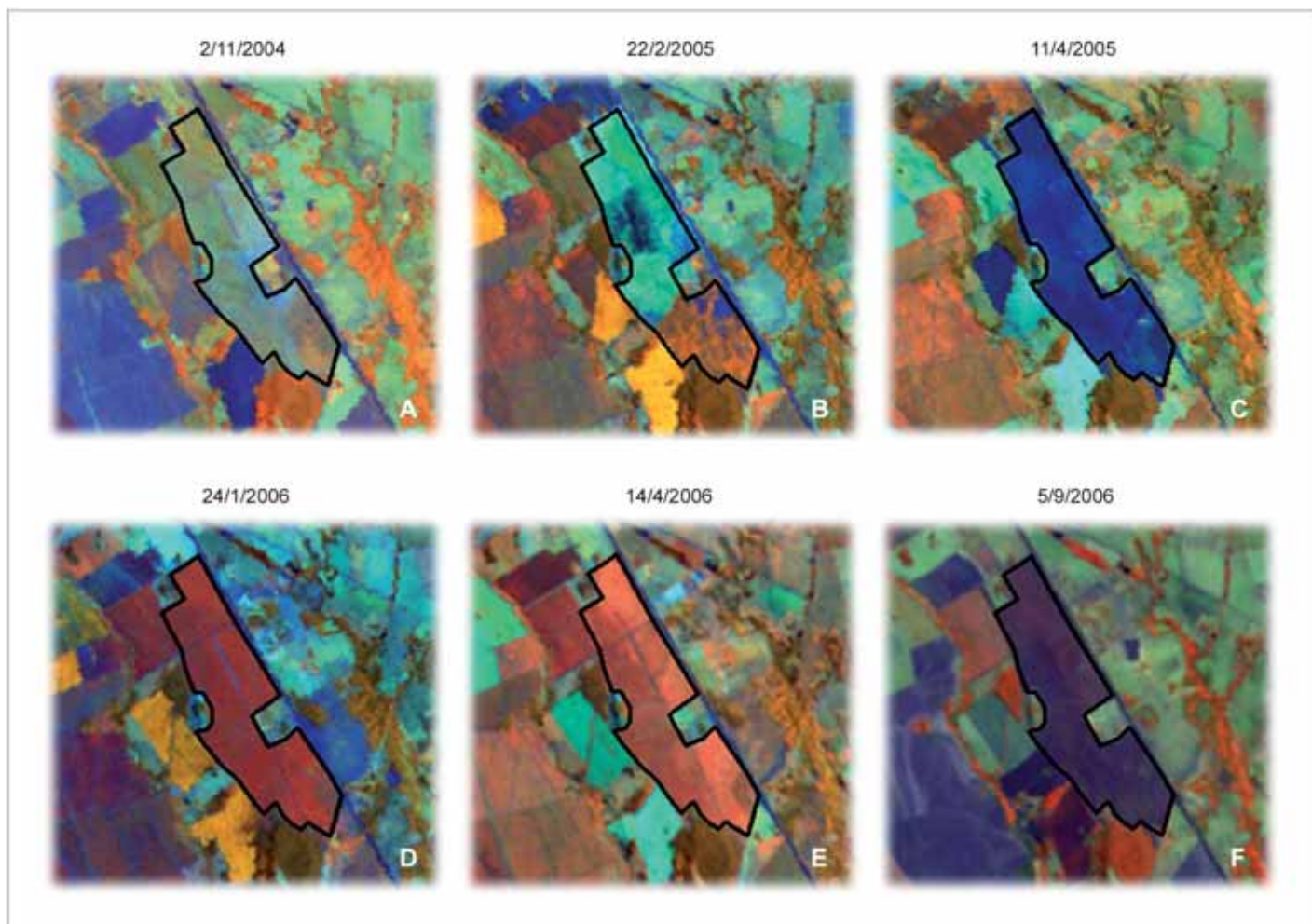


Figura 1 - Composições coloridas falsa cor RGB 453 das imagens do Landsat 5 em uma área de expansão de cana no município de Uberaba-MG

FONTE: Dados da pesquisa.

NOTA: Figura 1A e 1B - Cultura anual. Figura 1C - Área plantada com cana. Figura 1D e 1E - Cana bem desenvolvida. Figura 1F - Cana colhida em brotação.

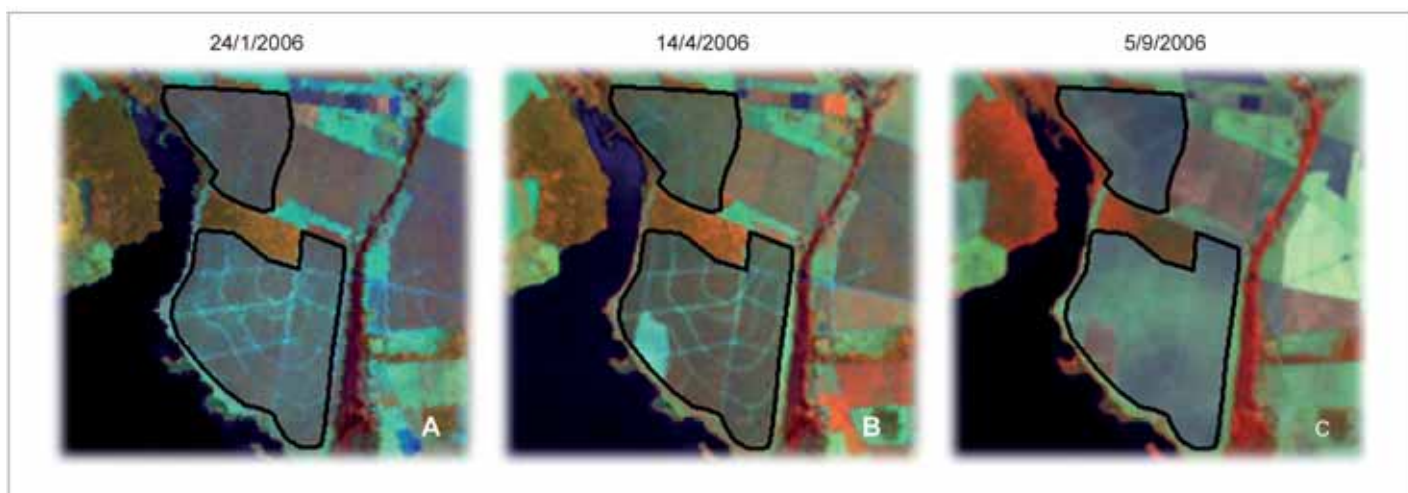


Figura 2 - Composições coloridas falsa cor RGB 453 das imagens do Landsat 5 em áreas de soqueira no município de Uberaba-MG

FONTE: Dados da pesquisa.

NOTA: Figura 2A - Para colheita. Figura 2B - Início da colheita. Figura 2C - Início da brotação.

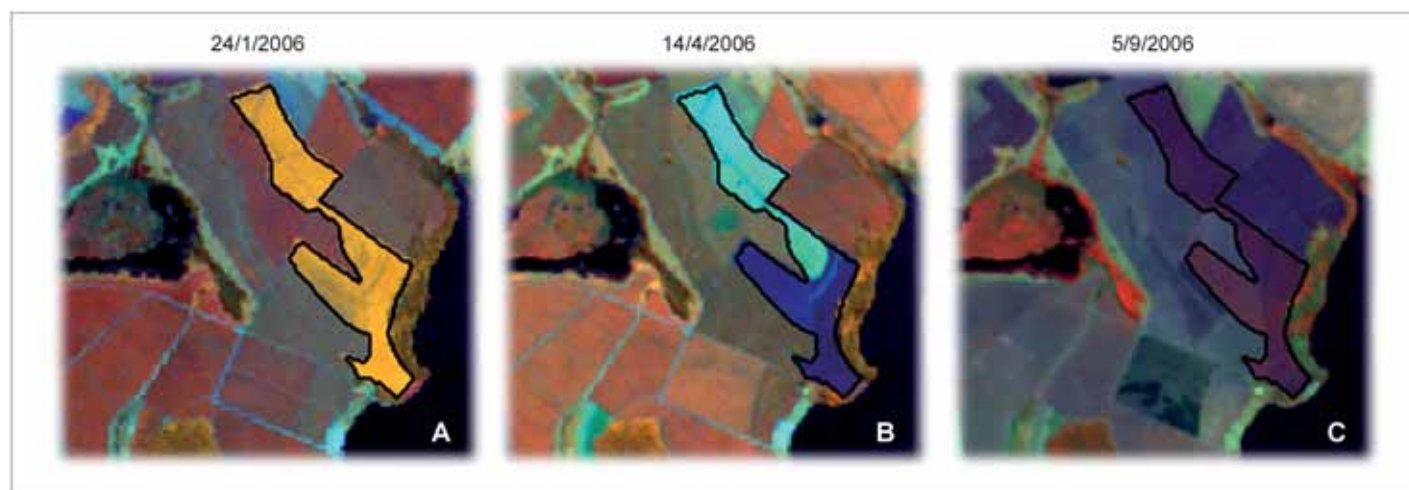


Figura 3 - Composições coloridas falsa cor RGB 453 das imagens do Landsat 5 em uma área de cana-de-açúcar que está sendo reformada

FONTE: Dados da pesquisa.

NOTA: Figura 3A - Rotação com uma leguminosa. Figura 3B - Preparo do solo. Figura 3C - Cana-planta de ano-e-meio em crescimento.

abril), quando a probabilidade de obter imagens livres de nuvens é bem maior.

A cada ano o mapa da cana é atualizado pouco antes do início da safra identificando-se:

- áreas de reforma para plantio da cana de ano-e-meio e que serão colhidas somente no ano safra seguinte;
- áreas de expansão com cana plantada no ano anterior, ou seja, áreas novas de cana que serão colhidas na safra em questão.

CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS

O aplicativo computacional utilizado nas etapas do processo de classificação digital e visual das imagens foi o Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING)⁴. Numa primeira etapa as imagens foram inseridas num banco de dados por meio do módulo de importação do SPRING. O processo de importação engloba também o registro das imagens. Embora a classificação digital das imagens tenha sido empregada durante a geração do primeiro mapa, é pouco

relevante na atualização anual do mapeamento da cana, quando a classificação das imagens é feita, pelo analista, de forma visual na tela do computador. A classificação digital apresenta muitos erros de omissão e inclusão, de tal forma que somente a classificação visual pode fornecer um resultado satisfatório. Ainda assim, esta classificação só fornece bons resultados, se o intérprete for experiente e cuidadoso e as imagens forem de boa qualidade, principalmente no que se refere à data de aquisição.

A interpretação visual das imagens na tela do computador é um procedimento realizado por meio de um *link* dinâmico entre o analista e o computador, que permite visualizar vários planos de informação de forma simultânea e interativa. Por meio desse procedimento é possível identificar e mapear com precisão as áreas de cana, sobrepondo o mapa às imagens adquiridas em diferentes datas. Esse procedimento é realizado de forma interativa até que o intérprete esteja convencido de que a classificação corresponde à realidade de campo. Esta fase é a mais demorada do processo

de mapeamento, pois exige uma análise visual cuidadosa das imagens. O trabalho de interpretação visual é feito por uma equipe de intérpretes experientes e todos os resultados da classificação são revisados por um dos intérpretes.

Foram observados diferentes comportamentos espectrais para a cana, devido a fatores como: idade, cultivares, manejo, influência do solo etc. Entretanto, isto não prejudicou ou impediu a identificação da cana nas imagens, porque o aspecto multitemporal das imagens foi bastante explorado, de tal forma que a cana pode ser identificada, mesmo apresentando comportamento espectral diferenciado em algumas datas de passagem do satélite, conforme pode ser observado nas Figuras 1D e 1E, que mostram uma área de cana-planta em dois períodos diferentes do ano.

DEFINIÇÃO DO TEMA CANA

O tema cana foi subdividido em:

- cana-safra: toda cana do ano-safra anterior e disponível para colheita no ano-safra atual;
- cana-planta expansão: plantada em

⁴<http://www.dpi.inpe.br/spring>

- área onde não havia cana na safra anterior e prevista para ser colhida na safra atual;
- c) cana-planta reforma: plantada em área de reforma na safra anterior e prevista para ser colhida na safra atual;
- d) reforma: área de cana em reforma que não será colhida na safra atual.

ESTIMATIVA DA ÁREA PLANTADA

Ao final do processo de classificação foi obtido um mapa temático contendo os temas: cana-safra, cana-planta expansão e cana-planta reforma. Por meio do cruzamento desse mapa com o mapa político-geográfico, que contém os limites municipais, foi estimada a área plantada com cana em cada município. Desde 2005, os resultados desse projeto estão disponíveis na Internet⁵, onde podem ser acessadas informações sobre a área cultivada e os mapas de cana, desde a safra 2003/2004, para cada município do estado de São

Paulo, e desde a safra 2005/2006, para os demais municípios e Estados produtores de cana da Região Centro-Sul do Brasil. Com isso, é possível fazer uma série de análises como: verificar em que áreas a cana está-se expandindo mais; quanto e onde cada município cultiva a cana; qual foi o uso e a ocupação do solo anterior, entre outras, uma vez que, além dos mapas de cana, também estão disponíveis as imagens utilizadas.

O Quadro 1 apresenta os resultados obtidos com os mapeamentos realizados nas safras 2005/2006 e 2006/2007 para os Estados produtores de cana-de-açúcar na Região Centro-Sul, indicando que houve um aumento de 12,3% da safra 2005/2006, para a safra 2006/2007. São Paulo é o maior produtor de cana e foi responsável por 68,3% da área plantada na Região Centro-Sul, na safra 2006/2007. Minas Gerais é o terceiro maior produtor de cana na Região Centro-Sul e responsável por 7,2% da cana plantada.

Os resultados disponíveis na Internet⁶

permitem obter informações detalhadas sobre a área plantada em cada município, como, por exemplo, verificar que Uberaba é o município com maior área plantada de cana, em Minas Gerais, com 29.507 ha. A Figura 4 mostra o mapa com distribuição das áreas de cana para o município de Uberaba e entorno, sem a imagem Landsat (Fig. 4A), e com uma das imagens Landsat utilizadas para o mapeamento da cana (Fig. 4B).

O desenvolvimento do projeto Canasat tem sido feito com bastante cuidado, pois ao serem disponibilizados os mapas da cana na Internet é preciso que o resultado seja de boa qualidade para que possa alcançar confiabilidade junto aos usuários dessa informação. Assim, existe sempre o desafio de incorporar alguma novidade que explore melhor as imagens de satélite e as inúmeras facilidades que os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) proporcionam para análise das informações espaciais, inclusive pela Internet no próprio *site* do projeto.

QUADRO 1 - Área para os Estados produtores de cana-de-açúcar na Região Centro-Sul

Estado	⁽¹⁾ Safra 2005/2006 (ha)	Safra 2006/2007 (ha)	⁽¹⁾ Diferença relativa (%)
Goiás	190.922	239.206	25,3
Minas Gerais	287.290	351.894	22,5
Paraná	356.511	422.438	18,5
Mato Grosso do Sul	145.526	168.034	15,5
Mato Grosso	190.309	194.562	2,2
São Paulo	3.046.962	3.359.027	10,2
Espírito Santo	—	48.948	—
Rio de Janeiro	—	105.846	—
Bahia (sul)	—	29.210	—
Total	—	4.919.164	⁽¹⁾ 12,3

(1) Não inclui ES, RS e sul da BA.

⁵<http://www.dsr.inpe.br/canasat/>

⁶<http://www.dsr.inpe.br/canasat/>

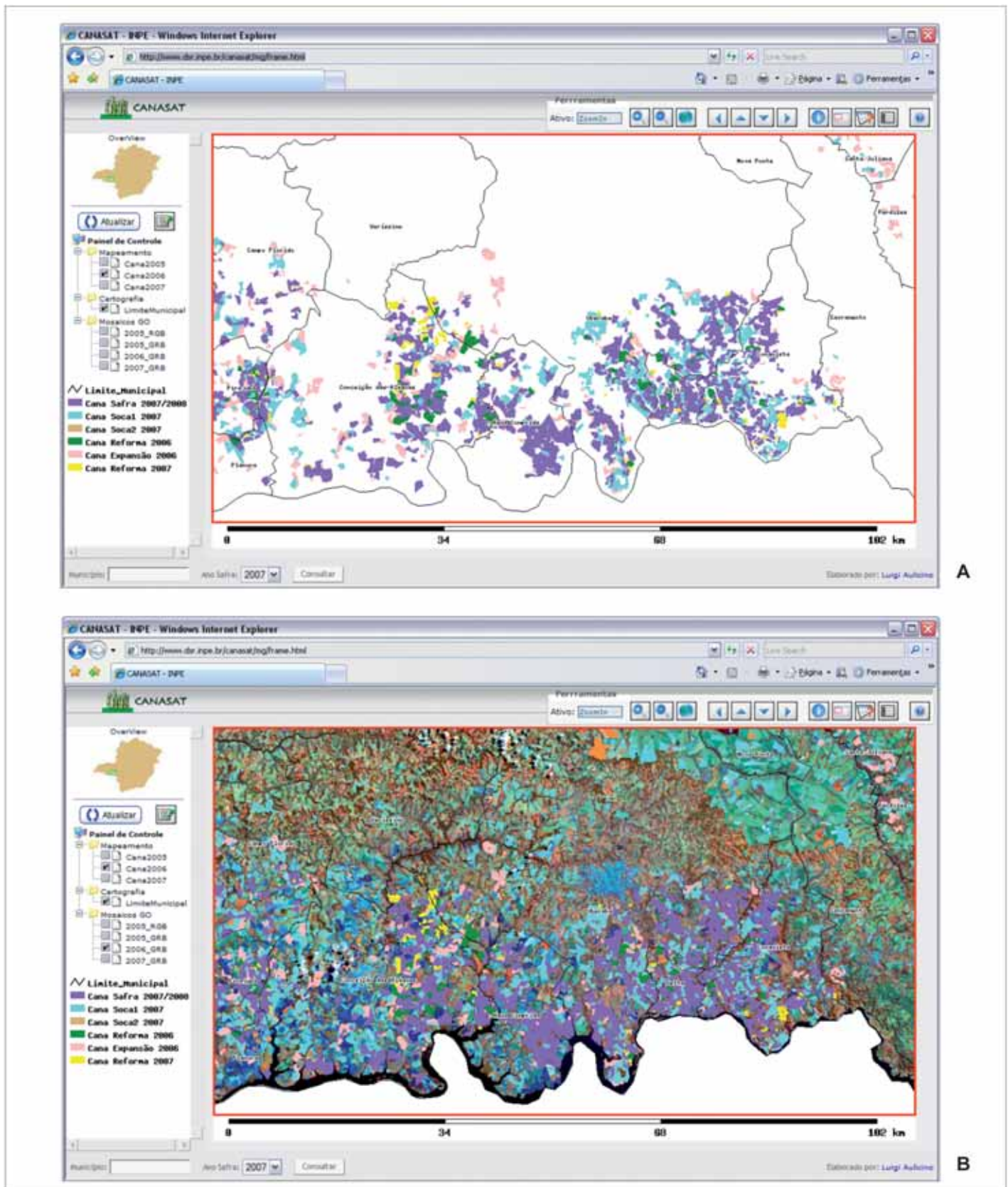


Figura 4 - Interpretação de áreas canaveiras do município de Uberaba e entorno

FONTE: INPE (2007).

NOTA: Figura 4A - Mapa temático com a distribuição das áreas de cana-de-açúcar para o município de Uberaba e entorno. Figura 4B - Mapa temático sobre imagem Landsat para a mesma região.

Os mapas com a distribuição das áreas canaveiras no estado de São Paulo, nas safras 2003/2004 e 2006/2007 podem ser vistos na Figura 5. As áreas em vermelho

na Figura 5B indicam o incremento da cana desde a safra 2003/2004, que foi de cerca de 20% nesse período. Nitidamente observa-se a tendência da ocupação de

novas áreas de cana, em particular na região Oeste do estado de São Paulo.

Na Figura 6 são mostradas as áreas de cultivo de cana, na Região Centro-Sul

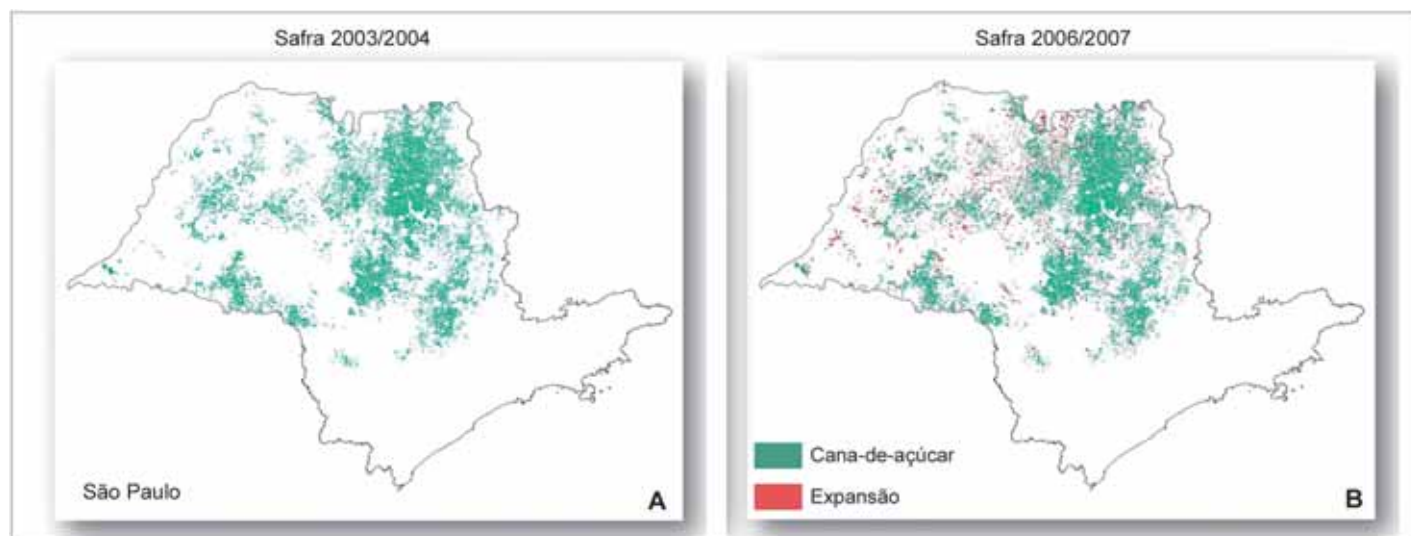


Figura 5 - Mapa com a distribuição das áreas canaveiras no estado de São Paulo

FONTE: Dados da pesquisa.

NOTA: Figura 5A - Safra 2003/2004. Figura 5B - Safra 2006/2007.

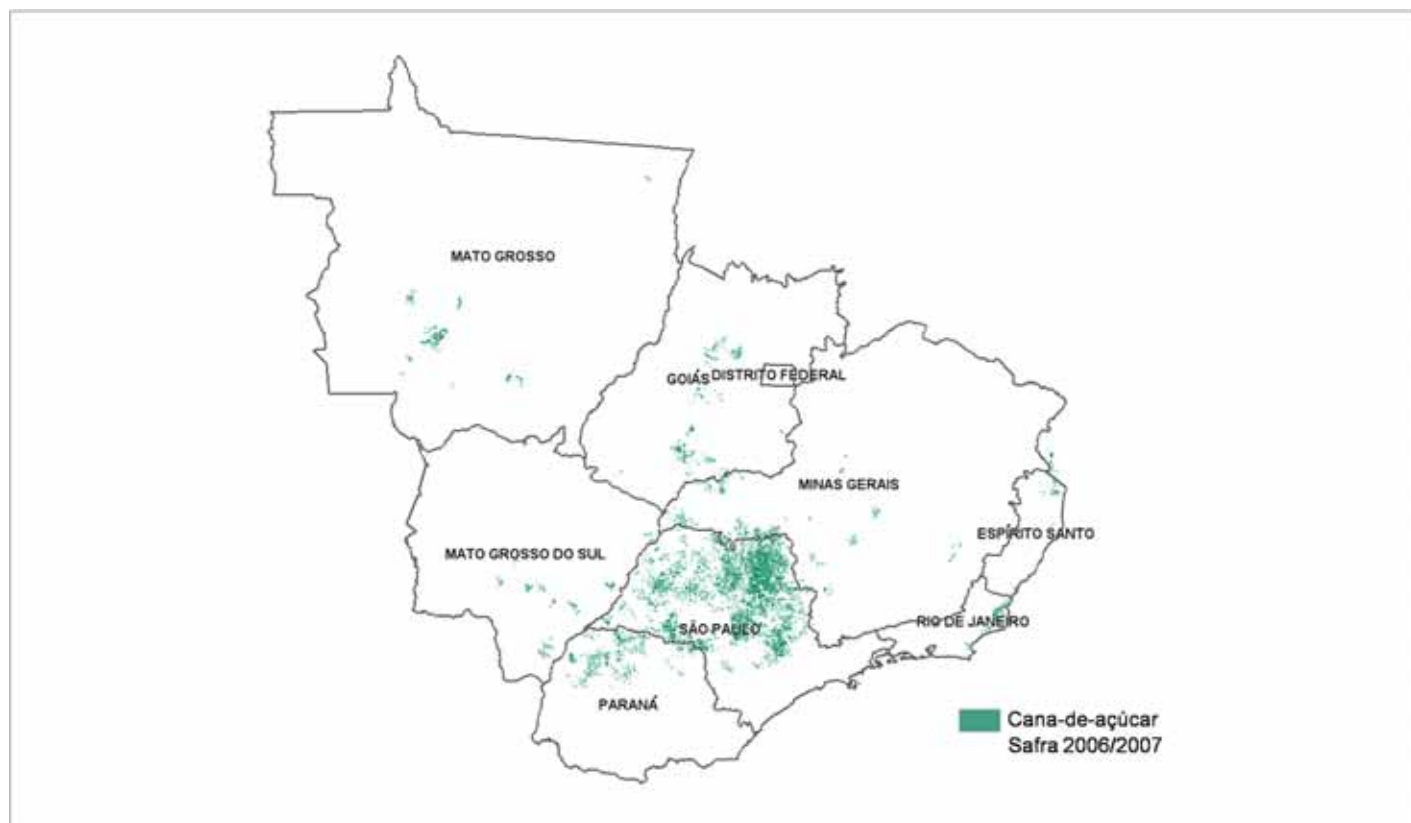


Figura 6 - Áreas de cana-de-açúcar obtidas a partir do mapeamento de imagens Landsat

FONTE: Dados da pesquisa.

do Brasil, para a safra 2006/2007, obtidas pelo projeto Canasat.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostrou que as imagens de satélites de sensoriamento remoto podem ser utilizadas para avaliar a área plantada com cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil, por meio de técnicas de processamento de imagens, em conjunto com um SIG para a classificação visual das imagens. O resultado mostrou que foi possível obter um mapeamento preciso de toda a área canavieira, utilizando-se duas datas distintas das imagens do satélite Landsat 5, e ainda gerar informação sobre a área ocupada com a cultura da cana-de-açúcar subdividida em:

a) área de cana para colheita;

b) área de cana em reforma.

A classificação digital foi útil no mapeamento das áreas canavieiras em reforma, mas a interpretação visual continua sendo uma atividade imprescindível para a obtenção de uma estimativa precisa e correta da área de cana.

Recomenda-se que este trabalho tenha continuidade nos anos subsequentes, para avaliar a viabilidade do uso operacional das imagens de sensoriamento remoto no fornecimento de estimativas objetivas da área cultivada com cana-de-açúcar e disponível para colheita.

REFERÊNCIAS

INPE. Divisão de Sensoriamento Remoto. **CANASAT**: mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da terra. São José dos

Campos, [2007]. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/canasat>>. Acesso: jun. 2007.

MENDONÇA, F. J. **CANASAT**: mapeamento da cana-de-açúcar por satélite. São José dos Campos:INPE, 1986. 69p. (INPE 3843-RPE/503).

RUDORFF, B.F.T.; BERKA, L.M.S.; MOREIRA, M.A.; DUARTE, V.; ROSA, V.G.C. **Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento**: ano safra 2004/2005. São José dos Campos: INPE, 2004. 54p. (INPE 11421-RPE/762).

_____; _____. XAVIER, A.C.; ROSA, V.G.C.; SHIMABUKURO, Y.E. Imagens de satélite no mapeamento e estimativa de área de cana-de-açúcar em São Paulo: ano-safra 2003/04. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 21-39, jan./jun. 2005.

AVALIAÇÃO DE VARIEDADES MELHORADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Produção de mudas e capacitação técnica para produtores

Avaliação e recomendação de variedades para produção de cachaça, utilização em usinas e alimentação animal.



EPAMIG

Centro Tecnológico do Centro-Oeste
Rod. MG-424 km 64 - Caixa Postal 295 - CEP 35701-970 - Prudente de Moraes - MG
Telefax: (31) 3773-1980 - e-mail: ctco@epamig.br