

## **Mapeamento da cana-de-açúcar na bacia do alto Paraguai**

Bernardo Friedrich Theodor Rudorff

André Lima

Luciana Miura Sugawara

Yosio Edemir Shimabukuro

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515  
12201-970 - São José dos Campos, SP, Brasil  
{bernardo, andrelimapr, lmiura, yosio}@dsr.inpe.br

**Resumo.** O aumento da produção de álcool tem impulsionado o agronegócio da cana no Brasil, em especial na região Centro-Sul. Recentemente ocorreram manifestações contrárias à implantação de novas unidades da indústria sucroalcooleira na Bacia do Alto Paraguai. O presente trabalho tem por objetivo apresentar o resultado de um projeto de mapeamento da cana-de-açúcar por meio de imagens de sensoriamento remoto para os estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso e avaliar a evolução da área canavieira ao longo dos dois últimos anos safra (2005/06 e 2006/07) nestes estados e na região da Bacia do Alto Paraguai. As informações divulgadas neste trabalho em conjunto com os dados disponibilizados no site do projeto Canasat indicam que cerca de 50% da cana cultivada nos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso está dentro da Bacia do Alto Paraguai e que nesta bacia houve um aumento da área cultivada com cana da safra 2005/2006 para a safra 2006/2007 de cerca de 2,5 % (5.000 ha). Os mapas de cana gerados neste trabalho fornecem informações objetivas sobre o cultivo da cana na Bacia do Alto Paraguai e podem auxiliar na avaliação do impacto ambiental desta cultura por meio do seu cruzamento com mapas de solos, declividade e altitude a fim de verificar em que tipos de solo, declividade e altitude estão sendo cultivadas as lavouras de cana.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, estimativa de área, imagens de satélite.

**Abstract.** The increase in alcohol production is promoting the agribusiness in Brazil, especially in its Centre-South region. Manifests against new sugar-alcohol plants in the Basin of Alto Paraguai were recently carried out. The present work has the objective to present the results of a sugarcane mapping project in the States of Mato Grosso do Sul and Mato Grosso using remote sensing images to evaluate the evolution of sugarcane areas in the last two crop seasons (2005/06 e 2006/07) in these States and in the region of the Basin of Alto Paraguai. The information delivered in this work together with available data from the Canasat project indicated that around 50 % of the sugarcane cultivated in Mato Grosso do Sul and Mato Grosso States are within the Basin of Alto Paraguai and that in this basin sugarcane area increased around 2.5 % (5,000 ha) from crop year 2005/2006 to crop year 2006/2007. The sugarcane maps generated in this work provide objective information about sugarcane cultivation in the Basin of Alto Paraguai and can also be used together with other information such as soil, slope and altimetry maps to support environmental impact evaluations of this crop.

**Key-words:** remote sensing, area estimation, satellite images.

## 1. Introdução

A crescente demanda por álcool, como fonte alternativa de energia aos combustíveis fósseis, beneficia o agronegócio da cana-de-açúcar no Brasil; contudo, questões relacionadas ao impacto ambiental tanto da atividade agrícola quanto da atividade industrial precisam ser consideradas com cuidado. Recentemente foram observadas diversas manifestações contrárias à atividade sucroalcooleira na região do entorno do Pantanal em decorrência de uma proposta de projeto de lei para permitir a instalação de indústrias sucroalcooleiras nesta região, mas que em novembro de 2005 foi rejeitado e arquivado pela Assembléia Legislativa de Mato Grosso do Sul. Este projeto de lei pretendia modificar a Lei Estadual nº 328 de 1982 que proíbe a implantação de agroindústrias de exploração de cana-de-açúcar e seus derivados na Bacia do Alto Paraguai, mas permite a continuação das atividades das unidades já instaladas. A maior preocupação ambiental diz respeito à possibilidade de contaminação dos rios que correm do planalto para o Pantanal.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em conjunto com a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA), o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP) e o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) iniciaram em 2005, o mapeamento e a estimativa da área plantada com a cultura da cana em toda região Centro-Sul. A região Centro-Sul é responsável por cerca de 83 % da produção de cana no Brasil e os estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso produzem cerca de 3 % e 5% da cana na região Centro-Sul, respectivamente. (**Tabela 1**)

O presente trabalho tem por objetivo apresentar o resultado de um projeto de mapeamento da cana-de-açúcar por meio de imagens de sensoriamento remoto para os estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso e avaliar a evolução da área canavieira ao longo dos dois últimos anos safra (2004/05, 2005/06 e 2006/07) nestes estados e também na região inserida na Bacia do Alto Paraguai.

**Tabela 1** - Produção em toneladas e percentual de cana-de-açúcar: ano safra 2004/2005.

ESTADOS	Produção (ton.)	Região Centro-Sul (%)
Minas Gerais	18.915.977	6,32
Espírito Santo	2.952.895	0,99
Rio de Janeiro	4.577.007	1,53
São Paulo	207.810.964	69,47
Paraná	28.485.775	9,52
Santa Catarina	0	-
Rio Grande do Sul	93.836	0,03
Mato Grosso	14.349.933	4,80
Mato Grosso do Sul	8.892.972	2,97
Goiás	13.041.232	4,36

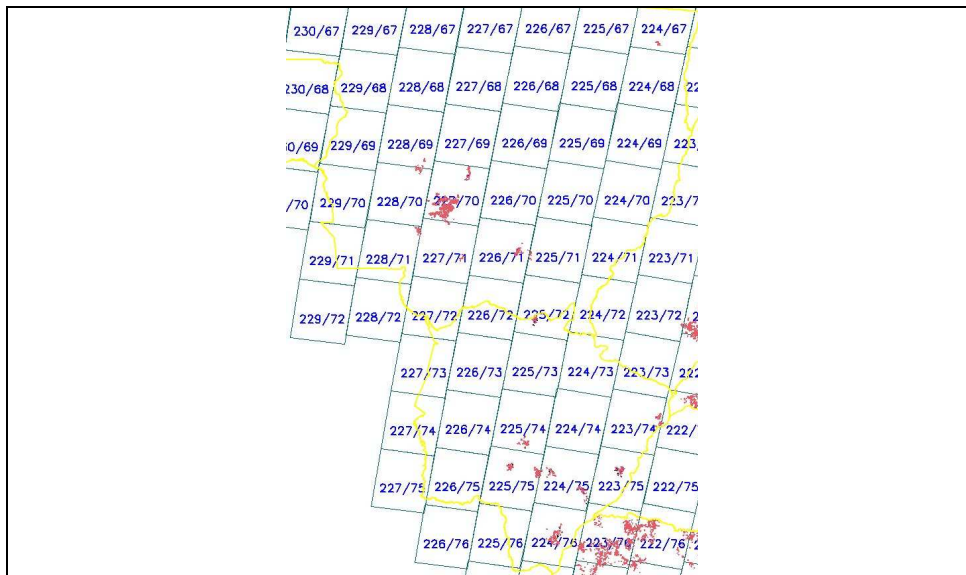
  

REGIÕES	Produção (ton.)	Brasil (%)
Centro-Sul	299.120.591	83,25
Norte-Nordeste	60.194.968	16,75
Brasil	359.315.559	100

Fonte: Adaptado de UNICA (2006).

## 2. Material e Método

Embora o presente trabalho se restrinja aos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso o projeto Canasat abrange toda a área canvieira da região Centro-Sul. A **Figura 1** mostra a cobertura das órbitas/pontos das imagens TM (Thematic Mapper) do satélite Landsat sobre as áreas de cana-de-açúcar cultivadas na safra 2004/2005 nos estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.



**Figura 1** - Mapa de órbitas/pontos das imagens TM do satélite Landsat para os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso sobrepostos às áreas de cana-de-açúcar cultivadas na safra 2004/2005.

No presente estudo foram utilizadas as imagens adquiridas pelo sensor TM a bordo do satélite Landsat-5 que tem resolução temporal de 16 dias e resolução espacial de 30 x 30 m, sendo que cada imagem recobre uma área no terreno com dimensão de 185 x 185 km, cuja identificação se dá por meio do número da órbita e do número do ponto dentro de cada órbita, conforme mostra a **Figura 1**. Sempre que a data e o horário da passagem do satélite, sobre

uma determinada área, coincide com uma atmosfera livre da presença de nuvens, obtém-se uma imagem passível de ser utilizada. Na **Tabela 2** constam as imagens livres de nuvens e disponíveis para o mapeamento da cana nas safras 2005/2006 e 2006/2007 para os estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

**Tabela 2** – Banco de imagens Landsat livres de nuvens para as safras 2005/2006 e 2006/2007

<b>Órbita/Ponto</b>	<b>Safra 2005/2006</b>		<b>Safra 2006/2007</b>	
223/74	11/2/2005	16/04/05	02/03/06	19/04/06
223/75	11/2/2005	16/04/05	14/02/06	19/04/06
224/67	-	07/04/05	-	28/05/06
224/75	18/2/2005	07/04/05	21/02/06	26/04/06
224/76	18/2/2005	07/04/05	05/02/06	10/04/06 & 26/04/06
225/72	09/2/2005	14/04/05	27/01/06	01/04/06
226/71	16/2/2005	21/04/05	19/02/06	24/04/06
227/70	07/2/2005	12/04/05	25/01/06	01/05/06
227/71	07/2/2005	-	25/01/06	01/05/06
228/69	-	-	01/02/06	08/05/06
228/70	28/12/04	-	01/02/06	08/05/06
228/71	-	19/04/05	01/02/06	08/05/06

O mapeamento de 2005/2006 foi feito com a atualização do mapa da cana safra 2004/2005, auxiliado pelo mapa de cana da safra 2003/2004, ambos elaborados pelo CTC (Centro de Tecnologia Canavieira). As áreas de cana que foram reformadas em 2004 (Cana Reforma 2004/2005) e as novas áreas de cana a serem colhidas em 2004 (Cana Expansão 2004/2005) foram obtidas através de álgebra de mapas, com o uso de programação em linguagem LEGAL do aplicativo SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) (INPE, 2005). O tema Cana Expansão 2004/2005 foi atribuído a todas as áreas de cana presentes nas imagens de 2005 com padrão de cana bem desenvolvida, mas que nas imagens de 2004 não foram mapeadas como cana. Porém, com esta metodologia, as áreas de cana em reforma nas imagens de 2004 foram consideradas como áreas novas de cana para a safra 2004/2005. Para tal as áreas de reforma nas imagens de 2004 (safra 2004/2005) foram determinadas através de um cruzamento dos Planos de Informação (PIs) contendo as áreas de Cana Expansão 2004/2005 e o mapa de cana da safra 2003/2004. Assim, áreas com intersecção nos dois PI's foram consideradas como áreas que passaram por reforma em 2004. Já as áreas onde não houve intersecção são de fato áreas novas de cana, ou seja, Cana Expansão 2004/2005. Para a safra 2006/2007 as áreas de cana em reforma (Cana Reforma) e as novas áreas de cana (Cana Expansão) foram identificadas e mapeadas com base nas imagens da **Tabela 2**.

O mapa final contendo a distribuição espacial das áreas de cana foi obtido em duas etapas: interpretação visual das imagens na tela do computador e reclassificação de pixels isolados (Berka, 2005)<sup>1</sup>.

A classificação ou interpretação visual feita na tela do computador permite modificar o resultado de uma classificação digital ou de uma outra classificação visual. Neste processo, foi utilizada uma função do aplicativo SPRING, denominada edição matricial, que consiste em uma ligação dinâmica entre o analista e o computador. Esta função permite visualizar vários PIs, de forma simultânea e interativa, para corrigir os erros da classificação digital no

<sup>1</sup> Em regiões com intenso cultivo da cana, como no estado de São Paulo, é feita primeiramente uma classificação digital para identificação das áreas de cana em reforma conforme relatado em Rudorff et al. (2004a).

mapa temático. Através deste procedimento foi possível aumentar a exatidão do mapa temático final. A interpretação visual foi, inicialmente, realizada utilizando as imagens mais recentes da **Tabela 2**. A interpretação foi feita de forma interativa até que o intérprete tivesse certeza de que a classe rotulada num dado polígono representasse a realidade no campo. Esta fase foi a mais demorada no processo de obtenção dos resultados, pois exigiu uma análise visual de cada polígono resultante da classificação.

O critério adotado na interpretação (edição matricial) de áreas em reforma foi o seguinte: áreas de reforma são as áreas classificadas como cana na safra anterior e que nas imagens de janeiro/fevereiro da **Tabela 2** têm aspecto típico de solo exposto ou de uma cultura anual (p.ex. soja). Contudo, a cana também pode ser reformada na modalidade cana de ano (cerca de 1% da área de cana), estando disponível para colheita ainda na safra 2005/2006. Esta modalidade de cana é difícil de ser identificada nas imagens e, portanto, foi incluída no tema Cana Safra.

As imagens de abril/maio reduzem o erro de classificação e aumentando a confiabilidade do mapeamento. Como complemento da classificação, algumas dúvidas com relação aos temas definidos, cuja informação disponível nas imagens do satélite não foi suficiente para uma clara identificação da ocupação da área pelo intérprete, foram dirimidas com técnicos do CTC com experiência de campo e de interpretação de imagens. A edição matricial realizada por intérpretes independentes foi homogeneizada por um único intérprete responsável pelo resultado final.

A reclassificação de *pixels* isolados consiste na correção controlada e automática dos “ruídos” presentes nos mapas temáticos após a homogeneização dos resultados. Estes “ruídos” são *pixels* isolados ou um grupo de *pixels* que estavam classificados incorretamente, decorrentes da ineficiência na detecção de bordas na classificação digital de imagens (Lunetta et al., 1991; Veregin, 1992), erros no registro das imagens (dentro dos limites aceitáveis) e de erros do fotointérprete (Berka et al., 2005). O procedimento de eliminação destes “ruídos” foi desenvolvido por Berka et al. (2005) e se baseia em álgebra de mapas através de diversos critérios de decisão, com o uso de programação em linguagem LEGAL do aplicativo SPRING. A reclassificação de *pixels* foi executada para cada subprojeto, realizando as devidas alterações no algoritmo gerado por Berka et al. (2005), de acordo com as necessidades dos mapeamentos. Após o uso deste procedimento, ainda foi feita uma conferência manual dos dados em cada subprojeto, a fim de verificar a coerência do mapa resultante da reclassificação.

Ao final do processo de reclassificação, a estimativa de área plantada foi realizada com a união dos subprojetos por estado e assim foi obtido um Plano de Informação temático contendo as classes Cana Safra 2005/2006 e Cana Safra 2006/2007. Através do cruzamento desse PI com o mapa cadastral contendo os limites políticos municipais de 2001 (IBGE, 2004) foi estimada a área destes temas em cada município. Cabe salientar que isto foi realizado no aplicativo SPRING, por meio da ferramenta denominada “Estatística de Imagem por Polígono” que realiza este cruzamento automaticamente e armazena o resultado em uma tabela. Contudo esta tabela não traz o nome dos municípios, apenas seus identificadores (GeoID). Desta forma, foi necessário fazer uma ligação entre esta tabela e uma tabela que continha a lista de municípios com os respectivos GeoID’s para se obter os dados desejados de forma concisa.

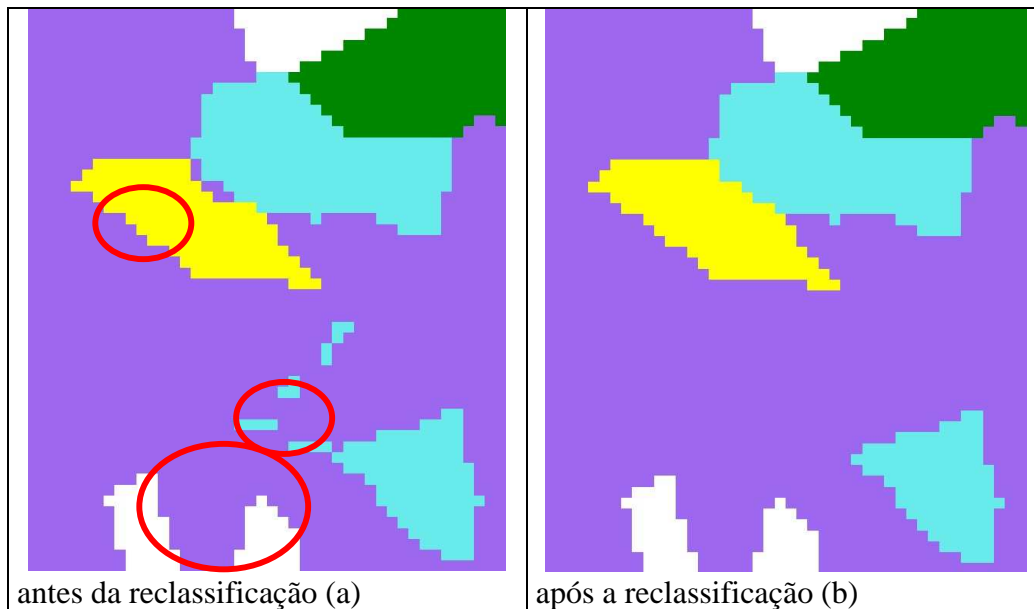
Os mapas de cana-de-açúcar, bem como as imagens de satélite e os dados tabulares gerados neste projeto estão disponibilizados na internet através de uma página criada com o uso do aplicativo denominado MapServer. O MapServer é um programa de código aberto, ou seja, além de ser gratuito, permite que alterações sejam feitas nele. Este aplicativo não é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) completo, mas tem muitas funcionalidades para a

demonstração de dados geograficamente posicionados com rápido acesso às informações desejadas de forma interativa com o usuário (MAPSERVER, 2005).

O aplicativo IDRISI foi utilizado para gerar um mapa de distância das áreas canavieiras do limite do Pantanal, dentro da Bacia do Alto Paraguai.

### 3. Resultados

O uso do mapeamento da safra anterior como base para o mapeamento da safra seguinte se mostrou eficiente, pois reduziu bastante o trabalho que se teria com uma nova classificação nas imagens da safra corrente, como foi observado nos trabalhos de Rudorff et al. (2004a e 2004b). A reclassificação de *pixels* isolados foi feita para todos os mapas de cana-de-açúcar. Um exemplo do resultado obtido pode ser visto na **Figura 2**. Na **Figura 2a**, regiões indicadas pelas circunferências em vermelho representam os pixels isolados que não estavam classificados corretamente e na **Figura 2b** se observa o resultado da reclassificação. O método adotado, que funciona de forma automática, uma vez adaptado, se mostrou útil para a redução de erros que seriam propagados ao longo dos anos no mapa de cana-de-açúcar.



**Figura 2** – Exemplo de reclassificação de *pixel* isolado no mapa de cana-de-açúcar.

Os valores da área de cana-de-açúcar obtida através do mapeamento por imagens de sensoriamento remoto nas safras 2005/2006 e 2006/2007 para os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso são apresentados nas **Tabelas 3 e 4**. Na safra 2005/2006 o estado do Mato Grosso possuía 204 mil ha e o Mato Grosso do Sul 159 mil ha de cana. E no ano-safra 2006/2007 a área de cana de Mato Grosso passou para 214 mil ha e de Mato Grosso do Sul para 182 mil ha. As **Tabelas 5 e 6** mostram a área total de cana em alguns municípios dos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, respectivamente.

**Tabela 3** – Área de cana-de-açúcar (ha) no estado de Mato Grosso do Sul nas três últimas safras.

Ano Safra	Cana Safra <sup>1</sup>	Cana Expansão <sup>2</sup>	Cana Reforma <sup>3</sup>	Área Total <sup>4</sup>
2005/2006	145.526	14.163	14.250	159.776
2006/2007	168.034	25.692	14.031	182.065

1) Área de cana disponível para colheita no ano safra em questão; 2) Área de cana que no ano anterior não era cana; 3) Área de cana-de-ano-e-meio passando por reforma e, portanto, não disponível para colheita no ano safra em questão; 4) Área total de cana (cana safra + cana reforma).

**Tabela 4** – Área de cana-de-açúcar (ha) no estado de Mato Grosso nas três últimas safras.

<b>Ano Safra</b>	<b>Cana Safra<sup>1</sup></b>	<b>Cana Expansão<sup>2</sup></b>	<b>Cana Reforma<sup>3</sup></b>	<b>Área Total<sup>4</sup></b>
2005/2006	190.309	25.701	14.172	204.481
2006/2007	194.562	26.722	19.787	214.349

1) Área de cana disponível para colheita no ano safra em questão; 2) Área de cana que no ano anterior não era cana; 3) Área de cana-de-ano-e-meio passando por reforma e, portanto, não disponível para colheita no ano safra em questão; 4) Área total de cana (cana safra + cana reforma).

**Tabela 5** – Área Total de cana em cada município do estado de Mato Grosso do Sul.

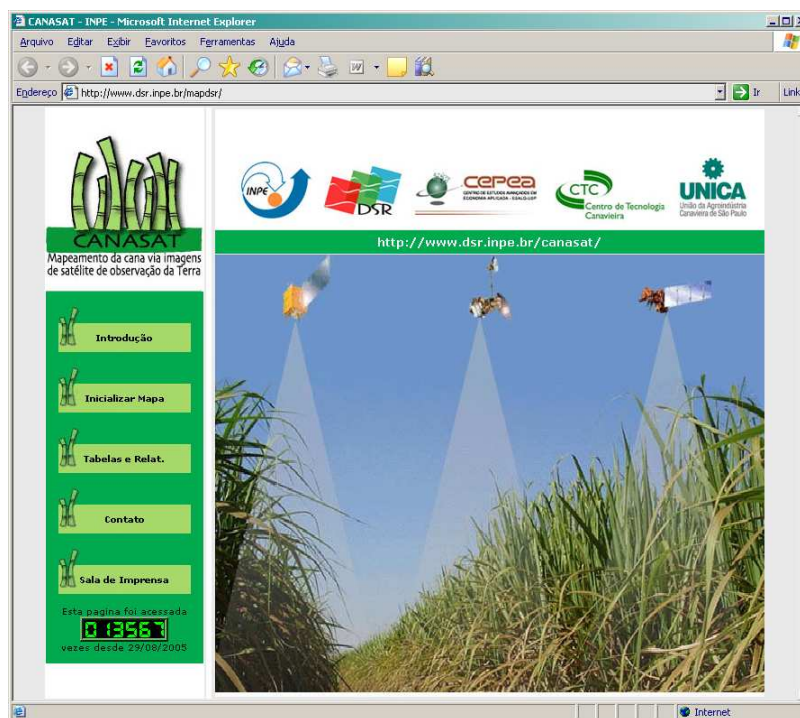
<b>Município</b>	<b>Microregião</b>	<b>2005/2006</b>	<b>2006/2007</b>
ANGÉLICA		0	1.496
APARECIDA DO TABOADO	PARANAIBA	12.810	16.558
BRASILANDIA	TRES LAGOAS	9.302	9.433
DOIS IRMAOS DO BURITI	AQUIDAUANA	1.731	1.490
DOURADOS	DOURADOS	0	352
IGUATEMI	IGUATEMI	2.431	4.264
ITAQUIRAI	IGUATEMI	15.110	16.732
JUTI	DOURADOS	719	780
MARACAJU	DOURADOS	16.305	17.574
NAVIRAI	IGUATEMI	13.249	17.720
NOVA ALVORADA DO SUL	DOURADOS	13.418	14.965
NOVA ANDRADINA	NOVA ANDRADINA	18.555	17.882
RIO BRILHANTE	DOURADOS	15.296	22.186
SANTA RITA DO PARDO	TRES LAGOAS	13.363	11.708
SELVIRIA	PARANAIBA	1.144	1.141
SIDROLANDIA	CAMPO GRANDE	8.473	9.228
SONORA	ALTO TAQUARI	14.877	15.132
TERENOS	CAMPO GRANDE	2.993	3.424
<b>Total Geral</b>		<b>159.776</b>	<b>182.065</b>

**Tabela 6** – Área Total de cana em cada município do estado de Mato Grosso.

<b>Município</b>	<b>Microregião</b>	<b>2005/2006</b>	<b>2006/2007</b>
ARENAPOLIS	ALTO PARAGUAI	2.504	713
BARRA DO BUGRES	TANGARA DA SERRA	43.191	48.826
CAMPO NOVO DO PARECIS	PARECIS	22.650	27.282
CONFRESA	NORTE ARAGUAIA	5.386	6.073
CURVELANDIA	ALTO PANTANAL	499	498
DENISE	TANGARA DA SERRA	36.603	34.628
DIAMANTINO	PARECIS	3.420	3.192
DOM AQUINO	RONDONOPOLIS	1.830	2.145
ITIQUIRA	RONDONOPOLIS	1.146	1.996
JACIARA	RONDONOPOLIS	17.724	19.527
JUSCIMEIRA	RONDONOPOLIS	1.842	2.323
LAMBARI D'OESTE	JAURU	8.307	9.553
MIRASSOL D'OESTE	JAURU	556	3.185
NOVA OLIMPIA	TANGARA DA SERRA	22.021	20.536
POCONE	ALTO PANTANAL	3.175	2.424

SANTO AFONSO	ALTO PARAGUAI	1.679	979
S. ANTONIO DO LEVERGER	CUIABA	2.115	2.125
SAO JOSE DO RIO CLARO	ARINOS	12.883	13.983
SAO PEDRO DA CIPA	RONDONOPOLIS	2.254	2.612
TANGARA DA SERRA	TANGARA DA SERRA	14.696	11.746
<b>Total Geral</b>		<b>204.481</b>	<b>214.349</b>

Os mapas e outras informações sobre a estimativa da área de cana nas safras 2005/2006 e 2006/2007 para os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso estão divulgados na internet e podem ser acessados pelo endereço: <http://www.dsr.inpe.br/mapdsr/>. A página inicial do *site* é apresentada na **Figura 3** e conta com diversas seções: *introdução*, que descreve o projeto sucintamente; *inicializar mapa*, que leva à página que permite visualizar o mapa de cana e realizar as consultas desejadas sobre os dados disponibilizados; *tabelas e relatórios*, onde são disponibilizadas algumas tabelas com resultados e relatórios do projeto; *contato*, que lista o nome dos responsáveis pela realização do projeto por instituição envolvida, bem como o endereço para contato; e *sala de imprensa*, que é um espaço para a divulgação dos eventos realizados por este projeto.



**Figura 3** - Página de abertura do *site* do Canasat.

A **Figura 4** mostra a página gerada pelo aplicativo MAPSERVER, que disponibiliza diversas opções de visualização de dados e consultas ao usuário. Nesta figura se observa o mapa de cana de açúcar sobre a malha municipal. Além disso, é possível visualizar o mapa da cana sobre as imagens de satélite, visualizar a localização das usinas, entre outras possibilidades.



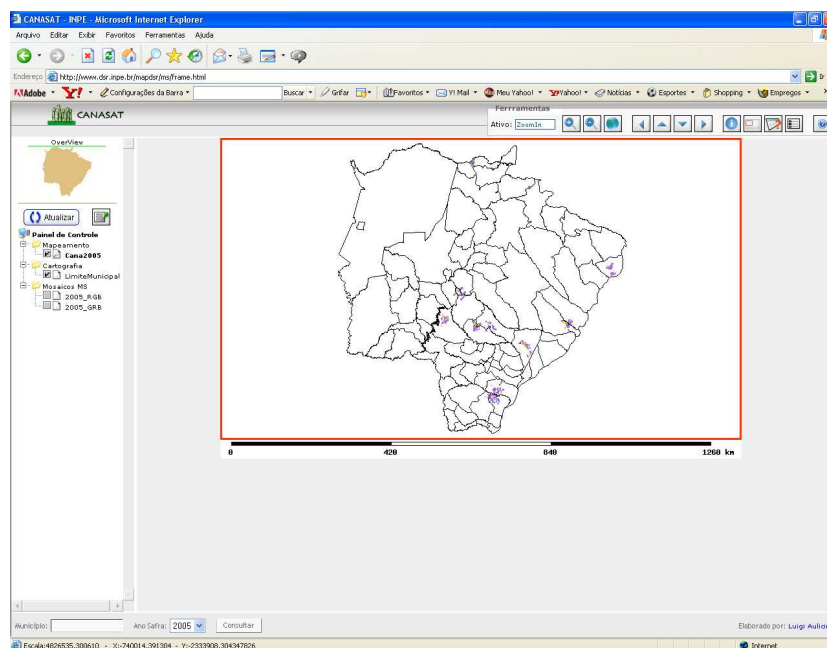


Figura 4 – Mapa de cana-de-açúcar disponível na página Canasat.

## 5. Considerações finais

As informações divulgadas neste trabalho em conjunto com os dados disponibilizados no site do projeto Canasat indicam que cerca de 50% da cana cultivada nos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso está dentro da Bacia do Alto Paraguai e que houve um aumento da área cultivada com cana da safra 2005/2006 para a safra 2006/2007 de cerca de 2,5 % (5.000 ha). Os mapas de cana podem ser cruzados com mapas de solos e de declividade dentro da Bacia do Alto Paraguai a fim de verificar em que tipos de solo, declividade e altitude estão sendo cultivadas as lavouras de cana, permitindo avaliar o impacto ambiental desta cultura. O aplicativo MAPSERVER se mostrou muito eficiente para ser utilizado como uma ferramenta de consulta dinâmica via internet, onde o usuário além de obter dados tabulares, consegue visualizar a localidade desejada, na escala municipal.

## 7. Referências

Berka, L. M. S.; Rudorff, B. F. T.; Freitas, R. M. **Reclassificação controlada de pixels isolados em mapas de cana-de-açúcar**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., Goiânia, 2005. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 33-40. < <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.19.37/doc/Berka.pdf>>. Acesso em: 21 dezembro 2005.

Informação **Unica**. São Paulo: União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA), ano 6, n. 52, mar/abr. 2003.

União da Agroindústria do Estado de São Paulo (UNICA). 2006. Disponível em <http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao=refer%EAncia>. Acesso em: 01 setembro 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Malha Municipal Digital 2001**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm)>. Acesso em: 02 dezembro 2004.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING)**. São José dos Campos. Disponível em: <[www.dpi.inpe.br/spring](http://www.dpi.inpe.br/spring)>. Acesso em: 29 junho 2005.

Lunetta, R.S., Congalton, R.G., Fenstermaker, L.K., Jensen, J.R., McGuire, K.C., Tinney, L.R.. Remote sensing and geographical information systems data integration: error sources and research issues. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 57, n. 6, p. 677-687, 1991.

MapServer. **Welcome to MapServer**. Disponível em: <<http://mapserver.gis.umn.edu/>> Acesso em 06 fevereiro 2006.

Rudorff, B. F. T.; Berka, L. M. S.; Xavier, A. C.; Moreira, M. A.; Duarte, V.; Rosa, V. G. C.; Shimabukuro, Y. E. *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 2003/2004*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004a. 47 p. (INPE-10791-RPQ/759).

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: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004b. 54 p. (INPE-11421-RPQ/762).

Veregin, H. Error modeling for the map overlay operation. In: Goodchild, M.; Gopal, S. (ed.) **Accuracy of spatial databases**. New York: Taylor & Francis, 1992. p. 3-18.