

Mascaras de cultivo de cana-de-açúcar das safras 2008, 2009 e 2010 no estado do Paraná

Romario Trentin¹
Marciel Lohmann¹
Flávio Deppe¹
Jean Grassi¹

¹ Instituto Tecnológico SIMEPAR - Caixa Postal 19100 – 81531-990 – Curitiba - PR, Brasil
{romario, marciel, deppe, jgrassi}@simepar.br

Abstract: The use of sugar cane for the production of biofuel is increasing year after year. This biofuel is being considered as the main alternative to fossil fuels. The aim of this study is to identify areas of sugar cane in Paraná state, Southern Brazil, for the 2008, 2009 and 2010 crop seasons, through the use of crop masks. Remote Sensing and GIS technologies were used along with TERRA/MODIS NDVI images as source data. In order to select and define the study area, only counties with more than 400 hectares of sugar cane planted areas were considered. This was done using IBGE (*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*) state acreage estimates. In order to eliminate areas with different classes than sugar cane, TERRA/MODIS images were used to produce a land cover map (including classes such as forest, urban, water, pasture). The image composition MODIS 065 and 081 (representing March compositions), were used to establish the thresholds in order to select and identify sugar cane areas. This was done to establish the sugar cane masks for the 2008, 2009 and 2010 crop seasons. By comparing the masks, a trend can be found indicating a slight increase over the referred crop seasons. The use of Remote Sensing and GIS technologies allowed the generation of sugar cane crop masks and acreage estimates in near real time and before crop harvest. The use of these technologies is very important in this type of studies and analysis, due to the possibilities of working with large areas and with high temporal resolution images.

Palavras-chave: Sugar Cane, vegetation index, crop acreage, Remote Sensing, NDVI, MODIS, cana-de-açúcar, índice de vegetação, área plantada, Sensoriamento Remoto, IVDN, MODIS.

1. Introdução

O cultivo de cana-de-açúcar esta presente no Brasil desde o tempo de descobrimento e colonização pelos portugueses que exploravam esta cultura para produção de açúcar mascavo, uma especiaria muito desejada pelos Europeus na época. Porém, nos últimos anos, principalmente nas últimas três décadas a exploração da cana-de-açúcar teve um aumento muito significativo em virtude de programas nacionais de geração de energias alternativas e agroenergia.

Frente à crescente preocupação mundial a respeito das mudanças climáticas e ocorrência de processos climáticos extremos e, como tentativas de redução na emissão de gases de efeito estufa e a busca por alternativas para a substituição de combustíveis fósseis, surge à possibilidade de produção de biocombustíveis como alternativa a ser empregada.

Assim sendo, a cultura da cana-de-açúcar foi a que mais tem sido utilizada no desenvolvimento de biocombustíveis e, seu cultivo tem aumentado expressivamente nos últimos anos em todo o mundo, e no Brasil não é diferente. Desta forma o objetivo deste trabalho é identificar as áreas de cultivo de cana-de-açúcar no estado do Paraná, nas safras 2008, 2009 e 2010 através técnicas de geoprocessamento, utilizando-se imagens do sensor MODIS/TERRA, técnicas cada vez mais utilizadas para fins de mapeamento que auxiliam a definição de áreas plantadas.

As técnicas de geoprocessamento possuem a capacidade de fornecer dados para grandes extensões territoriais a custos relativamente baixos e com uma rapidez muito maior, se comparados com levantamentos feitos a campo, além de possibilitar a aquisição de dados em frequentes intervalos de tempos definidos, com maior rigor. Estas características possibilitam a realização de estudos de uso da terra, detecção de mudanças, previsões e planejamentos (Prezel, 2004; Rogan & Chen, 2004).

O mapeamento da cobertura vegetal utilizando o Sensoriamento Remoto, em particular de áreas agrícolas, é caracterizado pelas fortes dinâmicas do uso do solo (Sommer *et al.*, 1998), como o preparo, cultivo e colheita.

Os avanços das técnicas de Sensoriamento Remoto trouxeram consigo a disponibilização de imagens de satélite de boa qualidade, que possibilitam o acompanhamento das culturas o ano todo em diferentes escalas de periodicidades, chegando, em alguns casos a escalas diárias.

As imagens e dados dos sensores MODIS/TERRA e AVHRR/NOAA são exemplos de sistemas orbitais de grande utilidade nas análises e acompanhamento do desenvolvimento fenológico das culturas, pois não apresentam custos de aquisição, possuem uma grande abrangência espacial e possuem diferentes períodos de disponibilização dos dados, chegando até a disponibilização de dados diários.

O sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), um dos cinco instrumentos a bordo do satélite TERRA (Programa Espacial Americano de Observação da Terra – EOS – AM - 1) iniciou suas atividades de coleta de dados em fevereiro de 2000. Esse sensor apresenta particularidades interessantes para o acompanhamento de safras, inclusive para a estimativa de área da cultura de cana-de-açúcar, pois tem um elevado grau de re-visita, ampla cobertura espacial e espectral.

Além disso, este sensor disponibiliza dois produtos que podem ser utilizados para a identificação e monitoramento das culturas de cana-de-açúcar, que são o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o EVI (*Enhanced Vegetation Index*).

No Brasil as técnicas de Sensoriamento Remoto e geoprocessamento vêm sendo cada vez mais utilizadas na previsão de safras e identificação de máscaras de culturas. O Projeto Geosafras da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) visa o aperfeiçoamento do sistema de monitoramento das culturas e previsões de safras, através da utilização de metodologias de geração de máscaras de cultivo utilizando as técnicas de Sensoriamento Remoto desenvolvidos em parcerias do governo com as universidades e empresas.

Figueiredo (2005) aponta que o projeto GEOSAFRAS utiliza geotecnologias tais como Sensoriamento Remoto, GPS (Global Positioning System) e SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) no monitoramento e identificação das culturas, na aplicação de modelos agrometeorológicos e nos prognósticos de rendimento das safras.

2. Materiais e Métodos

A metodologia utilizada para geração e caracterização das máscaras de cana-de-açúcar no estado do Paraná (PR) foi desenvolvida para utilizar como dados de entrada, imagens contendo valores do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*). Estes dados são extraídos das imagens do satélite TERRA (sensor MODIS).

Na geração das máscaras e dos produtos de caracterização da cultura de cana-de-açúcar foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, com base em SIGs. As operações realizadas consistem em rotinas programadas em IDL, operações no Envi 4.x e Arcgis9.x

2.1. Geração das máscaras

Para a geração das máscaras de cana-de-açúcar optou-se por analisar apenas as regiões e/ou áreas mais expressivas em termos de área plantada. Sendo assim, adotou-se para a análise, somente aqueles municípios que plantaram acima de 400 ha de cana-de-açúcar, dados obtidos através do CANASAT (INPE, 2010) e IBGE (2010).

Também foi necessário construir uma máscara de alvos permanentes com classes incluindo floresta, pastagem, solo urbano, solo exposto e corpos de água. Estes alvos permanentes foram identificados e espacializados com o objetivo de eliminar possíveis interferências com os índices de vegetação de cultivos de cana-de-açúcar. Na Figura 01 é apresentado o fluxograma da metodologia desenvolvida e utilizada, para a geração das máscaras de cana-de-açúcar para as safras 2008, 2009 e 2010.

Na geração das máscaras de cana-de-açúcar foram realizadas as seguintes etapas:

1. Aquisição de imagens TERRA, sensor MODIS (composições de NDVI) para compor o banco de imagens MODIS para o estado do Paraná;
2. Pré-processamento das imagens NDVI do sensor MODIS para os anos de 2008, 2009 e 2010;
3. Geração dos mosaicos para o estado do Paraná;
4. Recorte dos mosaicos de acordo com a área de estudo (municípios que plantam mais de 400ha de cana-de-açúcar);

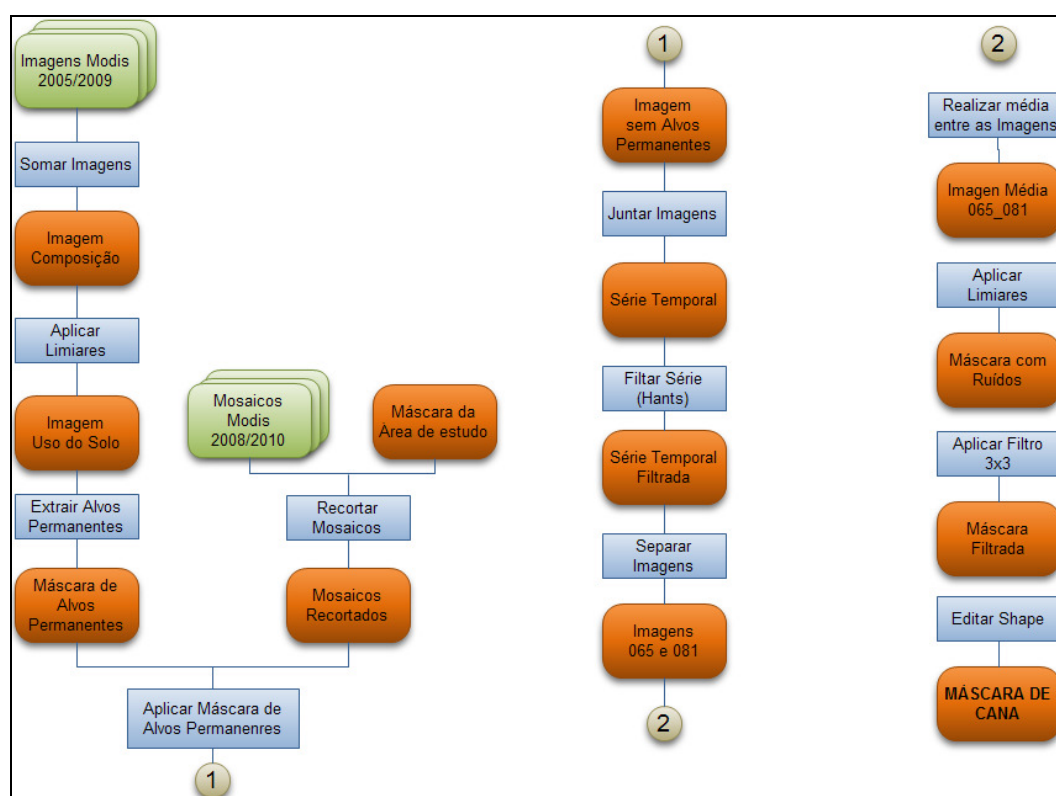


Figura 01 – Fluxograma do sistema para elaboração de máscara de áreas de plantio de cana-de-açúcar.

5. Geração de máscaras de alvos permanentes (classes de floresta, pastagem, solo urbano, solo exposto e corpos de água);
6. Extração das máscaras de alvos permanentes das imagens recortadas;
7. Geração de séries temporais para os anos 2008, 2009 e 2010;
8. Geração de séries temporais para os anos 2008, 2009 e 2010 filtradas (utilizando método de Filtro Hants);
9. Análise dos perfis de NDVI das séries temporais para definir as imagens a serem utilizadas para gerar as máscaras de cana-de-açúcar;
10. Escolha das imagens filtradas adequadas para identificar cana-de-açúcar (mês de março: composições de NDVI Dias Juliano 065 e 081);
11. Análise, definição e aplicação dos limiaries de NDVI;

12. Criação de imagem média utilizando as imagens composição de NDVI Dia Juliano 065 e 081;
13. Aplicação de limiares, extração de ruídos e edição;
14. Elaboração das máscaras das áreas de plantio de cana-de-açúcar em formato shape (ESRI);

Para geração das máscaras de plantio de cana-de-açúcar para o estado do Paraná foi utilizado o tile MODIS h13v11. Posteriormente estas imagens foram recortadas utilizando-se apenas a área de abrangência do estado. O período de imagens utilizadas abrangeu composições de NDVI Dia Juliano 001 do ano de 2005 ao Dia Juliano 209 do ano de 2010.

As imagens do estado do PR foram recortadas utilizando como base a máscara da área de estudo de cada estado. Esta máscara foi gerada a partir dos vetores (shapes) dos municípios que plantam acima de 400ha de cana-de-açúcar. Assim recortaram-se cada uma das composições de NDVI dos anos 2008, 2009 e 2010. Estas imagens foram geradas no formato geotiff, Projeção Geográfica (LAT/LONG) e Datum WGS84.

Com o objetivo de eliminar das imagens recortadas os alvos permanentes (classes de floresta, pastagem, solo urbano, solo exposto e corpos de água), foram gerados uma máscara com as referidas classes e denominada máscara de alvos permanentes. Esta máscara trata-se de uma imagem binária com valores 0 (zero) e 1 (um). O valor 0 foi atribuído para os alvos permanentes.

Para a geração da máscara de alvos permanentes foi utilizado o método de somatória de bandas. Isto envolveu procedimento de somatório das imagens de NDVI de 2005 até 2009, criando uma imagem composição. Aplicaram-se limiares para definir e/ou separar as classes, assim gerando uma imagem de uso e ocupação do solo. Em seguida extraíram-se as classes que apresentaram pouca variação (em termos de valores de NDVI) no período de 5 anos. Para cada classe (floresta, pastagem, solo urbano, solo exposto e corpos de água), foram estabelecidos limites de corte (inferior e superior), gerando assim a máscara de alvos permanentes.

As séries temporais para os anos 2008, 2009 e 2010, foram geradas a partir da junção das imagens recortadas em um único arquivo. A série temporal possibilitou a visualização e geração dos perfis de NDVI ao longo do ano. A Figura 02 é um exemplo de perfil de NDVI para ano de 2009 de um pixel representativo de cultura de cana-de-açúcar. Estes perfis foram utilizados para a identificação e escolha das imagens a serem utilizadas na geração das máscaras de açúcar.

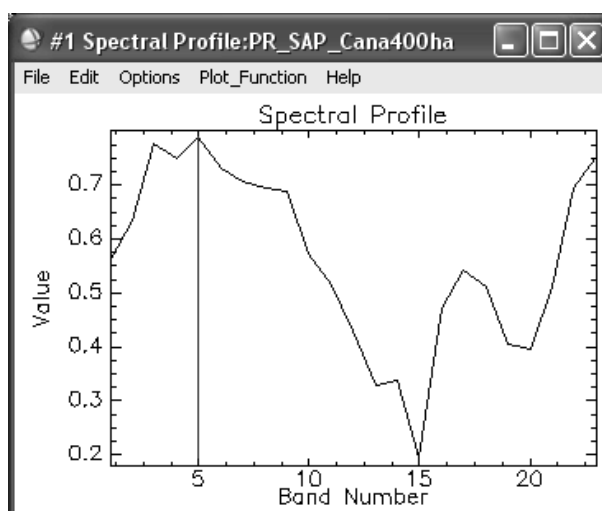


Figura 02: Perfil de NDVI para ano de 2009 de um pixel representativo de cultura de cana-de-açúcar

Cada série temporal foi filtrada utilizando o filtro HANTS (*Harmonic Analysis of NDVI Time-Series*), por meio da rotina IDL. Este filtro utiliza o princípio de série harmônica, com frequência pré-definida, para eliminar os ruídos em uma série temporal de dados. A Figura 03 é um exemplo de perfil de NDVI filtrado para ano de 2009 de um pixel representativo de cultura de cana-de-açúcar.

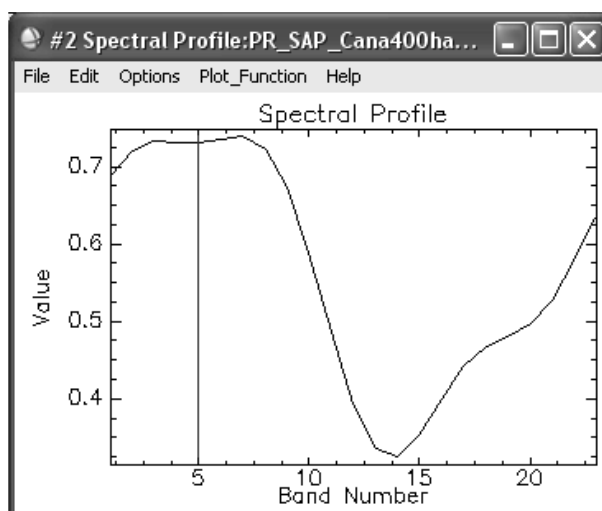


Figura 03: Perfil de NDVI filtrado para ano de 2009 de um pixel representativo de cultura de cana-de-açúcar

De posse da série filtrada, elaborou-se uma análise dos valores dos perfis de NDVI, com o objetivo de observar o comportamento destes valores para os cultivos de cana-de-açúcar. Após a análise dos gráficos, foram selecionadas para cada safra as imagens que seriam utilizadas na geração das máscaras. Para o estado do PR observou-se que as melhores imagens para identificar a cana-de-açúcar são as composições Dia Juliano 065 e 081 (mês de março). Foi então realizada a média entre estas imagens, gerando uma imagem média 065-081 para cada safra.

A partir das imagens médias 065_081 aplicaram-se limiares de valores de NDVI que permitissem separar os cultivos de cana-de-açúcar. Verificou-se que para o mês de março a cultura de cana-de-açúcar apresenta resposta fenológica que varia aproximadamente de 0,7 a 1,00, enquanto culturas como soja e milho apresentam resposta normalmente abaixo de 0,7. Depois de aplicar os limiares gerou-se uma máscara preliminar de culturas de cana-de-açúcar, porém com a presença de ruídos (pixels isolados). Assim, foi necessário aplicar um filtro de média (3x3) para eliminar os mesmos. Em seguida, exportou-se a máscara para o formato shape (vetor) e calculou-se a área total.

Para avaliar a qualidade da máscara final de cana-de-açúcar, o valor calculado da área total de cada máscara foi comparado com os dados do CANASAT e estimativas do IBGE.

3. Resultados e Discussão

Foram confeccionadas três máscaras de plantio de cana-de-açúcar, uma para cada safra (2008, 2009 e 2010). Nos mapas são apresentados os municípios onde há o cultivo da cana-de-açúcar no estado do Paraná. Vale salientar que foram utilizados somente os municípios que plantam mais de 400 ha de cana-de-açúcar. Também a área mapeada que resultou na máscara de cana-de-açúcar se refere somente aquelas áreas que apresentam fenologia e/ou vigor vegetativo no mês de março.

A Tabela 01 apresenta o valor das áreas de cana-de-açúcar identificadas em cada safra, e os dados estimados pelo IBGE e CANASAT (INPE) para as referidas safras. Pode-se visualizar que a referida cultura apresentou um leve crescimento no decorrer das safras.

Nas figuras 04, 05 e 06 são apresentados os mapas do estado do Paraná com as máscaras de cana-de-açúcar para as safras de 2008, 2009 e 2010 respectivamente.

Conforme identificado nos mapas e na tabela, pode-se observar um pequeno aumento das áreas plantadas no decorrer de 2008 a 2010.

Tabela 01 – Áreas de cana-de-açúcar do estado do Paraná

	2008 (ha)	2009 (ha)	2010 (ha)
Mascara MODIS	578.756,98	630.437,43	661.347,52
CANASAT	-	633.855,00	665.126,00
IBGE	594.585,00	617.510,00	660.029,00

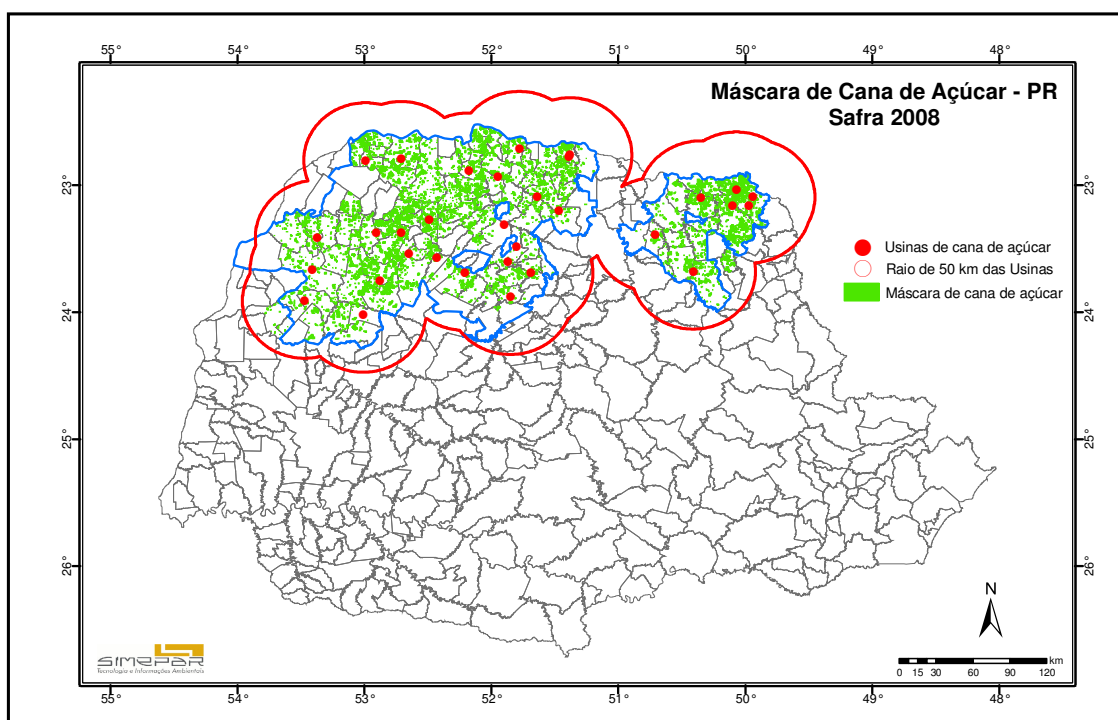


Figura 04 – Mascara de cana-de-açúcar no Paraná – Safra 2008

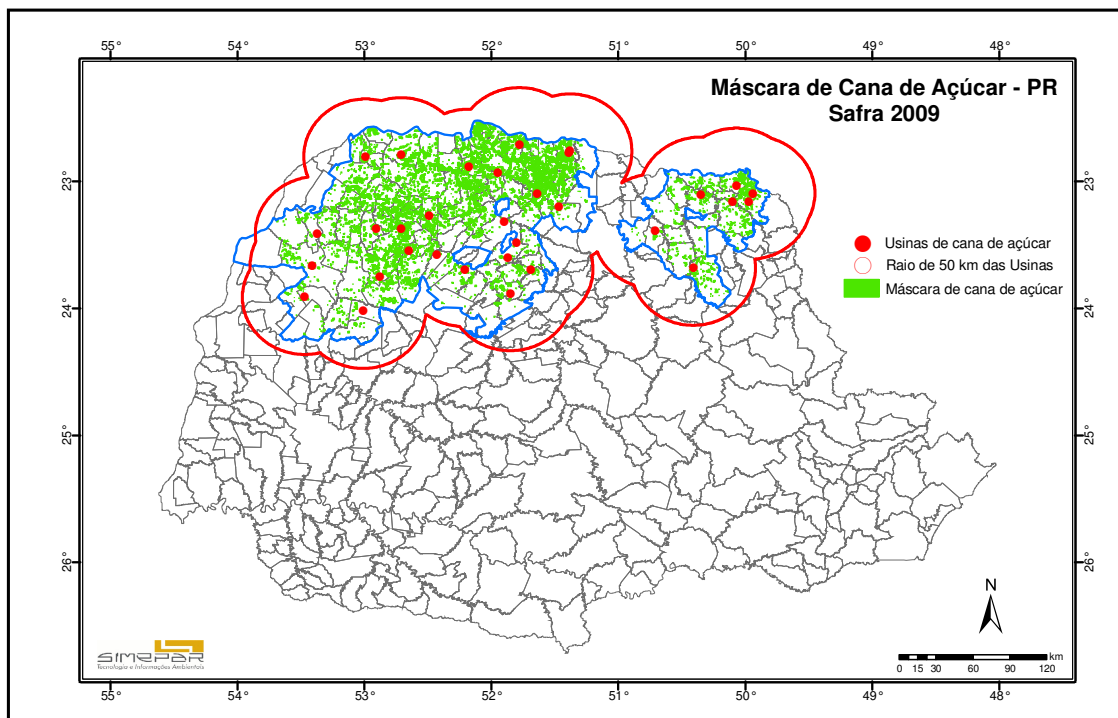


Figura 05 – Mascara de cana-de-açúcar no Paraná – Safra 2009

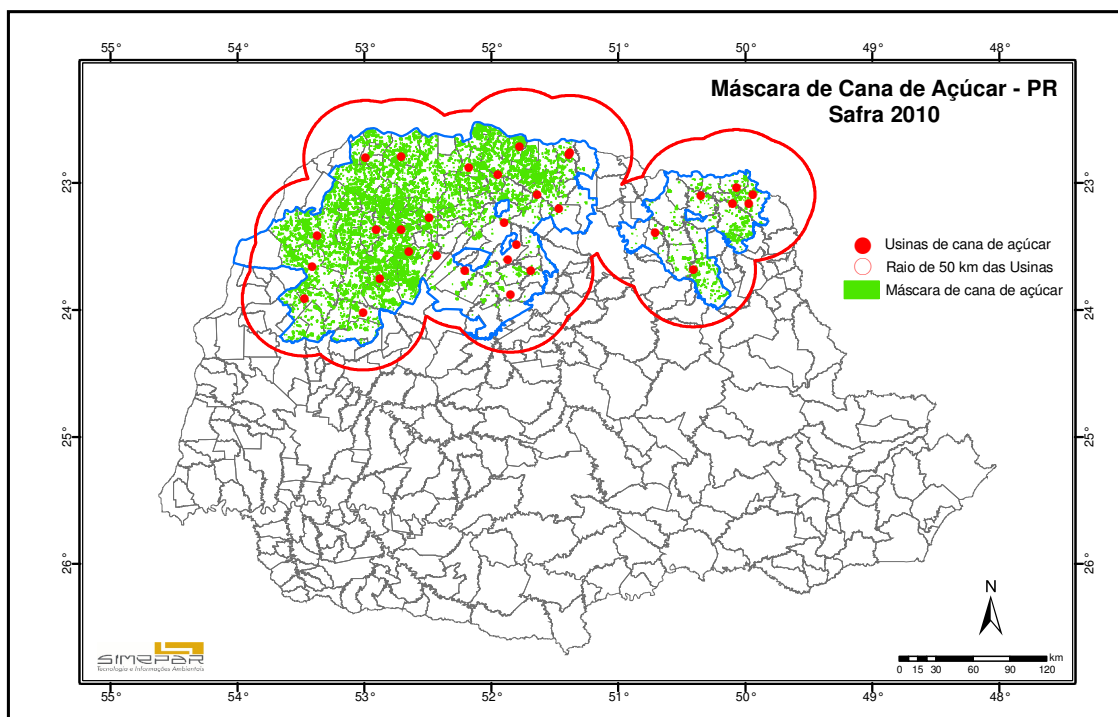


Figura 06 – Mascara de cana-de-açúcar no Paraná – Safra 2010

4. Considerações Finais

As técnicas de Sensoriamento Remoto e geoprocessamento são importantes ferramentas para análises espaciais e possibilitam trabalhar com áreas significativamente grandes apresentando resultados bastante consistentes.

As imagens do sensor MODIS, se apresentam como produto muito eficiente para a identificação e monitoramento das culturas de cana-de-açúcar, visto que são produtos sem

custo de aquisição, possuem um controle geométrico muito grande, possuem uma periodicidade diária, de oito em oito dias e de 16 em 16 dias (utilizadas neste trabalho), e que proporciona grande disponibilização de dados durante as safras.

Apesar de a cana-de-açúcar ser uma cultura que possui plantio e a colheita durante o ano todo, o que dificulta o mapeamento das lavouras por meio de Sensoriamento Remoto, o método de extração das máscaras utilizadas neste trabalho se mostrou eficiente e de baixo custo.

As máscaras de cana-de-açúcar identificadas para as safras de 2008, 2009 e 2010 caracterizam um pequeno aumento nas áreas da cultura, porém bastante moderadas, uma vez que o estado do Paraná se apresenta como um estado agrícola bastante consolidado com suas áreas de cultivos praticamente todas ocupadas e as pequenas variações de áreas possivelmente são referentes a substituições de culturas, principalmente áreas utilizadas com soja e milho que passaram a cultivar cana-de-açúcar.

De forma geral pode-se definir que as técnicas de Sensoriamento Remoto têm sido cada vez mais importantes em projetos de monitoramento agrícola e podem ser úteis para diminuir a subjetividade dos métodos operacionais de previsão de safras como os utilizados no Brasil pela CONAB e pelo IBGE. Contudo, é importante ressaltar que os resultados adquiridos através de técnicas de Sensoriamento Remoto, necessitam ser validados através de trabalhos e campanhas de campo para que se possa contribuir como ferramenta de estimativas oficiais, porém com níveis de confiança bastante elevados.

Bibliografia

Bernardo F.T. Rudorff, Yosio E. Shimabukuro, Juan C. Ceballos (Org.). **O Sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil**, São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 2007.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em < <http://www.conab.gov.br/> > Acessado em agosto de 2010.

CONAB. **Superintendência Regional do Paraná (SUREG-PR)**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conab-superintendenciasRegionais-interna.php?uf=PR>> Acessado em agosto de 2010.

Figueiredo, D. C. **Aperfeiçoamento do Sistema de Previsão de Safras da CONAB**. Brasília, 2005. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/GEOSAFRAS/manuais/projetogeosafras.pdf>> Acesso em: Agosto 2010.

IBGE. **SIDRA**. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> Acessado em Agosto de 2010.

INPE. **CANASAT**: Mapeamento de cana via imagens de satélite de observação da terra. Disponível em < <http://www.dsr.inpe.br/canasat/> > Acessado em agosto de 2010.

Lohmann, M.; Simões, K.; Deppe, F.; Mercuri, E. Monitoramento da Evolução Temporal da Cultura da Soja no Estado do Paraná Utilizando Imagens Terra/Modis In: **XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2009, Natal.

MODIS. **Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer**. Disponível em <<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>> Acessado em agosto de 2010.

Prenzel, B. Remote sensing-based quantification of land-cover and land-use change for planning. **Progress in Planning**, v. 61, n. 4, p. 281-299, 2004.

Rogan, J.; Chen, D. Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change, **Progress in Planning**, v. 61, n. 4, p. 301-325, 2004.

Sommer, S.; Hill, J; Mégier, J. The potential of remote sensing for monitoring rural land use changes and their effects on soil conditions. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 67, p. 197-209, 1998.