

Mapeamento de cana-de-açúcar em áreas de assentamento de reforma agrária no município de Mirante do Paranapanema-SP utilizando imagens CCD/CBERS-2B

Érika Akemi Saito ¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
erika@dpi.inpe.br

Abstract. The expansion of areas for cultivation of sugarcane in the state of São Paulo and its impact on the environment are factors that deserve attention in the light of burning caused the harvest season, as well as the improper use of soil. Remote Sensing and processing of satellite imagery are alternatives in the mapping and estimation of areas for cultivation of sugarcane. In the area of study, Mirante do Paranapanema-SP is highlighted by agrarian conflicts, and in agribusiness, which recently has been expanding the areas under cultivation of sugarcane in terms of deploying sugarcane. Accordingly, the objective of this work is mapping of areas for cultivation of sugarcane in Mirante do Paranapanema using images from the satellite CBERS-2B and techniques of digital image processing to estimate the area under sugarcane in settlements of Agrarian Reform. For validation of the statement of sugarcane was used a mosaic of images in the camera HRC/CBERS-2B, resulting in a kappa index of 0,78. The resulting map allowed to view the spatial distribution of areas of planting sugarcane and shows that farmers in the settlements of Agrarian Reform has been adopting the cultivation of sugarcane crops in their replacing some cultures. The mapping of areas of sugar cane can make allowances in the supervision and control of fires during the harvest of sugar cane, as well as the establishment of guidelines governing the cultivation of the crop farm avoid inappropriate.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, sugarcane, sensoriamento remoto, processamento de imagens, cana-de-açúcar.

1. Introdução

O Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários, sendo o principal produtor de cana-de-açúcar e as regiões de cultivo se concentram no Sudeste, Centro-Oeste, Sul e Nordeste, permitindo duas safras anuais (UNICA, 2008). A expansão de áreas de cultivo da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, as queimadas provocadas no período de colheita e o uso inadequado do solo são fatores que merecem destaque devido ao impacto ambiental.

A obtenção de informações referentes à produção de culturas agrícolas que possuem maior relevância no cenário econômico brasileiro é muito importante para o país prever safras bem como definir estratégias adequadas para sua economia agrícola, no sentido de contornar o problema da escassez ou do excesso de determinado produto (Ippoliti-Ramilo et al., 1998). Desse modo, o sensoriamento remoto e a análise de imagens de satélite são alternativas no mapeamento e estimativa de áreas de culturas agrícolas. Devido ao seu caráter sinóptico e repetitivo, as imagens orbitais são cada vez mais utilizadas para o monitoramento da cobertura do solo. Vários estudos vêm sendo realizados na área de sensoriamento remoto voltado para a cultura de cana-de-açúcar. Medeiros et al. (1996) realizaram um estudo para estimar áreas de cana-de-açúcar, milho e soja utilizando imagens TM/Landsat. Simões et al. (2003) analisaram o comportamento espectral de uma área de cana-de-açúcar por meio de radiometria de campo. Já Berka et al. (2005), desenvolveram uma metodologia de reclassificação de pixels isolados em mapas de cana-de-açúcar.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento de cana-de-açúcar no município de Mirante do Paranapanema-SP utilizando imagens do satélite sino-brasileiro CBERS-2B e técnicas de processamento digital de imagens para estimar as áreas de cana-de-açúcar em assentamentos de reforma agrária, verificando a distribuição espacial da cultura, e contribuir na fiscalização e controle da exploração inadequada de terras pelo cultivo de cana-de-açúcar.

1.1 Área de Estudo

A área de estudo o município de Mirante do Paranapanema está localizada no extremo oeste do estado de São Paulo conhecido também como Pontal do Paranapanema. Localiza-se a uma latitude 22°17'31" Sul e a uma longitude 51°54'23" Oeste, estando a uma altitude de 448 m. A Figura 1 apresenta a localização do município de Mirante do Paranapanema.

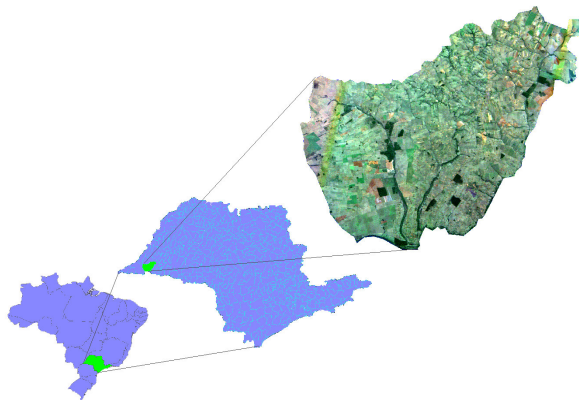


Figura 1. Localização do Município de Mirante do Paranapanema-SP.

De acordo com Santos (2003) o Pontal do Paranapanema é uma das regiões mais carentes do Estado de São Paulo, sendo cenário de conflitos sociais envolvendo disputas entre o Estado e latifundiários que ocuparam terras irregularmente. Parte do território deste município se organizou no período colonialista, quando se iniciou o processo de formação de grandes propriedades griladas, ou seja, terras apropriadas inadequadamente por meio de falsificação de documentos. A estrutura agrária de Mirante do Paranapanema sofreu uma profunda mudança com a reorganização do espaço rural devido à implantação da reforma agrária e assentamentos de famílias em áreas antes ocupadas por fazendas irregulares (Santos, 2003).

Nas regiões dos assentamentos rurais destaca-se o trabalho familiar voltado para a produção agrícola de auto consumo (Fernandes e Ramalho, 2001). A região do Pontal do Paranapanema se destaca pelo agronegócio e recentemente vem expandindo as áreas de cultura de cana-de-açúcar em função da implantação de usinas sucoalcooleiras.

A área de estudo foi selecionada por apresentar o maior número de assentamentos no Estado de São Paulo (Fernandes e Ramalho, 2001), e a partir da portaria nº77/2004 que regulamenta a exploração dos lotes de assentamentos rurais com cana-de-açúcar muitos assentados vêm arrendando suas terras para usinas interessadas no plantio em larga escala de cana-de-açúcar (Freitas et al., 2007). Outro fator preponderante é a construção da usina Conquista do Pontal para a produção de etanol pela Odebrecht em Mirante do Paranapanema, tornando-se evidente a expansão das áreas de cana-de-açúcar no município e suas adjacências.

Segundo MNDH (2008), o projeto da Odebrecht prevê a utilização de cerca de 160 mil hectares de terras para a produção de cana-de-açúcar, sendo que essas terras estão dentro do 11º perímetro do Pontal do Paranapanema (onde se encontra Mirante do Paranapanema), uma região de terras públicas. Além deste fator, várias empresas transnacionais, estão utilizando irregularmente terras públicas para a implantação de usinas sucoalcooleiras e plantio de cana-de-açúcar (MNDH, 2008).

2. Metodologia

Com a definição da área de estudo, foram adquiridos dados geográficos (imagens orbitais CCD/CBERS-2B e HRC/CBERS-2B, dados vetoriais delimitando áreas de assentamento rural e limite municipal) referente à região do município de Mirante do Paranapanema. Os dados

vetoriais delimitando áreas de assentamento rural produzidos pela Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP) foram disponibilizados pelo Ministério Público do Meio Ambiente de Presidente Prudente. Para realizar o estudo das áreas de cana-de-açúcar foram adquiridas uma cena da câmara CCD/CBERS-2B com resolução espacial de 20 metros na órbita/ponto 160/125 referentes ao dia 21 de julho de 2008 e três cenas da câmara HRC/CBERS-2B com resolução espacial de 2,5 metros obtidas na mesma data de aquisição das cenas CCD/CBERS-2B, para isso foi necessário consultar o catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) disponível gratuitamente em < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>.

Os processamentos envolvidos neste trabalho foram realizados no software Spring (Camara et al., 1996), no qual foi criado um banco de dados geográficos no sistema de projeção *Universal Transverse Mercator* (UTM) e datum de referência *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF)/*World Geodetic System* (WGS84) na zona 22 Sul. Resumidamente as etapas envolvidas no trabalho foram (Figura (2)): registro de imagens, restauração de imagens, segmentação, classificação e validação.

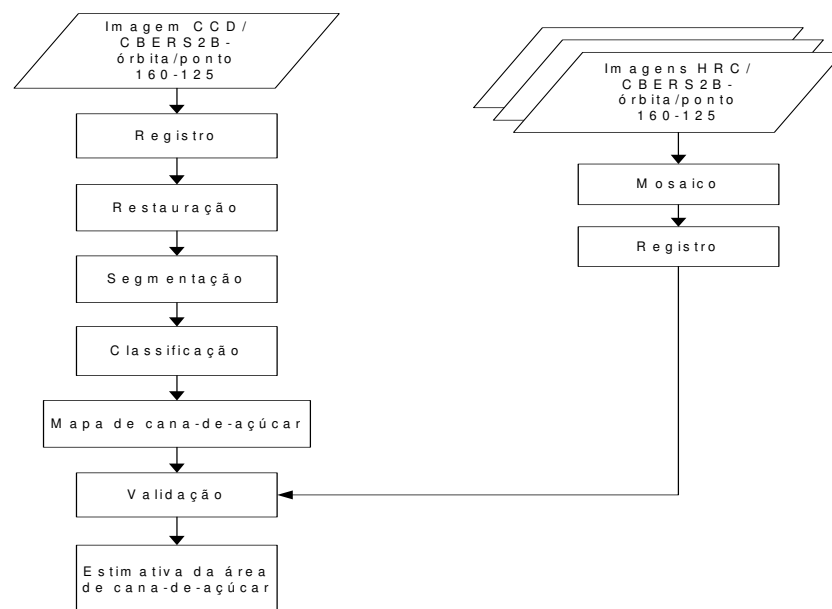


Figura 2. Fluxo de atividades desenvolvidas no trabalho.

A imagem CCD/CBERS-2B foi registrada tendo como referência uma imagem ortoretificada Landsat/Geocover (disponível em: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>) de resolução espacial de 14,25 m. Os dados vetoriais (delimitação dos assentamentos e limite municipal) também foram registrados em relação à imagem ortoretificada, enquanto as cenas da HRC/CBERS-2B que foram inicialmente mosaicadas e depois registradas, procurando manter um erro no registro menor que 0,5 pixel. O registro de uma imagem é uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência adotado, ou seja, associando-a a um sistema de coordenadas geográficas. Esta associação é realizada com a aplicação de funções de remapeamento de pixels da imagem original, resultando em uma imagem geometricamente alterada. Cada banda CCD/CBERS-2B passou pelo processo de restauração de modo que se reduzam as distorções decorrentes do sensor e sejam realçadas algumas feições como as áreas de cultivo de cana-de-açúcar.

Para realizar o mapeamento das áreas de cana-de-açúcar foram selecionadas imagens referentes às banda 2 (0,52 - 0,59 μm), banda 3 (0,63 - 0,69 μm) e banda 4 (0,77 - 0,89 μm) do CCD/CBERS-2B. A classificação de imagens consiste em se estabelecer um processo de decisão no qual um grupo de pixels é definido como pertencente a uma determinada classe (Venturieri e Santos, 1998). O processo de classificação é dito supervisionado, pois implica na interação entre o intérprete humano e o sistema de análise, e no conhecimento prévio de algumas áreas que se deseja trabalhar, o que permite a seleção de amostras confiáveis que são usadas para o treinamento de um algoritmo de classificação (Venturieri e Santos, 1992).

A segmentação prévia de uma imagem é uma etapa necessária em muitas abordagens de classificação por regiões. Um dos métodos mais utilizados no contexto da análise multiespectral é o baseado em crescimento de regiões, que agrupa pixels ou sub-regiões em regiões maiores (Gonzalez e Woods, 1992). Assim, as imagens selecionadas foram segmentadas utilizando um segmentador baseado em regiões utilizando limiares de similaridade 5 e de área 10 respectivamente. Após a segmentação as imagens foram classificadas utilizando um classificador supervisionado (Bhattacharya) com base no limiar de aceitação de 95%, sendo definidas para este estudo duas classes: cana-de-açúcar e outros. Para o treinamento do classificador foram escolhidos polígonos que representassem as classes definidas. O mosaico da HRC/CBERS-2B (Figura (4)) cobrindo parte da área de estudo foi utilizado na validação dos resultados da detecção de áreas de cana-de-açúcar.

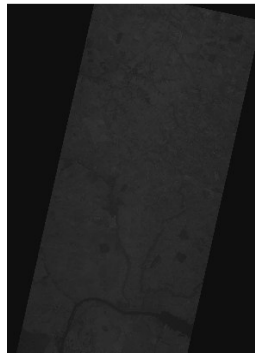


Figura 4. Mosaico da HRC/CBERS-2B.

Foram sorteados 62 pontos aleatórios e através de interpretação visual foi verificado se as áreas classificadas como cana-de-açúcar e outros correspondiam com a realidade terrestre. A avaliação do mapa resultante foi realizada com o índice kappa baseada na metodologia de Hudson e Ramm (1987) e Congalton e Green (1999), o qual analisa a exatidão de mapeamentos por meio de matrizes de confusão. A distribuição dos pontos de validação está apresentada na Figura 5.

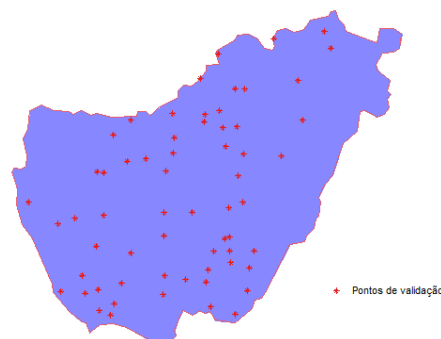


Figura 5. Distribuição de pontos de validação.

Após a validação do mapeamento foi calculada a partir da ferramenta Medidas de Classes do Spring a estimativa das áreas de cana-de-açúcar para o município de Mirante do Paranapanema assim como para os assentamentos implantados pelo ITESP. A Figura 6 apresenta a localização dos assentamentos implantados pelo ITESP no município de Mirante do Paranapanema.

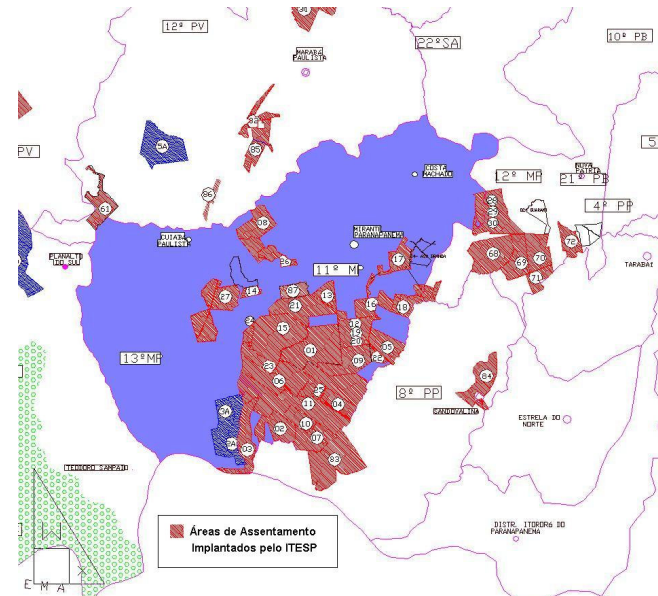


Figura 6. Localização dos assentamentos de Reforma Agrária implantados pelo ITESP.

3. Resultados

O mapeamento das áreas de cana-de-açúcar no município de Mirante do Paranapanema e os assentamentos de Reforma Agrária implantados pelo ITESP podem ser visualizados na Figura 7.

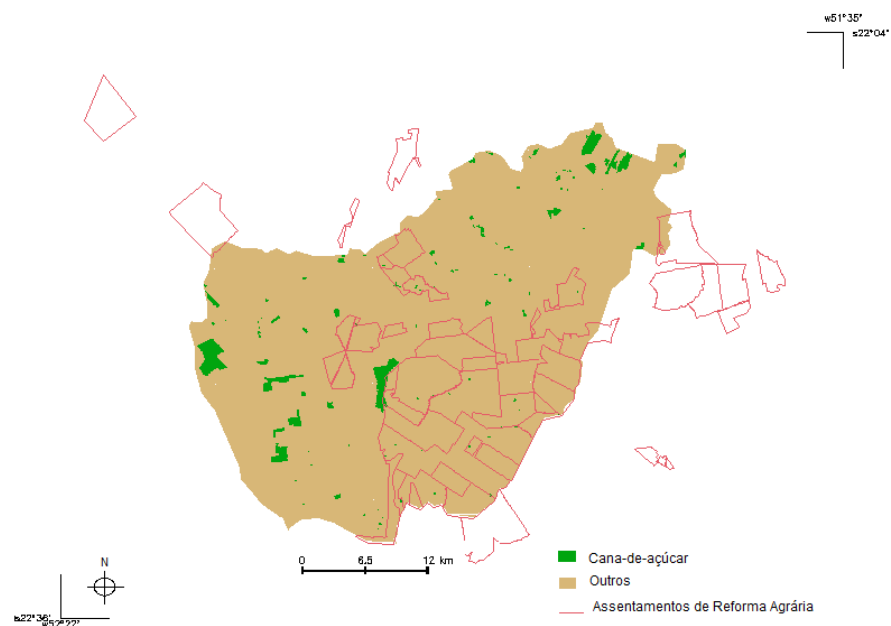


Figura 7. Mapeamento da cana-de-açúcar no município de Mirante do Paranapanema.

Em geral, as áreas de cultivo de cana-de-açúcar estão distribuídas por todo o município, sendo que na porção sudoeste estão as maiores áreas contínuas de terras exploradas pela cultura. Enquanto nos assentamentos de reforma agrária destacou-se a presença de porções menores de áreas de cana-de-açúcar.

Na validação do mapa obteve-se um kappa de 0,78 que de acordo com Landis e Koch (1977) pode ser considerado como muito boa. A estimativa de área de cana-de-açúcar encontrada no município de Mirante do Paranapanema foi de 3387,96 alqueires (ha) o que equivale a 33,8800 km². As estimativas de áreas de cana-de-açúcar nos assentamentos rurais estão expressas na Tabela 1.

Tabela 1. Estimativa de área de cana-de-açúcar nos Assentamentos implantados pelo ITESP.

Assentamentos implantados pelo ITESP	Identificador	Área de cana-de-açúcar (ha)
Arco-íris	1	6,72
Canaã	2	4,96
Che Guevara	3	-
Estrela d'Alva	4	-
Flor Roxa	5	-
Haroldina	6	-
King Meat	7	6,32
Santa Carmem	8	11,56
Santa Cruz	9	6,92
Santana	10	-
São Bento	11	21,36
Vale dos Sonhos	13	-
Pontal (Santa Rosa 2)	14	-
Santa Apolônia	15	3,28
Santa Cristina	16	-
Santa Isabel 1	17	2,28
Santa Lúcia	18	-
Novo Horizonte	21	-
Washington Luís	22	-
Alvorada	23	20,00
Marco II	24	36,86
Nossa Senhora da Aparecida	25	5,92
Santo Antônio 2 (Repouso)	26	10,56
Roseli Nunes (Nhancá)	27	6,84
Santo Antônio Pelegrini	87	-
Lua Nova_Santa Rosa 1_Santo Antônio 1	12_19_20	-
Água Limpa 1_Água Limpa 2_Santa Eudóxia	28_29_30	-

A partir da Tabela 1 pode-se verificar que os assentamentos Marco II e São Bento foram os que apresentaram maior área de cultivo de cana-de-açúcar enquanto em 42% dos assentamentos analisados não houve áreas mapeadas com tal cultura. Nos assentamentos de reforma agrária foram registradas áreas menores de plantio de cana-de-açúcar em razão dos lotes dos agricultores serem pequenos. Pesquisas realizadas por Freitas et al. (2007) utilizando ferramentas de geoprocessamento na avaliação da inserção da cana-de-açúcar em áreas de assentamento de reforma agrária na região do Pontal do Paranapanema previam que o município de Mirante do Paranapanema se encontrava na área de expansão de cana-de-açúcar.

4. Conclusão

Apesar do problema radiométrico da banda 1 (0,45 - 0,52 μm) do sensor CCD/CBERS-2B, foi possível identificar através de interpretação na composição RGB/321 as áreas de cultivo de cana-de-açúcar, sendo que a composição RGB/432 apresentou-se melhor para discriminar o objeto de interesse. As imagens do sensor HRC/CBERS-2B apresentam alta resolução espacial o que permite identificar com maiores detalhes algumas feições e nesse estudo foram muito importantes na verificação das áreas de cana-de-açúcar fundamentando-se em elementos de interpretação como forma e textura que caracterizam o alvo de estudo.

Mesmo obtendo um índice kappa muito bom recomenda-se que seja realizada uma verificação em campo do mapa das áreas de cana-de-açúcar, pois as imagens podem mascarar determinados detalhes que só podem ser melhor identificáveis com a realização do levantamento de campo. Mesmo assim, o mapa resultante permitiu visualizar a distribuição espacial das áreas de plantio de cana-de-açúcar e pode-se verificar que os agricultores dos assentamentos de Reforma Agrária vêm adotando a cultura de cana-de-açúcar em suas lavouras substituindo algumas culturas comumente da região como feijão, amendoim, milho.

Além disso, o mapeamento de áreas de cana-de-açúcar pode dar subsídios na fiscalização e controle de queimadas durante a época de colheita da cana, bem como na implantação de diretrizes que regulamentem o cultivo da cultura evitando a exploração inadequada.

Agradecimentos

A autora deste trabalho agradece à Reitoria do INPE pelo financiamento da pesquisa e ao Ministério Público do Meio Ambiente de Presidente Prudente pela disponibilização dos dados vetoriais referentes à delimitação das áreas de assentamentos de reforma agrária no município de Mirante do Paranapanema-SP.

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. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 33-40. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. (INPE-12572-PRE/7865). Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.19.37>>. Acesso em: jul. 2008.

Camara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v.20, n. 3, p. 395-403, 1996.

Congalton, R.; Green, K. **Assessing the accuracy of Remotely Sensed data: principles and practices**. Boca Raton, FL. CRC/Lewis Press. 1999, 137 p.

Fernandes, B. M.; Ramalho, C. B. **Luta pela terra e desenvolvimento rural no Pontal do Paranapanema (SP)**. São Paulo: Estudos Avançados, v. 15, n. 43, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142001000300018&script=sci_arttext .Acesso em: ag. 2008.

Freitas, F. L. M.; Sparovek, G.; Assunção, A. L. C.; Gustafsson, S.; Egeskog, A. Geoprocessamento como ferramenta na avaliação dos efeitos da inserção da cana-de-açúcar em áreas de assentamentos da região do Pontal do Paranapanema - SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5257-5264. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.03.16>>. Acesso em: out. 2008.

Gonzales. R. C.; Woods. R. E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., p. 509, 1992.

Hudson, W. D.; Ramm, C. W. Correct formulation of the kappa coeff of agreement. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 53, n. 4, p. 421-422, 1987.

Ippoliti-Ramilo, G. A.; Epiphanyo, J. C. N.; Shimabukuro, Y. E. Utilização de sensoriamento remoto na previsão de área a ser plantada com culturas de verão em três municípios do Estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9., 1998, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998. p. 25-38. CD-ROM. ISBN 85-17-00015-3. (INPE-6893-PRE/2860). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/02.05.10.00>>. Acesso em: jul. 2008.

Landis, J.R.; Koch, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, p.159-174, 1977.

MNDH, Movimento Nacional de Direitos Humanos: Luta pela vida, contra a violência. Disponível em: http://www.mndh.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=570&Itemid=45. Acesso em: ag. 2008.

Medeiros, A. M. P.; Rudorff, B. F. T.; Shimabukuro, Y. E. Imagens Landsat na estimativa de áreas de cana-de-açúcar, milho e soja. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. p. 33-38. CD-ROM. ISBN 85-17-00014-5. (INPE-6171-PRE/2260). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/02.01.11.30>>. Acesso em: jul. 2008.

NASA. National Aeronautics And Space Administration. Disponível em <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>. Acesso em: jul. 2008.

Santos, M. P. Portal Mirante do Paranapanema. **Memória e história**, 2003. Disponível em: <http://www.portalmirante.com/historia_mirante/index.html>. Acesso em: set. 2008.

Simões, M. S.; Rocha, J. V.; Laparelli, R. A. C. Análise do comportamento espectral de uma área comercial de cana-de-açúcar em duas safras por meio de radiometria de campo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 2367 - 2374. CD-ROM, Online. ISBN 85-17-00017-X. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.15.01.29>>. Acesso em: jul. 2008.

UNICA, União da indústria de cana-de-açúcar. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode=9E97665F-3A81-46F2-BF69-26E00C323988>>. Acesso em: out. 2008.

Venturieri, A., Santos, J.R. Técnicas de classificação de imagens para análise da cobertura vegetal. In: Assad, E. D., Sano, E.E., eds. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações em Agricultura**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC. 1998, Cap.18, p.351-71.