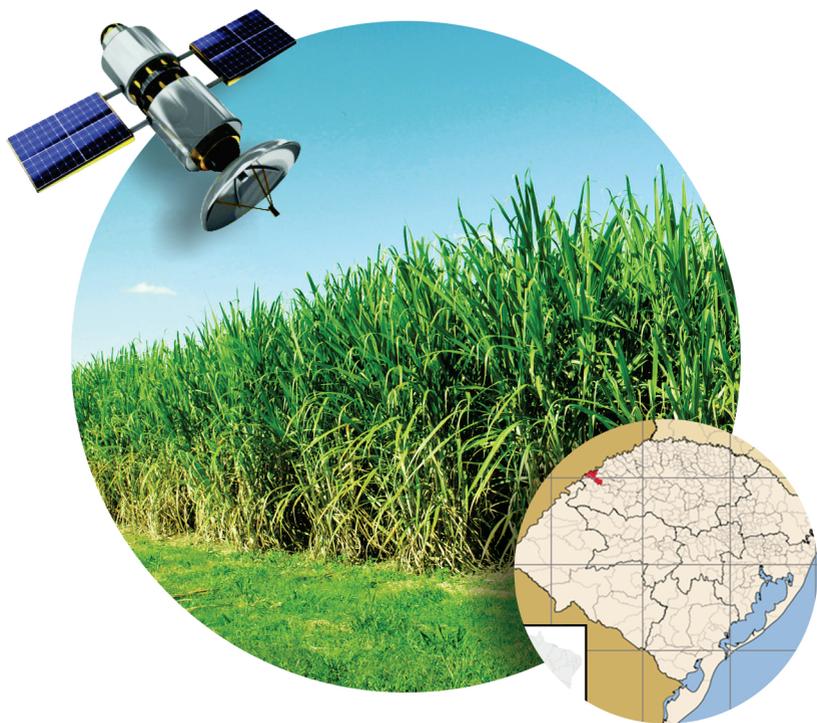


Avaliação de Área Plantada de Cana-de-açúcar na Região Noroeste do Rio Grande do Sul por Meio de Imagens Orbitais



ISSN 1678-2518

Julho, 2014

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 170

Avaliação de Área Plantada de Cana-de-açúcar na Região Noroeste do Rio Grande do Sul por Meio de Imagens Orbitais

João Tomaz Barcellos Jr.
José Maria Filippini Alba

Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 Km 78
Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Ariano Martins de Magalhães Júnior
Secretária-Executiva: Bárbara Cosenza
Membros: Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio
Suíta de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho
Suplentes: Isabel Helena Vernetti Azambuja, Beatriz Marti Emygdio

Revisão de texto: Eduardo Freitas de Souza
Normalização bibliográfica: Fábio Lima Cordeiro
Editoração eletrônica: Daiele Rosa e Manuela Coitinho (estagiário)

1a edição

1a impressão (2014): 30 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Clima Temperado**

Barcellos Júnior, João Tomaz,

Avaliação de área plantada de cana-de-açúcar na região Noroeste do Rio Grande do Sul por meio de imagens orbitais / João Tomaz Barcellos Júnior e José Maria Filippini Alba. – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014.

19 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1678-2518, 170)

1. Sensoriamento Remoto. 2. Classificação de Imagens. 3. Processamento Digital de Imagens. 4. Cana-de-açúcar. 5. Análise Multitemporal. I. Barcellos Júnior, João Tomaz. II. Filippini Alba, José Maria. III. Título IV. Série.

CDD 621.3678

© Embrapa 2014

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	15
Conclusão	17
Referências	18

Avaliação de Área Plantada de Cana-de-açúcar na Região Noroeste do Rio Grande do Sul por Meio de Imagens Orbitais

João Tomaz Barcellos Jr¹

José Maria Filippini Alba²

Resumo

O Brasil tem uma presença marcante no mercado mundial sucroalcooleiro. Esse fato, somado à evolução da pesquisa agrícola brasileira nos últimos anos, proporcionou uma competitividade elevada para o País no setor sucroalcooleiro. No entanto, existem fatores limitantes, como é o caso do acompanhamento e previsão de safra, localização de novas áreas agrícolas e sua quantificação, que podem ser implementados através da utilização de imagens de satélite. O objetivo deste trabalho foi identificar e quantificar as áreas plantadas com cana-de-açúcar na região Noroeste do Rio Grande do Sul, através de interpretação visual e classificação supervisionada de imagens multitemporais do sensor Thematic Mapper (TM), a bordo do satélite Landsat-5. A técnica mostrou-se adequada para previsão de safra, sendo avaliados valores inferiores aos divulgados pelas estatísticas oficiais.

¹ Acadêmico de Engenharia Agrícola, UFPel, bolsista PIBIC/CNPq, Pelotas, RS, joaobarcellosjunior@gmail.com.

² Bacharel em Química, D.Sc. em Geoquímica e geotectônica, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, jose.filippini@embrapa.br.

- 6 Avaliação de Área Plantada de Cana-de-açúcar na Região Noroeste do Rio Grande do Sul por Meio de Imagens Orbitais

Termos para indexação: agroecologia, complexidade, sobrevivência, agricultura familiar, agrofloresta.

Evaluation of Sugar Cane Planted Area in the Northwest Region of Rio Grande do Sul by Means of Orbital Images

Abstract

Brazil is the world's largest producer of sugar cane. This fact, plus the evolution of agricultural research, provided a high competitiveness for Brazilian sugar and alcohol. But there are limiting factors for crop monitoring evaluation and operational improvements that can be implemented through the use of satellite imagery. Monitoring and managing the supply chain of the culture of sugar cane are essential for assessing the sustainability of ethanol production in Brazil. Remote sensing images have become indispensable tools for agriculture, allowing the monitoring of the growing crop forecast, determination of new cultivation areas, determining the amount and location of the acreage. The objective of this study was to identify and estimate the areas planted with sugar cane in the northwestern region of Rio Grande do Sul through visual interpretation and supervised classification of multitemporal images of the sensor Thematic Mapper (TM) aboard the Landsat- 5 satellite. The technique was efficient for crop forecast with default evaluation related to official statistics.

Index terms: remote sensing, classification methods, sugar cane, multitemporal analyses, digital image processing.

Introdução

A produção brasileira de etanol expandiu-se devido ao Programa de incentivo ao uso do Álcool (Proálcool), assim como pela obrigação governamental de misturar o produto no combustível automotivo. Na safra 2008/2009, o Brasil produziu 86% a mais que o segundo produtor mundial (FAO, 2009), sendo a taxa de crescimento anual nacional da produção de cana-de-açúcar maior que 15% nas safras 2007/2008 e 2008/2009 (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2010). Equivocadamente, o Estado do Rio Grande do Sul, líder e protagonista de processos nacionais de desenvolvimento, se encontra afastado desse contexto. Em tal sentido, o estado é hoje grande importador de etanol, com demanda de 98% do consumo interno atual e custo do litro do combustível, em média 42% maior do que o dos outros estados. Com o objetivo de superar essa realidade, instituições públicas e privadas somam esforços para viabilizar a produção estadual de cana-de-açúcar com ênfase em etanol.

Para que ocorra o desenvolvimento da cultura, torna-se necessário monitorar e gerenciar o andamento da cadeia produtiva. Nesse sentido, a utilização de imagens de satélite representa uma alternativa significativa, principalmente por propiciar o acompanhamento e o desenvolvimento da cultura ao longo do tempo, previsão de safra, determinação de novas áreas de cultivo, determinação da quantidade e da localização da área cultivada (RUDORFF et al., 2010).

O monitoramento da atividade agrícola é realizado via acompanhamento periódico, visto que as culturas levam um determinado tempo para se desenvolver. Assim, para acompanhar a dinâmica agrícola, o sensoriamento remoto torna-se altamente qualificado, principalmente em países de grandes dimensões como o Brasil, devido ao seu caráter global, sinóptico, multiespectral e sistemático.

Apesar do grande potencial de aplicação que as imagens de

sensoriamento remoto possuem para o setor agrícola, ainda existem limitações que têm dificultado a implementação de métodos operacionais para avaliação de safras agrícolas de grandes culturas. Contudo a cana-de-açúcar possui características favoráveis para sua identificação por meio do uso desta ferramenta.

Neste trabalho, foi avaliada a área de plantio de cana-de-açúcar nos municípios de Roque Gonzales e Porto Xavier no Estado do Rio Grande do Sul, por meio de imagens orbitais Landsat TM, na tentativa de sistematizar as informações já existentes e apresentar resultados quantitativos específicos.

Material e Métodos

Para a realização do trabalho de interpretação e classificação, as imagens utilizadas compreendem a região Noroeste do Rio Grande do Sul (Figura 1), que corresponde à órbita 224 pontos 79 e 80 do World Reference System – 2, ou WRS – 2, segundo a nomenclatura da National Aeronautics and Space Administration, NASA, U.S.



Figura 1. Localização dos municípios considerados neste estudo no contexto nacional e estadual. Fonte: Wikipédia.

As imagens escolhidas envolvem os municípios com áreas significativas da cultura, como Porto Xavier e Roque Gonzales, que se encontra bem caracterizada e em condição livre de cobertura de nuvens no mês de abril, quando a cultura inicia o seu período máximo de desenvolvimento (Tabela 1). Essa região apresenta ainda cultivos anuais, cujos períodos de crescimento são coincidentes ao da cana, principalmente a soja e o milho. Tais culturas apresentam o máximo desenvolvimento entre o final de janeiro e o início de março, dependendo da época de plantio e da duração do ciclo (MALUF et al., 2001; RIZZI; RUDORFF, 2005). Quanto aos cultivos de inverno, principalmente trigo e forrageiras, a maior quantidade de biomassa verde é observada entre a segunda quinzena de junho e a primeira quinzena de agosto (JUNGES et al., 2007).

As imagens foram georreferenciadas utilizando a Base Cartográfica do Rio Grande do Sul, com base no software GVSIG, sendo elaborados mosaicos para posterior classificação das imagens e interpretação visual.

Para o processo de classificação e interpretação foram utilizadas as bandas espectrais centradas nas faixas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio do espectro eletromagnético, que correspondem às bandas 3, 4 e 5 do sensor TM, respectivamente. Tais bandas foram escolhidas por serem as que melhor possibilitam a diferenciação entre os alvos. Posteriormente, foi utilizado o software ERDAS imagine v. 9.1, com um algoritmo classificador denominado "crescimento de regiões", para a coleta de assinaturas espectrais e classificação das imagens. Essa ferramenta determina quais pixels possuem valores similares a um determinado pixel chamado de "semente". O pixel semente escolhido é representativo da classe da qual se obtém uma amostra de treinamento. Ao pixel semente, agrega-se o pixel contíguo com valores similares, segundo regras de expansão e restrição (QUARTAROLI; BATISTELA, 2005). As propriedades de expansão e restrição foram definidas em 25 pixels ou 2,25 ha, pois o pixel das imagens Landsat representa um quadrado de 30 m no terreno.

Tabela 1. Datas das imagens do sensor TM, satélite Landsat, correspondentes à safra 2008/2009, utilizadas para validar os resultados do zoneamento edáfico. Fonte: INPE (2010).

Classificação automática	02/04/2009
Interpretação Visual	13/02/2009
	02/04/2009
	04/05/2009

Para a diferenciação das áreas cultivadas com cana em relação às demais culturas, observou-se que até o início de fevereiro não há incremento considerável de biomassa nas áreas de cana, quando as imagens apresentam resposta espectral típica de pouca vegetação, tal incremento só se observa a partir da imagem de 02/04/2009. Para que a cana seja espectralmente diferenciada da soja, é necessária a utilização de uma imagem adquirida na época em que ambas as culturas estejam em pleno desenvolvimento, quando essas apresentam respostas espectrais distintas nas bandas utilizadas na classificação digital e na composição colorida usada na interpretação visual (RGB543). Neste caso, a soja apresenta-se com tons de verde-intenso e a cana-de-açúcar em tons de verde-azulado o que facilita sua diferenciação. Contudo, tal distinção não ocorre em relação ao milho, visto que as culturas apresentam resposta espectral semelhante por ocasião do pleno desenvolvimento (EBERHARDT et al., 2011).

Entretanto, tanto a soja quanto o milho podem ser diferenciados da cana a partir de uma análise multitemporal. Conforme já foi mencionado, a cana só apresenta resposta espectral típica a partir de abril, que se mantém até meados de junho. Já as áreas de milho e soja são preferencialmente plantadas de outubro a dezembro, e apresentam resposta espectral característica nas imagens de fevereiro/março e de palha ou cultura colhida em imagens de abril/maio. Tais fatores facilitam a diferenciação dessas culturas a partir da análise conjunta de imagens adquiridas em pelo menos dois períodos específicos, quando as culturas estão bem caracterizadas e facilmente

identificáveis (Figuras 2 e 3).

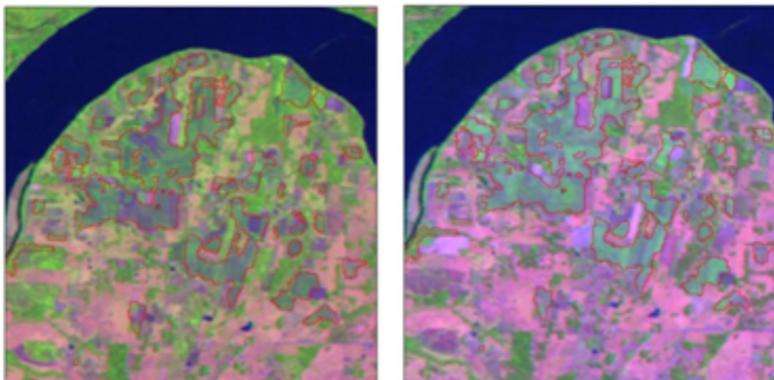


Figura 2. Imagens de Porto Xavier adquiridas pelo sensor TM/Landsat-5 em 13/02/2009 (esquerda) e 04/05/2009 (direita), composição colorida RGB 543. As áreas delimitadas correspondem àquelas identificadas como cana. Fonte: imagem INPE (2010), processada pelos autores.

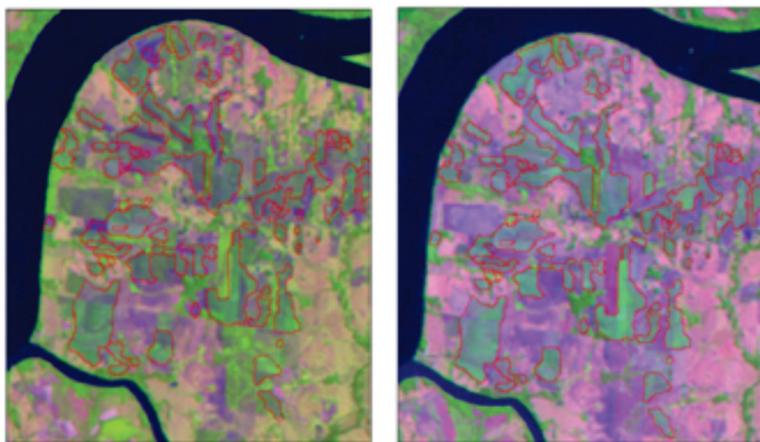


Figura 3. Imagens de Roque Gonzales adquiridas pelo sensor TM/Landsat-5 em 13/02/2009 (esquerda) e 04/05/2009 (direita), composição colorida RGB 543. As áreas delimitadas correspondem àquelas identificadas como cana. Fonte: imagem INPE (2010), processada pelos autores.

Posteriormente, verificou-se o número de pixels de cada assinatura. Os algoritmos utilizados para avaliar a separabilidade (divergência transformada) e para classificar a imagem (máxima verossimilhança), exigiram assinaturas com um número mínimo de pixels igual ao número de bandas selecionadas de imagens mais um. Contudo, na prática, uma amostra de tamanho maior melhora a representação estatística da classe espectral. Utilizam-se um mínimo de 10 N a 100 N pixels para compor uma assinatura, onde N é o número de bandas da imagem usado no processo de classificação. Portanto como foram utilizadas 3 bandas da imagem Landsat, o número de pixels mínimo de cada assinatura deveria ser 4, mas utilizou-se o recomendado para cada assinatura um número de pixels entre 30 e 300 (Figura 3).

A separabilidade das amostras foi avaliada conforme Quartaroli e Batistela (2005), pelo Método de Divergência Transformada. Os resultados variam no intervalo 0 – 2.000, sendo que valores superiores a 1.900 significam que as amostras podem ser bem separadas. Entre 1.700 e 1.900, a separabilidade é razoável. Abaixo de 1.700, a separabilidade é ruim (Tabela 2).

Tabela 2. Matriz de separabilidade das assinaturas espectrais de cada tipo de uso/cobertura do solo, com distâncias calculadas conforme o método de divergência transformada. Fonte: Dados processados pelos autores considerando a imagem Landsat (INPE, 2010).

Classe	Palha	Soja	Solo exposto	Urbano	Cultura colhida
Cana-de-açúcar	1.869	2.000	2.000	2.000	1.990
Água	100	2.000	2.000	2.000	2.000
Mata	2.000	1.977	2.000	2.000	2.000
Palha	0	2.000	2.000	2.000	1.998
Soja	2.000	0	2.000	2.000	2.000
Solo exposto	1.999	2.000	0	2.000	1.992
Urbano	2.000	2.000	2.000	0	1.472
Cultura colhida	1.998	2.000	1.992	1.472	0

Resultados e discussão

Para que a cana seja espectralmente diferenciada da soja, é necessária a utilização de uma imagem adquirida na época em que ambas as culturas estejam em pleno desenvolvimento, quando essas apresentem respostas espectrais distintas nas bandas utilizadas na classificação digital e na composição colorida usada na interpretação visual (RGB543). Neste caso, a soja apresenta-se com tons de verde-intenso e a cana-de-açúcar em tons de verde-azulado. As áreas em rosa-claro identificadas na imagem do dia 13/02/2009 apresentam talhões com baixo incremento de biomassa ou pouca vegetação; a partir da imagem do dia 02/04/2009 apresenta talhões com incremento de biomassa que se mantêm até 04/05/2009 (Figuras 2 e 3). Assim podemos concluir que os talhões identificados e classificados são áreas com cana-de-açúcar.

A área total ocupada com plantio de cana-de-açúcar para o município de Porto Xavier foi de 741 ha e no caso do município de Roque Gonzales, foi de 1.211 ha, o que representa 2,6% e 3,5% do território municipal respectivamente. Esses valores foram sensivelmente inferiores aos fornecidos pelas estatísticas oficiais (IBGE, 2012). Essas informações foram validadas por comparação com trabalho prévio no município de Porto Xavier (EBERHARDT et al., 2011).

Depois de feita a classificação e identificação das áreas com cana-de-açúcar, as imagens foram comparadas visualmente, em ambiente SIG, ao zoneamento edáfico da cana-de-açúcar para o Estado do Rio Grande do Sul (FILIPPINI ALBA; FLORES, 2012). Porto Xavier apresenta a maior parte das áreas de plantio em aptidão pouco recomendável, sendo as áreas recomendáveis ao sul do município não utilizadas (Figura 4).

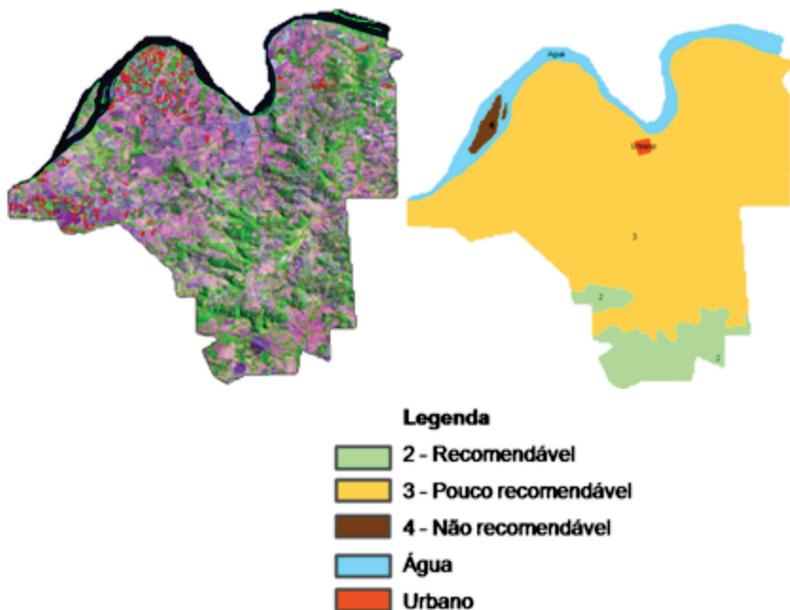


Figura 4. Áreas avaliadas de plantio de cana-de-açúcar por meio de sensoriamento remoto no município de Porto Xavier, indicadas em cima da composição RGB543 – Landsat/TM (esquerda) e resultados do zoneamento edáfico da cana-de-açúcar para o município (direita). Fonte: imagem INPE (2010), processada pelos autores.

Os resultados foram semelhantes para o município de Roque Gonzales, porém, algumas áreas com aptidão recomendável foram aproveitadas (Figura 5).

A escassa sobreposição entre as áreas cultivadas e o zoneamento edafoclimático pode ser explicada por diversos aspectos: (1) Os critérios de definição das classes de aptidão são rigorosos; já que é uma única condição com aptidão inferior, determina a aptidão geral. (2) O zoneamento edáfico considerou somente a fertilidade do solo como variável possível a ser modificada via tecnologia. (3) No estado ainda predominam áreas de pequeno porte, sendo que os critérios do zoneamento enfatizaram a agricultura empresarial, por exemplo corte

por declividade abaixo de 13%.

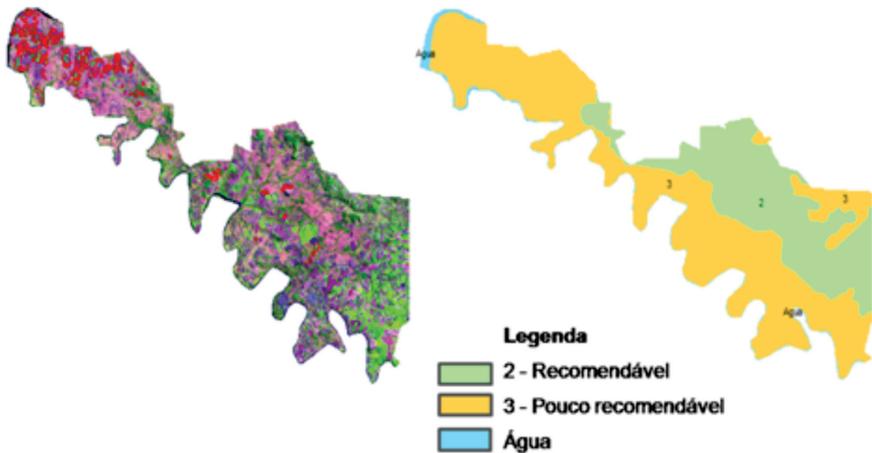


Figura 5. Áreas avaliadas de plantio de cana-de-açúcar por meio de sensoriamento remoto no município de Roque Gonzales, indicadas em cima da composição RGB543 – Landsat/TM (esquerda) e resultados do zoneamento edáfico da cana-de-açúcar para o município (direita). Fonte: Imagem INPE (2010), processada pelos autores.

Conclusão

O processamento digital de imagens multitemporais do satélite Landsat mostrou-se uma técnica eficiente para identificar áreas de cana-de-açúcar, que se diferenciam de outras culturas, como milho e soja, permitindo a avaliação da área plantada, como já fora conferido em outros trabalhos.

Foram avaliados dois municípios com expressiva área de cana-de-açúcar, resultando valores significativamente inferiores aos disponibilizados por estatísticas oficiais.

Trata-se de um método promissor para monitoramento agrícola e previsão de safra.

Não houve boa sobreposição entre as áreas cultivadas avaliadas e o

zoneamento edáfico, possivelmente devido ao caráter diferencial entre a agricultura praticada na região e a idealizada pelo zoneamento.

Referências

EBERHARDT, I. D.; RIZZI, R.; RISSO, J.; FERNANDES, S.L.; BERNARDY, R. Mapeamento da área de cana-de-açúcar em Porto Xavier – RS por meio de imagens Landsat. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 299-306. CD-ROM.

FAO. **Statistics**: FAOSTAT – Agriculture, 2009. Base de Dados on-line. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 5 set. 2009.

FILIPPINI ALBA, J. M.; FLORES, C. A. **Zoneamento edáfico da cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. 106 p. [no prelo].

IBGE. **Cidades @**, 2012. Base de Dados on-line. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/defaultf.php>>. Acesso em 18 jun. 2012.

INPE. **Catálogo de imagens**, 2010. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 20 fev. 2010.

JUNGES, A. H.; ALVES, G.; FONTANA, D. C. Estudo indicativo do comportamento do NDVI e EVI em lavouras de cereais de inverno da região norte do Estado do Rio Grande do Sul, através de imagens MODIS. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Sao Jose dos Campos: INPE, 2007. p. 2413-2419. CD-ROM.

MALUF, J. R. T.; CUNHA, G. R.; MATZENAUER, R.; PANISATO, A.; PIMENTEL, M. B.; CAIAFFO, M. R.; PIRES, J. L. Zoneamento de risco

climático para a cultura de milho no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 460-467, 2001.

QUARTAROLI, C. F.; BATISTELLA, M. **Processamento de imagens de sensoriamento remoto**: tutorial básico. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. 143 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 44).

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F.T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 57, p. 226-234, 2005.

RUDORFF, B. F.T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F.; SUGARAWA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, A. M. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat Data. **Remote Sensing**, Basel, Switzerland, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, apr. 2010.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Perguntas mais frequentes (FAQs) no setor sucroenergético**, 2010. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/FAQ/>>. Acesso em: 26 abr. 2010.



Clima Temperado