

GEOTECNOLOGIAS NA ESTIMATIVA DA ÁREA PLANTADA COM ARROZ IRRIGADO

Geotechnologies to Estimate Flooded Rice Crop Area

Enzo D'Arco¹
Brummer Seda Alvarenga²
Rodrigo Rizzi¹
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff¹
Mauricio Alves Moreira¹
Marcos Adami¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR
Av. dos Astronautas, 1758, Caixa Postal 515, 12.245 - 970, São José dos Campos - SP.
enzo@dsr.inpe.br
rizzi@dsr.inpe.br
bernardo@dsr.inpe.br
mauricio@dsr.inpe.br
adami@dsr.inpe.br

² Geoambiente Sensoriamento Remoto Ltda.
Av. Anchieta, 117, Jd. Nova Europa, São José dos Campos, SP, CEP: 12242-280
brummer@geoambiente.com.br

RESUMO

A correta estimativa de safras das principais culturas é fundamental para o planejamento do setor agrícola e para gerar estatísticas sobre a safra futura. Entre os vários produtos de importância no cenário agrícola nacional, o arroz tem grande participação no total da produção brasileira de grãos, com destaque para o estado do Rio Grande do Sul que detém cerca de 47% da produção nacional. Das várias regiões produtoras no Estado, o Extremo Sul se destaca tanto no desenvolvimento tecnológico quanto no desenvolvimento de novos cultivares. O objetivo deste trabalho foi estimar a área plantada com arroz irrigado no município de Santa Vitória do Palmar/RS por meio de imagens dos sensores TM e ETM+ dos satélites Landsat 5 e 7, respectivamente. As imagens foram adquiridas ao longo do ciclo da cultura, com o intuito de definir, também, o período mais favorável de aquisição. A análise multitemporal das imagens permitiu obter um mapa que estimou a área de arroz em 60.557 ha, subestimando em 1,67% os dados oficiais do Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA). Quando analisadas as datas individualmente, a imagem referente ao mês de Março foi a que apresentou o resultado mais satisfatório. As classificações com as imagens dos meses de Novembro + Dezembro e somente Dezembro também forneceram resultados satisfatórios e com a vantagem de fornecer uma previsão da área plantada com arroz irrigado.

Palavras chaves: *Oryza Sativa*, Sensoriamento Remoto, Estatísticas Agrícolas.

ABSTRACT

The estimate of the main crops is fundamental to plan the agricultural sector and for the generation of statistics on the future crops. Among several products of importance in the national agricultural scenery, the rice crop represents an important participation of the total Brazilian grain production. Most of this production is found in the Southern States of the country, mainly in Rio Grande do Sul state, standing for about 47% of the national production. Several producing areas in this state showed a big expansion of this crop in its extreme southern region, not only in the technological development but also in the development of new varieties. The objective of this work was to calculate the area cultivated with flooded rice in the county of Santa Vitória of Palmar, Rio Grande do Sul State, using TM and ETM+ sensors images from the satellites Landsat 5 and 7, respectively. The images were acquired along the crop season in

order to define the most favorable period for their acquisition. The multitemporal analysis of the images allowed estimating the flooded rice area in 60.557 ha, underestimating in 1,67% the official data from the IRGA (Rice Institute of Rio Grande do Sul). When analyzed the dates individually the March image showed an excellent result. In the multitemporal analysis, the classifications using the months of November + December and only December obtained satisfactory results and with the advantage to supply a forecast planted area with flooded rice.

Key words: *Oryza Sativa*, Remote Sensing, Agricultural Statistics.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do arroz exerce papel de destaque no cenário agrícola brasileiro, com participação importante no total da produção nacional de grãos. AZAMBUJA et al. (2004) comentam que o Brasil apresentou nos últimos anos um ganho significativo na produtividade das lavouras orizícolas e, mesmo com a área plantada em declínio, teve aumento na produção. De acordo com RUCATTI & KAYSER (2004), até ao ano de 2003 o volume das importações brasileiras de arroz foi variável, porém sempre presente. Contudo, a partir de 2004 o Brasil tornou-se auto-suficiente em razão da redução do consumo interno e do aumento da produção que atingiu o patamar de mais de 13 milhões de toneladas em 2005 (CONAB, 2006) possibilitando inclusive exportar o excedente.

No Brasil, grande parte da produção de arroz ocorre em sistema irrigado e está concentrada na região Sul do país, com destaque para o estado do Rio Grande do Sul, que na safra de 2004/05 deteve cerca de 47% da produção (CONAB, 2006). Para TERRES et al. (1998), os cultivares utilizados no Rio Grande do Sul estão entre os mais produtivos do mundo podendo chegar a mais de 10 ton ha⁻¹ com a adoção de modernas tecnologias. A região Extremo Sul, que abrange o Litoral Sul e a Planície Costeira Externa e Interna à Lagoa dos Patos, está entre as mais produtivas do Rio Grande do Sul com destaque para o município de Santa Vitória do Palmar cuja produtividade média de 5,9 ton ha⁻¹ é 42,4% maior do que a média nacional que é de 3,4 ton ha⁻¹ (CONAB, 2006).

A estimativa correta da produção anual de arroz é um importante instrumento no planejamento do abastecimento interno deste cereal, fornecendo uma importante ferramenta para tomada de decisões mais acertadas no setor arrozeiro. Atualmente, as estimativas de produção, em âmbito nacional e regional, são obtidas por meio de informações subjetivas com base nos pareceres de agentes técnicos e econômicos do setor agrícola. Dessa forma, a adoção de métodos que gerem informações objetivas pode contribuir no aperfeiçoamento da estimativa de safra do arroz evitando especulações desnecessárias ou tomada de decisão incorreta. As imagens de sensoriamento remoto (SR) integradas a um sistema de informação geográfica (SIG) são uma alternativa viável para a obtenção de estimativas confiáveis sobre a área plantada com culturas agrícolas por permitirem uma visão global e repetitiva de toda superfície terrestre (VAN DER MEER et al., 1999; FONTANA et al., 2000; IRRÍ, 2003; ISNAR, 2003).

De acordo com CHUVIECO (1996), a identificação das áreas agrícolas nas imagens de sensoriamento remoto permite quantificar a área e fornecer estimativas precisas da área plantada em uma determinada região. Exemplos recentes do uso de imagens de satélites integradas a um SIG são os trabalhos de mapeamento e estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul (RIZZI & RUDORFF, 2005) e de cana-de-açúcar em São Paulo de (RUDORFF et al., 2005).

Considerando a importância da cultura do arroz e a possibilidade de se utilizar as imagens de sensoriamento remoto para melhorar as estatísticas agrícolas do arroz este trabalho teve por objetivos: i) estimar a área plantada de arroz irrigado para o ano safra 2000/01, no município de Santa Vitória do Palmar/RS, através de imagens multitemporais dos sensores TM e ETM+ a bordo dos satélites Landsat 5 e 7, respectivamente; ii) avaliar o potencial das imagens Landsat para a identificação de áreas com arroz irrigado; e iii) verificar a contribuição individual das imagens adquiridas em diferentes fases ao longo do ciclo fenológico para identificação das áreas orizícolas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Santa Vitória do Palmar, localizado na região Sul do estado do Rio Grande do Sul (Fig. 1). A escolha deste município como área de estudo se deve à sua grande importância na produção do arroz irrigado, tendo a prática da orizicultura como a principal atividade agrícola, com área plantada em torno de 60.000 ha anuais, com altos índices de produtividade. No entanto, o potencial de área apta para o plantio do arroz neste município pode chegar a 350.000 ha. (PREFEITURA DE SANTA VITÓRIA DO PALMAR, 2003). O arroz é cultivado em regime irrigado, sendo totalmente mecanizado desde a semeadura até a colheita.



Fig. 1 - Município de Santa Vitória do Palmar, localizado no Extremo Sul do Rio Grande do Sul.

Foram utilizadas imagens adquiridas pelos satélites Landsat 5 e 7 (órbita 222; ponto 83) em quatro datas de passagens: 21/11/00 (TM); 31/12/00 (ETM+); 05/03/01 (ETM+); 22/04/01 (ETM+). As bandas espectrais utilizadas foram: vermelho (0,63 – 0,69 μm), infravermelho próximo (0,76 – 0,90 μm) e infravermelho médio (1,55 – 1,75 μm). A justificativa da escolha destas datas se deve à disponibilidade de imagens livres de nuvens dentro do ciclo da cultura do arroz e por corresponderem à resposta espectral das áreas de arroz nos diversos estádios fenológicos e sob diferentes condições de manejo. Assim, na data de 21/11/00, quando as sementes estão germinando e as plântulas começam a emergir, pois o período recomendado para a semeadura vai de 15 de outubro a 15 de novembro (STEINMETZ et al., 2001), a resposta espectral das áreas de arroz na imagem é tipicamente de solo exposto. Já as áreas de plantio direto que foram dessecadas para a semeadura do arroz apresentam resposta espectral de palha na data de 21/11/00. Quando a cultura está inundada, a resposta espectral das áreas de arroz é predominantemente função da água como pode ser observado na data de 31/12/00. A imagem de 05/03/01 corresponde ao período de máximo desenvolvimento da cultura (fase de maturação), portanto, o elevado vigor vegetativo das áreas de arroz contrasta com as áreas adjacentes de menor vigor. Por último, em 22/04/01 as áreas de arroz já foram colhidas em sua quase totalidade, sendo que a resposta espectral nesta imagem é uma mistura de palha e solo exposto, sendo, portanto, uma data importante na discriminação das áreas de arroz irrigado.

A imagem de março (05/03/01) foi utilizada de base para a classificação, pois nesta data o arroz estava com elevado vigor vegetativo devendo se destacar dos demais alvos agrícolas da cena.

Toda classificação foi feita com base numa abordagem não-supervisionada com o classificador ISOSEG com limiar de aceitação de 90%. O método não-supervisionado realiza uma busca automática de

grupos de valores radiométricos homogêneos na imagem, enquanto que numa fase posterior o usuário realiza o trabalho de encontrar as correspondências entre esses grupos e as categorias de interesse (RICHARDS, 1995; CHUVIECO, 1996). O ISOSEG toma por base um conjunto de regiões definidas pela técnica de segmentação de imagens e envolve uma primeira etapa de particionamento da imagem em regiões com diferentes atributos estatísticos (média, matriz de covariância e área) e uma segunda etapa de classificação de regiões, fundamentada em técnicas de agrupamentos ou “clustering” (BINS et al., 1996; MOREIRA, 2001). Na segmentação utilizou-se o limiar de similaridade de dez (10) níveis de cinza e cinquenta (50) pixels de área mínima (que equivale a aproximadamente 4,5 ha). A escolha deste tamanho mínimo de área se deve ao fato de que os talhões de arroz no RS dificilmente são menores que 5 ha.

Após a classificação digital na imagem de março, foi realizada uma criteriosa análise multitemporal utilizando além da imagem de março, as imagens de dezembro (31/12/00) e abril (22/04/01). Os erros de omissão e de inclusão puderam ser corrigidos manualmente por meio da interpretação visual, na tela do computador, das imagens adquiridas nas diferentes datas. Neste caso, a experiência do intérprete e o seu conhecimento sobre a região são fundamentais para a correta identificação das áreas de arroz nas imagens a fim de se obter o mapa de referência.

O procedimento de classificação digital foi realizado também para cada uma das três imagens. Este resultado foi comparado com o mapa de referência a fim de avaliar a contribuição individual de cada imagem na identificação das áreas de arroz. Adicionalmente, foi feita uma classificação digital com as imagens da fase inicial do desenvolvimento do arroz, ou seja, 21/11/01 e 31/12/02 cujo resultado também foi comparado com o mapa de referência. A qualidade dos mapas foi avaliada através da estatística Kappa (K), em que cada mapa temático gerado pelo classificador ISOSEG foi comparado pixel a pixel com o dado de referência. A data referente ao período da semeadura/germinação (novembro) não foi utilizada nessa classificação, pois o arroz não se diferencia bem dos demais alvos nesta imagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cultura do arroz apresentou um comportamento espectro-temporal típico e que não foi observado para nenhum outro alvo da cena. Isto facilitou a identificação e discriminação das áreas de arroz. Vale ressaltar que o conhecimento do fotointérprete sobre a região estudada foi muito importante na correta classificação do arroz.

O mapa de referência, que expressa o mais próximo possível a realidade de campo, contabilizou 60.557 ha com arroz (Fig. 2a). A estatística agrícola oficial do Instituto Rio-Grandense do Arroz - IRGA (IRGA, 2005) informou uma área plantada de 62.000

ha, ou seja, uma diferença de apenas 2,38% a mais em relação ao mapa de referência. Os dados obtidos através de imagens orbitais foram muito próximos aos dados oficiais, o que nem sempre é observado quando comparados com outras estatísticas oficiais. Por exemplo, RIZZI & RUDORFF (2005) constataram uma diferença de 11,3% entre a estimativa estadual das áreas de soja do Rio Grande do Sul através de imagens Landsat em comparação com os dados oficiais informados pelo LSPA (Levantamento Sistemático da Produção Agrícola). Da mesma forma MEDEIROS et al. (1996) em um trabalho nos municípios de Aramina, Buritizal, Ituverava e Ipuã, localizado ao norte do estado de São Paulo, utilizaram imagens orbitais do satélite Landsat (TM5) para estimar áreas de cana-de-açúcar, milho e soja. Os autores observaram uma grande discrepância entre o resultado da classificação obtido através da imagem de satélite e a estimativa do LSPA. BERKA & RUDORFF (2003), analisando imagens Landsat estimaram a área plantada com soja em onze (11) municípios do norte do Paraná em 2000/01. Estes autores observaram que a área estimada pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SEAB) tende a ser superestimada em relação à classificação com imagens de apenas uma data. Entretanto, os autores acreditam que o uso de imagens orbitais seja viável para a estimativa de área de cultivos de soja, desde que haja pelo menos duas imagens disponíveis durante os períodos críticos dentro da safra (janeiro a março). Estes resultados reforçam a idéia da necessidade do uso de várias imagens ao longo do ciclo da cultura para fins de estimativa de safra.

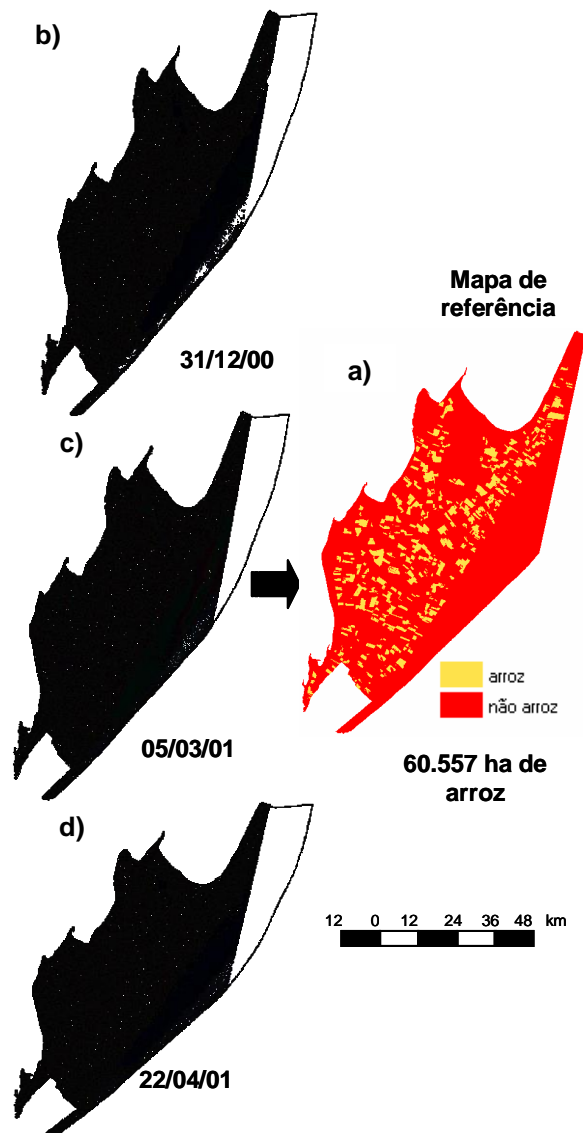


Fig. 2 - a) Mapa temático das áreas de arroz obtido a partir das imagens Landsat adquiridas em b) 31/12/2000, c) 05/03/2001 e d) 22/04/2001.

Tanto os dados oficiais fornecidos pelo IRGA quanto pelo LSPA são obtidos de forma subjetiva através de entrevistas e questionários aplicados aos produtores, técnicos e agentes ligados ao setor agrícola. Porém, as diferenças observadas em relação às discrepâncias entre as estatísticas do IRGA e do LSPA podem estar relacionadas à abrangência de cada órgão. O IRGA é um órgão específico para a cultura do arroz, ou seja, os técnicos responsáveis pela coleta e análise das informações trabalham exclusivamente com a cultura do arroz irrigado no Estado. Portanto, a obtenção das estatísticas agrícolas do IRGA deve ser bem qualificada.

Dentre as três datas analisadas individualmente, a imagem do início de março (Fig. 2c) foi a que melhor distinguiu a cultura do arroz dos demais alvos, em função do elevado vigor vegetativo neste estágio. A imagem do final de dezembro (Fig. 2b) permitiu visualizar a cultura do arroz inundado, porém

apresentou confusão com brejos, rios, açudes, entre outros corpos d'água. A imagem de abril (Fig. 2c) mostrou as áreas já colhidas na sua grande maioria. Em função disso, individualmente não demonstrou ser uma data muito adequada para identificar as áreas de arroz, entretanto, foi uma data importante para gerar o mapa de referência.

A visão sinóptica proporcionada pelas imagens de sensoriamento remoto permite extrair outras informações relacionadas ao consumo de água, potencial de expansão das lavouras, fiscalização, coleta de dados dentro do procedimento convencional de estimativa de produção pelos técnicos do IRGA. RUDORFF et al. (2005) comentam que entre os diversos benefícios que o levantamento da área plantada através de mapeamento por meio de imagens de satélite proporciona, um dos mais relevantes é a obtenção de mapas temáticos contendo a distribuição espacial da cultura, além de fornecer informações rápidas, confiáveis e de menor custo. Dessa forma, o mapeamento das áreas de arroz é importante como uma ferramenta de apoio aos técnicos responsáveis pela coleta e análise das informações, podendo proporcionar uma melhora na atual coleta das estatísticas da cultura do arroz irrigado.

A Fig. 3 apresenta um maior detalhamento da resposta espectral obtida em cada data, enfatizando a importância de cada imagem no conjunto e reforçando a necessidade de se utilizar várias datas ao longo do ciclo (análise multitemporal) para a identificação correta do arroz, tornando a classificação mais próxima possível da realidade de campo conforme realizado nos trabalhos de RIZZI & RUDORFF (2005) e RUDORFF et al. (2005). Nesta figura pode-se visualizar além dos vetores das áreas classificadas como arroz (Fig. 2a), as diferentes imagens Landsat obtidas ao longo do ciclo da cultura do arroz. Com os vetores e as imagens de cada período pode-se analisar a real contribuição de cada data na classificação do arroz. Por exemplo, na imagem de 21/11/00 (Fig. 3a), em que o arroz está na fase de germinação e emergência, a resposta espectral na imagem equivale a áreas com solo exposto ou áreas com vegetação dessecada (áreas utilizadas normalmente para plantio direto), sendo inviável uma classificação utilizando apenas esta data, pois se poderia confundir com outros alvos, como áreas destinadas ao plantio de soja, cujo ciclo é praticamente o mesmo do arroz. Na imagem de 31/12/00 (Fig. 3b) o arroz está sob regime de inundação, porém existem muitas áreas de banhado que seriam confundidas como áreas de arroz inundadas, tornando-se também uma data que geraria confusão caso analisada de forma individual. Isto também é observado na imagem de 05/03/01 (Fig. 3c), onde se percebe que áreas com vegetação características de áreas inundáveis poderiam ser confundidas como áreas de arroz, principalmente para aquele arroz semeado tardiamente. Entretanto, nesta data o arroz apresentou seu maior desenvolvimento vegetativo, distinguindo-se mais de outros alvos agrícolas, sendo esta imagem passível de ser utilizada em uma classificação

individual, porém desde que o fotointérprete tenha experiência em identificar lavouras de arroz. Já na imagem de 22/04/01 (Fig. 3d), que corresponde ao período onde o arroz está praticamente colhido, a sua resposta é bem semelhante às áreas colhidas de soja, limitando o uso individual desta data para identificação das áreas com lavouras de arroz. O uso individual da data de abril além de não identificar a maioria das áreas de arroz, ela onera em dois (2) meses a estimativa, prejudicando o aspecto de previsão.

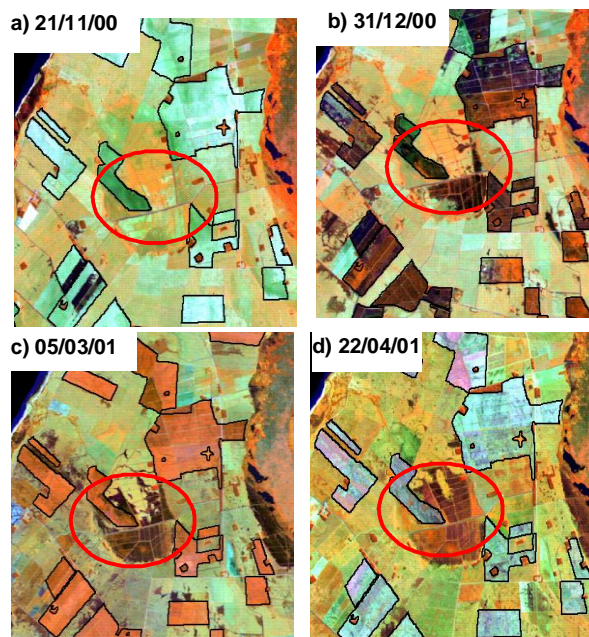


Fig. 3 - Análise multitemporal de áreas com arroz em composição R - 4, G - 5 e B -3: a) 21/11/00; b) 31/12/00; c) 05/03/01; e d) 22/04/01

Desta forma, é fundamental o uso de várias datas ao longo do ciclo em uma análise multitemporal, pois permite ao intérprete sanar qualquer dúvida em relação à interpretação, principalmente quando houver confusão com outros alvos, corroborando com os resultados de FROLKING et al. (2002) que apontam para o desafio de discriminar quais as espécies cultivadas. Os autores comentam que para tentar resolver este problema deve-se conhecer a fenologia da cultura e relacioná-la com o comportamento espectral-temporal da mesma.

A Tab. 1 mostra um comparativo entre as classificações, o mapa de referência e a estimativa oficial do IRGA, além de apresentar os erros e acertos dos mapeamentos. De uma forma geral os resultados dos mapeamentos foram satisfatórios, sendo que os erros de mapeamento das imagens individuais comparados ao mapa de referência foram pequenos, exceto para a data de 22/04/01 que classificou apenas 14,67% da área de arroz, ou seja, subestimou o arroz em 85,32% ($K = 0,18$). Isto se deve ao fato de que nesta data o arroz já tinha sido quase todo colhido, sendo confundido com solo exposto, pastagens e algumas culturas de inverno com baixo vigor vegetativo. Porém, cabe salientar que esta data complementar foi

importante na elaboração do mapa de referência, já que algumas dúvidas em relação às áreas de arroz foram sanadas utilizando esta data. De uma maneira geral, com exceção à data de abril, a Tabela 1 mostra que o erro de inclusão foi maior que o erro de omissão, ou seja, quantidades de áreas classificadas digitalmente como arroz foram maiores do que as áreas onde realmente era arroz e não foram observadas pelo classificador

ISOSEG. Entretanto, tanto os erros de inclusão quanto os erros de omissão foram bem menores que as áreas em que houve acerto por parte do classificador.

TABELA 1: DATA DA PASSAGEM DO SATÉLITE, DADO DE REFERÊNCIA E ESTIMATIVA DO ÓRGÃO OFICIAL, VALORES ESTIMADOS DE ÁREA PLANTADA COM ARROZ A PARTIR DAS IMAGENS INDIVIDUAIS, DIFERENÇA EM RELAÇÃO AO DADO DE REFERÊNCIA E QUALIDADE DO MAPEAMENTO

Datas da passagem	Área estimada (ha)			Diferença b - a (ha)	Erro (ha)		Acerto (ha)	Qualidade do mapeamento (Índice Kappa)
	Dado de referência (a)	IRGA	Imagens individuais (b)		Omissão	Inclusão		
31/12/00			62.824	2.267 (3,74%)	2.679	4.895	57.929	0,93 - excelente
05/03/01	60.557	62.000	61.586	1.029 (1,69%)	404	1.387	60.199	0,98 - excelente
22/04/01			8.884	-51.673 (85,32%)	51.668	28	8.856	0,18 - ruim
21/11/00 + 31/12/00			61.546	989 (1,63%)	3.245	4.185	57.361	0,93 - excelente

Comparando o resultado obtido com a imagem de 05/03/01 com aquele obtido com as imagens de 31/12/00 e de 21/11/00 (Tab. 1) nota-se que a classificação foi muito semelhante. Esse resultado é animador, pois dá um indicativo de que é possível estimar a área dessa cultura ainda no estágio inicial do seu ciclo de desenvolvimento, permitindo fornecer estimativas antecipadas. A qualidade do mapeamento verificado através da estatística kappa foi excelente nas classificações utilizando as datas de março (K = 0,98), dezembro (K = 0,93) e novembro + dezembro (K = 0,93). Por meio da classificação multitemporal com as imagens de 31/12/00, 05/03/01 e 22/04/01 foi obtida uma estimativa de área plantada, que serviu como mapa de referência, com arroz semelhante àquela divulgada pelo IRGA(Tab. 1).

4. CONCLUSÕES

Este trabalho mostra que a resolução espacial das imagens Landsat é adequada para o mapeamento da cultura de arroz. O uso de imagens multitemporais para o mapeamento do arroz é fundamental para que os cultivos em diferentes estádios fenológicos possam ser bem identificados em pelo menos uma das imagens de uma série temporal, conforme apresentado neste trabalho. A operação conjunta de dois satélites da série Landsat entre 2000 e 2003, aumentou a resolução temporal de 16 para 8 dias o que permitiu obter imagens livres de nuvens em épocas adequadas para identificação do arroz. O município de Santa Vitória do Palmar tem alta concentração de cultivos de arroz o que favorece a correta identificação da cultura nas imagens. É possível que em regiões com uso agrícola mais diversificado esta identificação não seja tão precisa,

muito embora o arroz irrigado se apresenta de forma bem distinta nas imagens quando comparado com outros alvos agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZAMBUJA, I. H. V.; VERNETTI JÚNIOR, F. J.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p. 23-44.
- BERKA, L.M.S.; RUDORFF, B.F.T. Estimativa de área plantada com soja através de imagens Landsat em municípios do norte do Paraná. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., Belo Horizonte. 2003. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 27-31.
- BINS, L.S et al. Satellite imagery segmentation: a region growing approach. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., Salvador, abril de 1996. **Anais**.
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de Teledetección Espacial**. 3. ed. Madrid: Rialp, 1996. 568 p.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica de área plantada**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/download/safra/ArrozSerieHist.xls>>. Acesso: 10 de janeiro de 2006.
- FONTANA, D. C. et al. Monitoramento e previsão de safras no Brasil. In: Simpósio Latino Americano de

Percepção Remota, 9. **Anais...** Puerto Iguazú, Argentina. 2000.

FROLKING, S.; QIU, J.; BOLES, S.; XIAO, X.; LIU, J.; ZHUANG, Y.; LI, C.; QIN, X. Combining remote sensing and ground census data to develop new maps of the distribution of rice agriculture in China. **Global Biogeochemical Cycles**. v. 16, n. 4, p. 1091 – 2001. 2002.

IRRI - International Rice Research Institute. Rainfed lowland rice ecosystem Project RL1. **Characterizing and analyzing rainfed rice environments**. Disponível em <<http://www.irri.org/science/progsum/pdfs/dgreport99/r11.pdf>>. Acesso: 15 junho de 2003.

IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz. **Dados de safra**. Disponível em <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso: 05 de novembro de 2005..

ISNAR, International Service for National Agricultural Research. **Globalization: Issues in Agriculture and Agricultural Research**. Disponível em <<http://www.isnar.cgiar.org/publications/pdf/ar96.pdf>>. Acesso: 15 junho de 2003.

MEDEIROS, A. M. P. et al. Imagens Landsat na Estimativa de Áreas de Cana-de-Açúcar, Milho e Soja. In: **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 8., Salvador. 1996.... São José dos Campos: INPE, 1996. p. 36-37.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação**. São Jose dos Campos, 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA VITÓRIA DO PALMAR. Disponível em <<http://www.santavitoria.rs.gov.br/economia.htm>>. Acesso: 10 de dezembro 2003.

RICHARDS, J.A. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. 2.ed. Berlin: Springer-Verlang, 1995. 340p.

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, n. 3, p. 226 – 234, 2005.

RUCATTI, E. G.; KAYSER, V. H. **Produção e disponibilidade de arroz por região brasileira. 2004**. Disponível em <http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/prod_disp_arroz.pdf>. Acesso: em 10 janeiro de 2006.

RUDORFF, B. F. T. et al. Imagens de satélites no mapeamento e estimativa de área de cana-de-açúcar em São Paulo: ano safra 2003/2004. **Agricultura em São Paulo**, v. 52, n. 1, p. 21-39, jan./jun. 2005.

STEINMETZ, S. et al. **Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no estado do Rio Grande do Sul (versão 3)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 31p. (Boletim Técnico, 81).

TERRES, A. L. et al. **Arroz irrigado no Rio Grande do Sul: generalidades e cultivares**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. 58p. (Boletim técnico, 14).

VAN DER MEER, F. et al. Operational remote sensing for sustainable development. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 1, Issue 1. 1999.