

Estimativa de área cultivada com arroz irrigado no Rio Grande do Sul na safra 2005/2006 através de imagens Landsat

Eliseu José Weber¹
Ana Paula Luz Wagner¹
Denise Cybis Fontana¹
Jorge Ricardo Ducati¹

¹ Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia –
CEPSRM/UFRGS

Caixa Postal 15.074 - 91.501-970 – Porto Alegre - RS, Brasil
eweber@portoweb.com.br, anaplw@yahoo.com.br, {dfontana, ducati}@ufrgs.br

Abstract. This work evaluates the application of Landsat imagery for estimating rice acreage in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. A number of 7 Landsat scenes were used and the accuracy assessment was done through 672 randomly distributed points over the study area. Results showed acceptable agreement between mapped and field measurements and indicated a trend to subestimate acreage. However, when compared with government acreage data, results obtained through Landsat images appeared higher than government ones. This fact shows that it is necessary to improve research using remote sensing data in order to reduce subjective components on agricultural statistics in Brazil.

Palavras-chave: remote sensing, crop acreage, accuracy assessment, sensoriamento remoto, área cultivada, avaliação de acurácia.

1. Introdução

A estimativa da área cultivada com as principais culturas no Brasil é realizada através de método baseado em levantamento de informações com agricultores e entidades relacionadas ao setor agrícola (IBGE, 1988), pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Como em qualquer levantamento por enquête, essa estimativa implica em um conteúdo subjetivo difícil de avaliar e que frequentemente pode gerar dúvidas ou questionamentos sobre os resultados.

Na busca de metodologias mais objetivas, um grande número de trabalhos desenvolvidos a partir da década de 80 tem evidenciado potencialidades e limitações dos produtos e técnicas de sensoriamento remoto para a estimativa de área cultivada em grandes e pequenas extensões territoriais no Brasil. Batista *et al.* (1984), por exemplo, utilizaram imagens Landsat MSS na estimativa de área plantada com cana-de-açúcar e Rodrigues *et al.* (1988) avaliaram a possibilidade de determinação do incremento de áreas agrícolas através de imagens Landsat MSS e TM; Moreira (1990) testou a aplicação de expansão direta para estimar áreas de soja e milho através dos dados multiespectrais e temporais do Landsat TM e Weber *et al.* (1994) compararam área real e área estimada de lavouras de arroz irrigado em 4 safras consecutivas através de imagens multitemporais Landsat TM; Medeiros *et al.* (1996) apresentaram uma metodologia para a estimativa de áreas plantadas com culturas de verão, por meio de integração de dados multitemporais Landsat TM da época de baixa ocorrência de nuvens (pré plantio, junho-outubro); Fontana *et al.* (2000) avaliaram a aplicação de imagens Landsat TM no contexto da previsão de safra da soja em grandes extensões territoriais e Motta *et al.* (2001) avaliaram a acurácia de estimativa de área de soja com imagens Landsat TM; Epiphanyo *et al.* (2002) testaram a estimativa de área cultivada com soja e milho através de um sistema de amostragem baseado em imagens Landsat TM; Alvarenga *et al.* (2005) compararam várias técnicas de processamento digital de imagens Landsat TM e ETM+ para a estimativa de áreas

de arroz irrigado e Weber *et al.* (2005) compararam o desempenho de imagens Landsat TM e CBERS CCD na estimativa de área cultivada com soja.

Os resultados destes e de diversos outros trabalhos consistem em importante subsídio para orientar o aperfeiçoamento e a aplicação da tecnologia do sensoriamento remoto em estimativas agrícolas em diferentes regiões do Brasil. Embora a maior parte dos trabalhos tenha utilizado imagens Landsat, é razoável supor que resultados semelhantes possam também ser obtidos com imagens de outros satélites. Da mesma forma, espera-se que os resultados obtidos em áreas de estudo reduzidas, utilizadas como piloto, possam ser replicados em extensões maiores ou em tempo hábil para aproveitamento em demandas de previsão de safras.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o uso de imagens Landsat TM para estimativa da área cultivada com arroz irrigado no Rio Grande do Sul em consonância com o cronograma dos levantamentos oficiais para a safra 2005/2006.

2. Material e métodos

O material utilizado neste estudo consistiu em microcomputadores, receptores GPS (*Global Positioning System*) de navegação Garmim GPS 76, malha municipal digital do Rio Grande do Sul do IBGE (situação em 1.997, atualizada para 2.000), softwares Envi 4.2 (©RSInc) e Idrisi Kilimanjaro (©Clark Labs), imagens do satélite Landsat 5 sensor TM, modelo numérico do terreno do Rio Grande do Sul derivado do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Exército em escala 1:50.000. A área de estudo inicial compreendeu toda a região de produção de arroz irrigado do Rio Grande do Sul (**Figura 1**).

O levantamento das imagens disponíveis foi realizado através do *site* do catálogo de imagens do INPE (<http://www.dgi.inpe.br>), iniciado em dezembro de 2005 e concluído em meados do mês de março de 2006. Foram avaliadas visualmente através dos *quicklooks* somente as cenas com cobertura de nuvens inferior ao limite de 50% em cada quadrante da imagem durante o ciclo da cultura do arroz na safra 2005/2006. Procurou-se selecionar pelo menos duas datas de cada órbita, uma adquirida na fase de plantio ou desenvolvimento inicial da cultura e outra na fase de pleno desenvolvimento, a fim de permitir uma análise temporal das imagens. Foram identificadas sete órbitas Landsat com condições mínimas de qualidade para a individualização das lavouras de arroz (**Figura 1**). Da área de estudo inicialmente proposta, não foi possível obter imagens úteis da região litorânea do Rio Grande do Sul, que permaneceu com intensa cobertura de nuvens durante todo o período de interesse, inviabilizando assim o mapeamento da área total plantada com arroz irrigado no Estado.

Em paralelo ao trabalho de levantamento e seleção de cenas úteis, foi realizado um levantamento de dados de campo para coletar informações que pudessem auxiliar na identificação das lavouras de arroz nas imagens. Foram realizados três percursos nas regiões da Depressão Central e da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, efetuando-se a coleta de coordenadas de lavouras de arroz através de receptores GPS (*Global Positioning System*), tomando-se anotações sobre a situação das lavouras e de seus arredores e adquirindo-se fotografias, úteis para a interpretação das imagens.

O georreferenciamento das imagens selecionadas foi executado utilizando-se como referência um conjunto de imagens Landsat georreferenciadas do acervo do CEPSRM (Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia). Em alguns casos também foram utilizadas cartas topográficas em escala 1:50.000 em papel. Apesar de garantirem melhor qualidade no georreferenciamento, as cartas foram empregadas apenas de forma complementar em locais com dificuldade de obtenção de pontos imagem a imagem, em função do baixo rendimento na aquisição dos pontos, que é manual. A precisão final do registro foi avaliada pelo erro RMS e verificada através da sobreposição da malha municipal

digital às imagens georreferenciadas, analisando-se o ajuste de elementos que compõem as divisas municipais visíveis nas imagens, como estradas e rios, por exemplo.

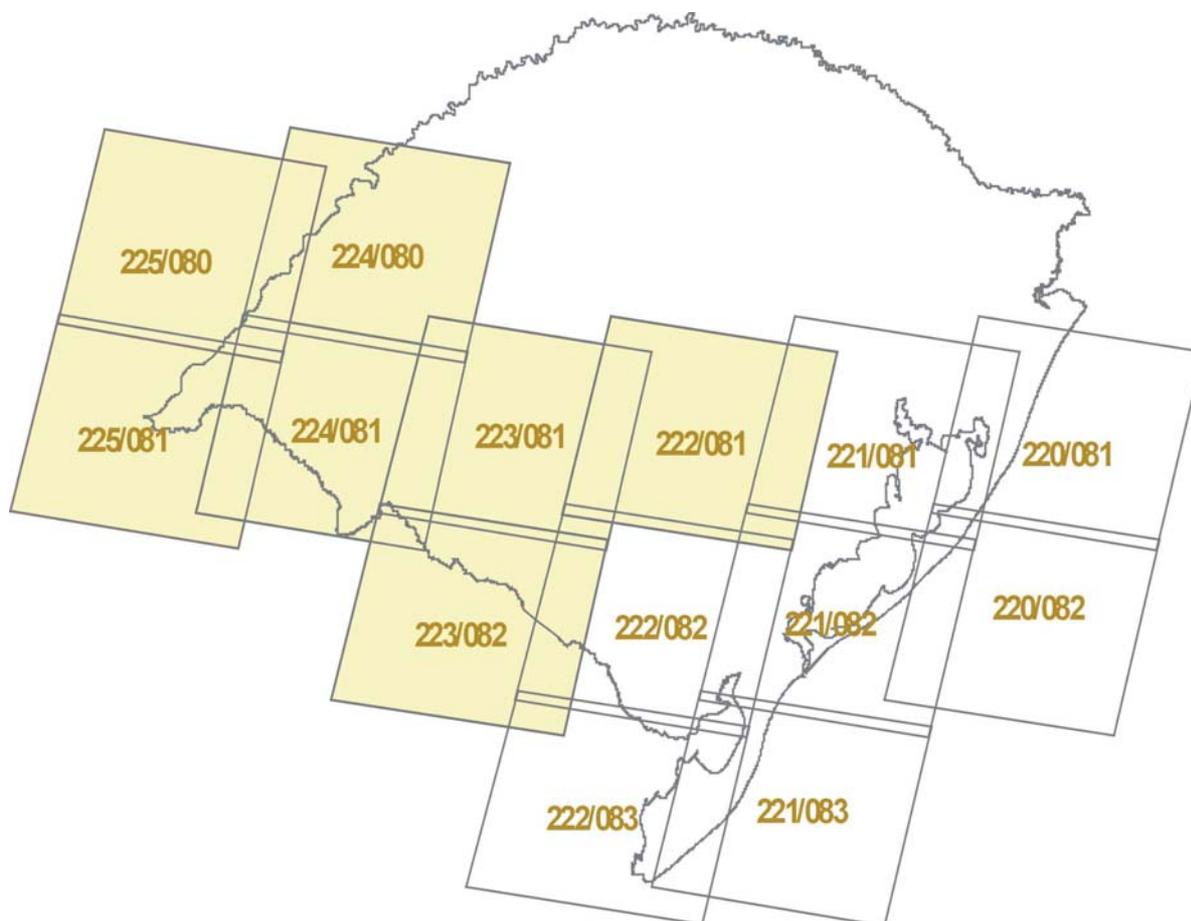


Figura 1. Localização das cenas Landsat necessárias para cobrir as regiões produtoras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul e as cenas úteis obtidas na safra 2005/2006.

O mapeamento das áreas de arroz irrigado foi realizado através de interpretação visual, objetivando-se um resultado com menos confusões, conforme comentado por Alvarenga *et al.* (2005). A interpretação foi executada cena a cena, adotando-se uma escala de visualização constante e utilizando-se duas datas, uma antes da implantação das lavouras e no pleno desenvolvimento da cultura. Foram empregadas composições coloridas com diferentes realces, combinações de bandas e um sombreamento analítico do relevo, a fim de melhor visualizar as áreas de arroz e diferenciá-las dos demais tipos de uso. Na interpretação visual foram utilizados, além do comportamento espectral, critérios como a forma, textura, posição no relevo, presença de água em determinadas fases, entre outros. Nesta etapa os dados de campo forneceram importantes subsídios para a identificação das lavouras em cada região e sua diferenciação de outras culturas, especialmente a soja.

O resultado da interpretação foi posteriormente submetido a uma transformação de sistema de projeção a fim de permitir que as imagens de arroz pudessem ser mosaicadas para gerar um mapa contínuo. O sistema adotado foi a projeção Cônica Equivalente de Albers, apropriada para o cálculo de superfícies, elaborando-se um único mosaico das áreas de arroz de todas as cenas utilizadas. A quantificação foi realizada pelo cruzamento dos limites municipais com o mosaico das áreas de arroz irrigado, obtendo-se o valor da estimativa da

área cultivada com arroz por município e a proporção do território municipal coberto pelas imagens Landsat utilizadas, além de uma avaliação da presença de nuvens em cada município.

A avaliação de acurácia do mapeamento foi realizada através de um conjunto de pontos aleatoriamente distribuídos em municípios da área de estudo. Para racionalizar o uso de recursos materiais e financeiros, empregou-se um conjunto de pontos de campo coletado pela EMATER/RS para subsidiar o levantamento por amostragem de área cultivada com soja no projeto Geosafra, desenvolvido pela CONAB em parceria com diversas instituições. Embora eles não tenham sido gerados com o propósito de avaliação da acurácia de estimativa de área do arroz, o fato de possuírem uma distribuição aleatória no território de vários municípios que também são produtores importantes de arroz irrigado torna-os úteis para esse propósito. O cruzamento dos pontos levantados com GPS com o limite das 7 cenas Landsat utilizadas para o mapeamento do arroz resultou em 672 pontos úteis cobrindo 9 municípios com diferente extensão de área cultivada com arroz irrigado (**Figura 2**).

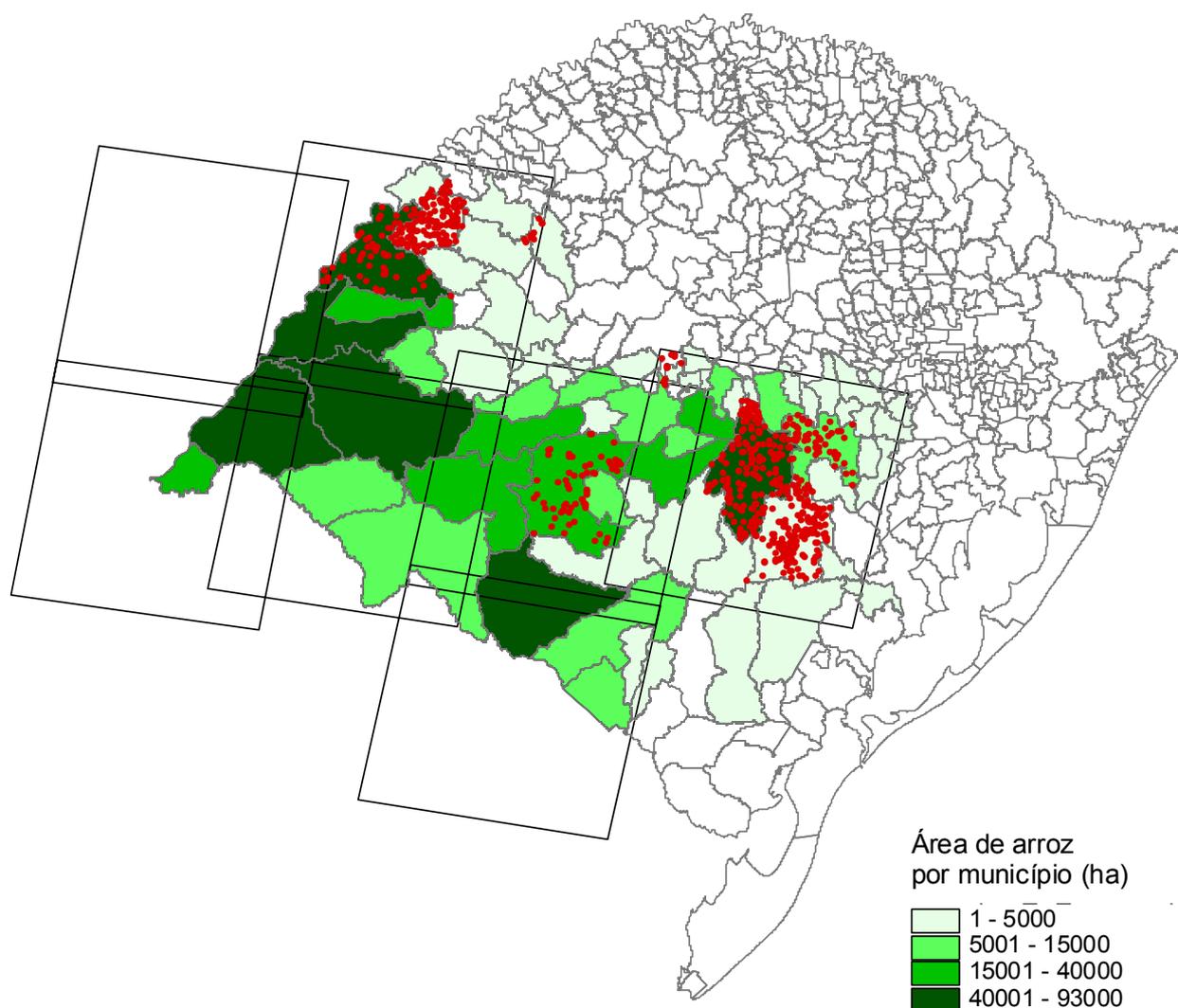


Figura 2. Localização dos 672 pontos utilizados na avaliação de acurácia da estimativa de área cultivada com arroz irrigado no Rio Grande do Sul através de imagens Landsat na safra 2005/2006.

O uso identificado em cada ponto no levantamento de campo foi classificado como "arroz" ou "não arroz" e cruzado com o resultado do mapeamento das áreas de arroz irrigado

através das imagens Landsat, obtendo-se uma matriz de erros com a tabulação dos erros de omissão e de inclusão e o índice *Kappa* de concordância (*Kappa Index of Agreement - KIA*).

3. Resultados e discussão

A área total de arroz irrigado mapeada através de imagens Landsat no Rio Grande do Sul na safra 2005/2006 totalizou 724.910,58 ha, correspondendo a cerca de 73% da área total cultivada com arroz no Estado nessa safra. A área mapeada abrangeu 71 municípios, sendo que 21 foram parcialmente contemplados e 50 tiveram seu território totalmente coberto. Destes, 18 municípios apresentaram presença de nuvens, afetando em diferentes graus sua estimativa de área cultivada. A **figura 3** mostra o mosaico com a localização das lavouras mapeadas através da interpretação visual das imagens Landsat. Analisando-se a distribuição das lavouras percebe-se a ausência das lavouras da região do litoral, onde não foi possível obter cenas úteis na safra 2005/2006 devido à presença constante de nuvens.

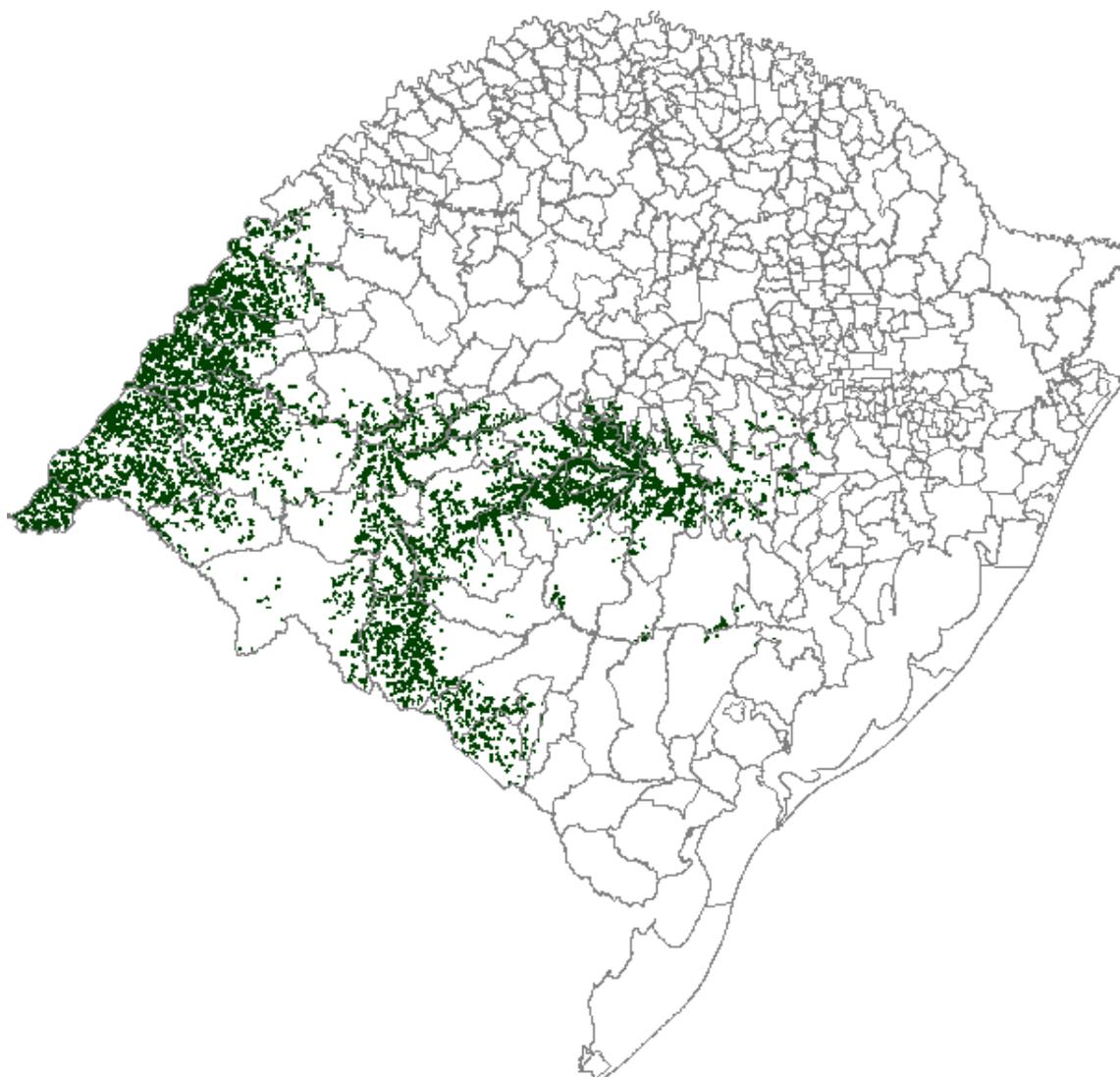


Figura 3. Localização das áreas cultivadas com arroz irrigado no Rio Grande do Sul na safra 2005/2006, mapeadas através de imagens Landsat.

A **tabela 1** mostra a matriz de erros do mapeamento através das imagens Landsat com base nos 672 pontos de campo, contendo os erros de inclusão e de omissão expressos como proporções, acompanhados do índice *Kappa* de concordância entre o mapeamento e a verdade de campo.

Analisando-se os dados referentes à verdade de campo (colunas) da **tabela 1**, constata-se que dos 672 pontos úteis apenas 37 caíram em lavouras de arroz. Na classe "arroz", o erro de omissão foi de 0,4595 (ou 45,95%), com 17 dos 37 pontos de "arroz" identificados como "não arroz" no mapeamento. Nos dados referentes ao mapeamento pelas imagens (linhas), o erro de inclusão foi de 0,3548 (ou 35,48%), com 11 dos 31 pontos mapeados como "arroz" correspondendo na verdade a áreas de "não arroz" no campo. Para a classe "não arroz" os erros de omissão e de inclusão foram bem menores, inferiores a 3%. O erro global do mapeamento, que considera o total de erros e de acertos nas classes "arroz" e "não arroz", foi de 0,0417 (ou 4,17%), o que pode ser considerado baixo e aceitável. Como os erros de omissão e de inclusão tendem a se compensar, a diferença entre os dois sugere que a quantificação da área cultivada com arroz através das imagens Landsat apresenta uma tendência de subestimativa, ou seja, a estimativa de área cultivada com arroz irrigado através das imagens Landsat na safra 2005/2006 no Rio Grande do Sul tende a ser menor que a área real.

Tabela 1. Matriz de erros obtida na comparação dos dados de campo com o resultado do mapeamento das áreas de arroz através de imagens Landsat no Rio Grande do Sul (colunas: verdade de campo; linhas: mapeado), acompanhada do Índice *Kappa*.

Categoria	Arroz	Não arroz	Total	Erro de inclusão
Arroz	20	11	31	0,3548
Não arroz	17	624	641	0,0265
Total	37	635	672	
Erro de omissão	0,4595	0,0173		0,0417
	Intervalo de confiança de 90% = +/- 0,0127 (0,0290 - 0,0543)			
	Intervalo de confiança de 95% = +/- 0,0151 (0,0266 - 0,0568)			
	Intervalo de confiança de 99% = +/- 0,0199 (0,0218 - 0,0616)			

Índice *Kappa* = 0,5665

Além da matriz de erros, o índice *Kappa* é outro indicativo da acurácia do mapeamento, indicando o grau de concordância deste com a referência de campo num intervalo de 0 a 1, sendo que zero (0) indica ausência de concordância e um (1) evidencia total concordância dos dados estimados com a referência de campo. O cálculo de *Kappa* inclui o número total de acertos, os erros de omissão e os erros de inclusão, levando em conta também o aspecto locacional pois os dados da imagem e a verdade de campo são avaliados com relação à sua posição no espaço. Em avaliações de classificação de imagens, valores de *Kappa* superiores a 0,5 usualmente são considerados satisfatórios. O valor de 0,5665 obtido na avaliação de acurácia da estimativa de área cultivada com arroz pode, assim, ser considerado satisfatório, embora estudos anteriores mostrem que é possível obter resultados melhores (Weber & Santos, 1994; Motta *et al.*, 2001; Alvarenga *et al.*, 2005; Weber *et al.*, 2005).

Convém salientar que o número e a distribuição espacial dos pontos utilizados como verdade de campo pode não ter sido a mais adequada para a avaliação, especialmente em função do número reduzido de pontos de arroz (apenas 37 pontos). Outro fato que merece consideração é a existência de erros de posicionamento devido a imprecisões no georreferenciamento das imagens. Em vários casos foram constatados desvios de 2 a 3 *pixels* nas imagens georreferenciadas em relação à malha municipal e outras bases digitais vetoriais.

Como consequência, em pelo menos metade dos pontos identificados como "arroz" *in loco* mas considerados como "não arroz" nas imagens (**Tabela 1**), a discordância ocorreu em função de deslocamentos entre o ponto de campo e a lavoura mapeada.

Ao analisar os dados da matriz de erros e o índice *Kappa* é preciso ter em conta essas limitações. Ainda assim, eles fornecem indícios importantes sobre a qualidade da estimativa de área cultivada com arroz através de imagens Landsat, sugerindo uma tendência de subestimativa.

Entretanto, apesar do indício de subestimativa, a comparação da estimativa de área cultivada com arroz irrigado por município, através das imagens Landsat com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) do IBGE em 32 municípios totalmente cobertos pelo mapeamento e sem a presença de nuvens mostrou uma diferença de 61.889,99 ha a mais para as imagens em relação ao LSPA. As maiores diferenças ocorreram em municípios com grande área cultivada com arroz e situados principalmente na região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. A simples comparação dos dados das duas estimativas não permite conclusões, mas evidencia a influência das diferenças metodológicas e a necessidade de buscar aprimoramentos no sentido de reduzir a subjetividade nos levantamentos de safras.

4. Considerações finais

A metodologia utilizada permitiu a conclusão do mapeamento das áreas de arroz irrigado no Rio Grande do Sul na safra 2005/2006 em tempo hábil para os resultados serem incorporados no levantamento oficial conduzido pela CONAB. A maior dificuldade consistiu em obter-se rapidamente as imagens após sua seleção no catálogo, o que reduziu o tempo disponível para seu processamento e interpretação. Outro aspecto importante refere-se à realização de viagens para levantamento de dados em campo para apoiar a interpretação das imagens em laboratório. Elas podem ser realizadas no período de janeiro e fevereiro, enquanto a fase de seleção de cenas está em andamento, dependendo exclusivamente da disponibilidade de recursos.

Quanto à avaliação de acurácia, conhecer a qualidade dos resultados de mapeamentos de área cultivada através de imagens é de fundamental importância para poder avaliar sua tendência ou validade e para comparar os dados obtidos com outras fontes, como o LSPA. As diferenças verificadas entre a estimativa por imagens e do LSPA para a área cultivada com arroz irrigado no Rio Grande do Sul na safra 2005/2006 mostram as dificuldades e incertezas envolvidas na produção de estatísticas agrícolas e ratificam a necessidade de continuar pesquisando e desenvolvendo metodologias que auxiliem a produzir dados cada vez mais próximos da realidade.

No caso específico do arroz no Rio Grande do Sul, em avaliações futuras convém adequar o número e distribuição dos pontos para avaliação de acurácia em toda a área mapeada. Além disso, convém investir esforços para produzir um conjunto de imagens com georreferenciamento de alta qualidade, a partir das cartas em escala 1:50.000 da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), cobrindo todo o estado e que possa servir de base para o georreferenciamento automático de imagens em estudos futuros.

5. Referências

Alvarenga, B. S.; D'Arco, E.; Moreira, M. A.; Rudorff, B. F. T. 2005. Avaliação de técnicas de processamento digital de imagens para a estimativa de áreas de arroz irrigado: um estudo de caso no município de Santa Vitória do Palmar/RS. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. Anais. Goiânia, Brasil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 3961-3966. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.19.36/doc/3961.pdf>, acesso em 10/10/2006.

Batista, G. T., Tardin, A. T., Rudorff, B. F. T., Lima, A., Mendonca, F., Pinto, S. A. F., Chen, S. C.. **Desenvolvimento e teste de um sistema de fiscalização das operações de crédito agrícola ao nível de município e de propriedades agrícolas utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. 1984. (INPE-3239-RPE/462). São José dos Campos.

Catálogo de imagens Landsat (<http://www.dgi.inpe.br/catalogo>)

Epiphânio, J. C. N.; Luiz, A. J. B.; Formaggio, A. R.. Crop area estimates using simple sampling scheme on satellite images. **Bragantia**, vol.61, n.2, p.187-197 maio/ago 2002.

Fontana, D.C.; Weber, E.; Ducati, J.; Figueiredo, D.C.; Berlato, M.A; Bergamaschi, H. 2000 Monitoramento e previsão de safras no Brasil. Simposio latinoamericano de percepción remota, 9. **Anais...** 2000, Puerto Iguazu, Argentina.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Revista Brasileira de Estatística - RBE**; Ano 49, n. 191, p.55-84, jan /jun 1988.

Medeiros, A. M. P. *et al.* Imagens Landsat na Estimativa de Áreas de Cana-de-Açúcar, Milho e Soja. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8. **Anais...** 1996, Salvador, CD ROM.

Moreira, M.A. Uso da expansão direta para estimar áreas de soja e milho através dos dados multiespectrais e temporais do LANDSAT/TM. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,6.. **Anais...** 1990, Manaus, vol. 3, p. 781-791.

Motta, J.L.G.; Fontana, D.C.; Weber, E.. Verificação da acurácia da estimativa de área cultivada com soja através de classificação digital em imagens Landsat. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. **Anais...** 2001, Foz do Iguaçu/PR.

Rodrigues, R.L.V., Valério Filho, M., Mendonça, F.J., Santos, R., Rodrigues, L.F.H. Determinação do incremento de áreas agrícolas através de imagens MSS-TM/LANDSAT. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5. **Anais...** 1988, Natal, vol. 1, p. 195-203.

Weber, E.J.; Santos, M.V. Analisis estadístico de la estimación de areas cultivadas con arroz (*Oriza sativa* L.) bajo riego utilizando productos de percepción remota. Simposio Argentino de Teledetección, 3. **Anais...** 1994, Universidad Nacional de Cordoba. Cordoba, Argentina.

Weber, E. J.; Fontana, D. C.; Ducati, J. R.; da Silva, T. R., Saraiva, T. S.; Freitas, L. A. S. 2005. Comparação entre resultados de classificação de imagens Landsat e CBERS para estimativa de área cultivada com soja no planalto do Rio Grande do Sul. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. **Anais**. Goiânia, Brasil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 321-328. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.19.36/doc/321.pdf>, acesso em 13/05/2005.