

## Produtividade da cultura da soja no Rio Grande do Sul com dados EVI/MODIS

Anibal Gusso<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE  
PO Box 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brazil

[Anibal.Gusso@inpe.br](mailto:Anibal.Gusso@inpe.br)

**Abstract.** Nowadays, agricultural commodity market requires more efficient and better control of information on crop production. Due to characteristics of Brazil, in this market, the attainment of reliable and timely agricultural estimates is very important. The objective of this study was to evaluate the coupled models performance of crop area and crop productivity estimates, for an adequate temporal and spatial resolution. The productivity model proposed is complementarily added to the previously developed model of crop area estimate. The coupled model results were compared to *Brazilian Institute of Geography and Statistics* (IBGE) data, in a State and municipality level. Both, *MODIS Crop Detection Model* (MCDM) and *MODIS Productivity Detection Model* (MPDM) were developed at the *National Institute for Space Research* (INPE) and use analysis of the temporal-spectral profile of agricultural crop development, achieved with EVI/MODIS images. Results indicate that application of the coupled model is able to generate timely crop area and productivity estimates for soybean in the Rio Grande do Sul in a municipality level. In a State level, estimates of MPDM from 2001 to 2008, obtained  $R^2=0.89$ , with a higher deviation for 2002.  $R^2=0.96$  were obtained by subtracting harvest of 2002 from the analysis. Kriging productivity maps, of MPDM and IBGE, were compared and shown a visual similarity in their spatial distribution and development trend.

**Palavras-chave:** remote sensing, soybean productivity, model, sensoriamento remoto, produtividade da soja, modelo.

### 1. Introdução

No mercado globalizado de commodities agrícolas, informações precisas e em tempo hábil sobre o desempenho da produção, tem papel importante no planejamento e na tomada de decisão em diversos níveis de organização social. Levantamentos confiáveis sobre as safras, antecipadamente ao período da colheita, proporcionam estratégias para aprimorar as políticas públicas de abastecimento e a manutenção do equilíbrio entre oferta e a demanda no setor agrícola (Figueiredo, 2007). A produção agrícola é obtida como resultado do produto entre a produtividade e a área ocupada pela cultura, obtidos de maneira independente (Deppe et al., 2007).

Tipicamente, dados de imagens dos satélites Terra do programa EOS-MODIS (*Earth Observing System-Moderate Resolution Spectroradiometer*), dos satélites NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) têm sido utilizadas em aplicações do monitoramento do ciclo de desenvolvimento das culturas e estimativa da produção agrícola (Liu e Kogan, 2002, Doraiswamy et al., 2005). Lobell e Asner (2004) utilizaram imagens do sensor MODIS e concluíram que este têm vantagens consideráveis sobre as imagens Landsat na caracterização de extensas plantações agrícolas, principalmente devido à sua maior resolução temporal.

Modelos de estimativa da produtividade normalmente consideram as forçantes físicas predominantes na representação do ciclo de desenvolvimento agrícola. Geralmente, a agregação de componentes agrometeorológicas, com baixa resolução espacial, resultam em maior complexidade e morosidade na finalização do produto (Kogan, 2002), não cumprindo assim, o caráter preditivo e de suporte na tomada de decisão. Na safra 2007/2008, o Estado do Rio Grande do Sul (RS), terceiro maior produtor de soja brasileiro, respondeu por aproximadamente de 18% da produção nacional (IBGE, 2008). No RS, modelos agrometeorológico-espectrais, como de Melo et al. (2008), relacionam variáveis meteorológicas e dados de imagens com a produtividade.

No Paraná, Araújo (2008) comparou resultados de modelos de produtividade da soja com valores reais registrados e observou que os modelos simplificados e os modelos

agrometeorológicos não retornaram estimativas satisfatórias de produtividade. Neste contexto, um modelo que relacione de maneira simplificada dados de precipitação e índice de vegetação pode contribuir na disponibilização de dados sobre a produtividade em resolução espacial adequada.

O objetivo no presente trabalho é avaliar o desempenho combinado dos modelos de estimativa de área e produtividade da soja, para gerar dados em nível municipal sobre a produtividade no Rio Grande do Sul, antecipadamente ao período da colheita, utilizando séries temporais de imagens EVI/ MODIS.

## 2. Metodologia

### 2.1 Área de Estudo

O RS tem uma área de 282.062 km<sup>2</sup> (3% do território brasileiro) com 497 municípios localizados entre as latitudes 27°S e 34°S e as longitudes 49°W e 58°W. O calendário médio de semeadura para soja, no sistema predominante de plantio direto, vai do início de outubro ao final de dezembro com base no zoneamento agrícola para os solos, as regiões, e as cultivares (Cunha et al., 2001). A Figura 1 mostra a área de estudo.

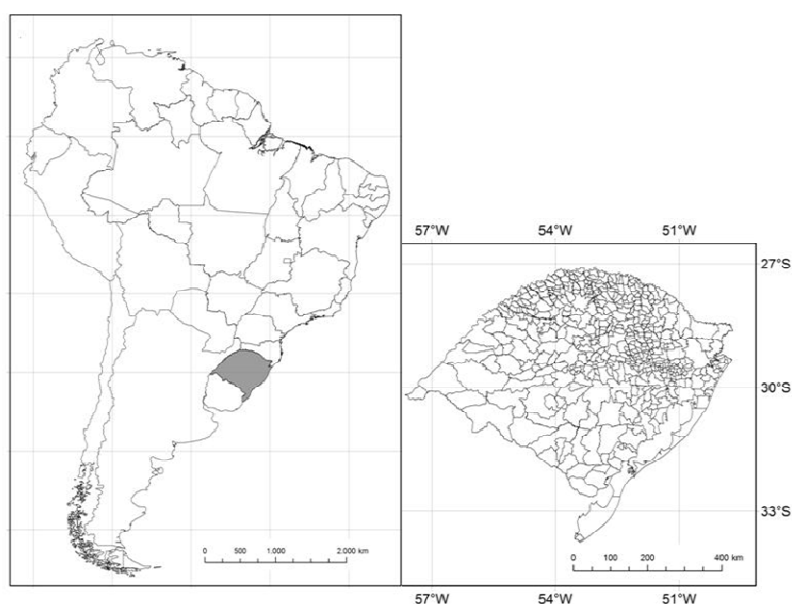


Figura 1. Área de estudo, Estado do Rio Grande do Sul e municípios.

### 2.2 Dados Utilizados

A Tabela 1 mostra os dados utilizados neste estudo, tanto na geração e estimativa dos mapas de área, quanto no cálculo da produtividade. Os dados espectrais utilizados foram de índice de vegetação EVI obtidos do sensor MODIS, produto MOD13Q1-V005. Neste trabalho, somente os itens i, vi, vii, viii e ix foram utilizados no desenvolvimento do modelo de estimativa da produtividade MPDM. Os itens i, ii, iii, iv, v e vii foram utilizados no desenvolvimento do MCDM (Gusso et al. 2009; Gusso et al. 2010), para estimativa da área ocupada pela cultura da soja. O produto de índice de vegetação EVI, foi selecionado devido a sua capacidade de reduzir efeitos atmosféricos e do solo subjacente a vegetação (Huete et al. 2002; Justice et al. 2002) e é disponibilizado pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) gratuitamente, no site <https://wist.echo.nasa.gov/api/>. Para calibração do modelo de produtividade foi utilizado dados disponíveis de Dotto e Rosinha, (2009).

Tabela 1 – Dados, fonte e escala/resolução aplicadas.

	Dados	Fonte	Escala/Resolução
i	EVI do Terra/MODIS Produto MOD13Q1, coleção 5 de 2000 a 2008	NASA (2009)	250 m
ii	Mapa de referência Safrá 2000/2001	Rizzi e Rudorff (2005)	25 m
iii	Mapa de Solos	IBGE (1986)	1:250 000
iv	SRTM (Altimetria e Declividade)	Rabus et al. (2003)	90 m
v	Estimativa oficial Área ocupada pela cultura da soja no RS Safras 2000/2001 a 2007/2008	IBGE (2009)	Estadual e municipal
vi	Precipitação 2000 a 2008	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/RS (FEPAGRO)	Precipitação acumulada (10 dias) Outubro a dezembro 33 estações meteorológicas
vii	Normal climatológica 1971 a 2000	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/RS (FEPAGRO)	Precipitação acumulada (30 dias) Outubro à fevereiro 33 estações meteorológicas
viii	Estimativa oficial Produção de soja no RS Safras 2000/2001 a 2007/2008	IBGE (2009)	Estadual e municipal
ix	Relatório de produtividade Safrá 2008/2009, no RS	Dotto e Rosinha (2009)	Pontos

## 2.4 Estimativa da Área e Produtividade

A maioria dos estudos conduzidos no Brasil avalia os resultados com relação a uma única safra, e não apresentam efetivamente um método sistemático de estimativa e previsão. Assim, para estimativa da área agrícola ocupada com soja, este estudo utilizou o método MCDM (*MODIS Crop Detection Model*) desenvolvido em Gusso et al. (2009) e Gusso et al. (2010). Resultados anteriores, obtidos com a abordagem MCDM aplicados ao RS, mostraram que o modelo é adequado e proporciona dados confiáveis no auxílio às estimativas oficiais de previsão da área ocupada pela cultura da soja.

O método experimental de estimativa da produtividade avaliado neste trabalho, foi nomeado MPDM (*MODIS Productivity Detection Model*), e está acoplado ao modelo de detecção da área. O MPDM é uma modelagem matemática que observa as características regionais do sistema de produção da soja, e está fundamentado na identificação das componentes físicas predominantes da vegetação, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, que melhor podem ser representadas por imagens de índice de vegetação. O MPDM considera como ponto chave o período de semeadura que pode variar sensivelmente de uma safra para outra, dependendo da ocorrência de chuva, o que geralmente define o início da semeadura da soja pelos agricultores.

## 3. Resultados e Discussão

No gráfico da Figura 2 é possível comparar a produtividade resultante da agregação de dados por município (LSPA, IBGE) com os resultados de produtividade segundo o modelo MPDM. Observa-se uma tendência de subestimativa do MPDM em relação ao IBGE. Essa tendência também é observada na Figura 3 com  $R^2=0,88$  e coeficiente de correlação  $R = 0,94$ .

Extraindo-se da análise o ano 2002, que é ponto mais discrepante de estimativa do MPDM, os novos valores ficam  $R^2=0,96$  e  $R=0,97$ . Os resultados obtidos por Melo et al. (2008),

analisando a modelagem do rendimento com a aplicação de imagens de baixa resolução espacial (9Km), entre 1975 e 2000, obtiveram um coeficiente de correlação  $R=0,96$ , quando consideraram o ajuste de todos os pontos. Liu e Kogan (2002), que avaliaram várias regiões do Brasil, obtiveram um coeficiente de correlação de  $R=0,26$  para o RS.

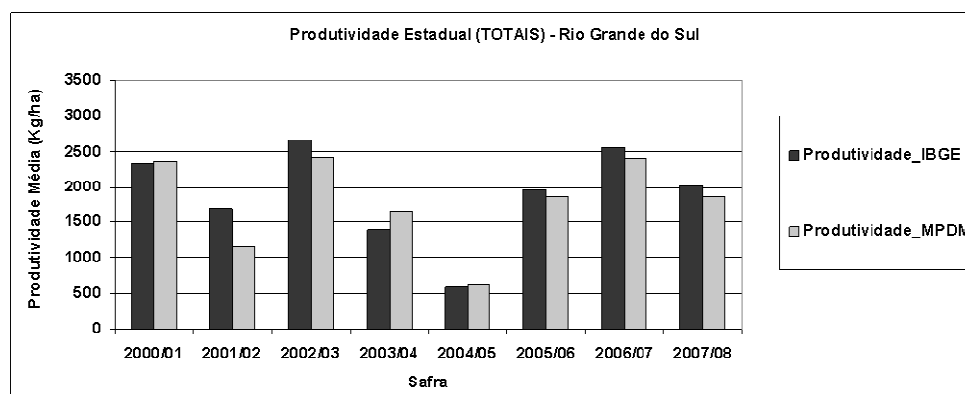


Figura 2. Gráfico de barras comparando as estimativas estaduais de produtividade obtidas do IBGE e obtidas do MPDM, em cada ano-safra, de 2001 a 2008.

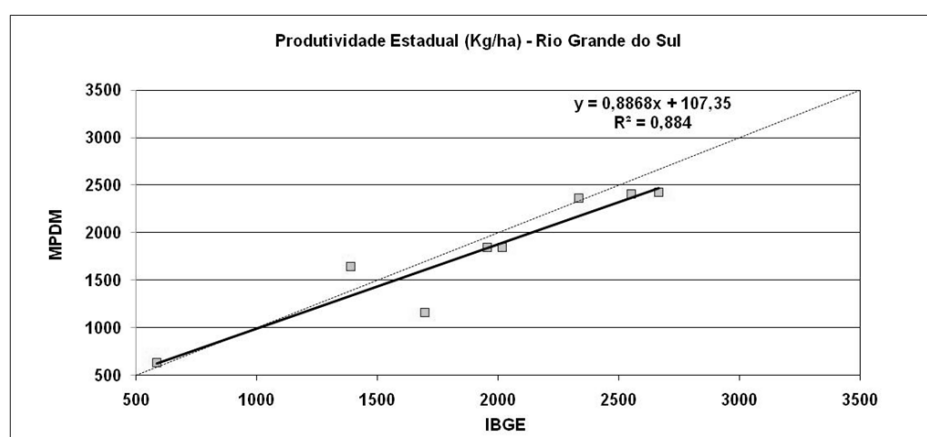


Figura 3. Gráfico de dispersão mostrando a linha de tendência entre as estimativas estaduais do IBGE e obtidas do MPDM, para a produtividade da cultura da soja, em cada ano-safra, de 2001 a 2008.

No gráfico da Figura 3, o ponto mais deslocado abaixo da reta de tendência corresponde à safra 2002, onde MPDM apresentou a maior divergência com os dados do IBGE (31,4%). Entretanto, na safra 2002, os mapas de precipitação (Figura 5) indicam baixa precipitação acumulada, especialmente na região sudoeste do estado e próximo a fronteira com o Uruguai, onde o IBGE indica valores normais de produtividade.

Em nível municipal, a Figura 4 mostra o agrupamento ao longo da linha de simetria na comparação entre a produção total municipal obtidas do IBGE e MPDM, na safra 2008.

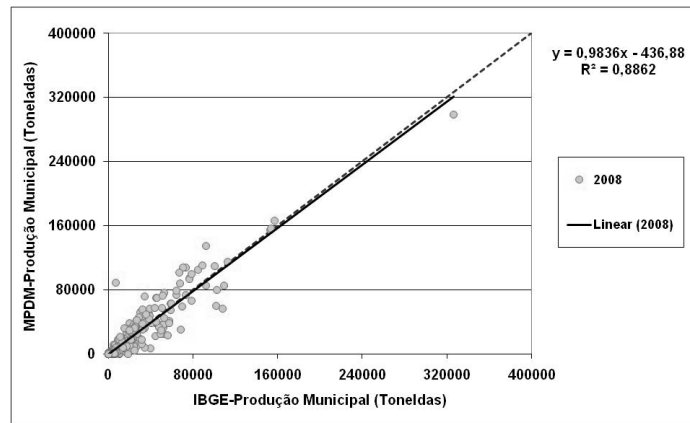
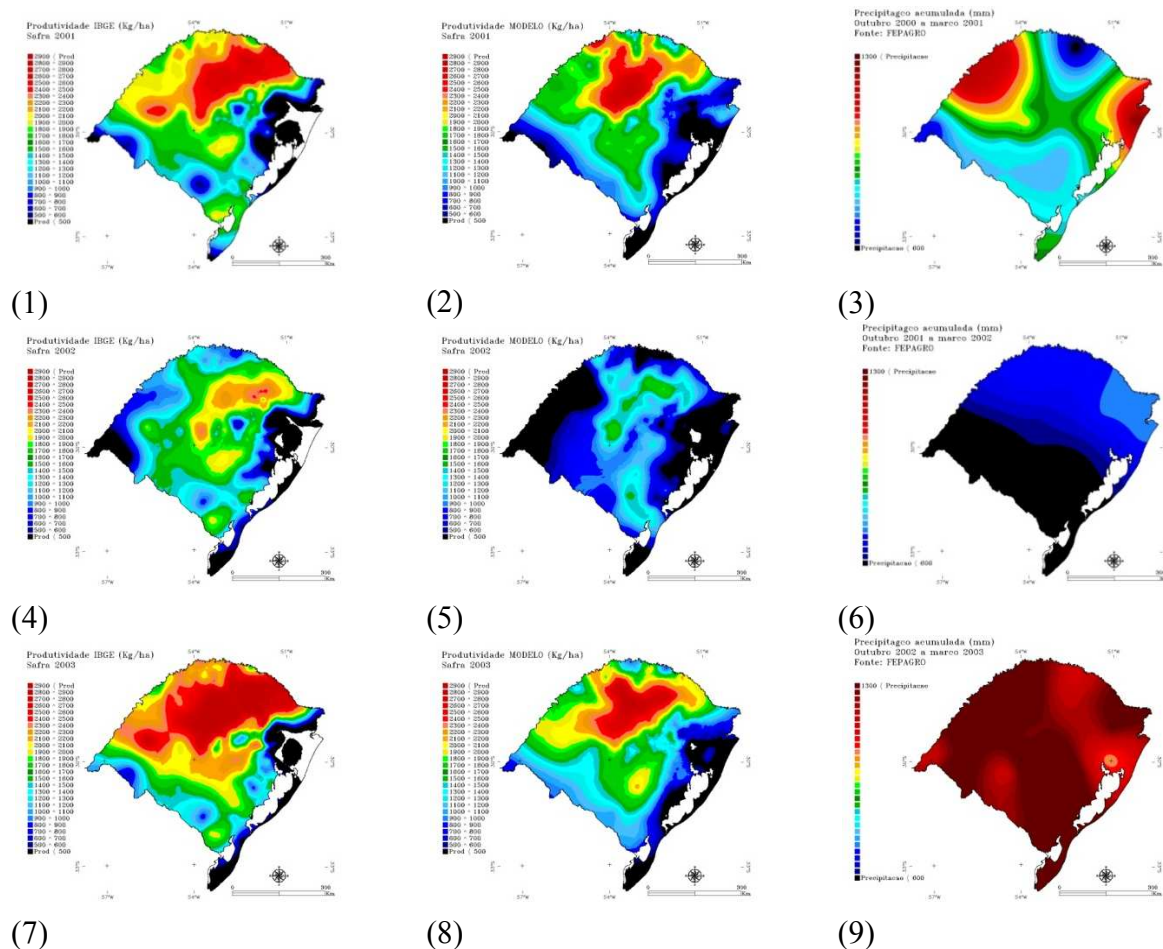


Figura 4. Gráfico de dispersão comparando as estimativas da produção, por município do Rio Grande do Sul, entre o IBGE e o MPDM, na safra 2008.

Em função da ausência de dados pontuais de produtividade, uma avaliação visual do desempenho do modelo foi feita comparando os mapas resultantes da Krigagem, em cada ano-safra, obtidos a partir do cálculo de produtividade municipal, pelo IBGE e pelo MPDM. Foram obtidos os centróides de cada um dos 497 municípios do RS e a cada centróide foi associado um valor de produtividade média do município obtida a partir do MPDM, em cada safra. O conjunto de mapas, por safra, é apresentado na Figura 5. Na comparação, os mapas mostram uma tendência evolutiva semelhante e os mapas de precipitação acumulada mostram as regiões de maior e menor disponibilidade hídrica no ano-safra.



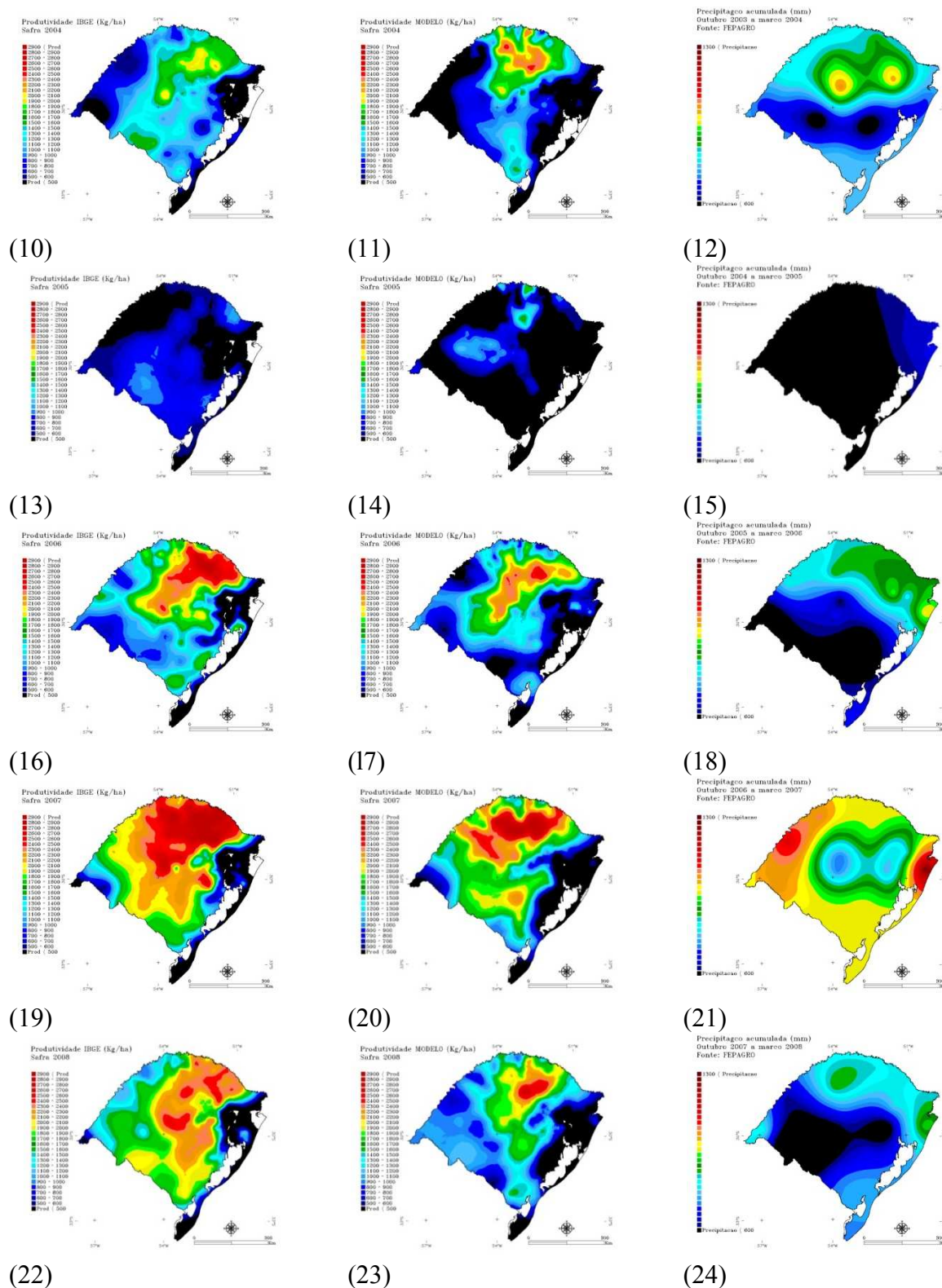


Figura 5 – Comparação dos mapas de produtividade gerados pela aplicação da Krigagem de cada ano-safra, de 2001 a 2008; mapas de estimativas entre os dados obtidos do IBGE (1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22); mapas obtidos do MPDM (2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23); e mapas de precipitação acumulada entre outubro e março de cada safra (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24). As cores tendendo ao vermelho representam os valores mais altos tanto em produtividade quanto na precipitação acumulada.



Na comparação por local, feita apenas para a safra 2009, o resultado do modelo de produtividade foi comparado aos dados obtidos do Relatório de Produtividade da Safra 2009, no RS, realizado pela Fundação Pró Sementes (FPS), por Dotto e Rosinha (2009), conforme Figura 6. Observa-se que o MPDM acompanha a variabilidade espacial da produtividade nos pontos amostrados.

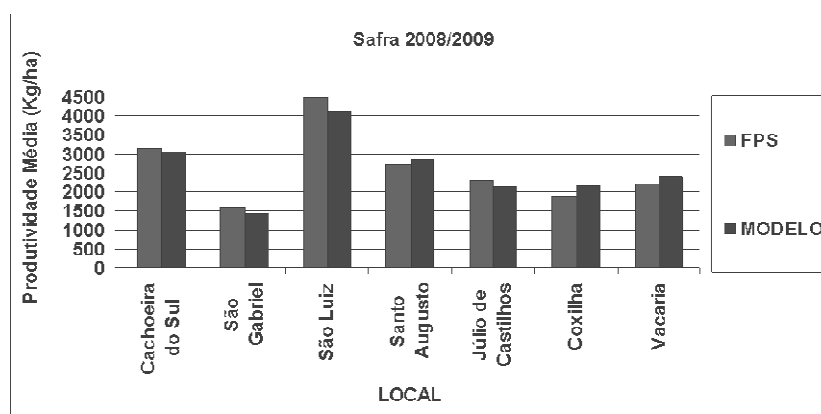


Figura 6. Gráfico comparando as médias de produtividade dos cultivares de soja, nos locais dos experimentos realizados pela Fundação Pró Sementes, e a estimativa obtida pelo MPDM no ano-safra 2008/2009.

#### 4. Conclusão

O MPDM mostrou ser um método promissor e apresentou desempenho satisfatório, em nível estadual e municipal, na estimativa da produtividade.

É importante ressaltar que os parâmetros definidos no MPDM, para mapeamento da produtividade, são constantes apesar das intensas variações da produtividade. Comparado aos métodos convencionais de estimativa da produtividade da soja, o MPDM propõe um avanço importante na disponibilização espacializada em dos números em diversos níveis da organização social, em tempo hábil e em resolução espacial adequada.

#### Agradecimentos

Sinceros à equipe da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul (FEPAGRO). Ao Grupo de Análise de Uso da Terra LUA-INPE e Laboratório de Agricultura e Floresta LAF-INPE.

#### Referências

- Araújo, M. A. Modelos agrometeorológicos na estimativa da produtividade da cultura da soja na região de Ponta Grossa - Paraná. 2008. 109 p. (CDU 635.655-816.22). Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2008.
- De Melo, R.W.; Fontana, D.C.; Berlatto, M.A. & Ducati, J.R. ). An agrometeorologica-spectral model to estimate soybean yield, applied to southern Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, 29, 4013 - 4028, 2008.
- Deppe, F.; Lohmann, M.; Martini, L.; Adami, M. & Faria, R. T. Monitoramento da evolução temporal de cultivos agrícolas através de imagens TERRA/MODIS. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 145-152. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.19.13/doc/145-152.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2010.
- Doraiswamy, P.C.; Sinclair, T.R., Hollinger, S., Akhmedov, B., Stern, A. & Prueger, J. Application of MODIS derived parameters for regional crop yield assessment. **Remote Sensing of Environment**, 97, 192-202, 2005.

Dotto, S.R. & Rosinha, R. C. **Desempenho de cultivares de soja indicadas para o Rio Grande do Sul- Relatório de produtividade, resultados 2008/2009**. 2009. Fundação Pró-Sementes/Sistema FARSUL.

Figueiredo, D. C. Projeto GeoSafras – aprimoramento metodológico das estimativas de safras. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 191-195. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.17.58/doc/191-195.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

Gusso, A.; Adami, M.; Formaggio, A. R.; Rudorff, B. F. T.; Rizzi, R.. Análise de séries temporais EVI/MODIS para a estimativa da área cultivada com soja no Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 207-213. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.17.58/doc/191-195.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

Gusso, A.; Adami, M.; Formaggio, A. R.; Rudorff, B. F. T.; Rizzi, R. Method for soybean area estimation based on multi-temporal MODIS/EVI images. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (submetido para publicação).

Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E.P.; Gao, X. & Ferreira, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, 83, 195-213, 2002.

IBGE (2009). *Sistema IBGE de Recuperação Automática*. In, <http://www.sidra.ibge.gov.br/>.

Justice, C.O.; Townshend, J.R.G.; Vermote, E.F.; Masuoka, E.; Wolfe, R.E.; Saleous, N.; Roy, D.P.; & Morisette, J.T. An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, 83, 3-15, 2002.

Kogan, F. N. World droughts in the millennium from AVHRR-based vegetation health indices. **Eos, Transactions, American Geophysical Union**, 83, 557-564, 2002.

Liu, W. T; Kogan, F. Monitoring Brazilian soybean production using NOAA/AVHRR based vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, 23, 1161-1180, 2002.

Lobell, D.B. & Asner, G.P. Cropland distributions from temporal unmixing of MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, 93, 412-422, 2004.

National Aeronautics and Space Administration - NASA (2009). **Warehouse Inventory Search Tool** In, <https://wist.echo.nasa.gov/api/>.

Rabus, B.M.; Eineder, A.R. & R., B. The shuttle radar topography mission- a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 57, 241-262, 2003.

Rizzi, R. & Rudorff, B.F.T. Estimativa da área plantada com soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, 57, 226-234, 2005.