Modelo espectral de estimativa da produção da soja no Mato Grosso

Anibal Gusso [1]
Jorge Ducati [1]
Damien Arvor [2]

[1] Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS/CEPSRM
Caixa Postal 15044 - 91501-970 - Porto Alegre - RS, Brasil
anibal.gusso@ufrgs.br
ducati@if.ufrgs.br

[2] IRD - UMR ESPACE-DEV 228
500, rue Jean-François Breton - 34093 Montpellier Cedex, France
damien.arvor@ird.fr

Abstract. Agricultural forecasts require accurate and near real-time information in order to be used by decision makers from the agribusiness sector. The state of Mato Grosso is the largest soybean producer in Brazil so that the attainment of reliable and timely estimates of soybean crop area is very important. The objective in this study was to evaluate the performance of a coupled model for crop area and crop production estimates, at an adequate temporal and spatial resolution. Production estimates were obtained combining the MODIS Productivity Detection Model (MPDM) designed for productivity estimates with the previously validated algorithm of crop area estimate, MODIS Crop Detection Algorithm (MCDA). The resulting production estimates were compared to official agricultural statistics from Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and from the National Company of Food Supply (CONAB), at different levels for the 2003/2004 to 2010/2011 cropping years. At the state level, the lowest deviation was observed in 2004 (-2.17%) and the highest in 2006 (7.24%). Combining all cropping years at the municipality level, estimates were highly correlated R^2=0.96 with official statistics from IBGE. Validation data collected during field campaign were used for comparison of production with R^2=0.74 for 2003/2004 to 2006/2007 cropping years. Comparisons of interpolated maps of productivity based on MPDM estimates and IBGE data, showed a visual similarity in their spatial distribution. Time-series analysis of production estimates indicate great potential at state, municipality and crop level, with the advantage of providing anticipated spatial information prior to the soybean harvest.

Palavras-chave: remote sensing; EVI/MODIS, yield, sensoriamento remoto, EVI/MODIS, rendimento.

1. Introdução

A produção agrícola brasileira tem importante papel no mercado mundial (Gusso et al., 2012). O Estado do Mato Grosso (MT) é o maior produtor brasileiro de soja e na safra 2010/2011, representou quase 28% da área total destinada à cultura no Brasil (CONAB, 2012).

Imagens de sensoriamento remoto fornecem informações importantes para o monitoramento agricola em regiões como Mato Grosso. Especialmente, indices espectrais de vegetação como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o EVI (*Enhanced Vegetation Index*) têm demonstrado potencial no monitoramento agrícola. Tipicamente, dados de imagens dos satélites Terra do programa EOS-MODIS (*Earth Observing System-Moderate Resolution Spectroradiometer*), e 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 (Gusso et al., 2012; Melo et al., 2008; Kogan, 2002). Dados do sensor MODIS, a bordo do satélite Terra, concilia a visualização diária com uma resolução espacial moderada de 250 metros, e tem demonstrado bom desempenho no monitoramento agrícola no Brasil (Arvor et al., 2011).

Para uma adequada estimativa da produção, é necessário conhecer a área cultivada e a produtividade da cultura (Assad et al., 2007). Com relação à estimativa de área, alguns

trabalhos têm abordado o problema por meio de diferentes metodologias como em Gusso et al. (2012) e Arvor et al. (2011). No Rio Grande do Sul, o modelo agrometeorológico-espectral de Melo et al. (2008), obteve bons resultados relacionando variáveis meteorológicas e dados de imagens, de baixa resolução espacial, com a produtividade. Entretanto, dados meteorológicos frequentemente estão incompletos ou não disponíveis para aplicações em sistemas operacionais de monitoramento (Kogan, 2002). Nesse sentido, modelos simplificados, que consideram apenas a resposta espectral da cultura, podem ser uma boa alternativa (Mercante et al., 2010). Um modelo que relacione um índice de vegetação com a produtividade, representa vantagens por permitir uma aplicação fácil e imediata sobre a produção.

O objetivo no presente estudo foi testar as adaptações realizadas nos modelos acoplados de estimativa da área MCDA (Gusso et al., 2012; Gusso e Ducati, 2012) e produtividade MPDM (Gusso, 2011), na estimativa da produção da soja no Mato Grosso, em nível estadual, municipal e parcelar, utilizando séries temporais de imagens EVI/ MODIS.

2. Metodologia de trabalho

Neste estudo foram analisados 141 municípios do Estado do Mato Grosso localizado entre as coordenadas aproximadas 06°00' e 19°45' de latitude sul e 50°06' e 62°44'de longitude oeste, nas safras de 2003/2004 até 2010/2011. O calendário de semeadura para soja vai do início de setembro ao final de novembro, sendo o periodo ótimo para plantar em outubro, com base no zoneamento agrícola para os solos, as regiões, e as cultivares (MAPA). A Figura 1 mostra a área de estudo.

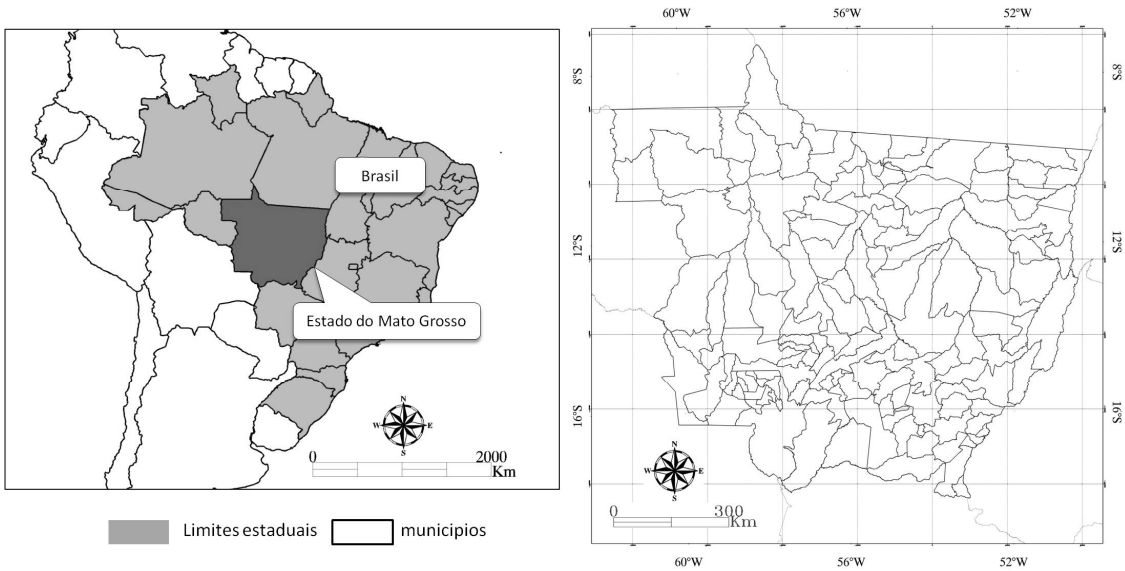


Figura 1. Localização da área de estudo, o Estado do Mato Grosso e municipios.

2.1 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. Neste estudo, foram utilizados: i) dados do índice de vegetação EVI obtidos do sensor MODIS, produto MOD13Q1-V005; ii) dados de temperatura da superfície terrestre LST (*Land Surface Temperature*), foram utilizados na parametrização do modelo; iii) dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), foram utilizados para gerar o mapa de declividade de maneira a definir as áreas favoráveis ao

cultivo da soja; iv) a normal climatológica foi utilizada na parametrização do modelo para localizar espacialmente as áreas com maior disponibilidade hídrica no período das safras de verão; v) dados estatísticos oficiais e históricos de área ocupada do IBGE foram utilizados para parametrização do modelo de estimativa de área; vi) dados estatísticos oficiais e históricos da produção de soja municipal pelo IBGE foram usados para parametrização do modelo; vii) dados do histórico de área ocupada com soja CONAB; viii) dados do histórico de produção de soja pela CONAB; ix) Dados obtidos em viagem a campo no ano 2007. Foram visitadas e mapeadas fazendas na região agrícola da BR163 e na Chapada dos Parecis. Para cada talhão foram coletados: tipo de cultura, data de plantio, colheita e produtividade.

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

	Dados	Fonte	Escala/Resolução
i	EVI do Terra/MODIS Produto MOD13Q1, coleção 5 de 2003 a 2011	NASA (2011)	250 m
ii	LST do Aqua/MODIS Produto MYD11A2, coleção 5 de 2003 a 2011	NASA (2011)	1000 m
iii	SRTM (Altimetria e Declividade)	Rabus et al. (2003)	90 m
iv	Normal climatológica 1971 a 2000	Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)	Precipitação acumulada (30 dias) Outubro a fevereiro 9 estações meteorológicas
v	Estimativa oficial Área ocupada com soja no MT Safras 2003/2004 a 2010/2011	IBGE (2011)	Estadual e municipal
vi	Estimativa oficial Produção de soja no MT Safras 2003/2004 a 2010/2011	IBGE (2011)	Estadual e municipal
vii	Estimativa oficial Área ocupada com soja no MT Safras 2003/2004 a 2010/2011	Levantamentos CONAB (2011)	Estadual
viii	Estimativa oficial Produção de soja no MT Safras 2003/2004 a 2010/2011	Levantamentos CONAB (2011)	Estadual
ix	Produtividade, área e cultura no MT Safras 2003/2004 a 2006/2007	Levantamento de campo (2007)	Talhão/local

O sensor MODIS, que oferece cobertura global diária possibilita alta resolução temporal, moderada resolução espacial e resolução espectral melhorada (Justice et al. 2002). A qualidade geométrica permite compor séries temporais que garantem a geolocalização correta de pixels nas imagens (Justice et al. 2002). O índice de vegetação EVI, foi selecionado devido a sua capacidade de reduzir efeitos atmosféricos e do solo subjacente à vegetação (Huete et al. 2002, Justice et al. 2002). Os dados EVI, do produto MOD13Q1-V005, foram escolhidos para este estudo devido as suas características únicas e é disponibilizado pela NASA gratuitamente, no site https://wist.echo.nasa.gov/api/.

2.2 Estimativa da produção

Para uma adequada estimativa da área, este estudo utilizou o método MCDA (*MODIS Crop Detection Algorithm*) desenvolvido em Gusso et al. (2012) para o Rio Grande do Sul, e validado para o Estado do Mato Grosso (Gusso e Ducati, 2012). Resultados obtidos com a

abordagem MCDA, mostraram que o modelo proporciona dados confiáveis no auxílio às estimativas oficiais de previsão da área ocupada pela cultura da soja.

O MPDM é uma abordagem matemática experimental fundamentada nas características física predominantes do ciclo de desenvolvimento da vegetação, no cultivo da soja, parametrizadas em relação ao EVI. O MPDM (*MODIS Productivity Detection Model*) gera dados de saída com 250 metros de resolução espacial e está acoplado ao modelo de estimativa da área.

3. Resultados e discussão

A Tabela 2 compara a produção estadual dada pela CONAB e pelo MPDM. Na safra 2006, a estimativa estadual obtida pelo MPDM é superestimada em 7,24% do que a registrada pela CONAB. A Figura 4 apresenta a combinação das estimativas municipais, de todas as safras (2004 a 2011), em uma tendência geral equilibrada com R^2=0,96. Os 8 pontos reunidos acima de 1,2 milhões de toneladas representam a produção do município de Sorriso, que em 2004 já era maior que 1,6 milhões toneladas de soja (IBGE, 2012).

A Figura 5 mostra uma análise mais detalhada da distribuição espacial, obtida comparando dados do MPDM com dados da produção em nível de talhões. Foram selecionados 44 talhões com áreas variáveis entre 8 e 85 hectares ao longo das safras 2003/2004 a 2006/2007.

Tabela 2. Diferença entre as estimativas do MPDM e a CONAB no MT.

Produção Estadual – Mato Grosso (Milhões de toneladas)								
	2004	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
CONAB	15,01	17,94	16,70	15,36	17,85	17,96	18,77	20,41
MPDM	14,68	18,55	17,91	16,41	18,55	19,01	17,72	19,58
Diferença (%)	-2,17	3,43	7,24	6,85	3,94	5,81	-5,56	-4,38

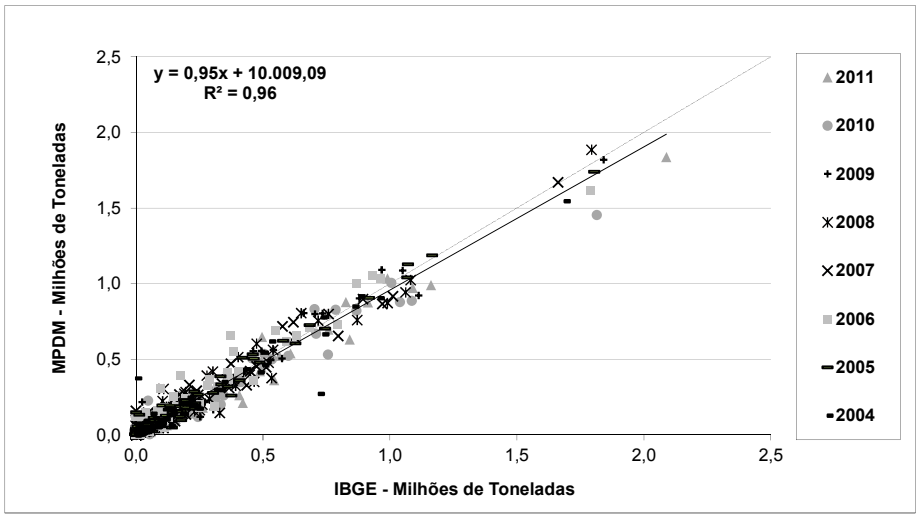


Figura 4. Comparação entre todas as estimativas municipais da produção obtidas do IBGE e do MPDM, em cada ano-safra, de 2004 a 2011, MT.

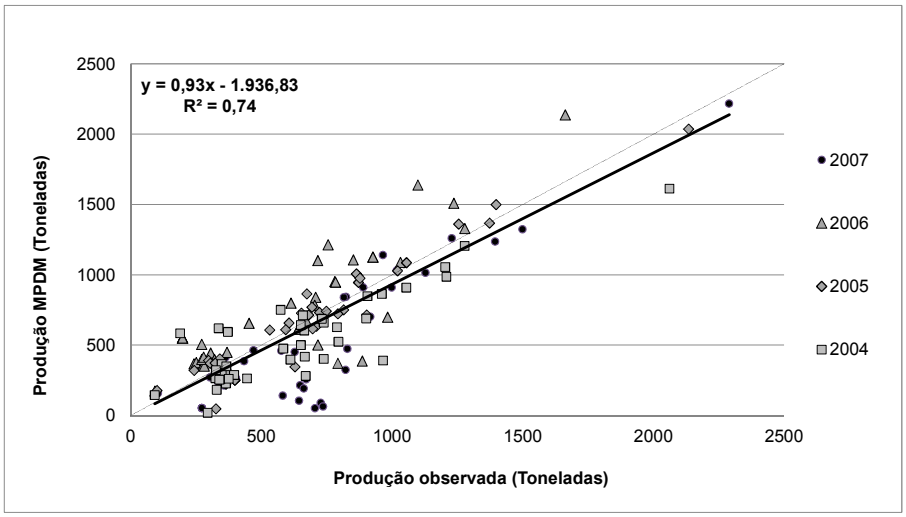
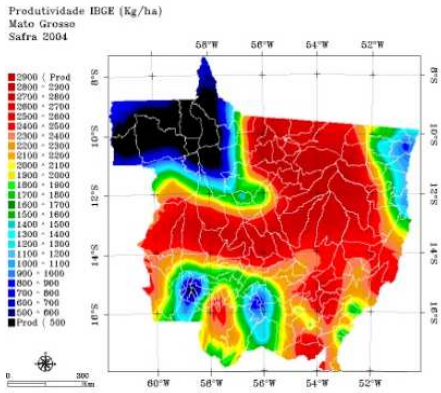


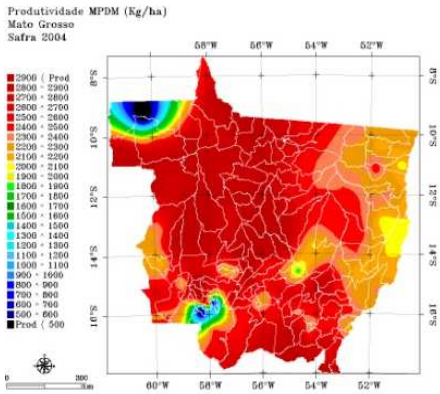
Figura 5. Comparação entre a produção estimada pelo MPDM e observada em talhões de soja, entre 2004 e 2007, MT.

3.1 Avaliação da distribuição da produtividade por interpolação

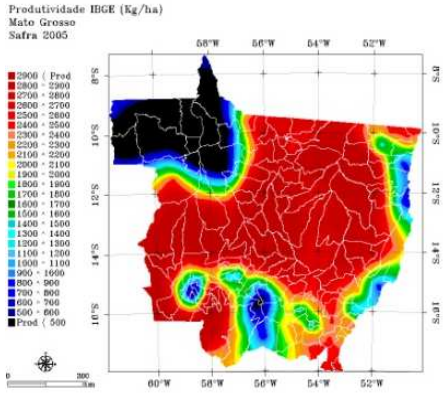
Para a análise da distribuição espacial foram gerados mapas de interpolação resultantes de krigagem, em cada ano-safra, com resolução espacial de 2000 metros. Estes mapas foram obtidos a partir do cálculo da produtividade municipal, obtida do IBGE e pelo MPDM, e alocada nos centróides de cada um dos 141 municípios analisados, em cada safra. A comparação entre os mapas, por safra, é apresentado no grupo de Figuras 6.



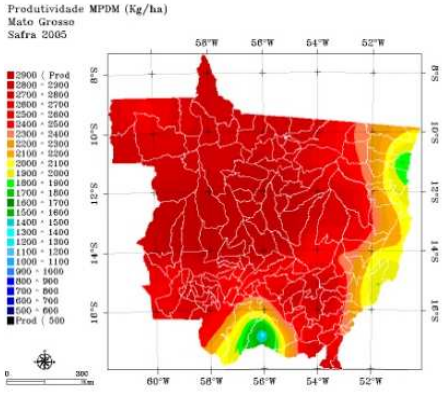
(01)



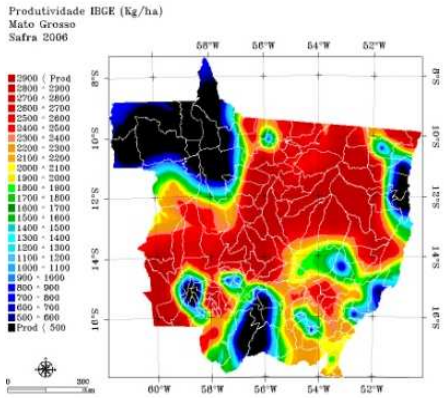
(02)



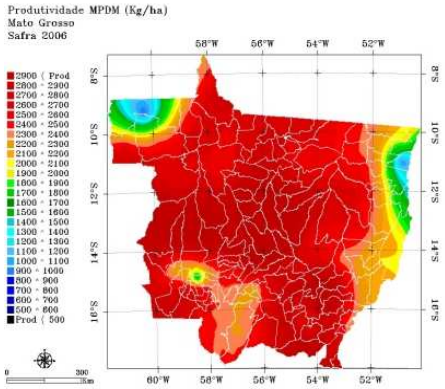
(03)



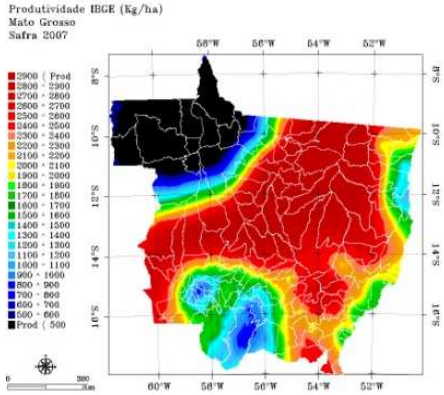
(04)



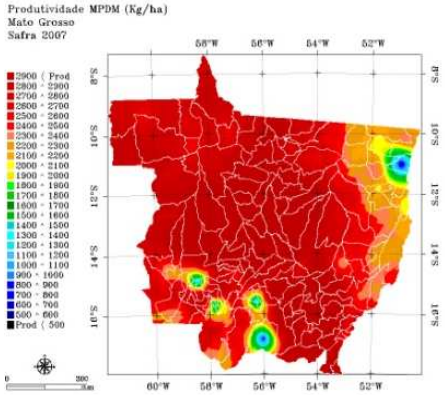
(05)



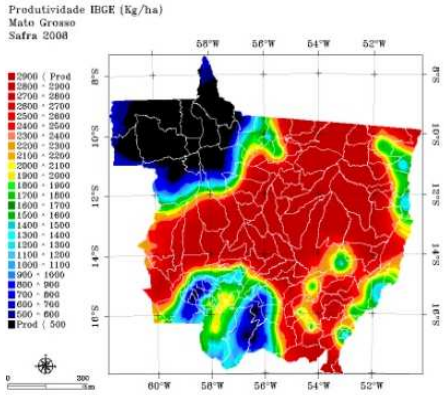
(06)



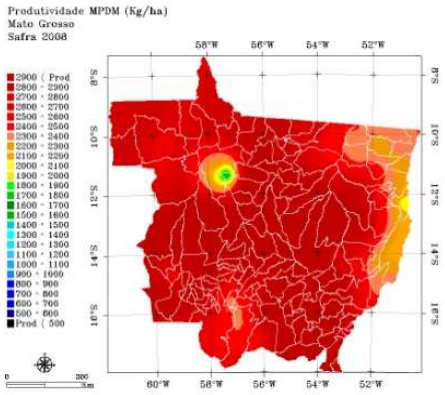
(07)



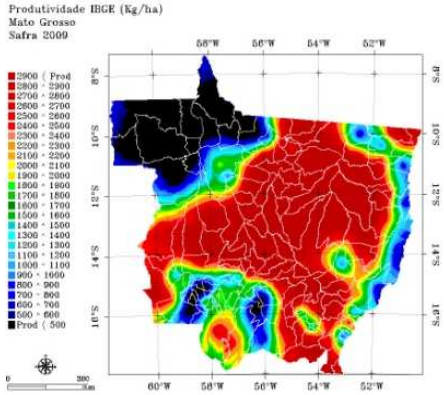
(08)



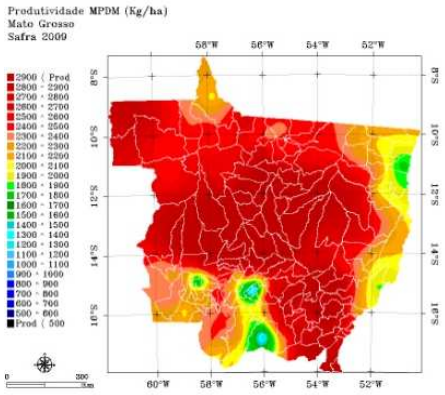
(09)



(10)



(11)



(12)

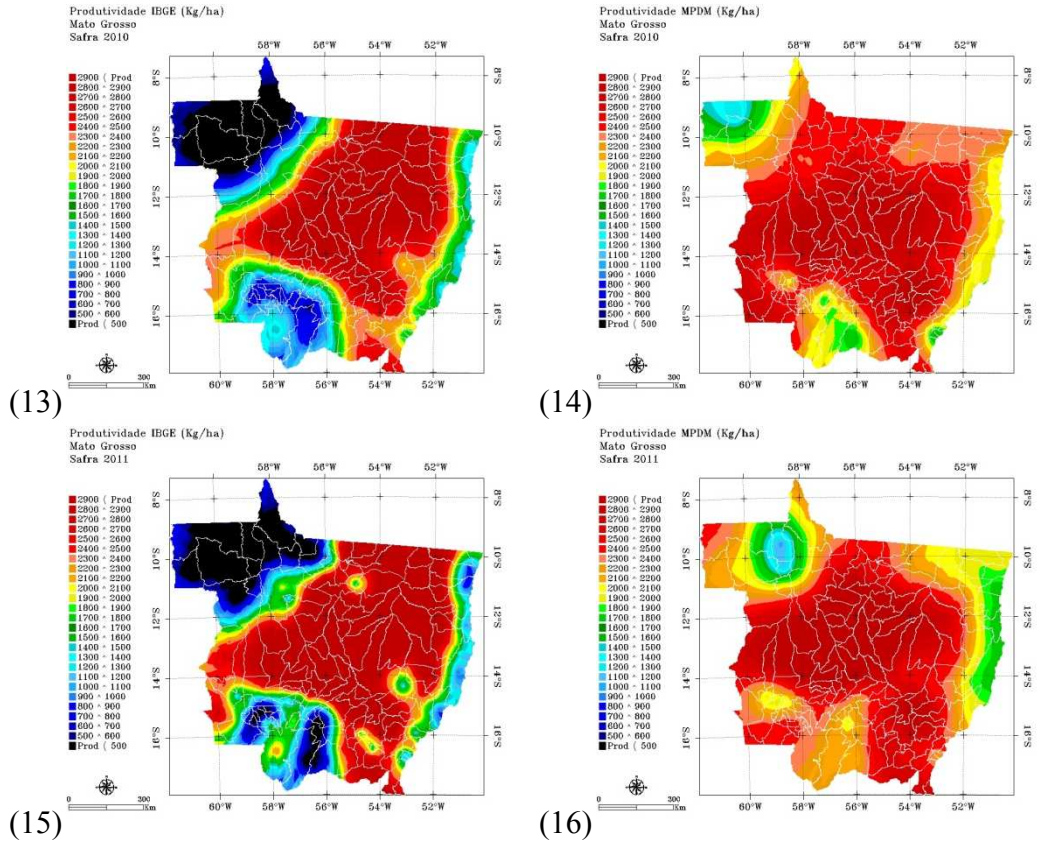


Figura 6 – Comparação dos mapas de produtividade (centróide-municipal) em cada safra, de 2004 a 2010 sobre: estimativas obtidas do IBGE (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15); estimativas obtidas do MPDM (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16).

Áreas de maior divergência são evidenciadas no noroeste do Estado, por meio de inspeção visual direta nos mapas. Nessa região, no município de Aripuanã, são observadas áreas de soja (imagem Landsat-5TM, 11 de fevereiro de 2007, órbita/ponto 229-067) na safra 2006/2007, onde o MPDM aponta uma produtividade aproximada de 2500Kg/ha.

4. Conclusões

O ajuste do MPDM para o Mato Grosso mostrou ser uma abordagem promissora e apresentou desempenho satisfatório, em nível estadual, municipal e parcelar na estimativa da produção da soja.

Com base em uma abordagem simplificada, os modelos acoplados MCDA e MPDM representam um avanço importante no auxílio à formação das estimativas da produção em tempo hábil.

Agradecimentos

Agradecimentos a Universidade Federal do Rio Gande do Sul (UFRGS) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Referências bibliográficas

Arvor, D.; Jonathan, M.; Meirelles, M.S.P; Dubreuil, V.; Durieux, L. Classification of MODIS EVI time series for crop mapping in the state of Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 1 – 25, 2011.

Assad, E.D.; Marin, F.R.; Evangelista, S.R.; Pilau, F.G.; Farias, J.R.B.; Pinto, H.S.; Junior, J.Z. Sistema de previsão da safra de soja no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 615-625, 2007.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. CONAB/DIPAI/SUINF/GEASA. Conab: Brasília, março de 2012.

Gusso, A.; Adami, M.; Formaggio, A.R.; Rizzi, R.; Rudorff, B.T.F. Soybean area estimation and mapping by means MODIS/EVI data. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 425-435, 2012.

Gusso, A.; Ducati, J.R. Soybean crop area estimation and mapping in Mato Grosso State, Brazil. **ISPRS - Annals of the Photogrammetry, Rem. Sens. and Spatial Inf. Sci**., v. I-7, p. 215-219, 2012.

Gusso, A. Produtividade da cultura da soja no Rio Grande do Sul com dados EVI/MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 055-062. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00056-0. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1547.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2012.

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**, v. 83, p. 195-213, 2002.

IBGE (2012). **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. Disponível em:, http://www.sidra.ibge.gov.br/. Acesso em: 11.nov.2012.

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**, v. 83, p. 3-15, 2002.

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

Melo, R.W.; Fontana, D.C.; Berlato, M.A.; Ducati, J.R. An agrometeorological-spectral model to estimate soybean yield, applied to southern Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 4013 – 4028, 2008.

Mercante, E.; Lamparelli,R.A.C.; Uribe-Opazo, M.A.; Rocha, J.V. Modelos de regressão lineares para estimativa de produtividade da soja no oeste do Paraná, utilizando dados espectrais. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 504 – 517, 2010.

National Aeronautics and Space Administration - NASA (2009). **Warehouse Inventory Search Tool**. Disponível em:, https://wist.echo.nasa.gov/api/. Acesso em: 11.nov.2012.

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