

## Mapeamento e estimativa prévia das áreas de soja no Mato Grosso a partir de imagens EVI

Isaque Daniel Rocha Eberhardt<sup>1</sup>

Rodrigo Rizzi<sup>1</sup>

Joel Risso<sup>2</sup>

Fioravante Jaekel dos Santos<sup>1</sup>

Sérgio Leal Fernandes<sup>1</sup>

1 – Universidade Federal de Pelotas – UFPel

Campus Universitário S/N. Caixa Postal 354, 96.001-970 - Capão do Leão - RS, Brasil  
isaquedanielre@yahoo.com.br, rodrigo.rizzi@ufpel.edu.br, fioravantesantos@yahoo.com.br,  
slealfernandes@uol.com.br

2 – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Av. dos Astronautas, 1758. Caixa Postal 515, 12.227-010 – São José dos Campos - SP, Brasil  
risso@dsr.inpe.br

**Abstract:** In Brazil, soybean plantations overcome 25 million hectares, and Mato Grosso State accounts for 27% of this area, so that earlier information about soybean mapping and acreage is very important for traders and farmers as well as for supporting studies that require up-to-dated land mappings over crop seasons. In this paper we assessed the Crop Enhanced Index-Preview Estimate (CEI-PE) methodology which intends to provide three soybean mapping and acreage up to 45 days prior to the original CEI. We produce soybean maps over 11 crop seasons (2000/2001 to 2010/2011) using MODIS images of the Enhanced Vegetation Index (EVI). CEI in Mato Grosso uses EVI images in two key periods during soybean crop season, the first (MinEVI) is composed from Day of Year (DOY) 161 to 224 (off-season). The second (MaxEVI) is composed using EVI Images acquired during soybean peak canopy development. To provide CEI-PE we computed EVI images over three different periods, from DOY 321 to 48, 32 and 16, called MaxEVI-49, -33 and -17, respectively. Then, we compared soybean acreage and mapping agreement between CEI-PE and the original CEI. The CEI-PE decreased mapping accuracy from CEI-49 to -33 and to -17, with average spatial agreement of 91.6, 82.8 and 73.9%, respectively. On acreage estimation, CEI-PE showed average difference around 2.8, 3.6 and -7.8%, for CE-49, -33 and -17, respectively. Moreover, soybean acreage was generally overestimated in CEI-49 and -33 and underestimation in CEI-17 compared to the original CEI.

**Keywords:** Remote sensing; vegetation index; acreage; thematic maps; MODIS, crop forecasting.

### 1. Introdução

O cultivo da soja ocupa posição de destaque na agricultura mundial, ocupando uma área superior a 100 milhões de hectares na safra 2011/2012 (USDA, 2012). No Brasil, a soja encontra-se distribuída em praticamente todos os estados, que juntos cultivaram aproximadamente 25 milhões de hectares na mesma safra (IBGE, 2012). O principal produtor brasileiro continua sendo o Estado do Mato Grosso (MT), que respondeu por 27% deste total. Segundo a CONAB (2012a), foram produzidas aproximadamente 66 milhões de toneladas de soja para a referida safra. Grande parte desta produção é destinada às exportações, que totalizaram uma entrada de divisas no país da ordem de 25 bilhões de dólares na safra 2010/2011 (CONAB, 2012b), tornando o Brasil o segundo maior produtor e exportador mundial de soja (MDIC, 2010).

Nesta competitiva cadeia produtiva, existem diversos atores envolvidos que dependem de informações sobre a safra da soja para subsidiar as suas tomadas de decisões. Segundo Pino (1999), de maneira geral, as estatísticas agrícolas atualmente disponíveis utilizam-se de informações obtidas através de entrevistas/informações e ou opiniões de agentes locais, o que podem levar a imprecisões. Isto impossibilita a aplicação de ferramentas matemáticas/estatísticas para a avaliação dos erros, gerando incertezas quanto à qualidade destas estimativas. Métodos dessa natureza também tendem a ser limitados para captar pequenas variações entre safras, principalmente em regiões de expansão de fronteira agrícola (Pino, 2001). Outro fator crítico refere-se à disponibilização, em geral,

demasiadamente tardia destas informações. Por fim, tais levantamentos não disponibilizam a localização dos talhões cultivados, o que os torna pouco eficazes na solução de problemas logísticos de armazenamento e escoamento da produção, por exemplo.

Alternativamente, alguns trabalhos têm apontado a utilização da classificação digital e/ou fotointerpretação em imagens do tipo Landsat para monitoramentos em escala regional (Rizzi & Rudorff, 2005; Rudorff et al., 2005). Entretanto, estas técnicas necessitam de imagens adquiridas em períodos chaves do desenvolvimento da cultura em questão e livres de cobertura de nuvens. O que para regiões tropicais, a exemplo do MT, configura-se em um desafio durante toda a safra (Asner, 2001). Outra limitação é o nível de conhecimento do fotointérprete sobre os alvos dispostos na região considerada e o tempo demandado para executar todas as etapas do processo. Desta forma, atendidos estes preceitos, é possível gerar uma estimativa agrícola confiável sob ponto de vista de acurácia, mas que poderá estar disponível demasiadamente tarde para auxiliar a tomada de decisões.

Por outro lado, com o lançamento do sensor *MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), ampliaram-se as possibilidades de disponibilização de imagens com menor incidência de nuvens, em razão de sua resolução temporal de 1 a 2 dias, (Huete et al., 1999; Leeuwen et. al, 1999; Didan & Huete, 2006). A partir dessas imagens é reproduzido o *Enhanced Vegetation Index* (EVI) Huete et al. (1997), que têm atingido destaque entre em estudo envolvendo a dinâmica espaço-temporal da vegetação (Gusso et al., 2012; Risso et al., 2012).

Como exemplo, Rizzi et al. (2009) desenvolveram o *Crop Enhancement Index* (CEI), capaz de mapear e estimar a área de soja em grandes regiões ou em nível estadual, utilizando imagens EVI adquiridas em dois períodos específicos da safra da cultura. O primeiro, denominado Mínimo EVI (MinEVI) coincide com o período da entressafra que antecede a semeadura da soja. O segundo, denominado Máximo EVI (MaxEVI), utiliza imagens adquiridas durante as fases de desenvolvimento até o início da senescência da cultura. Esta metodologia foi desenvolvida e testada para as condições do MT e alcançou uma exatidão global do mapeamento de 91%, disponibilizando a identificação e estimativa das áreas de soja sempre a partir de início de março de cada safra (Rizzi et al., 2009). Entretanto, isto pode não atender totalmente as necessidades dos atores envolvidos na cadeia produtiva da soja que, por exemplo, desejam antecipar alguns movimentos de mercado. Além disso, alguns projetos operacionais, que utilizam a metodologia CEI como base (Rudorff et al., 2012), também demandam a informação antecipada sobre as áreas cultivadas com soja.

Portanto, desenvolver formas de mapear e estimar previamente a área de soja com maior exatidão possível é uma oportunidade de inovação e de ampliação dos ganhos dos envolvidos. Assim, Eberhardt et al. (2012a; 2012b) desenvolveram o *CEI-Preview Estimate* (CEI-PE), que possibilita a geração antecipada de três mapas de soja, na comparação com o CEI original. De modo que o primeiro deles é disponibilizado na metade de janeiro e o último na segunda quinzena de fevereiro, desta forma, antecipando em até 45 dias o mapeamento e a estimativa de área com soja no MT. Contudo, os resultados gerados pelo CEI-PE limitaram-se a analisar as estimativas prévias somente para a safra 2005/2006.

Assim, este trabalho tem como objetivo testar a metodologia CEI-PE no mapeamento e estimativa prévia de área plantada com soja no MT, fazendo um comparativo em relação à metodologia CEI original, entre as safras 2000/2001 e 2010/2011.

## 2. Material e método

A região definida para estudo corresponde ao MT, compreendido entre os paralelos S 7° 20' e S 18° 03' e os meridianos W 50° 13' e W 61° 38' (Figura 1). Para identificar as áreas de soja, foram utilizadas as imagens EVI adquiridas pelo sensor MODIS a bordo do satélite TERRA, com uma resolução espacial de 250 metros (produto MOD13Q1). As imagens EVI são identificadas com datas correspondentes ao Dia do Ano (DA) de sua aquisição, compreendidos entre 1 (1° de janeiro) e 365 (31 de dezembro) (Huete et al., 1999; Leeuwen et. al, 1999). Ademais, estão disponíveis imagens EVI

compreendidas entre o DA 49 de 2000 até o presente momento, possibilitando uma análise espectro-temporal de grandes regiões.

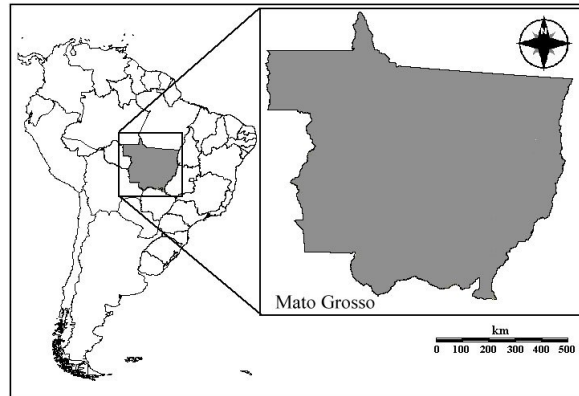


Figura 1. Localização da área de estudo, o Estado do Mato Grosso.

A metodologia CEI (Rizzi et al. 2009) utiliza originalmente imagens adquiridas entre os DA 241 (19 de agosto) e 320 (16 de novembro) para a formulação do MinEVI. Entretanto, Risso et al. (2012) determinaram que existem vantagens em antecipar o MinEVI para o período compreendido entre os DA 161 (10 de junho) e 224 (12 de agosto). Isto possibilita aproveitar o melhor potencial de contraste do EVI entre as áreas de soja e as demais classes de uso/cobertura do solo no período seco, além de minimizar a contaminação por nuvens nas imagens. Portanto, neste trabalho foram utilizadas as imagens EVI adquiridas entre os DA 161 (10 de junho) e 224 (12 de agosto), bem como, entre 321 (17 de novembro) e 64 (5 de março) para a elaboração dos períodos de MinEVI e MaxEVI, respectivamente. Em seguida, as imagens de Min e MaxEVI foram aplicadas na equação CEI (Equação 1), que retorna a máxima diferença ocorrida entre os períodos, resultando na imagem CEI.

$$\text{Equação 1: } CEI = G * \frac{(MaxEVI+S)-(MinEVI+S)}{(MaxEVI+S)+(MinEVI+S)}$$

em que, S é o a o coeficiente de realce ( $S=10^2$ ) e o G é o fator de ganho ( $G=10^2$ ).

De maneira que a metodologia CEI utilizou como parâmetro a safra 2005/2006, para esta safra foi definido um limiar de classificação das imagens CEI, acima do qual os pixels desta imagem são atribuídos à classe soja. Este valor foi definido de maneira que a área total identificada como soja no mapa CEI fosse equivalente àquela apontada pelo IBGE. Em seguida, a metodologia CEI foi replicada para as safras entre 2000/2001 e 2010/2011, mantendo o mesmo limiar de classificação. Os mapas de soja gerados através da metodologia CEI foram utilizados como referência para a calibração da metodologia CEI-PE (safra 2005/2006) e verificação das concordâncias espaciais e de estimativa de área nas 11 safras.

A metodologia CEI-PE foi concebida sob o conceito fundamental de CEI, e utilizou para o MinEVI o mesmo período utilizado para CEI. Entretanto, para o MaxEVI, foram utilizados três períodos com diferentes durações, todos iniciando no DA 321 (17 de novembro), que se estenderam até os DA 48 (17 de fevereiro), 32 (1 de fevereiro) e 16 (16 de janeiro). Neste caso, as imagens de MaxEVI são identificadas com o DA imediatamente posterior ao final da respectiva composição. Por exemplo, o MaxEVI-49 foi composto utilizando imagens compreendidas entre os DA-321 e -48. Semelhantemente, foram produzidas as imagens de MaxEVI-33 e -17. Desta forma, a partir das imagens de MinEVI e MaxEVI aplicadas na equação CEI (Equação 1), foram elaboradas as imagens CEI-PE (três

mapeamentos) em cada uma das safras analisadas. Estas imagens receberam a identificação da imagem de MaxEVI utilizada em sua composição, portanto, a imagem CEI-17 se refere à imagem CEI-PE, que utilizou o MaxEVI-17 e assim sucessivamente.

Em seguida, as imagens CEI-PE da safra 2005/2006 foram submetidas à classificação com um valor de limiar que originasse um mapa de soja para cada estimativa prévia (CEI-49, -33 e -17), com valor de área cultivada em nível estadual, similar ao apontado pelo IBGE (e pela metodologia CEI) para essa safra (5,82 milhões de hectares). Esta safra serviu de referência para CEI-PE em virtude da metodologia CEI estar parametrizada para ela. Entretanto, para que os mapas de soja CEI-PE em cada uma das estimativas prévias (49, 33, 17) contivessem valores de área similares ao encontrado em CEI na safra 2005/2006, as imagens CEI-PE foram classificadas com valores de limiar inferiores ao definido por Rizzi et al. (2009). Visto que um mesmo pixel nas imagens CEI-PE (utilizando estes períodos para Min e MaxEVI) tende a apresentar um valor igual ou inferior ao observado na imagem CEI. Já que são utilizadas menos imagens adquiridas no período de máximo vigor da soja. Assim, definindo uma ordem decrescente de valores de limiar de CEI-49 a CEI-17. Os valores definidos para cada estimativa prévia da safra 2005/2006 foram aplicados às respectivas estimativas prévias nas demais safras. Os demais procedimentos seguiram aqueles utilizados na metodologia CEI original. Em seguida, calcularam-se os valores de área de soja para cada estimativa prévia (CEI-49, -33 e -17) em cada safra. Tais valores foram comparados àqueles obtidos por meio da metodologia original do CEI em cada estimativa prévia de área cultivada. Igualmente, os mapas de soja CEI-PE de cada estimativa prévia foram comparados aos mapas de soja CEI, de suas respectivas safras, para que fossem determinados os valores de concordância espacial entre os mapas, bem como as divergências de omissão e inclusão (Congalton, 1991). Ressalta-se que foram definidas como concordância espacial as áreas mapeadas como *soja* através das metodologia CEI-PE e CEI. Foi denominada *divergência de inclusão*, todos os pixels identificados por CEI-PE como soja que não estão contidos no mapa CEI e vice-versa para *divergência de omissão* (Figura 2).

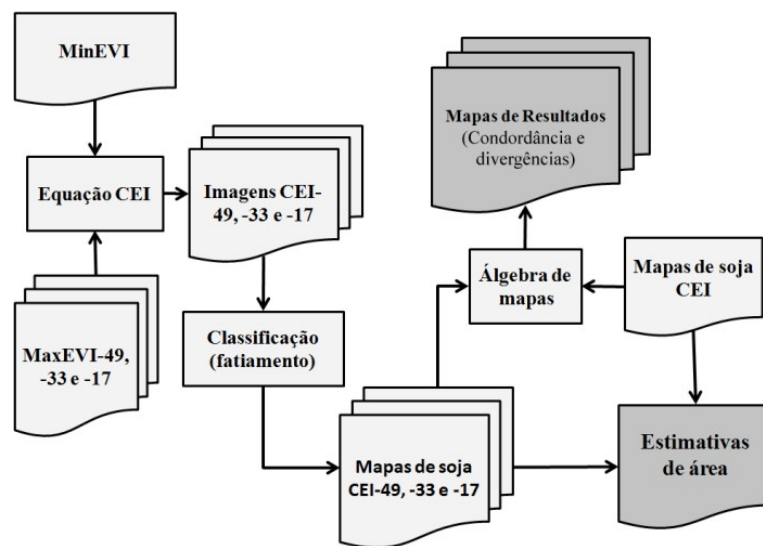


Figura 2. Fluxograma das principais etapas da Metodologia CEI-PE para o mapeamento e estimativa prévia da área de soja no Mato Grosso, para as safras 2000/2001 a 2010/2011.

### 3. Resultados e Discussão

Primeiramente, foram analisados os resultados da concordância espacial, em que as estimativas prévias em CEI-49 apresentaram uma média de 91,6% de concordância em comparação à metodologia CEI original nas 11 safras analisadas. O menor valor de concordância espacial foi encontrado na safra

2001/2002 (89,6%). Contudo, este foi superior aos valores médios encontrados para todas estimativas CEI-33 e -17. O que demonstra que as maiores concordâncias espaciais estão em CEI-49. Semelhantemente, esta mesma estimativa prévia apresentou, na maioria das safras, valores de concordância espacial similares entre si e ao valor médio obtido para toda a análise. Isto pode ser demonstrado através do valor de desvio padrão da concordância espacial, que para CEI-49 foi de 1,6%, inferior ao observado nas prévias CEI-33 e -17 que apresentaram valores de 3,1 e 5,3%, respectivamente. De tal modo, fica demonstrada a necessidade de que sejam analisadas ambas as concordâncias (espacial e de estimativa de área) para uma correta interpretação dos resultados. Quanto às divergências observadas, as de omissão foram, em 10 das 11 safras, inferiores às de inclusão, que demonstraram tendência de redução em ambas nas três últimas safras. Deste modo, ocorreu um pequeno aumento na concordância espacial para estas safras, que está aparentemente associado à superestimativa de área. Esta hipótese ficou reforçada já que, para a estimativa CEI-33 demonstrou-se a mesma tendência para as três últimas safras. Assim, foram identificados valores de concordância espacial mais elevados para safras as quais ocorreram superestimativa (Figura 3).

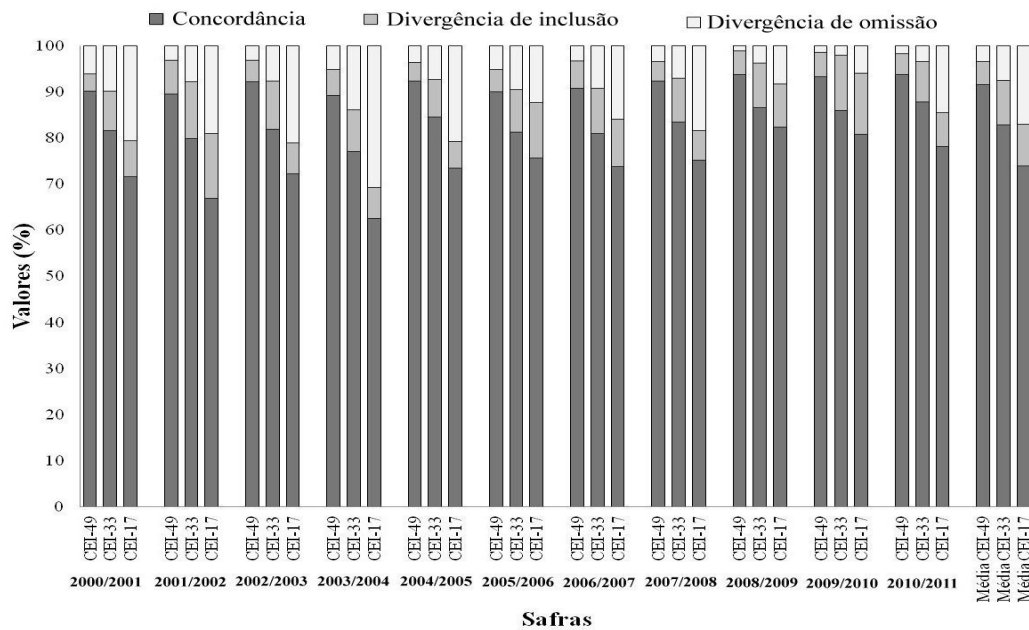


Figura 3. Valores referentes à comparação espacial entre os mapas de soja CEI e CEI-PE, para as safras 2000/2001 a 2010/2011.

Para CEI-33, os valores de concordância espacial apresentaram uma média de 82,8%, 8,8 pontos percentuais abaixo de CEI-49 e 8,9 pontos percentuais acima do observado em CEI-17. Ademais, a safra 2003/2004 apresentou a menor concordância espacial (77,1%), tal qual o verificado em CEI-49. Por outro lado, na estimativa CEI-33 foi constatado que a safra 2009/2010 apresentou a maior concordância espacial (87,8%) e o segundo pior resultado em se tratando dos valores de estimativa de área (11,4% de superestimativa). Outro fato importante a ser considerado é que em CEI-33, na maioria das safras, as divergências de omissão e de inclusão apresentaram um maior equilíbrio, de modo que, a estimativa de área para as safras 2000/2001, 2004/2005, 2006/2007 e 2007/2008 apresentaram respectivamente, diferenças de -0,8, 1,0, 0,9 e 2,8% de divergência ao observado em CEI. Para CEI-17, é possível depreender que a concordância espacial média para as 11 safras foi a pior entre as três estimativas prévias (73,9%). A safra que apresentou a maior discordância espacial foi a de 2003/2004, tal qual foi verificado nas estimativas prévias CEI-49 e -33. Por outro lado, diferentemente de CEI-49 e -33, observou-se em CEI-17 que a safra 2008/2009 apresentou a maior concordância espacial (82,3%) e

a melhor estimativa de área (1,5% de superestimativa). Ademais, as divergências de omissão foram as mais elevadas em todas as safras (exceto em 2009/2010), em geral com valores muito superiores as de inclusão (Figura 3).

Para a estimativa de área cultivada, observou-se que as estimativas CEI-49 e -33 apresentaram menores oscilações ao longo das safras analisadas. Contudo, verificou-se para as safras 2009/2010 e 2010/2011 uma tendência de superestimativa discrepantes da observada nas demais safras. Na estimativa CEI-49 observaram-se os valores mais próximos de estimativa de área cultivada, quando comparados àqueles apontados por CEI (média de 2,3% de superestimativa). Outro fato relevante é que em 10 das 11 safras analisadas (exceto 2003/2004) as estimativas CEI-49 e -33 seguiram a mesma tendência de superestimativa. (Figura 4).

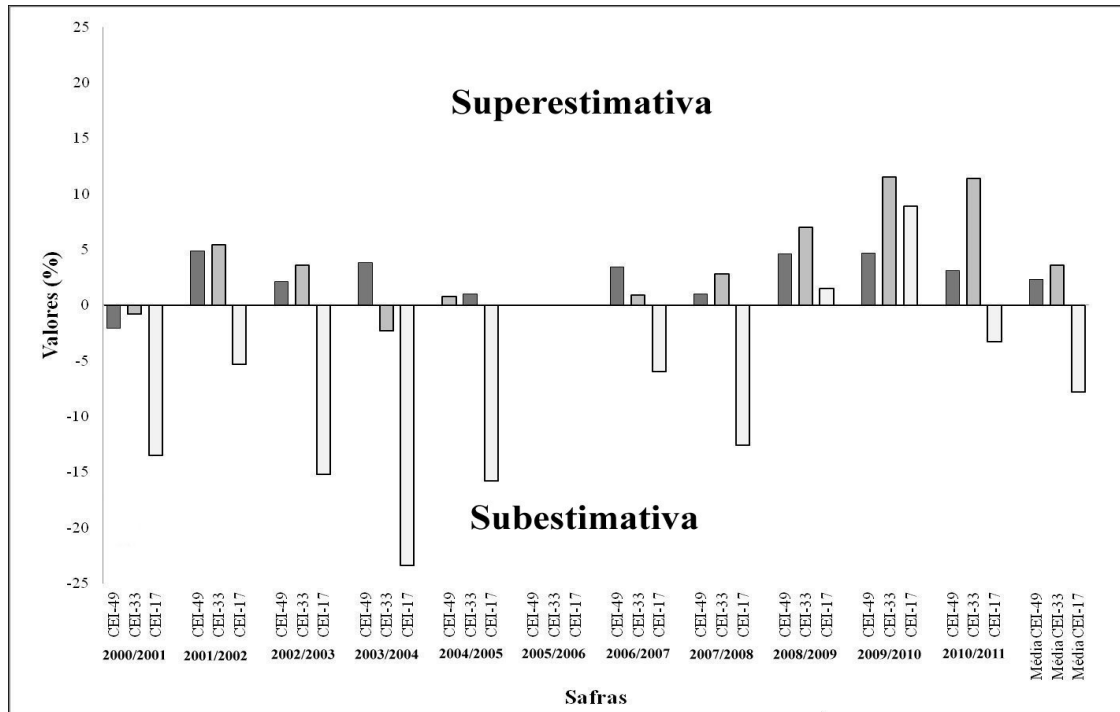


Figura 4. Comparação dos valores de estimativa de área de soja no MT entre as metodologias CEI-PE e CEI, para as 11 safras analisadas.

Para CEI-33, verificaram-se diferentes valores de concordância de estimativa de área quando comparados aos definidos através de CEI. Observou-se um valor médio de superestimativa de área de 3,6% em relação à estimativa de área de CEI (Figura 4). Assim, foram verificadas safras com valores que se assemelham muito aos apontados em CEI, como por exemplo, a safra 2006/2007 (0,9% de superestimativa), em contraponto, a safra 2009/2010 apresentou a maior diferença em relação a CEI (11,5%). Além disso, ficou evidente a tendência de superestimativa para a maioria das safras, com maiores valores para as últimas quatro safras analisadas.

Por fim, foi possível identificar uma tendência de que a estimativa prévia CEI-17 apresenta subestimativa de área em relação aquelas apontadas por CEI (com exceção das safras 2008/2009 e 2009/2010). De modo que identificaram-se valores de subestimativa superiores a 10% em cinco das 11 safras analisadas, com destaque para a safra 2003/2004 (23%). Contudo, para a safra 2003/2004 cabe ressaltar que esta apresentou a segunda menor estimativa de produtividade dentre as 11 safras analisadas (CONAB, 2012c). A condição de adversidade climática acaba por limitar o desenvolvimento vegetativo da soja e, conseqüentemente, reduz o valor de índice CEI-PE, que não atinge o limiar de classificação. Outra questão importante a ser considerada é que sob condições de seca a soja pode ter

sido semeada tardiamente o que dificulta a identificação da cultura quando são utilizadas somente imagens do início do ano, como em CEI-17. Fato este que coloca o valor médio de subestimativa de área de CEI-17 em 7,8% na comparação com CEI. Cabe destacar, que esta tendência ocorre mesmo que o limiar de classificação para esta estimativa tenha sido calibrado com base no mapa de 2005/2006 da metodologia CEI original, buscando valores de área similares em ambas as metodologias para esta safra, tal qual realizado para CEI-49 e -33.

#### 4. Conclusões

Os mapeamentos prévios de CEI-PE apresentaram redução gradual das médias de concordância espacial entre estes e os de CEI original na ordem de CEI-49>-33>-17, com valores de 91,6, 82,8 e 73,9%, respectivamente. A divergência de omissão foi menor que a de inclusão na maioria das safras em CEI-49 (18 de fevereiro), indicando uma tendência de superestimativa para esta metodologia. Os mapas de CEI-33 (2 de fevereiro) apresentaram equilíbrio entre as divergências de omissão e de inclusão nas 11 safras estudadas, sendo que a de omissão foi superior em CEI-17 (17 de janeiro). Ademais, os mapeamentos CEI-49 e -33 apresentaram valores médios de concordância de área mais confiáveis, principalmente para os mapas CEI-49. Para a estimativa dos valores de área plantada, as prévias CEI-49 e -33 apresentaram superestimativa na maioria das safras (média de 2,8 e 3,6%, respectivamente) e para CEI-17 foi constatada subestimativa para a maioria das safras (média de 7,8%). De tal modo, pode-se identificar que a metodologia CEI-PE disponibiliza valores de área cultivada mais próximos dos de CEI já a partir de CEI-33 (2 de fevereiro), entretanto, somente em CEI-49 (18 de fevereiro) consegue obter ambas as concordâncias (mapeamento e de área) acima de 90%.

#### 6. Referências

- Asner, G. P. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 22, no. 18, 3855–3862, 2001.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento, julho 2011. Brasília: Conab, 2011. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_07\\_15\\_11\\_3\\_18\\_boletim\\_julho\\_2011..pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_07_15_11_3_18_boletim_julho_2011..pdf)>. Acesso: mar. 2012.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Valores das exportações do complexo soja. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=546&t=2>>. Acesso: 11 nov. 2012.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Séries históricas 1976/1977 a 2009/2010. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos)>. Acesso em: 11/11/2012.
- Congalton, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**. v. 37, p. 35-46, 1991.
- Didan, K.; Huete, A. R. MODIS Vegetation Index product series Collection 5 change summary. The University of Arizona. Arizona. Jun., 2006. Disponível em: <[http://landweb.nascom.nasa.gov/QA\\_WWW/forPage/MOD13\\_VI\\_C5\\_Changes\\_Document\\_06\\_28\\_06.pdf](http://landweb.nascom.nasa.gov/QA_WWW/forPage/MOD13_VI_C5_Changes_Document_06_28_06.pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2012.
- Eberhardt, I. D. R.; Rizzi, R.; Risso, J. Identificação prévia de talhões de soja no Mato Grosso a partir de imagens MODIS – avaliação do mapeamento. XV SELPER. **Anais**, Cayena, Guiana Francesa, 2012 .
- Eberhardt, I. D. R.; Rizzi, R.; Risso, J. Identificação prévia de talhões de soja no Mato Grosso a partir de imagens MODIS – avaliação dos valores de área plantada. . XV SELPER. **Anais**, Cayena, Guiana Francesa, 2012 .
- Gusso, A.; Formaggio, A. R.; Rizzi, R.; Adami, M.; Rudorff, B. F. T. Soybean crop area estimation by odis/Evi data. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.47, n.3, p.425-435, mar. 2012.

- Huete, A.; Liu, H. Q.; Batchily, K.; Leeuwen, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, n. 59, p. 440–451, 1997.
- Huete, A.; Justice, C.; Leeuwen, W. V. **Modis vegetation index (MOD 13) algorithm theoretical basis document**, 1999. Disponível em: <[http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod13.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf)>. Acesso em: 21 mar. 2012.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados Agregados, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2010b Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=p&o=24&i=P>>. Acesso em: 24 mar. 2012.
- Leeuwen, W. D.; Huete, A. R.; Laing, T. W. MODIS Vegetation Index Compositing Approach: A prototype with AVHRR data. **Remote Sensing of Environment**, n. 69, p. 264–280, 1999.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Brasil 2011/2012 a 2021/2022. Assessoria de Gestão Estratégica. Brasília : Mapa/ACS, 2012. 76 p. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES-web.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES-web.pdf)>. Acesso em: 8 ago. 2012.
- MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Departamento de Planejamento e Desenvolvimento do Comércio Exterior - DEPLA, da Secretaria de Comércio Exterior – SECEX. Conhecendo o Brasil em números. Brasília. Disponível em: <[www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1289222248.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1289222248.pdf)>.
- Pino, F. A. Estimativa subjetiva de safras agrícolas. **Informações Econômicas**, SP, v.31, n. 6, jun., 2001.
- Pino, F. A. Estatísticas agrícolas para o século XXI. **Agric. São Paulo**, SP, 46(2): 71-105, 1999.
- Risso, J.; Rizzi, R.; Rudorff, B. F. T.; Adami, M.; Shimabukuro, Y. E.; Formaggio, A. R.; Epiphanyo, R. D. V. Índices de vegetação MODIS aplicados na discriminação de áreas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.9, p.1317-1326, set. 2012.
- 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.
- Rizzi, R.; Risso, J.; Epiphanyo, R. D. V.; Rudorff, B. F. T.; Formaggio, A. R.; Shimabukuro, Y. E.; Fernandes, S. L. Estimativa da área de soja no Mato Grosso por meio de imagens MODIS. XIV SBSR. **Anais**. Natal. INPE p.387-394, 2009. Disponível em: <<http://mar.tepedi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.16.18.50.57/doc/387-394.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2012.
- Rudorff, B. F. T.; Berka, L. M. S.; Moreira, M. A.; Duarte, V.; Xavier, A. C.; Rosa, V. G. C.; Shimabukuro, Y. E. Imagens de satélite no mapeamento e estimativa de área de cana em São Paulo: ano-safra 2003/04. **Agricultura São Paulo**, São Paulo, v.52, n.1, p.21-39, 2005.
- Rudorff, B.F.T.; Adami, M.; Risso, J.; Aguiar, D.A.; Pires, B.; Amaral, D.; Fabiani, L.; Cecarelli, I. Remote Sensing Images to Detect Soy Plantations in the Amazon Biome—The Soy Moratorium Initiative: **Sustainability**, v.4, p.1074-1088, 2012.
- USDA – United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Oils seeds: World markets and trade. Circular series, FOP 11-12, Nov. 2012. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2012.