

Estimativa de área plantada com soja e milho, safra 2013/2014, no Oeste paranaense utilizando um mapa de alvos permanentes

Laíza Cavalcante de Albuquerque Silva ¹
Denise Maria Grzegozewski ¹
Jerry Adriani Johann ¹
Rennan Andres Paloschi ¹
Clóvis Chechim Júnior ¹

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE
Caixa Postal 701 - 85819-110 - Cascavel - PR, Brasil
{laiza.cavalcante, jerry.johann, juniorchechim}@hotmail.com
{denisegrzegozewski}@gmail.com
{rennan_paloschi}@yahoo.com

Abstract. The west of Paraná is characterized by corn and soybean cultivation in spring and summer seasons. As the agricultural sector has an important participation in economy, it is important to develop a reliable estimation of the crop area of each culture, aiming to provide solid information to assist government departments to make decisions. This paper aims to estimate the crop area of corn and soybean for the 2013/2014 harvest, using scenes from the Modis and Landsat-8 sensors. A time-spectral series of EVI from the Modis Sensor was used and, after the smoothing process “flat smoother filter” was applied to reduce noise, it was possible to establish minimum EVI (sowing and initial development phase) and maximum EVI (maximum development phase) images. For the supervised classification process the SAM algorithm (Spectral Angle Mapper Targets Finder with BandMax) had been used together with the time-spectral EVI profile of the control classes (forest, reforested area and city), generating a map of the region’s soil use and occupation. Also, after the soil use and permanent target mapping, the arithmetic band technique was used to compose a new estimation, which showed greater accuracy (global accuracy: 90.5%; kappa index: 0.8110) when compared to the preliminary estimation. The obtained data was compared with the official data (available from SEAB). The SAM classification improved the initial estimation and reduced the mask’s noise, evidencing its effectiveness and applicability.

Palavras-chave: Remote Sensing, Modis, EVI, Landsat-8, SAM, Sensoriamento Remoto, Modis, EVI, Landsat-8, SAM.

1. Introdução

Dados sobre a distribuição espacial, produtividade e quantificação de safras agrícolas são planos de informação de suma importância para a implantação de políticas públicas de estímulo ao agronegócio, seja na logística empresarial, nos credenciamentos rurais e afins. Sendo assim, sistemas de previsão de safras tornam-se planos de informações essenciais para os fatores elencados, exigindo eficácia, precisão e baixa utilização de mão-de-obra para fornecer suporte a cadeia agropecuária. A geração de estimativas emprega uma metodologia subjetiva, a qual se baseia em dados provenientes de entrevistas com produtores e cooperativas; amostragens; dados de financiamento agrícola; entre outras bases de informação. A utilização desta metodologia pode acarretar na lentidão do processamento de informações, além de seu elevado custo (JOHANN et al., 2012; ASSAD, et al., 2007; ESQUERDO, 2007). Portanto, uma alternativa para as metodologias empregadas é o sensoriamento remoto, o qual preenche os requisitos necessários além de gerar informações confiáveis sobre a área cultivada.

A estimativa da produção agrícola paranaense, responsável por 20,2% da produção de soja e 26,1% da produção de milho, é feita por dois órgãos oficiais, IBGE e SEAB, os quais utilizam a metodologia citada. Apenas o Oeste paranaense, segundo mesorregião da SEAB, contabiliza com 20,1% da produção de soja e 7,35% de milho no Estado (SEAB, 2014), apresentando participação relevante na economia.

Entretanto, o crescimento das atividades agrícolas promove a retirada de vegetação nativa ou a substituição por outro uso da terra, o que vem agravando o processo da fragmentação florestal e provocando consequências negativas no ecossistema, afetando inúmeras espécies da fauna e da flora (SOARES, 2011). Em diversas propriedades observa-se a existência de Áreas de Preservação Permanente (APP) ou Reservas Legais (RL), como tentativa de evitar esta degradação. Esta medida afeta indiretamente o mapeamento de safras agrícolas, por acarretar numa confusão espectral dos alvos em estudo, provocando ruídos no mapeamento. Tal situação requer um conhecimento da área preservada e de sua dimensão, exigindo a utilização de imagens-verdade provenientes de sensores com alta resolução ou dados de campo.

As imagens da superfície terrestre adquiridas por sensoriamento remoto, em conjunto com técnicas de geoprocessamento, apresentam grande potencial de discriminação de alvos, por permitirem uma visão sinóptica destes sem tocá-los. Portanto, tem grande potencial para identificação e mapeamento da superfície terrestre.

Neste sentido, o emprego do sensor Modis tem se mostrado eficaz em inúmeros levantamentos (YI et al., 2007; RISSO et al., 2009), por apresentar características interessantes, como sua resolução espacial (250 m), sua alta resolução temporal, facilidade de aquisição e elevada acuidade radiométrica. Já o sensor Landsat-8, lançado recentemente, apresenta uma gama de possibilidades de utilização, seja por sua resolução espacial média (30 m), possibilitando a verificação visual de áreas, ou seu nível de acurácia quanto a localidade (ROY, 2014). Estes sensores permitem através de uma matemática de bandas de refletância gerar índices de vegetação (principalmente NDVI e EVI), amplamente utilizados para análise da superfície terrestre. O NDVI apresenta é caracterizado por saturação quando as culturas atingem o máximo vigor vegetativo, já o EVI reduz o efeito dos aerossóis e minimiza esta saturação. Em função disto, trabalhos tem mostrado que o emprego do EVI possibilita uma melhor identificação de áreas com culturas agrícolas das demais no período de safra (RISSO, 2009; JOHANN et al., 2012).

Deste modo, este trabalho teve como objetivo, com o uso de imagens de satélite: mapear a área cultivada com soja e milho no período primavera-verão na região Oeste, gerar um mapa de alvos permanentes (florestas, reflorestamento, cidades e pastagem), unir os dois mapeamentos e comparar o mapeamento agrícola com os dados oficiais.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Mapeamento das culturas de primavera-verão: milho e soja

Situado entre os paralelos 24° S e 25° S e os meridianos 53° W e 54° W, segundo a mesorregião da SEAB (Figura 1), o Oeste paranaense é constituído por 48 municípios dos quais grande parte tem participação na produção estadual dos cultivares. Para a realização do mapeamento e estimação da área cultivada com milho e soja, no período primavera-verão safra 2013/2014, utilizaram-se séries temporais EVI provenientes do sensor Modis, produtos MYD13Q1 (Aqua) e MOD13Q1 (Terra) do “*Tile*” h13v11. As cenas selecionadas, compreendidas entre 272 (28/09/13) a 143 (23/04/14), adquiridas gratuitamente no site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Informática Agropecuária, 2014), contemplam o ciclo fenológico das culturas. Também foram utilizadas cenas do sensor Landsat-8, compreendidas entre 352 (18/12/13) a 83 (24/03/14) que abrangeram os “*Tiles*” 223 (77 e 78) e 224 (77), adquiridas gratuitamente em EarthExplorer (USGS, 2014).

Com as cenas do sensor Landsat-8, gerou-se uma composição RGB564 para identificação dos alvos agrícolas em estudo e, posterior a isto, realizou-se o mosaico da região no software Arcgis. Sendo assim, foi possível a caracterização visual da área e a seleção aleatória de talhões cultivados com soja e milho na mesorregião, para posterior extração de seus pixels puros. A metodologia elaborada por Johann et al. (2012) possibilita a

compreensão do perfil espectro-temporal da cultura para seleção das imagens de máximo (maior valor de EVI), correspondente ao pico vegetativo da cultura, e seleção das imagens de mínimo (menores valores de EVI).

Utilizando uma rotina em linguagem IDL, elaborada por Esquerdo (2007) executou-se o empilhamento das imagens, formando uma série temporal das cenas Modis. Entretanto, anterior à utilização da série temporal Modis foi feita a aplicação do filtro “*flat smoother filter*”, que consiste em um algoritmo programado em linguagem IDL (Interactive Data Language) (ESQUERDO et al., 2011), cujo objetivo é a minimização de ruídos nas imagens através da suavização da curva espectro-temporal para os valores de EVI, substituindo os valores inconsistentes pelo menor valor adjacente (MENGUE, 2013). Em função do emprego dos sensores Terra e Aqua denota-se, segundo Mengue (2013), que a utilização deste filtro amenizou as oscilações na assinatura espectral, aproximando-se do comportamento real do alvo. Estes processos dão subsídio para classificação das culturas, como também para seleção dos pixels puros, por meio da análise de sua dinâmica temporal. Ao total, foram selecionados 10 pixels de cada cultura, quais foram responsáveis para determinação das datas de pico vegetativo das culturas (maiores valores de EVI) e das datas de semeadura (menores valores de EVI).

Com estes processos foi possível a execução de uma composição RGB, na qual no canal R foi posto a Imagem de Máximo: 313 (09/11/13) a 143 (23/04/14), e nos canais G e B a Imagem de Mínimo: 249 (06/09/13) a 305 (01/11/13). Depois desta etapa executou-se a variação dos cortes, em todos os canais e sua comparação para selecionar o corte que mais se adequasse à realidade na mesorregião. O intervalo entre cada corte foi de 10 em 10 e o corte escolhido foi o RGB (130-160-160).

Por fim, comparou-se a máscara gerada com o mosaico das imagens do Landsat-8 para verificação da acurácia espacial do mapeamento gerado.

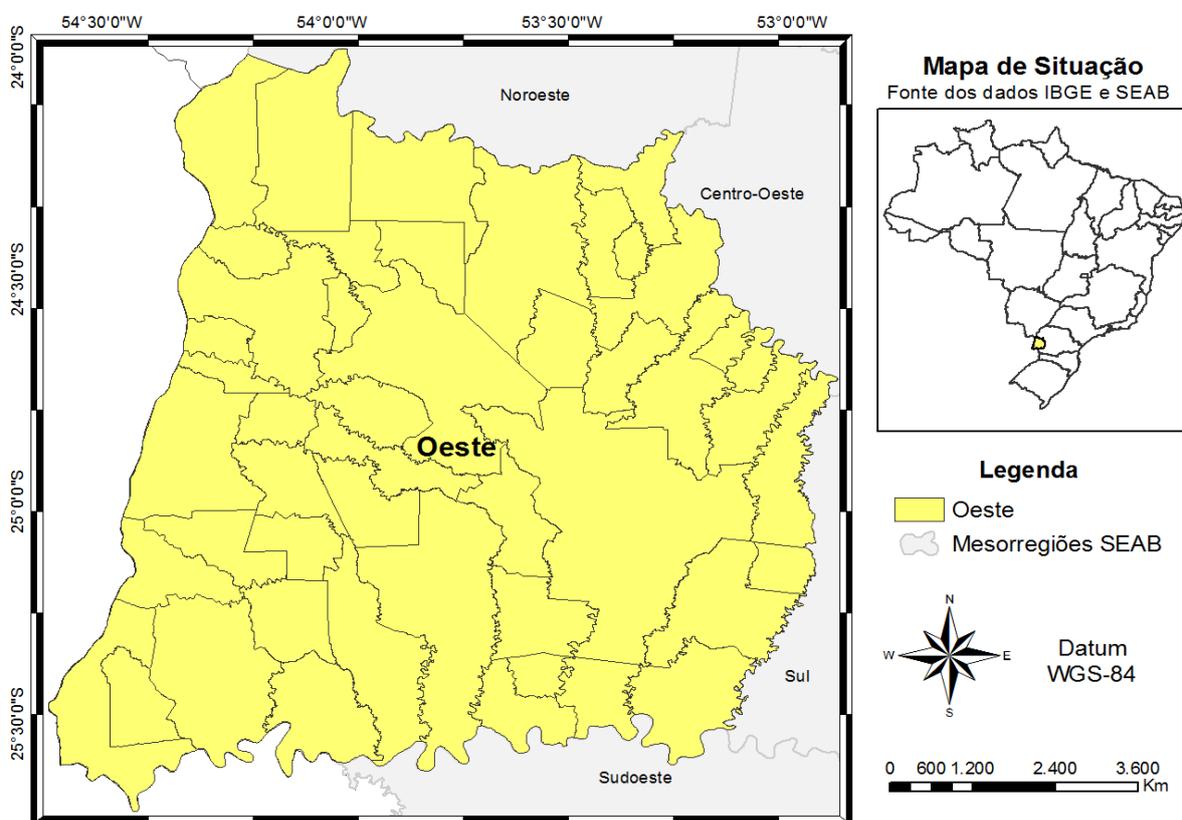


Figura 1. Mapa de situação da mesorregião Oeste (SEAB).

2.2 Mapeamento de alvos permanentes

A seleção de pixels puros de florestas, reflorestamentos e cidades possuem papel fundamental para qualidade da execução da máscara de alvos permanentes. Na mesorregião em estudo estes três itens apresentam-se como os mais abundantes, respeitando a limitação espacial do sensor Modis utilizado para o mapeamento, pois quanto maior for sua quantidade no local em estudo, melhor será sua identificação (VICENTE et al., 2012).

De modo aleatório selecionaram-se pixels puros nas cenas do sensor Landsat-8 que representassem a variabilidade interna de cada alvo, pois mesmo sofrendo pouca variação de assinatura espectro-temporal de EVI – fator corrente em culturas agrícolas por seus estágios fenológicos – algumas oscilações podem ocorrer por se tratar, provavelmente, de amostras de espécies diferentes, tendo assim distintos valores absolutos. Logo, utilizaram-se 15 amostras da classe mata (floresta e reflorestamento) e 10 amostras da classe cidade.

A geração do mapa de situação foi realizada empregando-se a classificação supervisionada SAM (*Spectral Angle Mapper Target Finder with BandMax*), pelo software ENVI, na qual os extratos selecionados serviram de apoio para verificação da semelhança entre as assinaturas espectrais (denominadas *endmembers*) entre as classes fornecidas e os alvos presentes imagem utilizada, no caso a série temporal, para expressar o valor de semelhança entre estes em ângulo, conforme Figura 2, (VICENTE, et al. 2012 apud. KRUSE, et al.,1993). Este valor de semelhança é obtido por tratar as assinaturas espectrais como vetores de n-dimensões de acordo com as n-bandas presentes nas cenas. Como a série temporal utilizada possui 31 imagens, a classificação supervisionada considera as 31 imagens para a distinção dos alvos selecionados dos demais nas cenas.

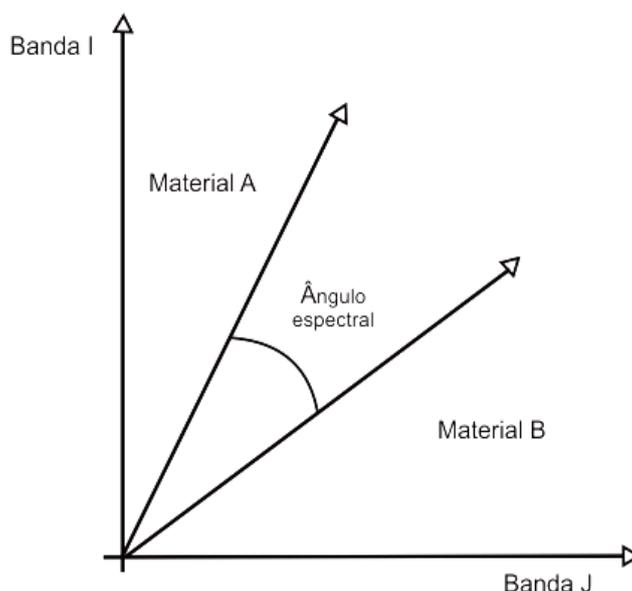


Figura 2. Ilustração do ângulo espectral entre curvas espectrais de dois materiais diferentes (A e B) medido pela técnica de mapeamento por ângulo espectral. Fonte: Guia ENVI, Sulsoft, 2006.

No algoritmo utilizado existe a possibilidade da utilização de *targets*, ou seja, assinaturas espectrais provenientes de um banco espectral. Como não “existe” este banco disponível, preferiu-se a seleção manual de cada classe para execução do algoritmo.

O algoritmo SAM, aplicado para séries-temporais, considerou cada imagem constituinte da série como uma banda, sendo que em cada banda (ou seja, em cada imagem) foram analisadas as bandas de absorção ou reflectância, como também a períodos de altos ou baixos

de uma variável biofísica que muda ao longo do tempo (VICENTE et al., 2012), no caso o EVI.

2.3 Junção dos Mapeamentos

A aritmética de bandas foi aplicada para remoção dos ruídos presentes na máscara agrícola, no entanto, para isto foi necessário a reclassificação dos dois mapeamentos (culturas agrícolas e do mapeamento de alvos permanentes), e, por fim, empregou-se duas operações algébricas: multiplicação e subtração. A multiplicação de bandas foi aplicada para geração de um novo mapeamento (denotada por M1), a qual continha os alvos espectralmente semelhantes em ambos os mapeamentos. Basicamente este mapeamento (M1) era constituído pelos ruídos encontrados na máscara agrícola original. Com isso, utilizando um algoritmo para subtração de bandas foi criado um mapeamento (M2) com baixo índice de ruídos ao subtrair a máscara original por (M1). Todos os processos citados foram feitos através do software ArcGis.

2.4 Avaliação da acurácia e comparação com dados oficiais

Por fim, verificou-se a Exatidão Global e seu Coeficiente kappa, com 200 amostras de milho e 200 de soja, das estimativas de milho e soja sem a aplicação da metodologia de junção dos mapeamentos e com sua aplicação. A extração das áreas mapeadas foi executada por meio de uma rotina desenvolvida por Esquerdo et al. (2007, 2011), em linguagem IDL, e os dados obtidos foram exportados em planilhas e comparados com os dados de áreas oficiais da SEAB (2014).

3. Resultados e Discussão

A Secretaria de Abastecimento do Paraná (SEAB) é responsável pela divulgação dos dados sobre a área plantada com culturas agrícolas, entretanto, a elaboração desta estimativa emprega uma metodologia subjetiva. No entanto, utilizando informações derivadas de geoprocessamento, esta estimativa de áreas torna-se um plano de informação mais confiável.

Verificou-se que a geração da máscara agrícola apresentou alguns ruídos provenientes da confusão de áreas de cultura com florestas e outras classes identificadas pela observação visual. De qualquer modo, a presença de alguns pixels contaminados é recorrente pela resolução espacial do sensor utilizado, o qual confunde áreas agrícolas com florestas, situação comum pela presença das Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL) na maioria das propriedades no local em estudo. Sendo assim, para redução construiu-se uma máscara de uso e ocupação do solo (Figura 3), abordando a classificação supervisionada SAM, com a exclusiva finalidade de reduzir os ruídos presentes no mapeamento agrícola.

Entretanto, esta metodologia empregada superestima as áreas de floresta, cobrindo inclusive alvos urbanos e **pastagens** (VICENTE et al., 2012). Aplicando-se a classificação supervisionada SAM apenas para a classe mata ou para classe cidade ocorre da mesma maneira a confusão dos alvos em estudo e, por fim, optou-se em utilizá-la apenas com os dados oriundos da classe mata.

Mesmo com a confusão detectada esta classificação supervisionada apresentou significativa distinção com as culturas em estudo. Esta distinção se dá pela diferença das assinaturas espectrais das classes analisadas, ao comparar as assinaturas do milho e da soja percebe-se que seus ciclos fenológicos apresentam diferença significativa se comparado com as classes cidade e mata, sendo que estas apresentam ciclo fenológico contínuo. Tal situação promoveu a execução de uma máscara com menor índice de ruídos (Figura 4).

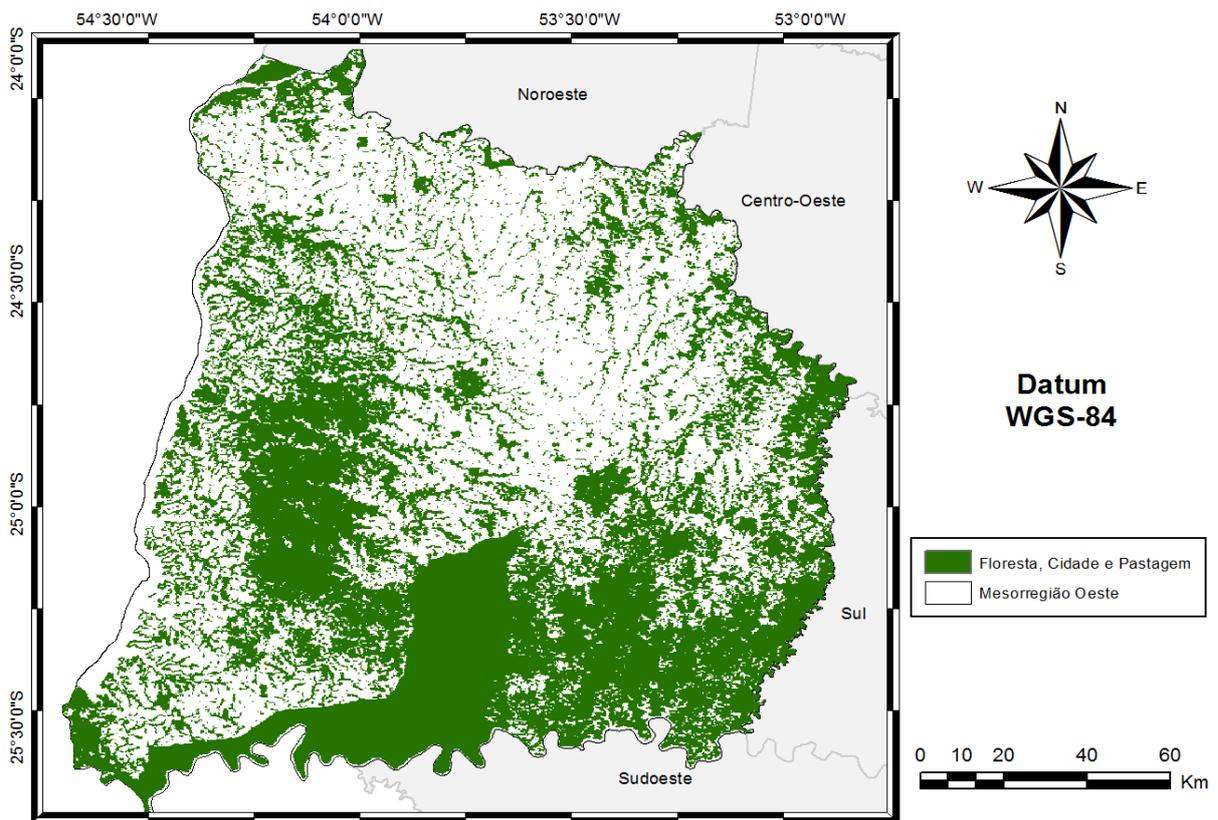


Figura 3. Mapa de Alvos permanentes.

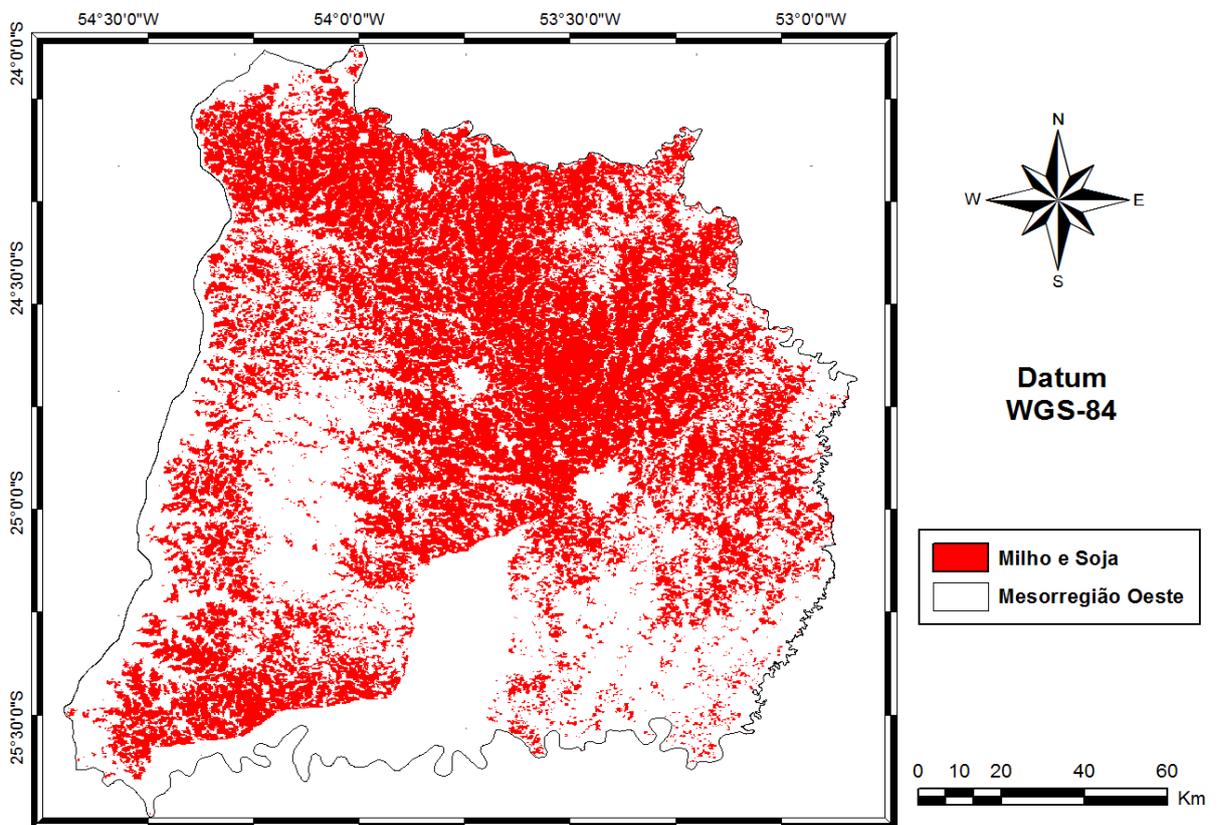


Figura 4. Máscara agrícola das culturas de primavera-verão milho e soja, safra 2013/2014, no Oeste paranaense.

Ao confrontar o índice de exatidão global e o coeficiente kappa das máscaras agrícolas realizadas, chega-se a conclusão da necessidade de um mecanismo para a remoção dos ruídos presentes na máscara inicial (denotada por M1), conforme Tabela abaixo. A máscara agrícola sem ruídos, proveniente do processo de aritmética de bandas, apresenta ambos os índices de acurácia maiores que a sem tratamento (M2).

Tabela 1. Índices de Exatidão Global e Coeficiente kappa provenientes dos mapeamentos de culturas agrícolas realizados.

Máscara Agrícola	Exatidão Global	Coeficiente kappa
M1	86,25%	0,7250
M2	90,50%	0,8100
Diferença	4,25%	0,085

O Coeficiente kappa qualifica o mapeamento 2 (M2) como ‘Excelente’, enquanto o mapeamento 1 como ‘Muito Bom’. Prosseguindo a comparação da estimativa de áreas das máscaras geradas com os dados fornecidos pela SEAB em sua estimativa mensal (22/09/14), evidenciou-se a diferença entre as estimativas, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Comparativo entre estimativas e fontes oficiais.

Máscara Agrícola	Área Milho e Soja (ha)	Diferença SEAB (ha)
M1	1.237.863	196.187
M2	1.049.875	8.199
Área da SEAB (há)	1.041.676	–

A primeira máscara agrícola (M1) superestimou em 18,83% a área de soja e milho em relação aos dados oficiais da SEAB (2014). Entretanto, durante sua validação visual observou-se uma significativa quantidade de alvos selecionados pertencentes a outras classes, dentre estes, a classe mata. Tal ocorrência é explicada pela escolha do corte RGB (130-160-160), qual apresenta maior sensibilidade a detecção de áreas, fator essencial para compreensão do dado por acarretar na maior confusão entre as classes em estudo e ruídos. O pós-processamento da máscara (M1) pelos processos citados, possibilitou a redução em 17,90% da área selecionada, gerando a máscara M2, demonstrando sua superioridade na detecção de áreas. Além disto, M2 apresenta maior confiabilidade por sua proximidade com a estimativa oficial, pois a diferença entre estas consiste em apenas 0,787%, demonstrando similaridade com os dados da SEAB. Não foi efetuada a comparação com os dados do IBGE por estes não terem sido realizados ainda.

Tais exposições reforçam a afirmação sobre o erro embutido nas estimativas agrícolas elaboradas por órgãos públicos, demonstrando a necessidade da aplicação de metodologias mais rápidas e que averiguem a estimação feita. Levando-se em conta a dimensão das propriedades rurais da região em estudo, o emprego das cenas do Landsat-8 seria mais adequado, entretanto, pelo local em estudo se dar em três órbitas diferentes acarreta em diferentes datas de aquisição das cenas, exigindo maior tempo de estudo e mão-de-obra.

4. Conclusão

A análise do comportamento das culturas agrícolas por séries temporais utilizando o EVI (*Enhanced Vegetation Index*) do sensor Modis apresentou bons resultados, embora para região em estudo grande parte das propriedades apresenta tamanho inferior à resolução espacial utilizada. A classificação Supervisionada *Spectral Angle Mapper* apresentou eficácia – sendo classificado como excelente, conforme o índice kappa – na geração de um mapeamento de alvos permanentes na mesorregião oeste, reduzindo o tempo e quantidade de amostras a serem

selecionadas. Além disso, a utilização desta classificação evidenciou a necessidade em se comparar os dados obtidos com “máscaras-verdade” e assim remover as possíveis áreas em comum. A estimativa de área obtida está em concordância com os dados fornecidos pelo órgão estadual, não superestimando a área.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Estatística Aplicada (LEA) e ao Laboratório de Estatística Espacial (LEE) pertencente à UNIOESTE/Campus Cascavel, pela infraestrutura disponibilizada para elaboração da pesquisa. À UNIOESTE e Fundação Araucária pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

ASSAD, E. D. et al. Sistema de previsão da safra de soja para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, n.5, p.615-625, 2007.

EarthExplorer (USGS). Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 14 de maio 2014.

Embrapa Informática e Agropecuária. Banco de produtos Modis. Disponível em: <http://www.modis.cnptia.embrapa.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso: 23 de abril 2014.

ESQUERDO, J.C.D.M. et al. Use of NDVI/AVHRR time series profiles for soybean crop monitoring in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v.32, p.3711-3727, 2011.

ESQUERDO, J. C. D. M. **Utilização de perfis multitemporais do NDVI/AVHRR no acompanhamento da safra de soja no oeste do Paraná**. 2007. 168p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Banco de dados: SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 de ago. 2014.

JOHANN, J. A. et al. Estimativas de áreas com culturas de verão no Paraná por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.47, n.9, p.1295-1306, 2012.

MENGUE, V. P. **Avaliação da dinâmica espectro-temporal visando o mapeamento da soja e arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

RISSO, J.; RIZZI, R.; EPIPHANIO, R. D. V.; RUDORFF, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; FERNANDES, S. L. Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14. 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 3175-3182. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-0004-7. Disponível em: <<http://martes.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.00.07/doc/379-386.pdf>> Acesso em: 17 de set. 2014.

ROY, D. P. et al. Landsat-8: Science and product Vision for terrestrial global change research. **Journal Remote Sensing of Environment**. v. 14, p.154-172, 2014.

Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB). Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br>. Acesso em 24 set. 2014.

SOARES, V. P. et al. Mapeamento das áreas de preservação permanente e dos fragmentos florestais naturais como subsídio à averbação da reserva legal em imóveis rurais. **Cerne**. v. 17, n.4, p.555-561, 2011.

VICENTE, L. E. et al. Séries temporais de NDVI do sensor SPOT Vegetation e algoritmo SAM aplicados ao mapeamento de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 47, n.9, p.1337-1345, set. 2012.

YI, J. L. R. et al. Identificação e mapeamento de áreas de milho da região sul do Brasil utilizando imagens Modis. **Engenharia Agrícola**. v. 27, n.3, p.753-763, 2007.