



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Análise temporal do comportamento da soja entre 2011 e 2014 no Estado do Mato Grosso por meio do índice de vegetação EVI-2



Michel Eustáquio Dantas Chaves²; Marcelo de Carvalho Alves³; Wederson Geovane de Paula⁴; ...

¹ Geógrafo, Doutorando em Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras – MG, Fone: (35) 9968-2078, micheldchaves@gmail.com

² Agrônomo, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras – MG

³ Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFLA, Lavras - MG

RESUMO: Embora seja um dos estados com maior representatividade na sojicultura brasileira, o Mato Grosso está sujeito à falta de dados confiáveis e atualizados de suas lavouras, o que pode ocasionar especulações e incertezas. Visando mitigar este problema, o uso de técnicas de sensoriamento remoto da superfície terrestre e de análises temporais de índices de vegetação vêm obtendo êxito, auxiliando na detecção da dinâmica agrícola e indicando mudanças gradativas no desenvolvimento fenológico no campo. O objetivo deste trabalho foi realizar o monitoramento de cinco áreas com diferentes variedades de soja no Mato Grosso, utilizando séries temporais do índice de vegetação Enhanced Vegetation Index (EVI-2), do sensor MODIS dos anos de 2011 a 2013, disponibilizados pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta (LAF), do INPE, para analisar as diferenças na dinâmica da fenologia da vegetação e seus impactos na produção. Devido a extensão das lavouras, foi possível gerar perfis temporais a partir de pixels puros de talhões de soja, evitando confusão espectral com outros usos da terra. Dados de solo e precipitação foram utilizados na análise. As variedades apresentaram respostas espectrais distintas, expondo variações nos valores máximos e mínimos, no pico vegetativo e no período de colheita. Tais informações podem ser relacionadas ao ciclo fenológico e à produção. Apesar das limitações naturais impostas pela resolução espacial de 250 metros das imagens do MODIS, é possível monitorar a soja em grandes porções territoriais e auxiliar o planejamento agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: soja, sensoriamento remoto, planejamento agrícola.

Temporal analysis of soybean behavior between 2011 and 2014 in the state of Mato Grosso through the EVI -2 vegetation index

ABSTRACT: Mato Grosso is one of the most representative Brazilian states in soybean cultivation; however, there is a lack of reliable and updated data for monitoring crops. This situation is responsible for speculations and uncertainties. To mitigate this problem, the use of remote sensing of Earth's surface and temporal analysis of vegetation indexes is showing potential, assisting the detection of dynamics in agriculture and indicating gradual changes in phenological development. The objective of this work is observe five areas with different varieties of soybeans in Mato Grosso, using temporal series of Enhanced Vegetation Index (EVI-2) of MODIS sensor, between 2011 and 2013. Data to analyze differences in phenological dynamic of vegetation and their impacts in production were obtained from Laboratory of Applied Remote Sensing for Agriculture and Forest (LAF) of INPE. Due to the extension of crops, it was possible to generate temporal profiles from pure soybeans pixels, avoiding the spectral confusion with other land uses. Soil type and precipitation data were considered in the analyses. The varieties presented distinct spectral responses, as maximum and minimum values, the vegetative peak and the harvest time. This information can be related to phenological cycles and the production. Despite the natural restrictions imposed by 250 meters spatial resolution of MODIS images, is possible to monitor soybean in large territorial portions and assist the agricultural planning.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



KEYWORDS: soybean, remote sensing, agricultural planning.

INTRODUÇÃO

O avanço da agricultura no Centro-Oeste do Brasil intensificou a busca por informações mais confiáveis sobre a extensão e distribuição espacial dos cultivos no monitoramento sistemático da produção. Dada a grande extensão da atividade agropecuária nessa região e sua importância econômica, o desenvolvimento e a implementação de ferramentas de monitoramento e mapeamento sistemático das lavouras é de fundamental importância para o país.

Informações específicas dos cultivos, que aliem dados precisos e informações confiáveis podem auxiliar as entidades de organização e planejamento, que dependem de maior precisão para adotar medidas adequadas de manejo e de políticas de apoio, evitando especulações de estoques e de preços.

Os produtos da superfície terrestre utilizando dados do sensor MODIS atingiram significativa projeção nos estudos relacionados à vegetação, tanto para quantificar quanto para acompanhar as condições de culturas agrícolas devido, principalmente, as características de repetitividade do satélite e sua visão sinóptica. Suas inovações proporcionaram o uso de dados calibrados e transformados em variáveis com significado físico, como refletância, temperatura da superfície e índice de vegetação de satélites de níveis mais altos, atingindo significativa expressão.

Este estudo teve por objetivo principal utilizar séries temporais do índice de vegetação EVI-2 do sensor MODIS e de precipitação acumulada do TRMM para avaliar o comportamento de talhões mistos, compostos por soja, milho e algodão no Mato Grosso.

Como objetivos específicos teve-se:

- organizar séries temporais de EVI-2 do produto MOD13Q1, que possui resolução temporal de 16 dias e espacial de 250m²;
- atestar se as informações geradas são úteis ao monitoramento da soja e à identificação das fases de cultivo;
- averiguar se o comportamento das culturas foi padrão no período estudado e verificar a influência da precipitação no comportamento das culturas;
- estabelecer relações entre os índices de vegetação e os estágios fenológicos das culturas;
- desenvolver uma metodologia, baseada na análise dos índices de vegetação, que auxilie na discriminação de cultivos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aqui apresentada para avaliar e definir os períodos dos cultivos em talhões mistos é de rápida execução, sendo baseada em imagens e informações disponíveis gratuitamente na internet, e faz parte de um projeto que engloba a identificação e caracterização da produção de soja no Estado do Mato Grosso por meio da ligação entre dados de campo e dados orbitais. Foram utilizados na análise os dados do portal Series View do LAF-INPE (Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta do INPE), que disponibiliza uma ferramenta para a visualização instantânea das séries temporais derivadas de imagens de sensoriamento remoto.

As séries temporais disponíveis no LAF representam a variação dos valores do EVI-2 ao longo do tempo sobre o pixel selecionado no globo virtual (Google Maps). O índice de vegetação EVI-2 ressalta as variações de cobertura do solo e é calculado com base em imagens MODIS do produto MOD13 Q1 (coleção 5, resolução de 16 dias composto e espacial de 250m) disponível no site da NASA, usando as bandas espectrais de refletância da superfície do vermelho (RED) e infravermelho próximo (NIR) (Gonçalves et al. 2011). O cálculo do EVI-2 é descrito pela Equação 1:

$$EVI-2 = 2.5 * (NIR - RED) / (NIR + 2.4 * RED + 1)$$

(Equação 1)

A série utilizada representa os valores observados em 1 pixel nas imagens MODIS ao longo do tempo. Essa série foi filtrada utilizando informações de ângulo de visada do sensor, refletância de banda espectral e data da observação do pixel. A série de precipitação pluviométrica (milímetros por mês) utiliza o produto 3B43 V6 do TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) disponibilizada pela GES DISC DAAC (Distributed Active Archive System) da NASA. O pixel TRMM tem uma área mínima de aproximadamente 0,25 graus. O gráfico da série temporal de precipitação é formado por 1 pixel TRMM cuja posição é a mais próxima da coordenada geográfica do polígono em amarelo.

Os dados MODIS disponibilizados no portal foram reprojatados da projeção Sinusoidal para Geográfica, Datum WGS84 utilizando o software MRT (Modis Reprojection Tools). O gráfico da série temporal apresentada é formado por 1 pixel MODIS cuja posição é a mais próxima do retângulo, em torno do marcador, no globo virtual do Google Maps. Sendo que este retângulo representa apenas uma aproximação da localização do pixel MODIS no globo virtual. O pixel MODIS é formado de uma área de no mínimo 250x250 metros (Rudorff et al., 2007).

Questões relativas à mistura espectral na formação do pixel, regiões de borda e sua relação com a escala de visualização devem ser consideradas. Além disso, não há informação a respeito da exatidão de posicionamento das imagens disponíveis no globo virtual do Google Maps, bem como da data da imagem apresentada. Porém, a imagem disponível no globo virtual do Google Maps auxilia na contextualização e no entendimento das séries.

A área de estudo correspondeu a 5 aglomerados de fazendas do Grupo Bom Futuro S. A., especialista na produção de soja no Estado do Mato Grosso, localizados em Sapezal, Diamantino, Santo Antônio do Leverger, Tapurah e Bom Jesus do Araguaia. Das fazendas foram obtidas informações específicas sobre cada talhão que compõe os aglomerados, como coordenadas geográficas (úteis na identificação de cada talhão na imagem de satélite), cultura, variedade, área plantada, espaçamento, datas de plantio e colheita e textura do solo, que se tornaram variáveis importantes para a definição das amostras e para a discussão dos resultados.

Foram coletadas, pontualmente, informações de pixels de talhões de 5 variedades de soja que se apresentaram também recobertos por milho e algodão durante o período de análise, seja pela sucessão ou pela rotação de culturas. As variedades foram GB 874 RR, M 7639 RR, M-SOY 8866, TMG 123 RR e TMG 132 RR, escolhidas por serem as que possuem maior área nos aglomerados.

Foram extraídas 30 amostras distribuídas aleatoriamente para cada uma das variedades. Houve preocupação especial em selecionar áreas estritamente destinadas às culturas, visando avaliar o maior número possível de pixels considerados puros na análise do comportamento dos índices, dada a resolução espacial dos produtos MOD13Q1 e VGT-S10, de 250 m e 1km, respectivamente. Essa seleção procurou evitar que os valores dos índices utilizados para análise apresentassem muita mistura espectral, ou seja, contaminação visual pela presença de outros cultivos.

A partir das 30 séries temporais coletadas nos talhões das amostras, foram gerados os perfis temporais médios representativos do comportamento dos cultivos presentes nos talhões avaliados pelo EVI-2 entre os meses de agosto de 2011 e dezembro de 2014.

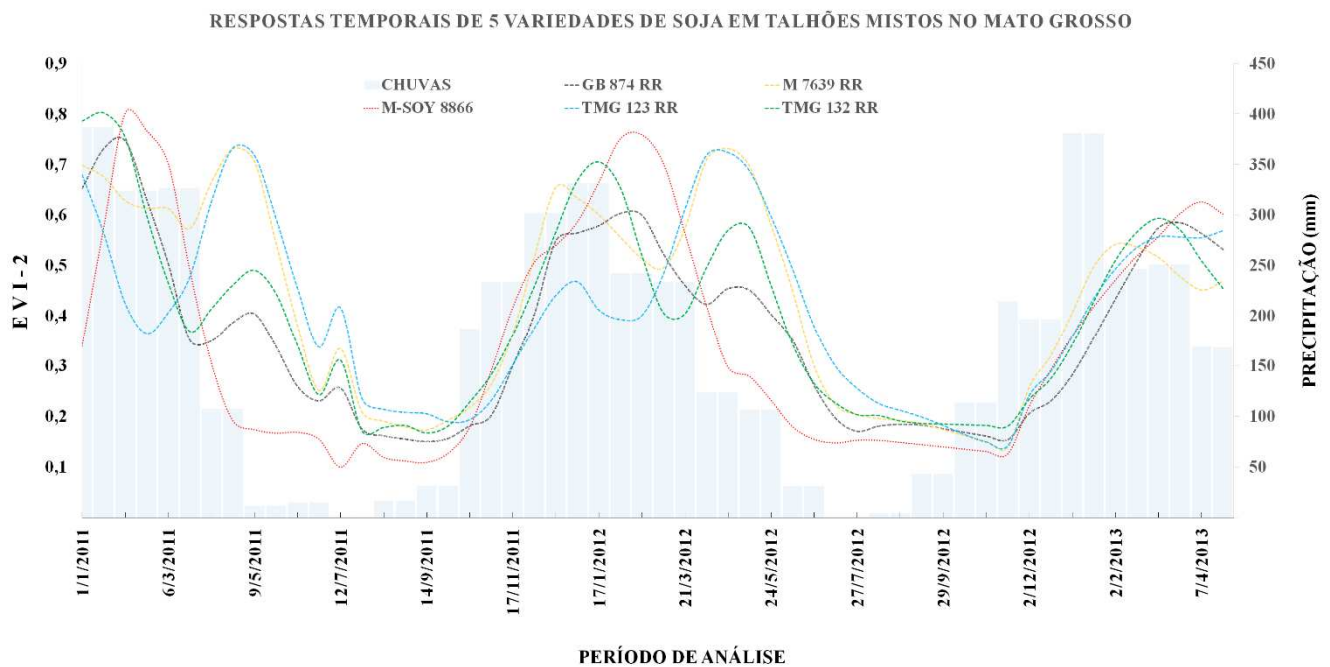
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por serem áreas agricultáveis extensas, as fazendas cultivadas com soja no Estado do Mato Grosso podem ser facilmente detectadas em uma imagem de satélite de alta resolução, como as imagens do globo virtual utilizadas neste trabalho. Desta forma, foi possível discernir e selecionar com confiabilidade os pixels puros dos talhões detectados como mistos pela análise dos dados de campo dos

aglomerados, sem a seleção de intersecções com outros usos ou até mesmo talhões exclusivamente destinados ao plantio de soja.

Ressalta-se que na área de estudo ocorre rotação de cultura, que consiste em alternar espécies vegetais, no correr do tempo, num mesmo talhão. Neste sentido, na área de estudo primeiramente prevalece o plantio da cultura da soja, iniciada a partir do mês de setembro, com o início das primeiras chuvas. Em um segundo momento, após colheita da soja, inicia-se o plantio da segunda cultura (safrinha), no qual prevalece o plantio do algodão e do milho. Devido à lei do vazio sanitário que visa controle de pragas e que estabelece que o solo fique sem cultivo de soja no intervalo de 01 de junho a 15 de setembro, os produtores só iniciam a plantação após esse intervalo, quando já tiver chovido.

Essa sucessão é captada pelo EVI-2, que possui componentes em sua estrutura que permitem assimilar variações nos padrões de biomassa da vegetação, e, assim, interpretar o cenário ocorrido no campo de forma mais confiável, minimizando os erros em estimativas agrícolas que são provocados pela não-diferenciação de períodos de sucessão. A Figura 1 apresenta os resultados obtidos por meio do índice de vegetação EVI-2 do produto MOD13Q1 do sensor MODIS, mostrando o comportamento médio da soja nos pontos analisados e a média de precipitação na região de estudo entre janeiro de 2010 e abril de



2013.

Figura 1. Comportamento temporal de 5 variedades de soja em talhões mistos.

O gráfico mostra que durante o intervalo de tempo analisado, os valores mais altos das variedades de soja no índice de vegetação EVI-2 foram encontrados no período que compreende a chamada safra de verão (outubro a março), o que pode ser atribuído ao aumento de biomassa com o seu desenvolvimento e à alta taxa de fotossíntese nas fases de floração e de enchimento dos grãos. Tucker et al (1979) cita que após esta fase, a translocação de nutriente é maior da folha para a semente, provocando leve declínio dos valores do índice até o início do processo de maturação, onde há um rápido decaimento dos valores do índice, que indica que a cultura já deve ser colhida.

Segundo Epiphanyo (2007), o ciclo fenológico da soja pode durar da germinação até a maturação completa e o desenvolvimento dos seus estádios fenológicos, que leva entre 90 e 200 dias, envolve diversos processos que são influenciados por variáveis ambientais como a temperatura, a duração do dia

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

(fotoperíodo) e condições hídricas. Com o início da colheita e a senescência da soja, o declínio da biomassa é detectado pelo EVI-2, muito em função da grande presença de solo exposto. Porém, esse comportamento é subitamente substituído pelo ciclo de uma segunda cultura, mais curto, que atinge o ápice rapidamente e cumpre seu ciclo fenológico, aproveitando o final das chuvas.

Em termos de resposta espectral, no período seco há uma combinação entre as respostas de palha (restos da cultura) e de solo. Isso implicou em valores que se mantiveram abaixo de 0,3 especialmente entre junho e setembro, período de vazio sanitário e também no período subsequente à colheita anual e anterior ao plantio do milho safrinha (em março e abril). Os perfis temporais também mostraram alta correspondência entre o crescimento vegetativo e o aumento da biomassa nas épocas chuvosas na região. Assim, como encontrado em Rizzi e Rudorff (2007) houve rápido incremento dos valores a partir do mês de novembro, o que demonstra a sensibilidade do índice ao acréscimo de fitomassa proveniente da fase inicial do ciclo da cultura, bem como valores ainda baixos nos meses de estabelecimento da cultura e de senescência.

O pico vegetativo da soja é temporalmente mais curto (menor que 30 dias) e alcançado em tempos distintos, principalmente em razão da data de semeadura, como citam Rizzi e Rudorff (2007). Os maiores valores foram registrados no período de safra de verão, mais especificamente nos meses de janeiro e fevereiro de 2011, atingindo os valores 0,80 (M-SOY 8866 e TMG 132 RR), 0,74 (GB 874 RR) e 0,73 (TMG 123 RR). Risso et al. (2012) citam que é esperado que, durante o pico de biomassa, uma lavoura de soja em bom estado de desenvolvimento supere o valor de 0,8.

A presença de outra cultura é notada no momento em que a queda natural dos valores da série de EVI-2 após o pico vegetativo é rapidamente interrompida por um incremento nos valores do índice nas observações subsequentes. Como citado anteriormente, este segundo cultivo possui ciclo menor, e, a partir de abril, ocorre a queda abrupta de valores, o que, segundo Rizzi e Rudorff (2007) é inerente à diminuição de fitomassa, fator natural no fim de seu ciclo. Os menores valores foram registrados nos meses de setembro, atingindo 0,1 para todas as variedades.

Considerando que no período seco a resposta espectral da soja combina uma mistura entre as respostas de palha (restos da cultura) e de solo, foram encontrados valores que se mantiveram abaixo de 0,2 no EVI, durante o período seco (especialmente entre junho e setembro) e também no período subsequente à colheita e anterior ao milho safrinha (em março e abril). Foi possível perceber o ciclo fenológico da soja durante o período de análise, com os períodos de crescimento vegetativo, pico de biomassa e sucessão de culturas pronunciados e visualmente identificáveis.

O pico de maior resposta da soja ocorreu no mesmo período e com a mesma estrutura registrada no MODIS NDVI, sendo constatada sua presença curta temporalmente (menor que 30 dias), alcançada em meses diferentes. Do mesmo modo, foi possível registrar a queda abrupta de valores a partir de janeiro, devido, segundo Rizzi e Rudorff (2007) à diminuição da fitomassa com o passar do ciclo.

CONCLUSÕES

A análise de série temporal é útil para discriminar cultivos agrícolas à medida que denuncia o ciclo fenológico das culturas. Muitos trabalhos consideram a existência da sucessão de culturas sem contabilizar e determinar o momento em que é iniciada e/ou findada. Desse modo, acabam, por exemplo, considerando as estatísticas de uma segunda cultura como sendo referente à primeira, o que pode provocar superestimativas. Com o atual dinamismo da agricultura, faz-se necessário investigar também essa vertente da produção agrícola, pois é uma prática consolidada que influencia os resultados finais de produção de uma safra, provocando divergências.

O sensoriamento remoto, por meio do uso de imagens de produtos compostos de índices de vegetação, capazes de especificar o comportamento da vegetação agrícola, proporciona maior leque de



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

ferramentas de análise e interpretação das lavouras, constituindo-se como uma ferramenta extremamente útil ao propósito de investigação do cenário agrícola em diversos níveis de escala.

Ressalta-se que este trabalho faz parte de um projeto maior de geração de metodologias para a identificação de culturas agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EPIPHANIO, R. D. V. **Avaliação da potencialidade das imagens MODIS na estimação da área de soja no Estado do Mato Grosso.** (Dissertação de Mestrado) - São José dos Campos: INPE, 2007. 103p.

FREITAS, R. M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; SOUZA, A. F.; SATO, F. Y.; SHIMABUKURO, Y. E.; ROSA, R. R.; ANDERSON, L. O.; RUDORFF, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences** (2011) 2(1):57-68. doi: 10.6062/jcis.2011.02.01.0032. <http://www.epacis.net/jcis>.

GONÇALVES, R. R. V. ; ZULLO JR., J. ; COLTRI, P. P. ; AVILA, A. M. H. ; AMARAL, B. F. ; SOUSA, E. P. M. ; ROMANI, L. A. S.. **Relação entre o índice EVI e dados de precipitação nas áreas de plantio de cana-de-açúcar na região central do Brasil.** Em: 4o Simpósio de Geotecnologias no Pantanal (4o GeoPantanal), p. 1054-1063, 2012.

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Imagens do sensor MODIS associadas a um modelo agrônômico para estimar a produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v.42, n.1, p.73-80, janeiro, 2007.

RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y.E.; CEBALLOS, J.C. (Coord.). **Sensor MODIS e suas Aplicações Ambientais no Brasil.** 1.ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. 425 p.