

MONITORAMENTO METEOROLÓGICO-ESPECTRAL DE CULTURAS AGRÍCOLAS POR MEIO DE PERFIS TEMPORAIS

JÚLIO CÉSAR D. M. ESQUERDO¹, JOÃO FRANCISCO GONÇALVES ANTUNES²

¹ Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041 – 13083-886, Campinas-SP, julio@cnptia.embrapa.br

² Matemático, Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, joaof@cnptia.embrapa.br

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 22 a 25 de Setembro de 2009 - GrandDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo realizar o monitoramento meteorológico-espectral de áreas agrícolas a partir de perfis temporais, que descrevem a evolução espectral da cultura desde a semeadura até a colheita. Composições máximas quinzenais de NDVI/AVHRR e dados quinzenais de precipitação acumulada foram utilizados para alimentar um sistema automático de geração de perfis temporais. Testes foram conduzidos em escala regional em áreas do oeste do estado do Paraná ao longo dos anos de 2006 e 2008, englobando duas safras de verão (com predominância de soja) e duas safrinhas (com predominância de milho). Os resultados mostraram o potencial da análise temporal dos dados espectrais e meteorológicos adquiridos ao longo do ciclo produtivo, podendo ser utilizada como ferramenta complementar aos atuais sistemas de previsão de safras regionais.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, processamento de imagens, análise temporal.

METEOROLOGICAL-SPECTRAL AGRICULTURAL CROP MONITORING BY MEANS OF TEMPORAL PROFILES

ABSTRACT: This study aimed to carry out the meteorological-spectral monitoring of agricultural crop by means of temporal profiles, which describe the spectral evolution of crops from sowing to harvest. NDVI/AVHRR biweekly maximum value compositions and accumulated precipitation data were used to feed an automatic system in order to produce the temporal profiles. Tests were carried out at the regional scale in agricultural lands of the State of Paraná from 2006 to 2008, including two summer seasons (predominantly soybean) and two out season crop (predominantly corn). The results showed the potential of the temporal analysis of spectral and meteorological data acquired throughout the productive cycles and can be used as a complementary tool to support the agricultural crop forecast systems.

KEYWORDS: remote sensing, image processing, temporal analysis.

INTRODUÇÃO: O monitoramento meteorológico-espectral de culturas agrícolas tem sido uma ferramenta importante como um método adicional dos sistemas de previsão de safras. A alta repetitividade dos dados de sensoriamento remoto tem permitido a aquisição mais frequente de informações das áreas agrícolas em escala regional. A comparação inter anual dos dados espectrais e meteorológicos, ou mesmo a comparação entre dados atuais e históricos, pode indicar o potencial produtivo das lavouras, em especial daquelas onde o acesso *in loco* é inviável para as agências responsáveis pelas previsões de safra. Um sensor particularmente importante é o *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), a bordo dos satélites da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Os dados AVHRR-NOAA apresentam elevada repetitividade temporal, resolução espacial de 1,1 km no nadir e garantia de cobertura diária, podendo ser adquiridos de forma gratuita. Esses dados vêm sendo utilizadas no monitoramento de áreas agrícolas realizados por meio da avaliação dos índices de vegetação, que descrevem a variação do vigor vegetativa de uma cultura ao

longo do seu ciclo de desenvolvimento (LIU e KOGAN, 2002). O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), proposto por ROUSE et al. (1973), é o índice de vegetação mais comumente utilizado, pois apresenta correlação com biomassa e índice de área foliar. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi realizar o monitoramento espectral e meteorológico de culturas agrícolas baseado em imagens de NDVI e dados de precipitação acumulada, tendo sido utilizadas como teste áreas de soja da região oeste do Estado do Paraná em dois anos-safra.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo corresponde à região oeste do Paraná, onde é possível realizar o monitoramento agrícola da safra de soja e da safrinha de milho. O período monitorado corresponde a setembro de 2006 e outubro de 2008. A Figura 1 ilustra um fluxograma da metodologia proposta para a geração dos perfis temporais.

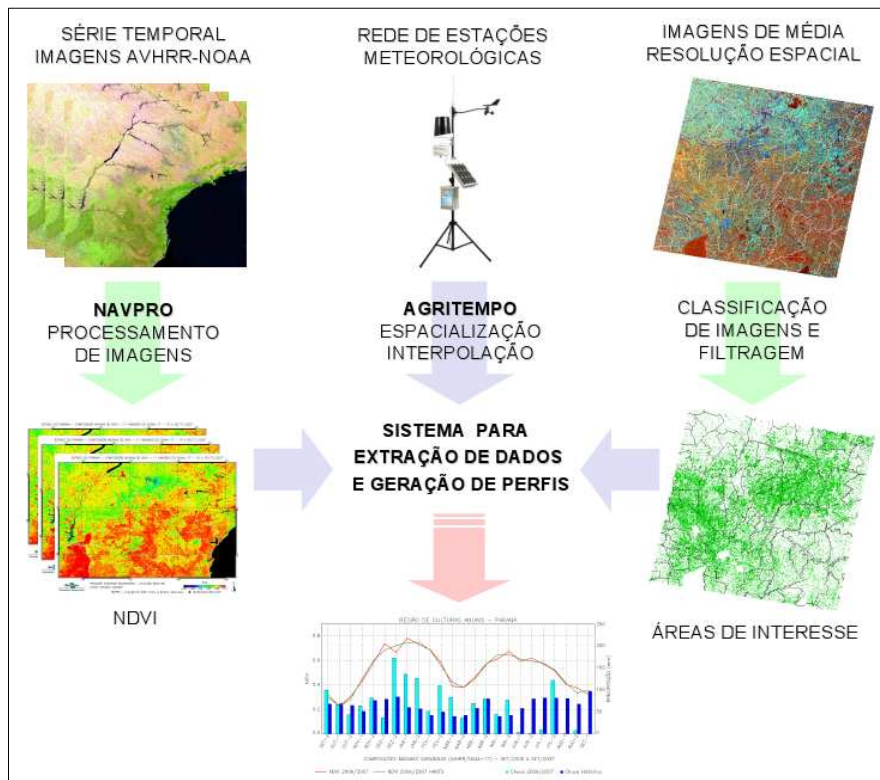


Figura 1: Fluxograma da metodologia proposta para a geração dos perfis temporais.

Os dados de NDVI utilizados neste trabalho foram calculados a partir de imagens AVHRR-NOAA, adquiridas do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em seu estado bruto. Foram utilizadas imagens diurnas do satélite NOAA-17/sensor AVHRR/3, com horário de passagem próximo das 13h30 GMT. As imagens foram processadas por meio do sistema automático NAVPRO, proposto por ESQUERDO et al. (2006). A partir das imagens diárias de NDVI foram geradas composições quinzenais de máximo valor composto, de forma a atenuar a influência atmosférica e a presença de nuvens na análise temporal (HOLBEN, 1986). Os dados meteorológicos foram adquiridos de estações presentes no Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo) da Embrapa, espacializados por meio de interpoladores. Neste trabalho foram utilizados dados atuais e históricos de precipitação acumulada quinzenal. A localização das áreas agrícolas foi feita a partir de um mapa temático de referência gerado por classificação e filtragem de imagens de média resolução espacial, baseado no procedimento de GANAN et al. (2005). Um sistema foi desenvolvido em

linguagem IDL (*Interactive Data Language*) para fazer a leitura dos dados e gerar os gráficos dos perfis temporais de forma automática. Um algoritmo baseado em análise harmônica (*Harmonic Analysis of NDVI Time-Series – HANTS*), proposto por ROERINK et al. (2000), foi aplicado para suavizar os perfis de NDVI, eliminando os ruídos causados por ausência de dados ou contaminações atmosféricas. O conceito básico deste algoritmo é que o NDVI da vegetação apresenta um forte efeito sazonal que pode ser simulado por funções senoidais de baixa frequência, com diferentes fases e amplitudes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Das 1273 imagens do NOAA-17 processadas pelo sistema NAVPRO de setembro de 2006 a setembro de 2008, 443 deram origem a produtos com precisão geométrica dentro de um pixel que entraram nas composições máximas quinzenais de NDVI. As demais imagens não alcançaram o nível de precisão geométrica desejado por apresentarem excesso de nuvens. A Figura 2 mostra composições máximas de NDVI no início, meio e fim das safras de verão 2006/2007 e 2007/2008, respectivamente, onde colorações verdes e azuis representam baixos valores de NDVI e colorações vermelhas indicam altos valores de NDVI.

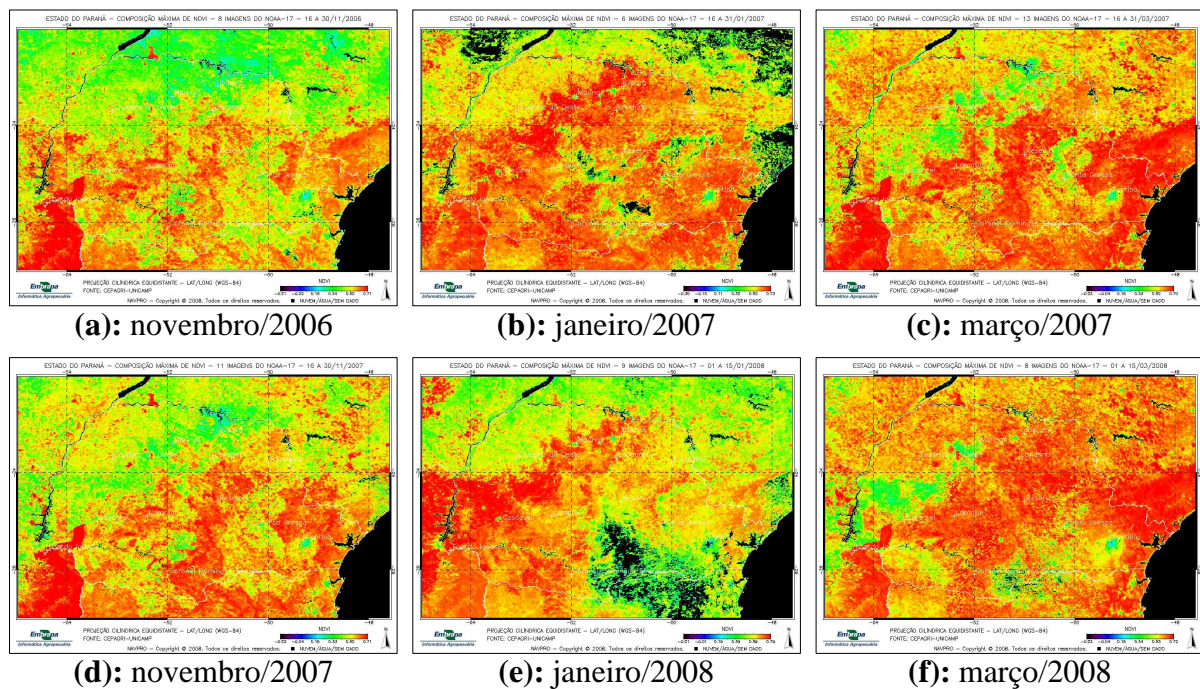


Figura 2: Composições máximas quinzenais de NDVI – safra 2006/2007 (a, b e c) e safra 2007/2008 (d, e e f) – Estado do Paraná.

Na safra 2006/2007, pode-se observar no oeste do Paraná que em novembro/2006 a soja semeada já estava germinando (Figura 2a) devido ao aumento dos valores de NDVI. O período de maior vigor vegetativo da soja ocorreu em janeiro/2007 (Figura 2b), com os valores mais altos de NDVI representados pelas áreas de coloração vermelha mais intensa. A colheita da soja foi finalizada em março/2007 (Figura 2c), onde é possível observar toda a extensão da área de solo exposto referente às lavouras de soja recém colhidas, com baixos valores de NDVI em tons de verde claro, dando início à semeadura da safrinha de milho. Comportamento semelhante foi observado na safra 2007/2008, embora o cultivo da soja tenha sido mais tardio em relação à safra anterior, o que foi constatado na Figura 2d, onde ainda existiam muitas áreas de solo exposto com baixos valores de NDVI em tons de verde claro, à espera da semeadura. Os perfis temporais de ambos os anos são mostrados nas Figuras 3 e 4,

onde as linhas representam a variação do NDVI bruto (em vermelho) e suavizado (em verde) e as barras representam a variação da precipitação acumulada atual (azul claro) e histórica (azul escuro). Os dados representam uma média do comportamento da região oeste do estado.

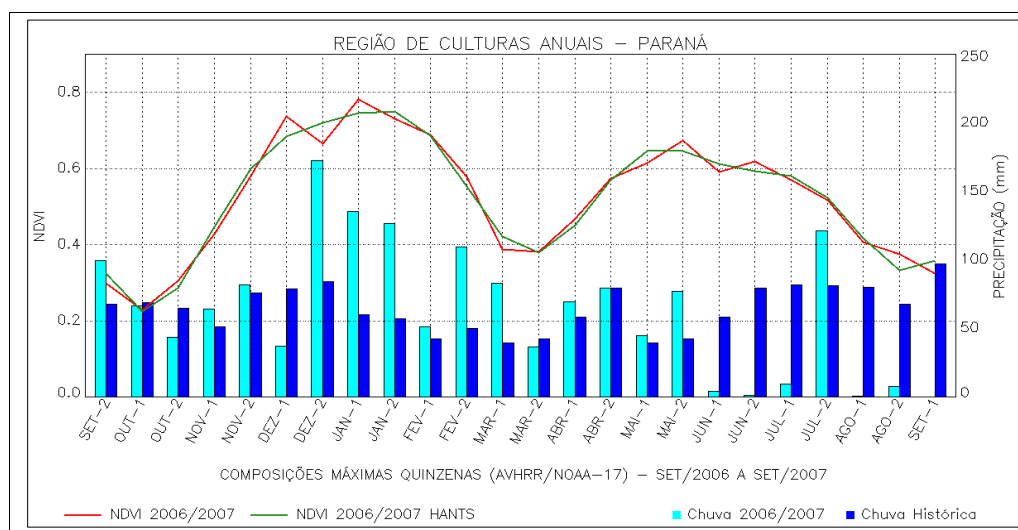


Figura 3: Perfil temporal do NDVI e da precipitação – oeste do Paraná – safra 2006/2007.

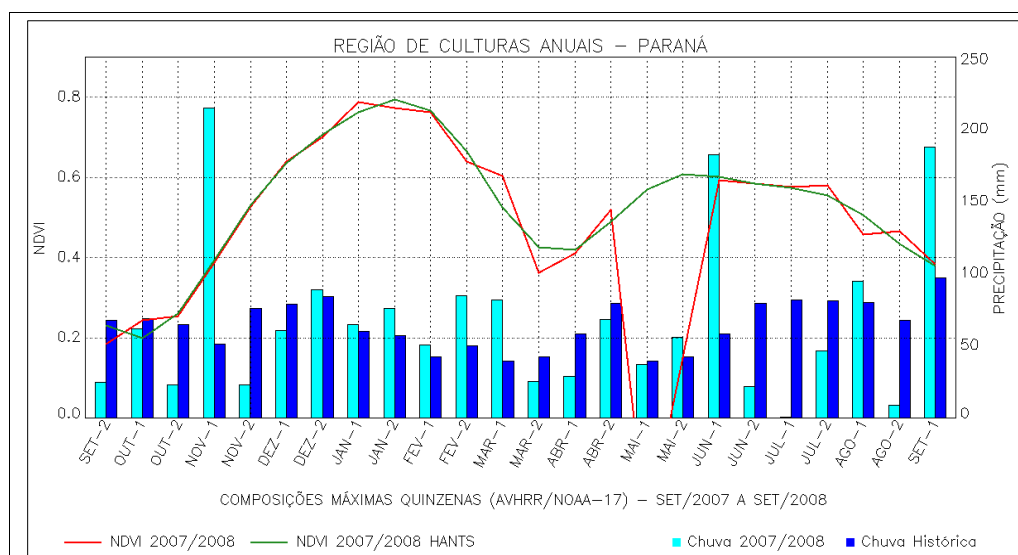


Figura 4: Perfil temporal do NDVI e da precipitação – oeste do Paraná – safra 2007/2008.

Nas Figuras 4 e 5, podem-se reconhecer os padrões espectrais de culturas anuais que têm maior amplitude de NDVI, devido a variação temporal da biomassa das vegetações. O padrão temporal bimodal das curvas de NDVI está relacionado ao desenvolvimento de diferentes culturas durante o ano safra, onde cada cultura é caracterizada por um máximo na série temporal, sendo a fase o período entre a origem e o pico da curva. Nas Figuras constatou-se que o algoritmo HANTS eliminou inconsistências nos dados do NDVI, em especial na safra 2007/2008 (Figura 4), onde ocorreram variações bruscas do índice em maio de 2008, devido à falta de dados. Pela análise dos perfis temporais das safras 2006/2007 e 2007/2008, pode-se observar mais detalhadamente que a soja foi semeada na primeira quinzena de outubro, começou a germinar na primeira quinzena de novembro com os valores de NDVI aumentando até atingir o pico na segunda quinzena de janeiro, correspondente ao período de maior vigor vegetativo. Na primeira quinzena de fevereiro, a cultura entra em senescência com os valores de NDVI diminuindo, até chegar ao final da colheita na segunda quinzena de março. Logo em

seguida, o milho foi semeado e começou a germinar na primeira quinzena de abril com os valores de NDVI aumentando até atingir o pico na primeira quinzena de maio, mas sempre apresentando menor variação de biomassa do que a soja. A cultura do milho mantém o vigor vegetativo até a segunda quinzena de julho, onde os valores de NDVI pouco variam, entrando em senescência na primeira quinzena de agosto com a diminuição dos valores de NDVI. A partir dos dados de precipitação acumulada em 15 dias nos gráficos dos perfis temporais dos dois anos safra, pode-se observar que o regime hídrico foi acima da média histórica durante o período de cultivo da soja de novembro a março, reforçado pela anomalia na precipitação observada na primeira quinzena de novembro/2007. Já no período de cultivo do milho de abril a outubro, houve déficit hídrico, apesar do registro de precipitações bem acima da média histórica na primeira quinzena de junho/2008 e na primeira quinzena de setembro/2008. Tal fato pode explicar a variabilidade da produtividade da soja em safras com condições climáticas favoráveis e do milho em condições adversas, numa comparação das condições atuais das culturas com as condições apresentadas em safras passadas. De modo geral, a precipitação influencia diretamente o comportamento temporal do NDVI, tanto para a cultura da soja quanto para a cultura do milho.

CONCLUSÕES: O monitoramento agrícola foi realizado utilizando-se composições máximas de NDVI, geradas automaticamente a partir das imagens diárias e gratuitas AVHRR-NOAA. A relação entre NDVI e variáveis climáticas pode indicar o potencial produtivo das culturas agrícolas e a análise dos perfis temporais permite comparar as condições atuais da cultura com as condições apresentadas em safras passadas. As ferramentas de processamento utilizadas neste estudo automatizaram os métodos propostos e podem ser aplicadas no monitoramento de um número elevado de áreas agrícolas, em nível regional ou municipal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESQUERDO, J. C. D. M.; ANTUNES, J. F. G.; BALDWIN, D. G.; EMERY, W. J.; ZULLO JR, J. An automatic system for AVHRR land surface product generation. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 18, p. 3925-3942, 2006.

GANAN, J. R.; ROCHA, J. V.; MERCANTE, E.; ANTUNES, J. F. G. Mapeamento da cultura da soja com imagens Landsat 5/TM utilizando algoritmos de classificação supervisionada. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Goiânia. **Anais...** p. 549-556. São José dos Campos: INPE, 2005.

HOLBEN, B. N. Characteristics of maximum value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 11, p. 1417-1435, 1986.

LIU, W. T.; KOGAN, F. Monitoring Brazilian soybean production using NOAA/AVHRR based vegetation condition indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 6, p. 161-1179, 2002.

ROERINK, G. J.; MENENTI, M.; VERHOEF, W. Reconstructing cloudfree NDVI composites using Fourier analysis of time series. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 9, p.1911-1917, 2000.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources TechnologySatellite-1 Symposium, 3., Washington, D. C., 1973. **Proceedings...** Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973. v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).