

Avaliação do perfil temporal de NDVI decenal do sensor *SPOT Vegetation* em pixels “puros” e “não puros” derivados de mapa de uso da terra realizado a partir do sensor *Landsat-5/TM*

Jerry Adriani Johann^{1,2}
Gleyce Kelly Dantas Araújo¹
Jansle Vieira Rocha¹

¹Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Caixa Postal 6011 - 13081-970 – Campinas - SP, Brasil
{gleyce.dantas; jansle.rocha}@feagri.unicamp.br

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE
Caixa Postal 0701 - 85819-110 – Cascavel - PR, Brasil
jerry.johann@feagri.unicamp.br

Abstract.: The main goal of this study was to investigate the temporal evolution of dekadal NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) data from SPOT Vegetation for different targets (“pure” and “non-pure” pixels) obtained from a land use map based on Landsat-5/TM, for the period from September 2007 to May 2008. This period coincides with the vegetative cycle of soybean in the Western region of Paraná. The behavior of the dekadal NDVI profile for “pure” targets such as sugar-cane, soybean, forest, urban areas and pasture shows different trends. Targets such as forest have steady temporal behavior, soybean, on the other hand, shows significant variation in NDVI values along the crop cycle. The blend of different targets (“non-pure” pixels), in various proportions, influences the final behavior of the pixel’s temporal profile. This normally causes difficulties in generating “masks” for different crops, because this blend of targets may mislead, in some cases, the expected behavior of a particular pixel. However, this pixel will not be selected in the mask generating process, compromising its accuracy. The results have shown that it is possible to detect the influence of different targets on the NDVI temporal profile, allowing to build rules for the selection of “non-pure” pixels to generate crop masks.

Palavras-chave: remote sensing, crop masks, soybean, sugarcane, forest, pasture, sensoriamento remoto, máscaras de culturas agrícolas, soja, cana-de-açúcar, mata, pastagem.

1. Introdução

O sensoriamento remoto tem se mostrado uma ferramenta valiosa no monitoramento agrícola devido a sua habilidade de “enxergar” em diversos comprimentos de onda (Labus et al., 2002). As principais vantagens do sensoriamento remoto são a rapidez na aquisição de informações sobre grandes áreas da superfície terrestre e a possibilidade de avaliar áreas antes inacessíveis. Para Rees (1990) as aplicações do sensoriamento remoto na agricultura estão relacionadas ao monitoramento da extensão, vigor e tipo de cobertura vegetal. Porém, para isto, é necessário o conhecimento do comportamento espectral dessas superfícies. Diferentes alvos apresentam diferentes assinaturas espectrais. Além disto, uma mesma cultura agrícola apresenta comportamento espectral variável conforme seu estágio de desenvolvimento (Rizzi, 2004). Isto também ocorre, porém, com menor variação de intensidade, com alvos permanentes como matas e cidades.

Quando uma cultura agrícola é instalada, o comportamento espectral da superfície se assemelha à assinatura espectral do solo. À medida que a cultura cresce e a porcentagem de cobertura vegetal aumenta, a influência do solo diminui e o comportamento da superfície tende a se ajustar ao comportamento das plantas verdes. Ao entrar em senescência, o vigor vegetal e o porte das plantas diminuem, reduzindo a porcentagem de cobertura e alterando o comportamento espectral da superfície, que volta ao padrão do solo (Esquerdo, 2007; Formaggio, 1989). Com a finalidade de ressaltar a resposta espectral da vegetação em relação

à resposta espectral dos solos são utilizados os chamados índices de vegetação (Jackson, 1983). Um dos mais utilizados índices de vegetação para análise de culturas agrícolas foi proposto por Rouse et al. (1973) que é o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada que explora o contraste nos valores de refletância dos canais do vermelho e infravermelho próximo. Segundo Baret et al. (1989), estes canais fornecem mais de 90% das informações espectrais da vegetação.

Outro fator importante diz respeito à escolha do sensor para o monitoramento agrícola. Um dos maiores problemas na utilização de imagens de baixa resolução espacial, como o *SPOT Vegetation*, é a determinação de áreas cultivadas, principalmente quando elas não apresentam homogeneidade na ocupação do solo. Segundo Esquerdo (2007) como resultado, a medida radiométrica do pixel representa, na verdade, uma mistura das medidas radiométricas de todas as superfícies presentes neste pixel. Sendo assim, a geração de um mapa de uso da terra por meio de classificadores convencionais em geral não mostra bons resultados, visto que rotulam um determinado pixel em uma única classe, desconsiderando a existência de mistura espectral na extensa área deste pixel. Neste sentido, o uso de sensores como o *LANDSAT* com maior resolução espacial, permitem minimizar este problema, porém, não o eliminam por completo.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi investigar o perfil temporal do comportamento do produto NDVI decenal obtido pelo sensor *SPOT Vegetation* em diferentes alvos (pixels “puros” e “não puros”) tendo como base um mapa de uso da terra gerado a partir da classificação digital de imagem *Landsat-5/TM*, no período de setembro de 2007 a maio de 2008, compreendendo todo o ciclo da cultura da soja na região Oeste do Paraná.

2. Material e Métodos

A pesquisa foi realizada em parte da região Oeste do Estado do Paraná, localizada no cinturão da soja, onde se encontram alguns dos municípios de maior produção de soja (Figura 1) para a safra 2007/2008 e cujo ciclo da cultura inicia-se no mês de outubro e pode se estender até o mês de março.

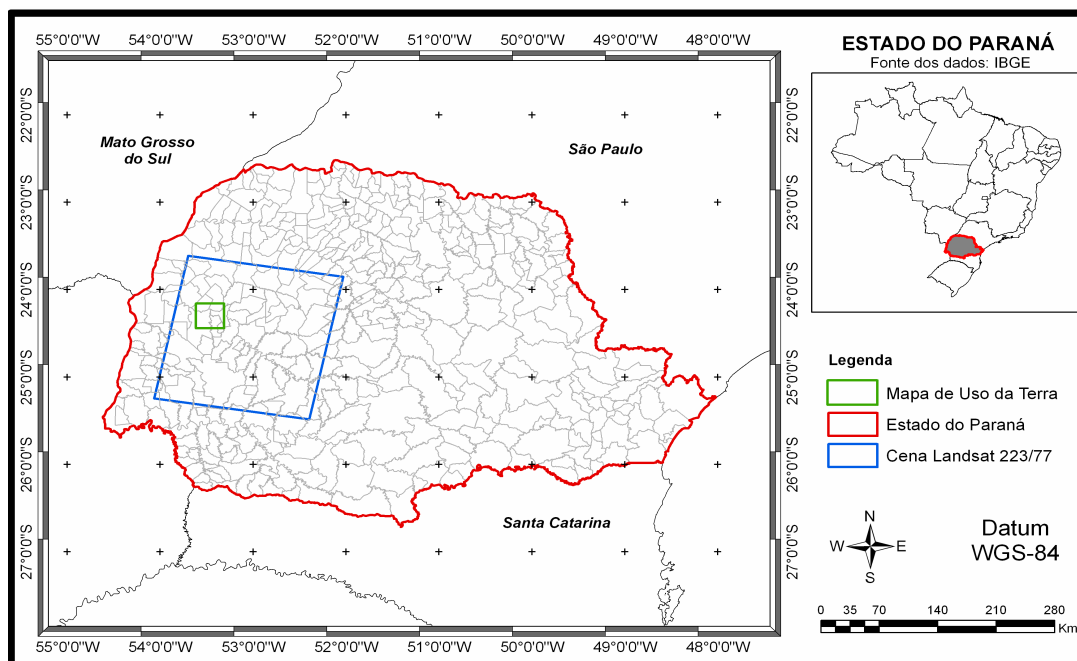


Figura 1. Estado do Paraná e Localização da Cena Landsat 223/77 e do Recorte de 1024 x 1024 pixels do mapa de uso da terra.

Para realização deste trabalho foram empregadas inicialmente, imagens do satélite Landsat-5/TM correspondentes às órbitas/pontos 223/077 datada de 04 de fevereiro de 2008

que foi corrigida geometricamente pela imagem Geocover do satélite Landsat-7/ETM+ com o software ENVI 4.2, apresentando um RMS de 0,391 abaixo de 0,50 recomendado (Eastman, 1998). Para esta atividade, foram utilizadas apenas as bandas 4; 5 e 3 para fazer a composição RGB453 (falsa cor). Desta cena, realizou-se um recorte de 1024 x 1024 pixels para posterior mapeamento do uso da terra. Este mapeamento foi realizado por meio de classificação digital, através de uma fusão entre os classificadores supervisionados de Máxima Verossimilhança e Mahalanobis (Mver_Maha), considerando os seguintes temas: mata, água, cana-de-açúcar, soja, solo. As cidades e rodovias foram consideradas como máscara para não entrarem na classificação da imagem. Os resultados mostraram para uma amostra aleatória estratificada de 200 amostras na área de interesse, uma exatidão global (EA) de 89% e um coeficiente Kappa de 0,8278 que segundo Figueiredo e Vieira (2007) pode ser considerada um excelente desempenho do classificador.

Sobre este mapa de uso do solo Mver_Maha, foram selecionados aleatoriamente pixels puros (cana-de-açúcar, soja, mata, cidade, pastagem) e não-puros (mistura destes alvos) de 1 x 1 km, por ser esta a resolução do sensor *SPOT Vegetation* de onde as composições decendiais de NDVI foram retiradas. As Figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, os pixels de 1 x 1 km denominados de “Não_puroA” e “Não_puroB” utilizados no estudo. Para estes procedimentos usaram-se os softwares ENVI 4.2 e ARCGIS 9.2.

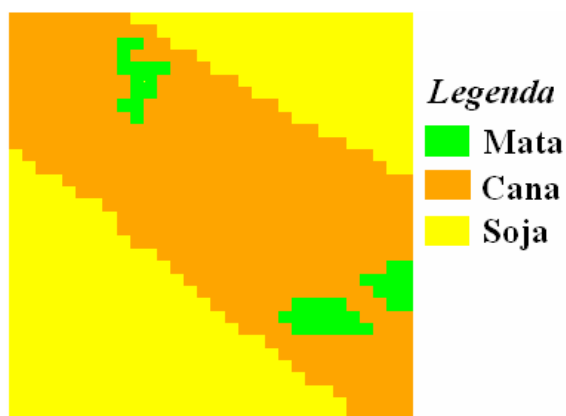


Figura 2. Pixel Não_puroA de 1 x 1km extraído do mapa de uso da terra Mver_Maha contendo os alvos Mata, Cana e Soja.

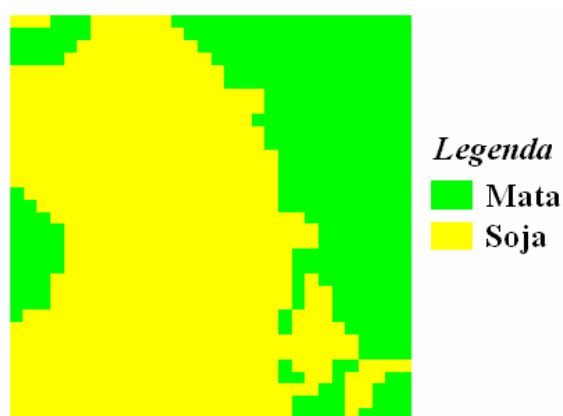


Figura 3. Pixel Não_puroB de 1 x 1km extraído do mapa de uso da terra Mver_Maha contendo os alvos Mata e Soja.

Para análise do comportamento do NDVI destes pixels, considerou-se o período de setembro de 2007 até maio de 2008 em função de ser este o último decêndio disponibilizado na web do sensor *SPOT Vegetation*, no momento da análise dos dados. O mês de setembro foi utilizado por se tratar do período em que a cultura da soja começa ser instalada na região estudada. As informações de NDVI das séries temporais de imagens do *SPOT Vegetation* do período de interesse, foram extraídas automaticamente com um pacote de rotinas IDL e exportadas na forma de planilhas. Este sistema foi desenvolvido por Esquerdo (2007) em linguagem IDL e requer o aplicativo IDL/ENVI para ser executado.

3. Resultados e Discussão

Na Figura 4 pode-se ver o perfil do comportamento do NDVI de diferentes alvos (cana-de-açúcar, soja, mata, cidade e pastagem) puros entre setembro de 2007 e maio de 2008. Verifica-se que o pixel puro da “mata” tem um comportamento de NDVI praticamente uniforme ao longo do período estudado, variando entre 0,792 e 0,892 com coeficiente de variação de 3,65% (Tabela 1) o que era esperado, uma vez que o índice de massa foliar tem pouca variação ao longo do ano, o que é evidenciado pelo baixo coeficiente de variação.

O pixel da “cidade” (Assis Chateabriand), segundo a Tabela 1, teve NDVI variando de 0,292 (no primeiro decêndio de outubro) a 0,692 (no primeiro decêndio de janeiro) com

coeficiente de variação de 20,94%. Por se tratar de uma cidade de interior, existem muitos terrenos sem construção e sendo assim, muitas destas áreas são ocupadas por árvores, gramados e ervas daninhas. Mesmo os terrenos com construção, na sua grande maioria apresentam quintais com gramados e/ou canteiros com hortaliças. Em função disto, observa-se no gráfico da Figura 4, que no final de setembro e início de outubro há um baixo valor de NDVI, por ser esta a época após o inverno, que geralmente é mais seca com possibilidade inclusive de ocorrências de geadas. Assim, a vegetação por estar mais seca, tem uma refletância menor o caracteriza o baixo valor de NDVI encontrado. Observa-se que após este período, o NDVI vai aumentando e atinge seu pico máximo no primeiro e segundo decêndio de janeiro, período de verão, onde ocorrem mais chuvas e, portanto, a vegetação está mais vigorosa. Após este período há novamente uma redução dos valores de NDVI e no mês de maio há um pequeno aumento do NDVI.

Tabela 1. Análise exploratória do NDVI dos alvos puros entre os decêndios de setembro de 2007 a maio de 2008

Estatísticas /Alvos	Cana	Soja	Mata	Cidade	Pastagem
Nº decêndios	27	27	27	27	27
Mínimo	0,376	0,164	0,792	0,292	0,384
Média	0,718	0,611	0,860	0,507	0,617
Mediana	0,796	0,620	0,868	0,508	0,656
Máximo	0,880	0,952	0,892	0,692	0,700
DP	0,164	0,246	0,031	0,106	0,096
CV(%)	22,88%	40,31%	3,65%	20,94%	15,47%

Nota: DP = desvio padrão; CV= coeficiente de variação.

Analisando o pixel puro de “pastagem” na Figura 4, observa-se um comportamento praticamente estável a partir do segundo decêndio de novembro de 2007 (02_Nov07) com NDVI variando entre 0,600 e 0,700. Entretanto, observa-se que a partir do mês de setembro o NDVI da pastagem vai diminuindo até o mínimo de 0,384 (01_Out07), uma vez que neste período as pastagens estão mais secas devido à estação do inverno.

O pixel puro da “cana-de-açúcar” teve seu menor valor de NDVI (0,376) no primeiro decêndio de outubro (01_Out07) em função de ser este o início do crescimento da “cana-de-açúcar” após a colheita. Em seguida, observou-se pela Figura 4 que o NDVI foi aumentando até o primeiro decêndio de janeiro (01_Jan08) de onde praticamente se manteve constante, atingindo o máximo NDVI (0,880) no primeiro decêndio de maio de 2008 (01_Mai08), fase em que a cultura está no pico vegetativo e a partir desta data, o NDVI volta a decrescer novamente em função do início da colheita.

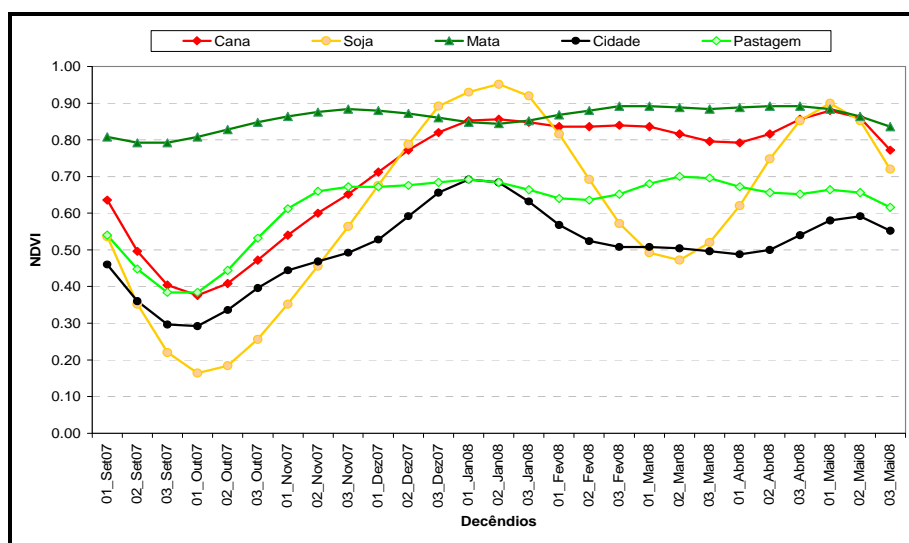


Figura 4. Perfil temporal do comportamento de NDVI dos pixels puros de diferentes alvos entre os decêndios de setembro de 2007 a maio de 2008.

Pelo comportamento do pixel puro da “soja” foi possível observar pela Figura 4 e Tabela 1, que o menor valor de NDVI (0,164) ocorreu no primeiro decêndio de outubro de 2007 (01_Out07), que corresponde a primeira fase fenológica da soja que envolve o plantio, a germinação e o desenvolvimento inicial da cultura, onde ocorre domínio do solo nas interações com a radiação eletromagnética. Em seguida, os valores de NDVI vão aumentando em função da cultura estar agora na segunda fase fenológica (domínio da cobertura verde quando ocorre o florescimento e formação dos grãos) e atingem o valor de NDVI máximo de 0,952 no segundo decêndio de janeiro (02_Jan08). A terceira e última fase fenológica, onde ocorre à maturação, a senescência e o secamento das folhas, pode ser identificada pela diminuição do NDVI em função da exposição da vegetação seca e do solo. A colheita, dependendo da data de semeadura, e do ciclo da cultura (precoce, médio, semitardio/tardio) ocorre desde o final de janeiro até início de março. É característico da região estudada, os agricultores semear milho safrinha (nome dado ao milho semeado no período de inverno) logo após a colheita da soja. Observa-se pela Figura 4, que o segundo decêndio de março (02_Mar08) tem o menor NDVI (0,472) após a colheita da soja o que corresponde ao início de plantio do milho safrinha. Este baixo valor de NDVI é função do solo exposto no plantio, da germinação e desenvolvimento inicial do milho. Após este decêndio, o milho desenvolve-se atingindo seu pico máximo de desenvolvimento no primeiro decêndio de maio (01_Mai08) e após isto, decresce novamente em função da exposição da vegetação seca e do solo.

No gráfico da Figura 5 é mostrado o perfil do comportamento de um pixel “não-puro” (Não_puroA) e o comportamento dos pixels puros (mata, cana e soja) que compõe esse pixel “não-puro” (apresentados na Figura 4) no período avaliado. Assim, neste pixel “Não-puroA” de 1 x 1 km (Figura 2), segundo o mapa de uso da terra, a mata correspondia à proporção de 5,37%; a cana-de-açúcar a 46,29% e a soja aos demais 48,34% da área. Analisando o comportamento deste pixel “não-puro”, observa-se que ele passou aproximadamente entre os perfis dos pixels puros, o que já era esperado. Entretanto, observa-se que no primeiro decêndio de outubro (01_Out07) o valor do NDVI ficou mais próximo do perfil da cana do que da soja, causado provavelmente pela influência do valor de NDVI da mata. Observa-se que no pico vegetativo da soja (02_Jan08), o NDVI da mata está mais baixo com valores praticamente coincidindo com a com o NDVI da “cana-de-açúcar” o que explica o motivo do comportamento do pixel “Não-puroA”, neste decêndio, estar um pouco acima destes dois alvos. Depois deste decêndio, o perfil do pixel “Não-puroA” volta a estar aproximadamente no meio dos pixels puros, entretanto, a partir do primeiro decêndio de abril (01_Abr08) o perfil do pixel “Não-puroA” fica estranhamente abaixo de todos os pixels puros.

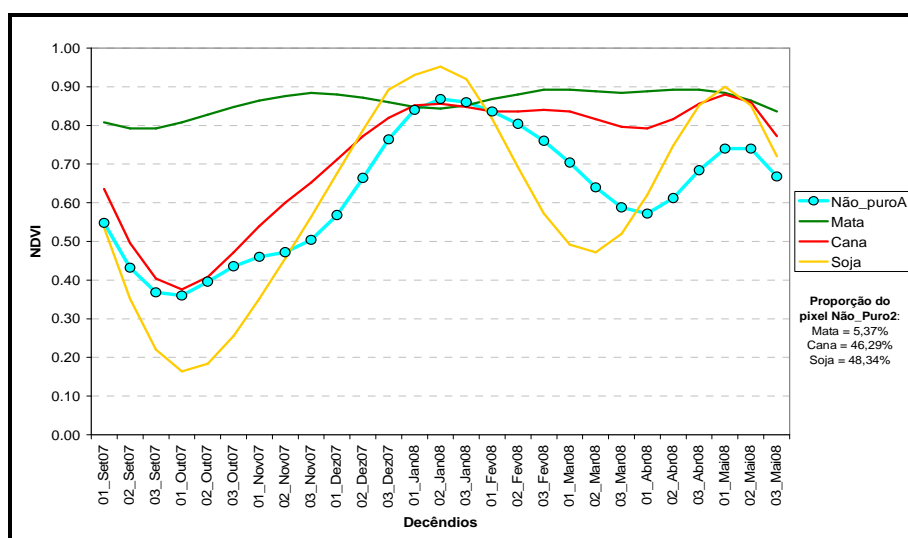


Figura 5. Perfil temporal do comportamento do NDVI do pixel “Não_puroA” e dos pixels puros de mata, cana e soja entre os decêndios de setembro de 2007 a maio de 2008.

O perfil do comportamento de outro pixel “não-puro” (Não_puroB), bem como o perfil dos pixels puros (mata e soja) que o compõe (apresentados na Figura 4) são visualizados na Figura 6. Este pixel “Não-puroB”, segundo o mapa de uso da terra, continha 36,82% de área de mata e 63,18% de soja. De forma geral, verifica-se que o pixel “Não-puroB” tem um perfil de comportamento semelhante ao perfil do pixel puro da soja. Entretanto, observa-se que entre os decêndios 01_Set07 e 03_Dez07 e entre os decêndios compreendidos entre 03_Fev08 e 02_Abr08 o maior NDVI da mata em relação ao da soja trouxe o perfil deste pixel “Não-puroB” para cima. Já entre os decêndios 03_Dez07 e 02_Fev08 e entre 03_Abr08 e 03_Mai08 o menor NDVI da mata em relação ao da soja fez com que o perfil do pixel “Não-puroB” diminuísse.

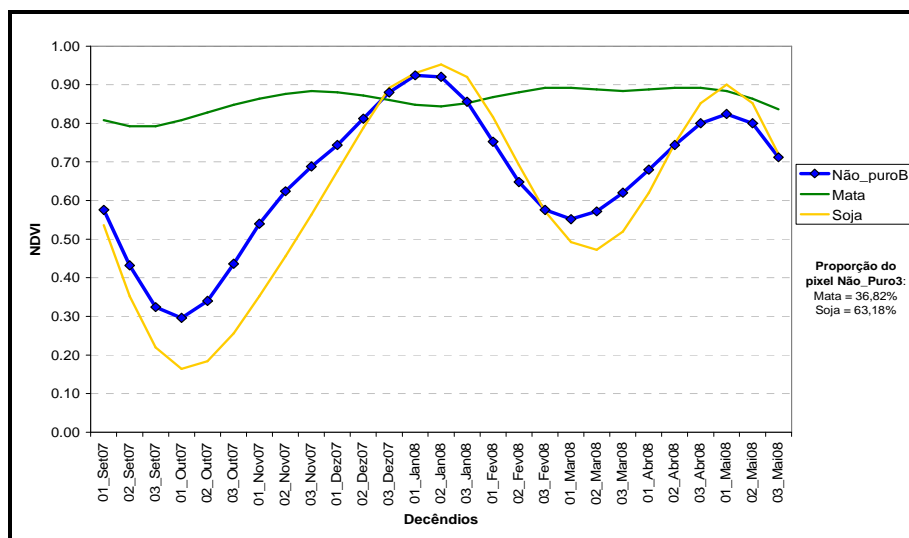


Figura 6. Perfil temporal do comportamento do NDVI do pixel “Não_puroB” e dos pixels puros de mata e soja entre os decêndios de setembro de 2007 a maio de 2008.

4. Conclusões

- O estudo mostrou como o comportamento do perfil temporal de NDVI decendial de alvos puros de cana-de-açúcar, soja, mata, cidade e pastagem são diferentes entre si, resultado da interação destes alvos com a radiação eletromagnética medida pelos sensores remotos. Além disto, foi possível verificar que determinados alvos têm comportamentos mais estáveis, como a mata, diferentemente do que ocorre com a soja que tem uma significativa variação de valores de NDVI ao longo do ciclo da cultura.
- O estudo do perfil do comportamento de diferentes alvos é relevante em sensoriamento remoto, pois a partir deste conhecimento é possível, construir “máscaras” destes alvos com base nos valores de NDVI. Estas “máscaras” são úteis, por exemplo, no mapeamento de culturas agrícolas como a cana, soja, milho, das quais se pode estimar a área plantada por município, região, estado e/ou país.
- Os resultados mostraram como a mistura de diferentes alvos (pixels não-puros) e em diferentes proporções, pode influenciar no comportamento final do perfil do pixel. Isto, muitas vezes pode gerar dificuldades na geração de “máscaras” de diferentes culturas agrícolas, uma vez que a mistura de alvos, pode descaracterizar em alguns casos, o comportamento esperado de um determinado pixel. Desta forma, este pixel não será selecionado na geração das “máscaras” de interesse, piorando assim, a acurácia da “máscara” gerada.
- Por outro lado, o conhecimento prévio das proporções de uso da terra em um determinado pixel pode possibilitar a elaboração de regras para a seleção de um determinado pixel para compor a “máscara” de culturas de verão.

5. Referências Bibliográficas

- BARET, F.; GUYOT, G.; MAJOR, D.J. Crop biomass evaluation using radiometric measurements. **Photogrammetria**, v.43, n.5, p.241-256, 1989.
- EASTMAN, J. R., IDRISI: **Exercícios tutorais**. J. Ronald Eastman. Editor da versão em português, Heinrich Hasenack. Porto Alegre, UFRGS - Centro de Ecologia, 1994. 109p.
- ESQUERDO, J. C. D. M. **Utilização de perfis multi-temporais do NDVI/AVHRR no acompanhamento da safra de soja no oeste do Paraná**. Campinas, SP. 186p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 2007.
- FIGUEIREDO, G. C., VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de exatidão global, kappa e tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. **Anais...**2007, Florianópolis, 57-62p.
- FORMAGGIO, A.R. **Características Agronômicas e espectrais para sensoriamento remoto de trigo e feijão**. Piracicaba. 161p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP. 1989.
- JACKSON, R.D. Spectral indices in n-Space. **Remote Sensing of Environment**, v.13, p.409-421, 1983.
- LABUS, M.P.; NIELSEN, G.A.; LAWRENCE, R.L.; ENGEL, R.; LONG, D.S. Wheat yield estimates using multi-temporal NDVI satellite imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.23 n.20, p.4169-4180, 2002.
- REES, W.G. **Physical Principles of Remote Sensing**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990. 247p.
- RIZZI, R. **Geotecnologias em um sistema de estimativa da Produção de soja: estudo de caso no Rio grande do sul**. São José dos Campos, SP. 216p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2004.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973. **Proceedings**. Whashington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.