

## **Agrupamento de perfis espectro-temporais do índice de vegetação EVI/Modis a partir dos indicadores de qualidade *Quality Assurance* (QA) em culturas agrícolas do Sudeste Mato-Grossense**

Roberto Nunes Vianconi Souto <sup>1</sup>  
Vanderley Severino dos Santos <sup>1</sup>  
Marcos Antonio da Silva <sup>1</sup>  
Peter Zeilhofer <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, *Campus Cuiabá*  
Rua Zulmira Canavarros, 93 – 78005-200 - Cuiabá - MT, Brasil  
roberto.souto@cba.ifmt.edu.br  
vanderley.santos@cba.ifmt.edu.br  
marcos.silva@svc.ifmt.edu.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT  
Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – 78060-900 – Cuiabá - MT, Brasil  
zeilhoferpeter@gmail.com

**Abstract.** Remote sensing has been used in mapping and monitoring of agriculture. Despite its potential, there are also limiting the performance of the available sensor systems, that due to issues such as spatial resolution, but mainly by the temporal resolution and availability of good quality images during the period of cultivation. Thus, this study aims to identify the variability of the values of MODIS / EVI, defining and evaluating characteristic subgroups from clustering techniques depending on the levels and quality of phenological cycles of agricultural crops in the Plateau region of Guimarães, in state of Mato Grosso, through analysis of multi-temporal images of the Terra MODIS sensor system. The methodology consisted in the systematic analysis of EVI of main agricultural crops, together with monitoring of phenological development by periodic fieldwork. The similarity of the time profiles of EVI was examined from a Hierarchical cluster analysis, and thus, generated similar subclasses for each culture. The pixel selection of images, from the quality indicators *Quality Assurance* (QA). The results demonstrated a hardship on estaber groupings, ie due to lack of information (pixel values) in crucial moments, such as the time of greatest phenological development of some crops. Sense necessary to establish the arbitrary grouping definition.

**Palavras-chave:** remote sensing, vegetation index, crops, sensoriamento remoto, índice de vegetação, culturas agrícolas.

### **1. Introdução**

Atualmente existe uma constante e crescente demanda por informações agrícolas atualizadas, gerando uma maior necessidade de monitoramento para compreender melhor sua evolução espaço-temporal. A disponibilidade das imagens do sensor MODIS, com moderada resolução espacial, porém alta resolução temporal (Justice, 2002), vem sendo proposta, visando melhorar os resultados do mapeamento e monitoramento de áreas de cultivo e de previsão da produção agrícola (Rudorff et al., 2007; Epiphanyo et al. 2010)

No Centro Oeste brasileiro, em virtude de ser mundialmente relevante na produção de commodities agrícolas (Helfand, & Rezende, 1998), vem sendo desenvolvidas e adaptadas várias técnicas de monitoramento por satélites de produção agrícola (Brown et al., 2007; Rudorff et al., 2007; Epiphanyo et al. 2010). Entre estas técnicas pode-se destacar: análise de mistura espectral (*spectral unmixing*) (Odzdogan, 2010); classificação supervisionada, como as baseadas na orientação a objetos (Vintrou et. al., 2010); a aplicação de algoritmos da análise de series temporais nos processos classificatórios (Rudorff et. al., 2007; Hird & Mcdermid, 2009); assim como a *Spectral-temporal response surface* (STRS) aplicada por Epiphanyo et al. (2010).

Entre outros fatores, o sucesso da classificação supervisionada de culturas agrícolas com imagens MODIS, pode ser alcançado principalmente em função das características fenológicas dos alvos e da disponibilidade de imagens em uma qualidade satisfatória durante o ciclo de cultivo (preparo de solo - plantio - colheita).

Os estádios do desenvolvimento fenológico de uma cultura agrícola, interferem diretamente na sua refletância, podendo estabelecer uma separabilidade entre as culturas agrícolas, gerando assinaturas espectrais distintas, fator primordial para qualquer classificação temática.

Portanto, não basta somente uma análise isolada de assinaturas de uma mesma cultura para preparar uma classificação de resultado satisfatório. Deve-se, pelo contrário, garantir representatividade amostral para englobar todos os comportamentos espectrais das culturas, durante seu ciclo de desenvolvimento, averiguando com isto, diferentes características numa mesma cultura agrícola.

Esse desafio fica com maior complexidade, devido ao período do desenvolvimento das culturas coincidirem com o período de maior intensidade de chuvas na região, causando assim uma deterioração sistemática das informações espectrais disponíveis que poderiam caracterizar os estágios fenológicos das culturas. As deteriorações dos sinais da superfície a ser classificada podem possuir níveis diferentes, variando, no caso dos produtos compostos do sistema MODIS (MOD13), do uso de pixels gerados a partir de uma passagem distante do nadir ou, até no extremo, a indisponibilidade de pixels sem cobertura de nuvens densas ou de sombras das mesmas, projetadas sobre a lavoura em questão.

Diante da confluência de todos estes fatores, a hipótese deste estudo é que uma avaliação temporal das curvas de reflectância espectrais das principais culturas agrícolas, assim como da influência da qualidade das imagens MODIS em virtude da cobertura de nuvens sejam fundamentais para a escolha de imagens propícias para uma classificação supervisionada.

Dessa maneira, tem-se como objetivo, identificar a variabilidade dos valores do MODIS/EVI, definindo e avaliando subgrupos característicos a partir de técnicas de agrupamentos em função dos níveis de qualidade e dos ciclos fenológicos das culturas agrícolas na região Planalto dos Guimarães em Mato Grosso.

## 2. Metodologia de Trabalho

Localizada no sudeste mato-grossense, entre os paralelos 15° 21' 04'' e 16° 12' 02'' S e meridianos 54° 52' 12'' e 55° 48' 43'' W, a área de estudo (Figura 1) é caracterizada por ter aptidão agrícola, graças ao clima propício e relevo relativamente plano (Ross & Santos, 1982; Seplan, 2000). A produção agrícola, a partir principalmente do cultivo da soja, milho, algodão e cana-de-açúcar, além da pecuária (aves, bovinos e suínos), representa a base econômica da região.

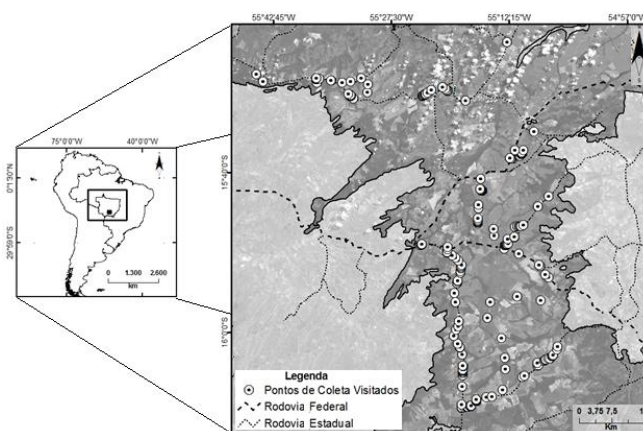


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Foram realizadas 14 campanhas de campo. Com especial atenção à primeira, com duração de 32 dias (compreendido entre 30 de janeiro a 03 de março de 2011), possibilitando uma melhor compreensão da dinâmica da atividade agrícola. O que consequentemente subsidiou a definição, de 38 áreas (pontos) amostradas.

Também foram utilizadas para esta etapa, com objetivo de escolher pontos (áreas) com maior representatividade espacial, imagens de satélite (Landsat5 TM e do sensor MODIS produto MOD13Q1).

A partir de então foram realizadas, de maneira regular, 13 campanhas de coletas em campo, compreendidas entre abril e julho de 2011, com intervalo de 10 dias entre cada visita.

A visualização de maneira esquemática dos procedimentos metodológicos, observada na Figura 2, indica que as análises das curvas espectrais das principais culturas agrícolas aqui apresentadas são baseadas no produto MOD13Q1 (Índice de Vegetação EVI, 250 metros) a partir de 7 conjuntos de qualidade *Quality Assurance* (QA), oriundos de 23 recortes de imagens do *tile* h12v10 para o período compreendido entre 09/2010 a 08/2011. As referidas imagens foram adquiridas gratuitamente na NASA EOSDIS (<http://reverb.echo.nasa.gov/>).

Originalmente, estas imagens estão no formato HDF e com projeção Sinusoidal. Para convertê-las ao formato Geotiff e projeção Geográfica (Datum WGS 84), foi utilizado o aplicativo MODIS Reprojection Tools (MRT).

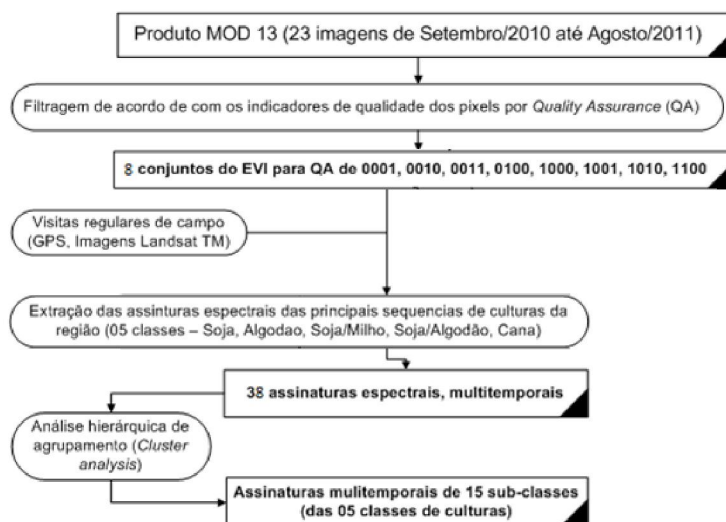


Figura 2. Visão geral dos procedimentos metodológicos aplicados

Para a análise dos perfis temporais foram então gerados sete conjuntos de imagens multitemporais, de acordo com o Índice de Qualidade QA, dos níveis 0001, 0010, 0011, 0100, 1000, 1010, 1100. As bandas do QA possuem valores em codificação binária, diferenciando a qualidade de cada pixel em cada uma das classes.

O procedimento da extração desses conjuntos foi automatizado a partir de um algoritmo, linguagem *Python*, desenvolvido por Gripp (não publicado), que identifica para cada pixel e o seu respectivo valor QA.

Sendo assim, a partir de uma máscara com 38 polígonos de amostragem, foram extraídas, como o auxílio do programa ENVI (versão 4.6), os valores dos pixels para assim, gerar perfis temporais das 23 cenas de cada padrão de qualidade.

Foram então, extraídos os perfis temporais espectrais multi-temporais, a partir de cada conjunto, para as áreas de treinamento regularmente visitadas em campo. Gerando então 38 assinaturas originais, que a partir de análises de agrupamento (cluster) que classificou um

conjunto de objetos (áreas de treinamento com suas respectivas medias e desvios padrões) em grupos ou categorias (Macqueen, 1967).

Resultaram deste agrupamento 15 assinaturas separadas, denominadas aqui de subclasses. O método aplicado (*TreeClustering*) a partir do software Statistica (StatisticaInc) é do tipo aglomerado ou ascendente (*bottomup*), no qual são gerados inicialmente  $n$  subgrupos (de um único indivíduo cada), que são submetidos em seguida a sucessivas fusões de subgrupos considerados “semelhantes”. Cada fusão reduz, em uma unidade, o número de subgrupos (Hastie et al. 2009). A representação gráfica usual das sucessivas fusões de subgrupos num método de classificação hierárquica é através de um dendrograma, i.e., de uma representação em forma de árvore.

Para o agrupamento foi utilizada a Distancia Euclidiana, amplamente utilizada para problemas de agrupamento e que consiste na distancia geométrica em um espaço multidimensional, dada pela equação 1:

$$Distância_{eucl}(X, Y) = [\sum_i (X_i - Y_i)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

De acordo com o agrupamento das áreas de treinamento estabelecido, foram aglomerados os pixels em vários subconjuntos de uma única cultura. Estes subconjuntos, com características espectrais multitemporais similares foram utilizadas para as visualização e análises estatísticas consecutivas.

### 3. Resultados e Discussão

Inicialmente ao utilizar todas as imagens (num total de 23, no período compreendido entre 29 de agosto de 2010 a 28 de agosto de 2011), num ensaio de agrupamento, percebeu-se, a partir de uma análise prévia das assinaturas espectrais, que imagens anteriores ao início de novembro, incluem de maneira residual, informações de lavouras/safras anterior, neste caso 2009/2010. Imagens anteriores à primeira quinzena de novembro de 2010, foram desconsideradas para o agrupamento, pois as mesmas não estavam subsidiando espectralmente o agrupamento das assinaturas.

Assim, definiram-se um total de 15 imagens (ver Tabela 1), como sendo de relevância para o monitoramento do ciclo das culturas. Estas imagens são de um período compreendido entre a segunda quinzena de novembro de 2010 até a primeira quinzena de julho de 2011.

A ausência de falhas é fundamental para o uso dos atributos de classificação em uma AAH. No uso do conjunto do QA 0001, somente 04 das 15 imagens atenderam a este pré-requisito.

Como se observa na tabela acima, o cálculo das médias, considerando todas as áreas de treinamento, somente foi possível a partir do conjunto QA 1000. E ainda assim, algumas áreas de treinamento persistiram com reduzido número de pixels.

Os conjuntos QA 1001, 1010 e 1100, possuem, em suas áreas de treinamento, os mesmos valores válidos em todos os pixels. Sendo assim, os conjuntos QA 1010 e 1100, por serem idênticos ao conjunto QA 1001, não foram efetuados agrupamentos com os mesmos.

Diversos testes de agrupamento foram realizados, todos baseados nas médias do EVI, calculados para os dados das assinaturas previamente padronizados para evitar distorções na determinação da distância euclidiana. A função de ligamento foi do tipo “Ligamento simples” e as saídas na visualização nos dendrogramas, escalonadas.

Sabe-se que os meses com baixa cobertura de nuvens coincidem principalmente com o período seco e de transição. Acabando por não coincidir ou representar, em sua maioria, ao principal momento do desenvolvimento fenológico das culturas.

Como consequência, o nível de aglomeração das áreas de treinamento nas mesmas classes (Culturas/Sequências de culturas) acaba por ser baixo. Existindo um alto nível de sobreposição entre os valores de EVI dos talhões de diferentes culturas/classes.

Entretanto, para estes agrupamentos (Figura 3) além das 15 imagens que foram consideradas relevantes, optou-se também por incluir mais 3 (três) imagens, que compreendem o período entre 12 de julho a 28 de agosto de 2011.

Esta decisão foi pautada no fato deste pequeno período concentrar somente a safra em questão, seguida do vazios sanitário, sendo, portanto, inócuo em relação ao agrupamento. Podendo, inclusive, colaborar, por talvez reconhecer algumas culturas de segunda safra tardia.

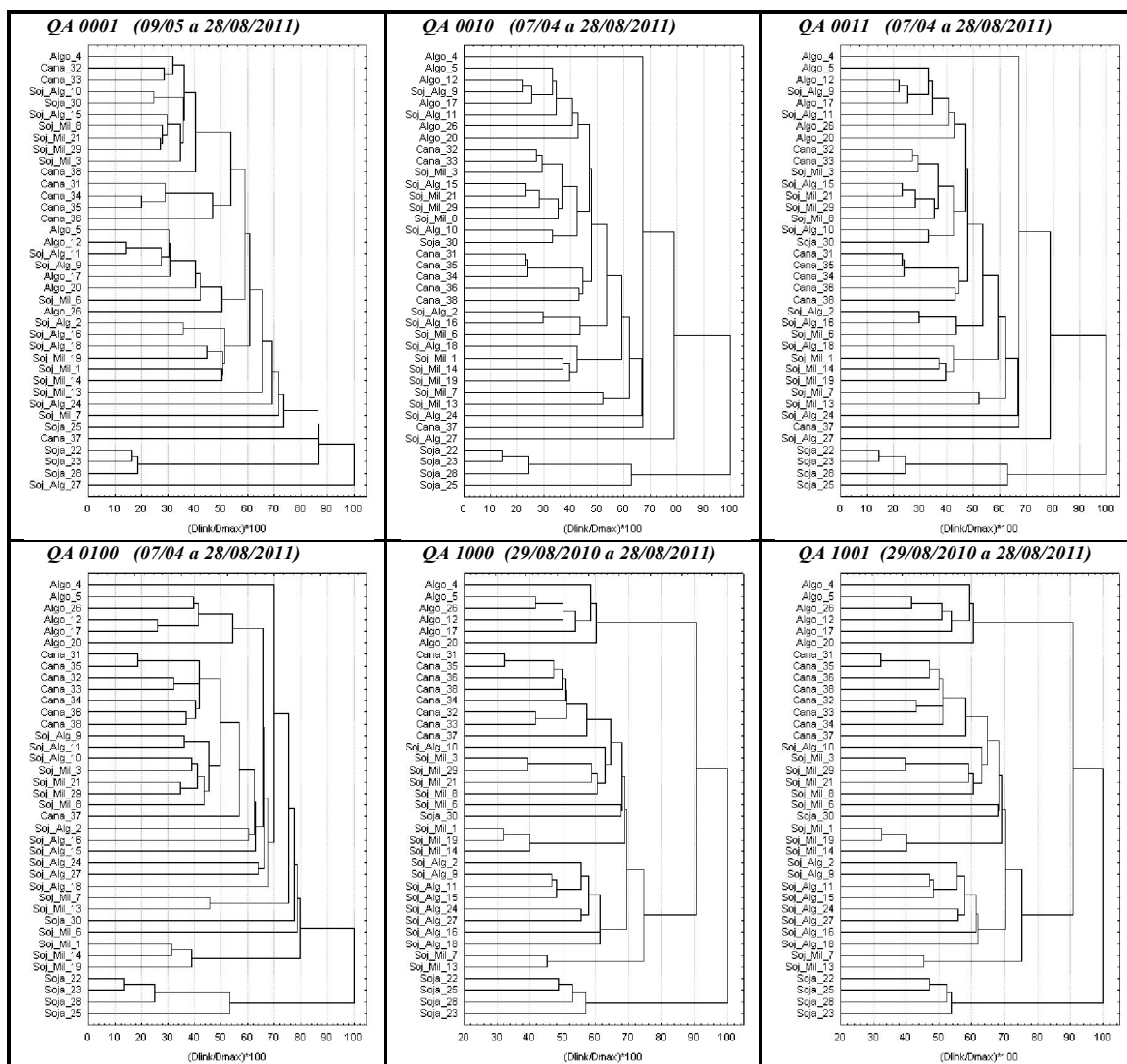


Figura 3. AAH das áreas de treinamento por conjunto de imagens QA

Nas amostras coletadas, definem-se os agrupamentos que representam as classes a partir das médias da banda EVI para cada conjunto de índice de qualidade (QA). Para que se possa fazer este agrupamento, é necessário que não possua nenhuma falha (falta de dados) de informações dos pixels nestas áreas de treinamento amostradas.

Tabela 1. Pixels válidos nas áreas de treinamentos em imagens relevantes.

Nível qualidade	Nº. Imagens com valores em todas as áreas por total de imagens	Imagens com valores em todas as áreas (%)	Pixels validos nas áreas de treinamento (%)
QA0001	04 (15)	53,33	45,38
QA0010	06 (15)	67,37	60,88
QA0011	06 (15)	81,40	68,41
QA0100	08 (15)	91,75	78,77
QA1000	15 (15)	100	98,56
QA1001	15 (15)	100	99,76
QA1010	15 (15)	100	99,76
QA1100	15 (15)	100	99,76

Como não foi possível encontrar, entre a segunda quinzena de novembro de 2010 e, a primeira quinzena de abril de 2011, nenhuma imagem nos níveis de melhor qualidade, e também para não escolher um nível de diminuta qualidade, optou-se pelo agrupamento da distância euclidiana de ligamento do tipo Simples de um nível de qualidade médio no caso o QA 0100.

Utilizando um valor de corte com distância de ligamento variável, foram agrupados 18 subclasses para o conjunto extraído para um QA de 0100. Este agrupamento somente considera áreas de treinamento que possuem maior semelhança com áreas de treinamento da mesma classe de cultura.

Devido a este grande número de subclasses, foi efetuado também agrupamento, que reúne áreas de treinamento da mesma classe com valor relativo de ligamento  $(D_{link}/D_{max}) * 100$  abaixo de 50, mesmo se estas, de certa maneira, confundiram-se com áreas de treinamento de outras classes (Figura 4).

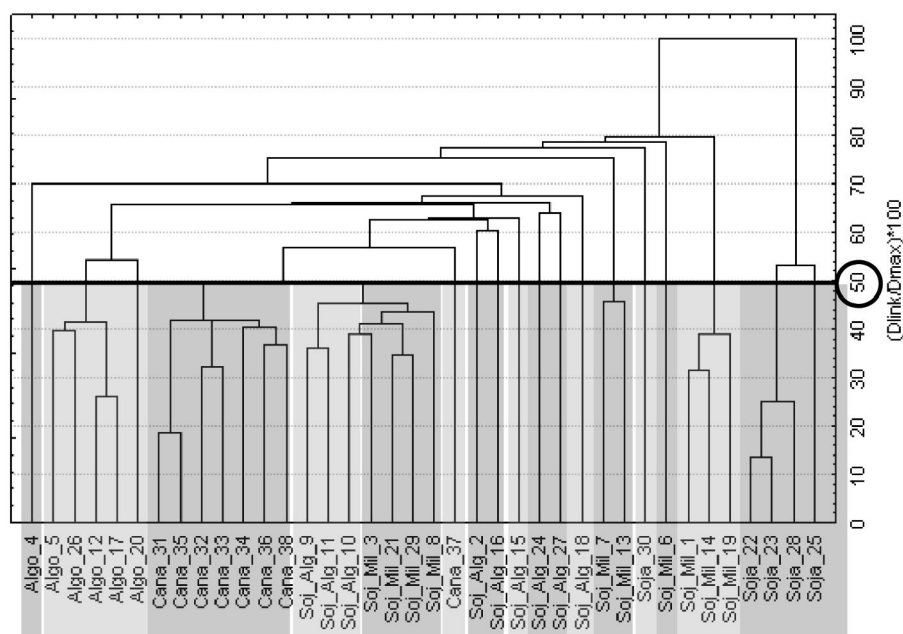


Figura 4. AAH das áreas de treinamento no QA 0100.

A aglomeração ainda é limitada devido às classes de Soja/Algodão e Soja/Milho, cujos valores de EVI se confundem fortemente. Explica-se esta situação, pelo motivo exposto anteriormente, o caso das falhas nos conjuntos de melhor qualidade. O agrupamento do QA 0100 foi elaborado com base em imagens de abril até agosto de 2011, período de safreina, faltando neste caso, informações essenciais provenientes da primeira safreina.

Em função desta baixa aglomeração, foram previamente selecionadas imagens com maior potencial de diferenciação/similaridade em áreas de treinamento de mesma cultura agrícola.

Baseando-se em observações nas campanhas de campo, e também em precedentes trabalhos como o de Silva (2010) e Costa et. al. (2013), incluindo pixels até um QA de nível 0100 e utilizando uma distância máxima de ligamento de 50, esse agrupamento final resultou em 15 (quinze) subgrupos representando as cinco classes. Esta sintetização permitiu a redução de uma subclasse Soja Algodão e duas na Soja Milho (Tabela 2).

Tabela 2. Aglomeração final de áreas de treinamento em sub-classes das principais culturas agrícolas para o conjunto MOD13Q1 QA 0100

Classe de Cultura	Sub-classe	Áreas de treinamento
Algodão	Algodão_1	Alg_4
	Algodão_2	Alg_5, Alg_12, Alg_17, Alg_20, Alg_26
Soja/Algodão	Soja_Algodão_1	So_Al_9, So_Al_10, So_Al_11
	Soja_Algodão_2	So_Al_2, So_Al_16,
	Soja_Algodão_3	So_Al_15
	Soja_Algodão_4	So_Al_24, So_Al_27
	Soja_Algodão_5	So_Al_18
Soja/Milho	Soja_Milho_1	So_Mi_3, So_Mi_8, So_Mi_21, So_Mi_29
	Soja_Milho_2	So_Mi_7, So_Mi_13
	Soja_Milho_3	So_Mi_6
	Soja_Milho_4	So_Mi_1, So_Mi_14, So_Mi_19
Cana de Açúcar	Cana_1	Can_31– Can_36, Can_38
	Cana_2	Can_37
Soja	Soja_1	Soj_22, Soj_23, Soj_25, Soj_28
	Soja_2	Soj_30

#### 4. Conclusões

Evidenciou-se que o desenvolvimento fenológico, dos cultivos observados na área de estudo, está intrinsecamente relacionado a diversos fatores que podem influenciar e definir as características das culturas agrícolas. Neste sentido, as campanhas de campo exploratórias e sistemáticas, demonstraram ser extremamente significativas, já que o levantamento de informações *in locu*, possibilitou fundamentar toda a compreensão relacionada ao tema.

Fatores como a época de semeadura, o tipo e manejo do solo, o tipo de cultura e a variedade plantada têm grande influência no desenvolvimento da planta, e por conseguinte, na reflectância encontrada no EVI. Sendo constatados diferentes comportamentos nos valores do EVI em uma mesma classe. Portanto, tem-se um quadro onde os cultivos agrícolas, inseridos numa mesma classe, podem ter desenvolvimento fenológicos diferenciados, dando conformação distinta e que por sua vez é observado no comportamento dos valores do EVI tendo inclusive que, a partir de uma mesma classe (mesmo cultivo agrícola), criar subclasses, para poder captar toda variabilidade espaço-temporal de uma categoria de cultivo.

Por outro lado, e apesar da utilização do produto MODIS 13, composto por imagens de 16 dias, existe, em função das condições climáticas específicas da região, uma grande dificuldade em encontrar pixels válidos em níveis de qualidade mais elevados. Este problema é acentuado pelo fato das falhas se localizarem em sua maioria, justamente entre a segunda quinzena de dezembro e a primeira quinzena de janeiro, onde geralmente acontece o máximo

desenvolvimento vegetativo dos cultivares de primeira safra, época com maior potencial da sua separação.

As análises realizadas mostraram que uma não-consideração e avaliação da qualidade dos pixels podem aumentar, de maneira significativa, erros de classificação. Imagens com inclusão de um elevado número de pixel de menor qualidade possuem valores médios do valor t fortemente reduzidas. Recomenda-se, portanto, que ao se fazer estudos com o sistema sensor MODIS, relacionado ao monitoramento agrícola, é necessário avaliar a qualidade dos pixels que compõem o composto temporal, isso através da banda disponibilizada no produto MOD13Q1.

## Referências Bibliográficas

- Costa, L. M. M.; Souto, R. N. V.; Zeilhofer, P. Mapeamento de culturas agrícolas por imagens de satélite multi-sensoriais na região sul do Estado de Mato Grosso. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: União da Geomorfologia Brasileira, 2013. p. 47-50.
- Epiphanyo, J. C. N.; Luiz, A. J. B.; Formaggio, A. R. Estimativa de áreas agrícolas municipais, utilizando sistema de amostragem simples sobre imagens de satélite. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p.187-197, 2002.
- Hastie, T. J. et. al. **The Elements of Statical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction**. New York: Springer, 2009. 745 p.
- Helfand, S. M.; Rezende, G. C. **Mudanças na distribuição espacial da produção de grãos, aves e suínos no Brasil: o papel do Centr-Oeste**. Rio de Janeiro: IPEA, 1998. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2709/1/td\\_0611.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2709/1/td_0611.pdf)> Acesso em: 01.jul. 2012
- Hird, J. N.; Mcdermid, G.J. Noise reduction of NDVI time series: an empirical comparison of selected techniques. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, p. 248-258, 2009.
- Justice, C.; Townshend, J. Special issue on the moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): a new generation of land surface monitoring. **Remote Sensing of Environment**, v.83, p.1-2, 2002.
- Macqueen, J. B. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In: Lecam, L. M.; Neyman, J. (Orgs). **Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistic and robability**, Berkley: University of California Press, 1967. p. 281-297
- Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Disponível em <<http://modis.gsfc.nasa.gov>> Acesso em: 13 jun. 2011.
- Ozdogan, M. The spatial distribution of crop types from MODIS data: Temporal unmixing using Independent Component Analysis. **Remote Sensing of Environment**. v. 114, p.1190-1204, 2010
- ROSS, J. L. S.; SANTOS, L. M. Levantamento dos Recursos Naturais 26: Geomorfologia, In: **Projeto RADAMBRASIL, Folha SD-21, Cuiabá. Rio de Janeiro, M.M.E.-SG**. p. 193-256, 1982.
- Rudorff, C. M. et al. Superfícies de resposta espectro-temporal de imagens do sensor MODIS para classificação de área de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**. v.37, p.118-125, 2007.
- Seplan - Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso**. Cuiabá: SEPLAN, 2000.
- Silva, M. A. **Análise da assinatura temporal de índices de vegetação de culturas agrícolas e remanecentes florestais na bacia do médio e alto Teles Pires-MT**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - UFMT, Cuiabá, 2010.
- Vintrou, E. et al. Crop area mapping in West Africa using landscape stratification of MODIS time series and comparison with existing global land products. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 14, p. 83-93, 2010.