

## Influência da área do objeto no comportamento temporal de áreas de desmatamento, utilizando imagens MODIS/NDVI

Nathália Silva de Carvalho<sup>1</sup>  
Carolina Gusmão Souza<sup>1</sup>  
Luis Marcelo Tavares de Carvalho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras - UFLA  
Caixa Postal 3037 - 37200 000 - Lavras - MG, Brasil  
{nathalia.bioufla, carolzinhausmao}@gmail.com, passarinho@dcf.ufla.br

**Abstract.** Multi-temporal analyzes allow monitoring of changes of different surface features. The aim of this study was to identify the influence of object size on the ability to detect abrupt and gradual changes in vegetation along a time series. The product MOD13Q1 was used, being acquired all images available between 2000 and 2011 using all NDVI images. The object of study was defined considering the size of the deforested area and extraction of an object of vegetation was also made, being used as reference in the analysis. To evaluate the influence of the size variation in the behavior MODIS/NDVI time series, the deforestation object was divided into six smaller units. The analyses of the gradual and abrupt changes were performed using the algorithm BFAST (*Breaks For Additive Seasonal and Trend*). The temporal behavior was assessed using the average and minimum values of the objects and to identification of breakpoints, the parameter representing the size of the smallest segment to detect potential breaks ( $h$ ), was set to 0.09 and 0.15. The best results for the trend, were obtained using the average values of objects and  $h = 0.09$  providing a better detail on gradual and abrupt changes. The behavior of breakpoints was similar for all objects, except for the first (initial size equal to 100%). For seasonality component, temporal signatures between deforestation and the object reference of vegetation were best distinguished by using the minimum values. The results show that the methodology applied was efficient for detecting abrupt and gradual changes in object-based analysis.

Palavras-chave: MODIS, séries temporais, detecção de mudança, temporal series, change detection.

### 1. Introdução

A detecção de mudança consiste na identificação de alterações nas feições da superfície terrestre, através do monitoramento das variações nos valores de reflectância ou radiância ao longo do tempo (Singh, 1989). Devido ao comportamento dinâmico das alterações no uso e cobertura da terra, a aquisição de informações de sistemas de sensoriamento remoto corresponde a uma importante ferramenta para compreensão destes processos ao longo do tempo, fornecendo informações em diferentes escalas geográficas e temporais (Rogan e Chen, 2004).

As análises multi-temporais permitem acompanhar a trajetória destas diferentes feições. Neste caso, a dinâmica é observada através de múltiplas imagens em intervalos de tempo mais longos, possibilitando a identificação de mudanças abruptas e graduais, as quais nem sempre são detectadas em análises bi-temporais (Coppin et al., 2004).

Para o monitoramento de mudanças sazonais e interanuais da vegetação, a utilização de índices como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), representa um dos principais parâmetros para realçar suas alterações, devido ao comportamento contrastante da vegetação entre as regiões do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Além disso, por ser um índice que representa uma razão, a imagem resultante possui uma menor influência de ruídos decorrentes das condições atmosféricas (diferenças no ângulo do sol, iluminação do terreno, sombra de nuvens), o que favorece a sua aplicação em análises para detecção de mudança.

No Brasil, o monitoramento sistemático das modificações nos ecossistemas tem sido realizado principalmente para o bioma Amazônia, no qual o monitoramento é realizado desde 1988 pelo Programa de Cálculo do Desmatamento da Amazônia (PRODES). Entretanto,

biomas como o Cerrado, considerado um *hotspot* para conservação (Myers et al., 2000), ainda não existem informações sobre a dinâmica a longo prazo das mudanças na cobertura da terra.

Dessa maneira, com a disponibilização do extenso arquivo do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) com registros das dinâmicas na superfície terrestre ao longo do tempo e as informações provenientes deste índice, imagens MODIS/NDVI permitem o acompanhamento temporal das mudanças sazonais e interanuais da vegetação. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi identificar a influência do tamanho do objeto na capacidade de detecção de mudanças abruptas e graduais ao longo de uma série temporal no Cerrado mineiro.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada no norte de Minas Gerais. As formações vegetais são caracterizadas por fitofisionomias do Cerrado, com uma predominância do Cerrado *Sensu Strictu* e Campo Cerrado, além da presença de manchas de veredas (Figura 1). E como consequência da antropização da área, a paisagem é constituída por mosaicos de vegetação inseridos em uma matriz de áreas agrícolas, manejo florestal, desmatamentos e queimadas.

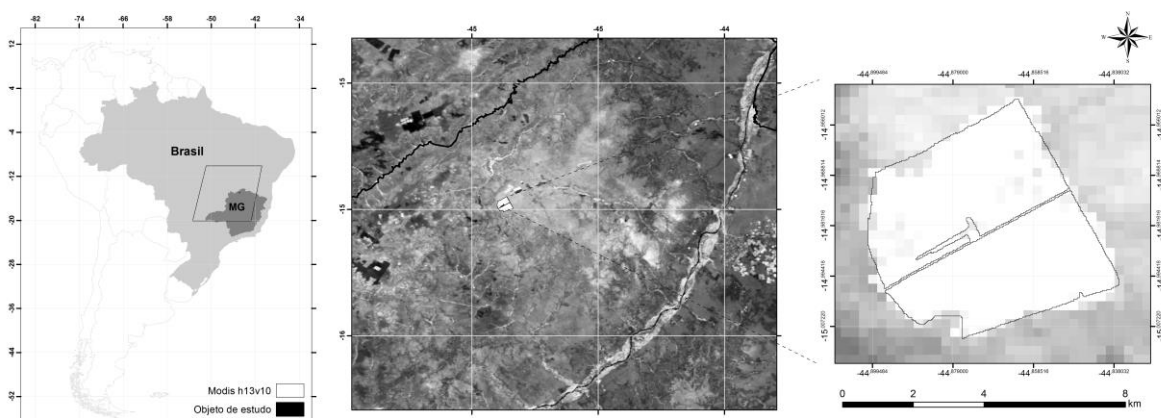


Figura 1. Área de estudo. Representação do objeto de desmatamento no ano de 2011, em uma imagem MODIS/NDVI.

### 2.2 Aquisição dos dados e pré-processamento

O sensor MODIS está bordo dos satélites Terra e Aqua, lançados pela NASA (*National Aerospace and Space Administration*) em 1999 e 2002, respectivamente. Os dados coletados integram o banco de dados do programa *Earth Observing System* (EOS), o qual tem o intuito de monitorar as mudanças ocorridas na superfície terrestre, atmosfera e oceanos. O imageamento é feito ao longo de 36 faixas do espectro eletromagnético, compreendidas entre 0,407-14,385  $\mu\text{m}$ , com resolução espacial variando entre 250, 500 e 1000 m, apresentando alta frequência temporal (ciclo de revisita de 1-2 dias).

Neste trabalho foi utilizado o produto MOD13Q1, o qual possui uma resolução espacial de 250 m. Este produto é derivado de uma composição de 16 dias, representando os melhores pixels obtidos neste período. Para análise dos dados, a partir do portal U.S. Geological Survey (<https://mrtweb.cr.usgs.gov/>), foram adquiridas gratuitamente todas as imagens disponíveis entre 2000 e 2011, totalizando 273 imagens. Posteriormente, todas as imagens NDVI deste produto, foram processadas utilizando o *software MODIS Re-projection Tools* (MRT), sendo

reprojetadas para Universal Transversa de Mercator (UTM, zona 23S), considerando um subset correspondente à imagem TM da área de estudo. Em seguida, todas as imagens NDVI foram empilhadas para compor uma série temporal estendendo-se entre 2000-2011.

No programa *eCognition Developer 8.7* foi realizada uma segmentação multiresolução da imagem Landsat-5 TM órbita/ponto 219/070 adquirida em 12/09/2011, a qual possui uma resolução espacial de 30 m, obtida a partir do portal *Earth Explorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Foram utilizadas as bandas 1-5 e 7, considerando um fator de escala 180 e atribuindo aos parâmetros forma e compacidade, os valores de 0,1 e 0,9, respectivamente. Em seguida, foi aplicado o algoritmo diferença espectral para unir objetos vizinhos semelhantes.

Esta segmentação foi utilizada para a definição do objeto de estudo, considerando o tamanho da área desmatada e também para extração de um objeto de vegetação, utilizado como referência nas análises. Para avaliar a influência da variação do tamanho no comportamento temporal na série MODIS/NDVI, o objeto de desmatamento foi dividido em unidades menores, conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1. Tamanho dos objetos para o desmatamento, utilizados nas análises temporais. O tamanho do objeto é relativo ao tamanho inicial, variando a área de 100% até a menor unidade, representada por um único pixel.

Objeto	Área (ha)	Porcentagem (%)	Pixels
1	2836,08	100	454
2	1330,2	47	213
3	588,11	19,41	94
4	358,38	12,63	57
5	138,65	4,88	22
6	6,25	2,20	1

### 2.3 Análise da série temporal

A fim de avaliar as mudanças graduais e abruptas do objeto na série temporal, foi utilizado o algoritmo BFAST (*Breaks For Additive Seasonal and Trend*), desenvolvido por Verbesselt et al. (2010). Este algoritmo decompõe a série temporal, em três componentes: tendência (Tt), sazonalidade (St), e ruído (et). Sua fórmula pode ser expressa como:

$$Y_t = T_t + S_t + e_t, t = 1, \dots, n \quad (1)$$

Onde:  $Y_t$  são os dados observados no tempo  $t$ ,  $T_t$  é o componente de tendência,  $S_t$  é o componente sazonal, e  $e_t$  é o restante do componente ou ruído. As mudanças são detectadas através da identificação de pontos de quebra resultantes do processo de decomposição da série.

Para avaliar o comportamento temporal, foram utilizados os valores médios e mínimos de cada objeto. Além disso, com o intuito de identificar os *breakpoints* (pontos de interrupção na série temporal) no modelo de tendência, o parâmetro que representa o tamanho do menor segmento para detectar potenciais quebras ( $h$ ), foi definido como 0,09 e 0,15 (valores definidos empiricamente).

### 3. Resultados e Discussão

A comparação entre os perfis temporais das séries NDVI entre o objeto de vegetação (referência) e o objeto de desmatamento, permitiu identificar que entre os anos 2005-2007,

ocorreu uma mudança do tipo de cobertura da terra no objeto avaliado, devido à redução do valor de NDVI neste período (Figura 2), independente do tamanho analisado. Esta alteração é evidenciada em ambas as séries construídas com os valores médios e mínimos. Além disso, também é possível observar que há uma maior influência de imagens com ruídos nas séries contruídas com os valores mínimos, os quais são identificados como declínios abruptos nos valores originais, e em seguida, o retorno ao padrão anteriormente observado ao longo da série (Figura 3).

A partir das variações no valor NDVI ao longo da série, é possível observar os intervalos ao longo do tempo em que as mudanças ocorreram. Contudo, a análise do componente de tendência, permite uma identificação mais precisa dos principais pontos de interrupção ao longo da série (*breakpoints*), além de evidenciar a magnitude destas mudanças (Figura 4).

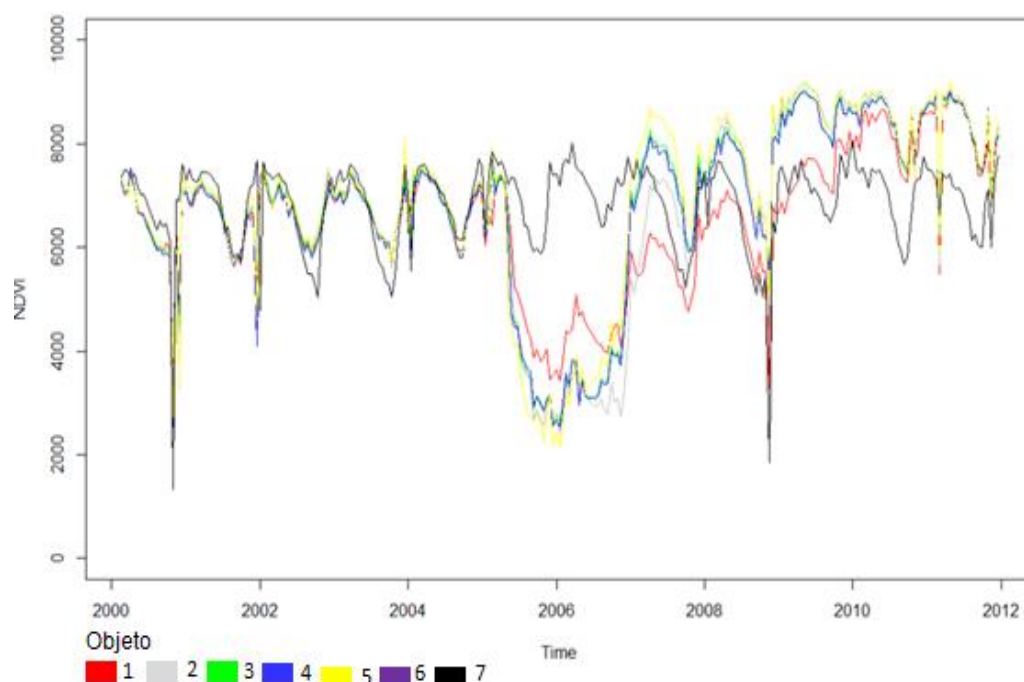


Figura 2. Série MODIS/NDVI para o período de 2000-2011, utilizando os valores médios dos objetos. Está representado o objeto de desmatamento em diferentes tamanhos (1-6), comparados ao objeto de referência (7).

Os melhores resultados para a análise deste componente foram obtidos utilizando os valores médios. Neste caso, o comportamento dos *breakpoints* ao longo da série é semelhante para todos os objetos, exceto para o primeiro (tamanho inicial igual a 100%). Embora, os objetos 2-5, representam áreas inferiores a 50% do tamanho do objeto inicial, estes ainda incluem uma extensa região, compreendendo no mínimo 213 pixels do sensor MODIS. Entretanto, ainda assim, estes apresentaram um comportamento semelhante ao objeto 6 (constituído por um único pixel).

Diante disso, com o intuito de identificar mudanças temporais é possível inferir que a utilização dos valores médios de objetos com tamanho máximo semelhante a este definido, podem ser representativos no comportamento espectral de um conjunto de pixels. Dessa maneira, análises baseada em objeto para detecção de mudanças conseguem captar as variações semelhantes a análises baseada em pixel, com a vantagem de obter unidades de estudo mais homogêneas e com menor influência de erros de registro, os quais podem conduzir à detecção de falsas mudanças (Chen et al., 2014)

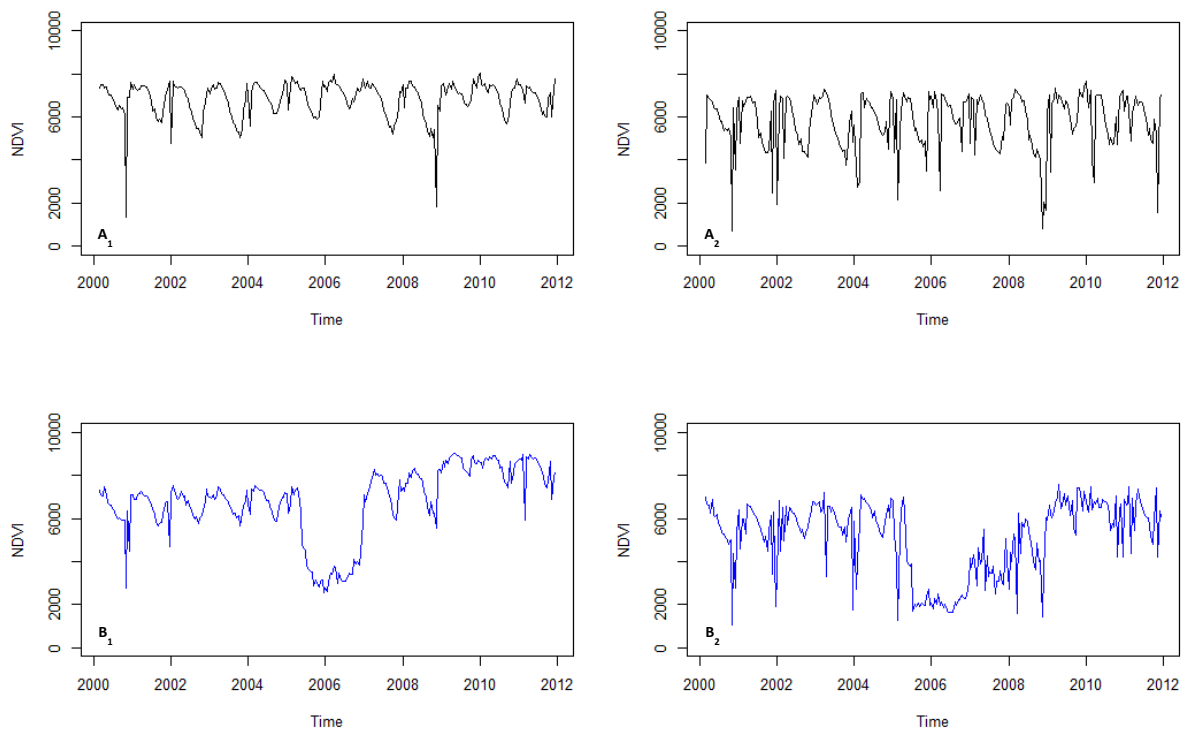


Figura 3. Comportamento do NDVI ao longo da série temporal. A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub> representam o comportamento do objeto de referência (vegetação) e B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> o comportamento para o desmatamento (objeto 3), considerando os valores médios e mínimos em ambos os casos, respectivamente.

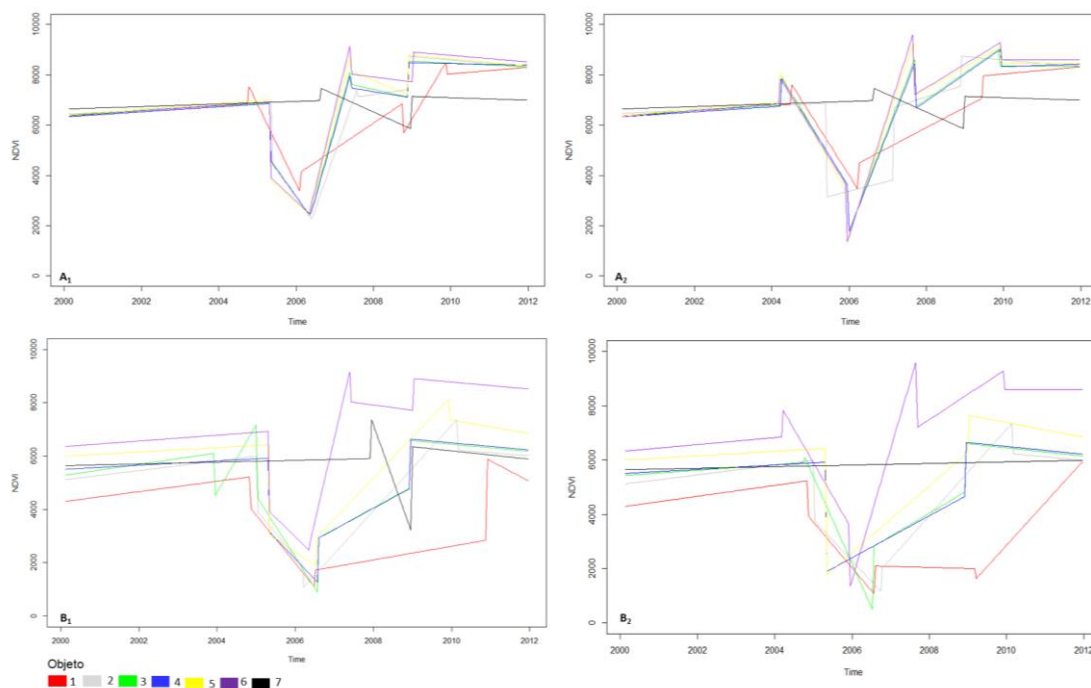


Figura 4. Identificação dos *breakpoints* ao longo da série temporal. A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub> representam a análise do componente de tendência considerando os valores médios e B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> os valores mínimos, considerando os parâmetros 0,09 e 0,15 em ambos os casos, respectivamente. Está

representado o objeto de desmatamento em diferentes tamanhos (1-6), comparados ao objeto referência (7).

A partir de análise visual da dinâmica do objeto entre 2000-2011, foram identificadas 4 mudanças abruptas neste período. Os *breakpoints* identificados pelo componente de tendência foram correspondentes às mudanças previamente identificadas, para todas as análises. Além disso, independente do parâmetro estatístico (média ou mínimo) ou do valor de ruptura entre os segmentos ( $h = 0,09$  ou  $0,15$ ), o número de *breakpoints* detectados foi semelhante para os objetos 2-6 e sempre superior ao observado para o primeiro objeto (Tabela 2).

Tabela 2. Número de mudanças abruptas detectadas a partir do componente de tendência da série temporal, considerando os valores médios e mínimos e os parâmetros 0,09 e 0,15.

Objeto	Média		Mínimo	
	0,09	0,15	0,09	0,15
1	1	1	2	0
2	3	2	2	2
3	3	3	2	2
4	3	3	2	2
5	3	3	2	2
6	3	2	3	2

Os melhores resultados para identificação de mudanças abruptas e graduais em função do tamanho do objeto e do segmento de ruptura foram obtidos utilizando os valores médios e com  $h=0,09$ . Neste caso, em todos os objetos foram identificados três *breakpoints* em relação às mudanças abruptas definidas pela análise visual, exceto para o primeiro objeto. Embora, a redução do tamanho do objeto conduziu a um aumento na magnitude da mudança identificada, a localização dos *breakpoints* ao longo do componente de tendência permaneceu semelhante.

De maneira geral, a utilização dos valores mínimos forneceu informações sobre a condição inicial e final do objeto, uma vez que, os *breakpoints* identificados correspondem à primeira (desmatamento) e quarta (eucalipto) mudança ocorrida no período analisado. Enquanto que, os valores médios forneceram um maior detalhamento da dinâmica do objeto, no qual mudanças graduais na conversão da cobertura do solo, também foram identificadas.

A análise do componente de sazonalidade evidencia que há uma maior amplitude na variação sazonal do objeto referência (vegetação) em relação ao objeto de desmatamento, (Figura 5). Além disso, também se observa que estas assinaturas temporais foram mais bem distinguidas utilizando os valores mínimos para a composição da série temporal.

O comportamento sazonal corrobora com as diferentes dinâmicas às quais estes objetos estão suscetíveis ao longo do ano. Enquanto que no objeto de desmatamento, há uma maior variação na resposta espectral devido uma maior dinâmica associada à remoção da vegetação, plantio e colheita, as variações no objeto de vegetação ocorrem principalmente devido à influência fenológicas ao longo do ano.

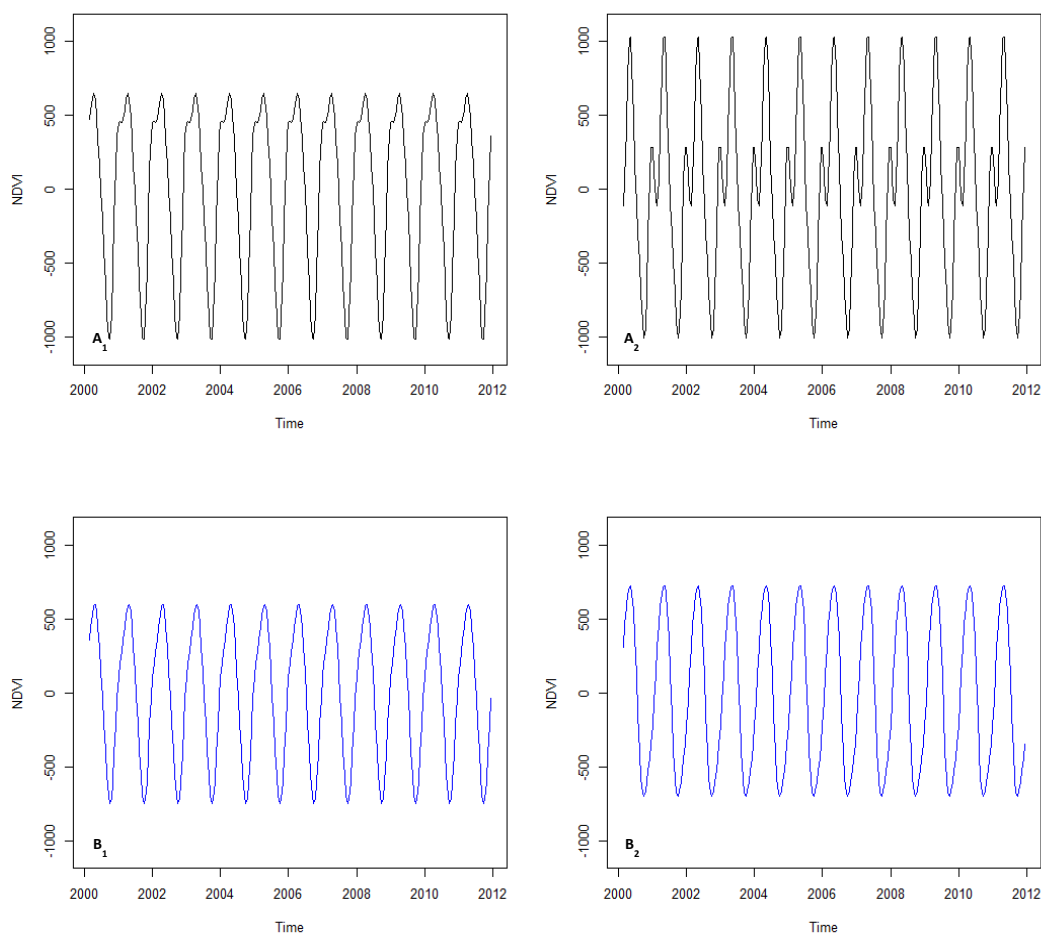


Figura 5. Comportamento sazonal ao longo da série temporal. A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub> representam o comportamento do objeto de referência (vegetação) e B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> o comportamento para o desmatamento (objeto 3), considerando os valores médios e mínimos em ambos os casos, respectivamente.

#### 4. Conclusões

A partir destes resultados, pode-se concluir que o tamanho do objeto influenciou na capacidade de detecção de mudanças abruptas e graduais na vegetação ao longo da série temporal. O perfil temporal foi semelhante para todos os objetos avaliados, exceto para o primeiro objeto, com tamanho inicial igual a 100%.

Os melhores resultados para a componente de tendência foram obtidos utilizando os valores médios dos objetos e com um valor de  $h = 0,09$ . Já para a componente de sazonalidade, os perfis sazonais entre vegetação e desmatamento foram mais bem distinguidos utilizando os valores mínimos.

Diante disso, os resultados obtidos evidenciam que a metodologia aplicada baseada em objeto foi eficiente para detecção de mudanças abruptas e graduais, no bioma Cerrado.

#### 5. Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal – LEMAF pelo apoio na realização dos trabalhos. A Universidade Federal de Lavras e ao

Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

## 6. Referências Bibliográficas

Chen, G., Zhao, K., Power, R. Assessment of the image misregistration effects on object-based change detection. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 87, p. 19–27. 2014.

Coppin, P. et al. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 9, p. 1565-1596. 2004.

Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B. and Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858. 2000.

Rogan, J., and Chen, D.M. Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. **Progress in Planning**, v. 61, n.4, p. 301-325. 2004.

Singh, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, n.6, p.989-1003. 1989.

Verbesselt J, Hyndman R, Newnham G, Culvenor D. Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 1, p. 106–115. 2010.