

Utilização de regressão linear em séries temporais landsat-5 na identificação de desmatamento no município de São Miguel do Araguaia-GO entre 2002 e 2011

Bernard Silva de Oliveira¹
Helber de Carvalho¹
Priscila Midori Miyashita¹
Raissa Daher Alves¹
Carlos Antônio Melo Cristóvão¹

¹ Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos - IMB
Av. República do Líbano, nº 1.945, 4º andar, Setor Oeste, Goiânia – Goiás – Brasil
CEP: 74.125-125
{bernard-so, helber-c, priscila-mm, raissa-da, carlos-amc}@segplan.go.gov.br

Abstract. The Cerrado Biome has suffered intense degradation in the last decades. The State of Goiás, a component of the biome, had its vegetation affected by degradations motivated by agriculture and pasture, with an emphasis on the economic aspect. The use of satellite data associated with Geographic Information Systems has positive experiences in the monitoring of deforestation, and for this reason it is adopted in national research institutions. From this, this work aims to identify areas in the municipality of São Miguel do Araguaia-GO that have undergone deforestation between 2002 and 2011 by means of linear regression in NDVI temporal images of the TM sensor on board the Landsat-5 satellite. The adopted method applies a linear regression in the temporal images of NDVI, extracting the slope of each value of the pixel in relation to the posterior year. Three slope values were defined: 5, 10 and 15 degrees, representing the degrees of sensitivity of the vegetation cover change. It was verified that the value of 5° obtained greater sensitivity of alteration of the vegetation cover of low to high tree density. In the validation, this method obtained an overall precision of 83.13%, 72.18%, 50.9%, 47.62% respectively between 2008 and 2011 done in the value of 5° of slope. In the comparison with another mapping method, such as the Brazilian Biome Deforestation Monitoring Project (PMDDBS), it was verified that the overall accuracy was 66.67% and the Kappa index of 0.3, being therefore suitable for the detection of tree changes. The proposal may be relevant to accompany the transformations in a biome like the Cerrado, which has a great diversity of forest cover.

Palavras-chave: séries temporais, Sensoriamento Remoto, regressão linear, NDVI, índice de vegetação, Landsat, desmatamento

1. Introdução

O Bioma Cerrado apresenta uma área de aproximadamente 2.039.000 km² (Silva et al., 2015), sendo o segundo em biodiversidade do planeta. Consiste em um mosaico heterogêneo de fitofisionomias, abrigando desde gramíneas (com arbustos pequenos esparsos) até o cerradão com árvores formando um dossel contínuo semelhante a uma floresta seca (Durigan, 2011). Nas últimas décadas, a degradação intensa dos seus recursos naturais o enquadraram como um dos *hotspots* mundiais.

Essa acelerada modificação nos recursos naturais decorre principalmente da expansão da atividade agropecuária. Dentre os impactos ambientais, destaca-se o desmatamento que converte as paisagens naturais para as práticas econômicas, mormente com a utilização de pastagem para bovinos e da implantação de áreas agrícolas, como o cultivo de grãos.

Nesse contexto o Estado de Goiás, componente do Bioma, também é afetado com a degradação de seus ambientes naturais, sobretudo em decorrência de seu potencial agropecuário. No imaginário coletivo, prevalece-se a representação do Cerrado, não sob a

ótica do conceito de domínio fitogeográfico natural, mas sim como uma vasta área econômica, denominada como “celeiro moderno do Brasil” (Aubertin,2013).

A adoção das geotecnologias é um fator importante para a compreensão da dinâmica do uso e ocupação das terras. A combinação do sensoriamento remoto com os Sistemas de Informações Geográficas resulta em um suporte instrumental que disponibiliza subsídios para o mapeamento, contribuindo com a gestão e planejamento dos recursos naturais (Faria, 2005).

No trabalho de Ferreira et al., 2007, foi realizada uma análise de identificação de possíveis desmatamentos no Bioma Cerrado entre 2001 e 2005, empregando o produto MOD13Q1 com uma resolução espacial de 250 metros oriundo do sensor MODIS, a bordo da plataforma orbital TERRA, e mapas de base para filtrar as áreas de remanescentes de vegetação.

Sendo assim, o presente artigo objetiva detectar áreas de desmatamento ocorridos no município de São Miguel do Araguaia no período entre 2002 e 2011 por meio de regressão linear em imagens temporais do sensor TM a bordo do satélite Landsat-5.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

A área de estudo selecionada foi o município de São Miguel do Araguaia – Goiás localizado na mesorregião Nordeste Goiano, situando-se entre as latitudes 13°30'00" e 12°36'00" Sul e longitudes 50°42'00" e 49°48'00" Oeste, com uma área aproximadamente de 6.144 km² (Figura 1). Na região existem 7 classes de cobertura e uso do solo, com predominância das classes de pastagem, cerrado e floresta.

Para definir o município avaliado optou-se por categorizar o somatório de indicativos de desmatamentos do Sistema Integrado Alerta de Desmatamento (SIAD) no período entre 2003 e 2012, conforme o Gráfico 1. Nesse catálogo, São Miguel do Araguaia ocupou o 2º lugar na listagem geral. Porém, considerando a proporção de área, o município ultrapassa o município de Nova Crixás, além de abrigar o Parque Estadual do Araguaia.

Segundo IMB (2012) o município de São Miguel do Araguaia ocupava segunda posição de destaque no ranking estadual em 2010 na Criação de Bovinos e plantação de arroz. Os gráficos 2 e 3, mostra a evolução estas atividades no período entre 2002 e 2011.

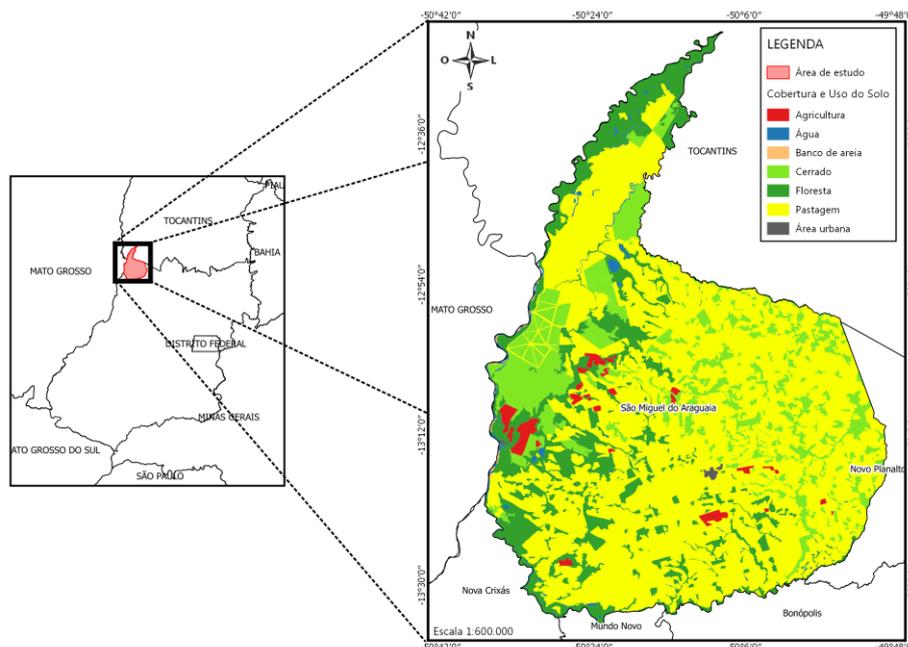


Figura 1 – Mapa de localização do município de São Miguel do Araguaia.
Fonte: Goiás,2012

Gráfico 1 – Quantitativo dos 10 primeiros municípios mais desmatados no período de 2003 a 2012.

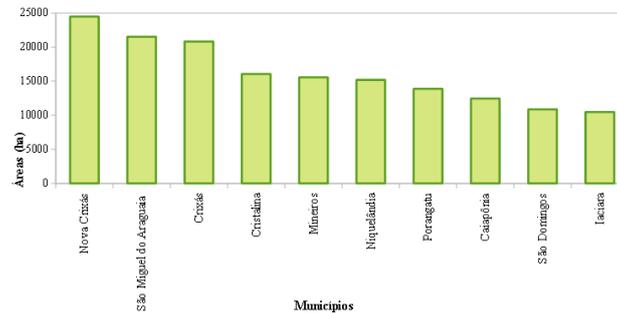
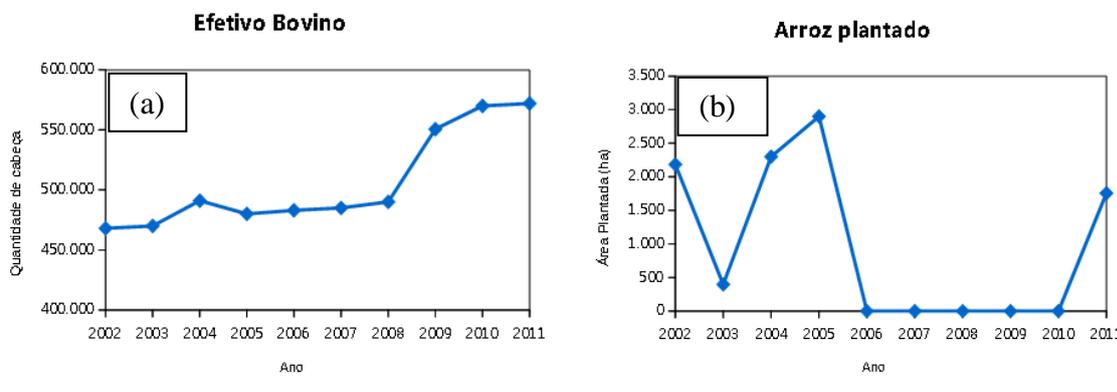


Gráfico 2 – (a) Evolução do efetivo bovino no município de São Miguel do Araguaia de 2002 a 2011 e (b) Evolução de área plantada de arroz no município de São Miguel do Araguaia de 2002 a 2011.



2.2 Base de dados e procedimentos de análises

As bases de dados utilizadas foram as imagens multiespectrais (bandas 3, 4, 5) e NDVI do sensor TM a bordo do satélite Landsat-5 com uma resolução espacial de 30 metros, totalizando 10 imagens. As imagens foram obtidas no período de seca (mês de julho), adquiridas na plataforma do *Google Earth Engine* por meio de um *script*.

As imagens NDVI foram selecionados pelo método MVC (*Maximum Value Composite*) que considera o valor máximo de cada pixel da mesma área geográfica em um intervalo de tempo (Holben, 1986), com o intuito de reduzir a interferência atmosférica (nuvem) na imagem. A Figura 2 apresenta o procedimento de aquisição das imagens e a forma de seleção do valor máximo de cada pixel da imagem do mês de agosto.

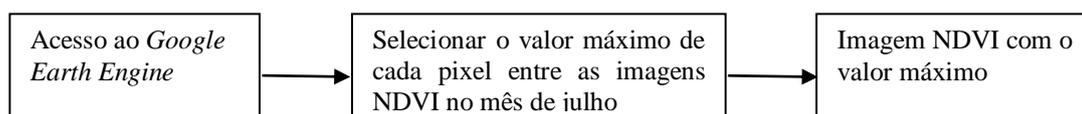


Figura 2 – Fluxograma de aquisição e seleção das imagens.

2.3 Procedimentos metodológicos

Inicialmente, produziu-se uma máscara que incorpora os pixels classificados como floresta em 2002, após, criou-se uma imagem de agrupamento (*Layer Stack*) das 10 imagens por meio do software de QGIS. Nesse processo cada banda da imagem representa a imagem de valor máximo NDVI de cada ano entre 2002 e 2011. No mesmo ambiente, empregando a

linguagem *Python*, foi desenvolvida uma ferramenta para calcular a regressão linear de ano a ano para cada pixel.

O *script* desenvolvido faz duas análises em cada pixel, sendo:

- **Remoção de ruídos na análise temporal:** Verifica os ruídos de cada pixel ao longo da série temporal. O ruído é definido quando o valor do pixel analisado é menor que o valor do pixel anterior (ano antes) e posterior (ano depois) conforme a Figura 3. Se o valor atender a condição da análise, ele é substituído pelo menor valor do pixel anterior e posterior (Wardlow et al., 2007);
- **Indicação de desmatamento e o ano de sua ocorrência por meio do *Slope*:** Nesta etapa calculou-se o *Slope* (inclinação da reta) do valor de pixel ano a ano ao longo da série temporal. Os valores de *Slopes* testados foram: 5° (alta sensibilidade), 10° (média sensibilidade) e 15° (alta sensibilidade). Se o valor do *slope* calculado for maior que o valor estabelecido no parágrafo anterior, o pixel é classificado como “pixel de desmatamento” e o seu valor será o ano da ocorrência. Os valores de *Slopes* 5°, 10° e 15° foram estabelecidos com base em inspeção visual da imagem.

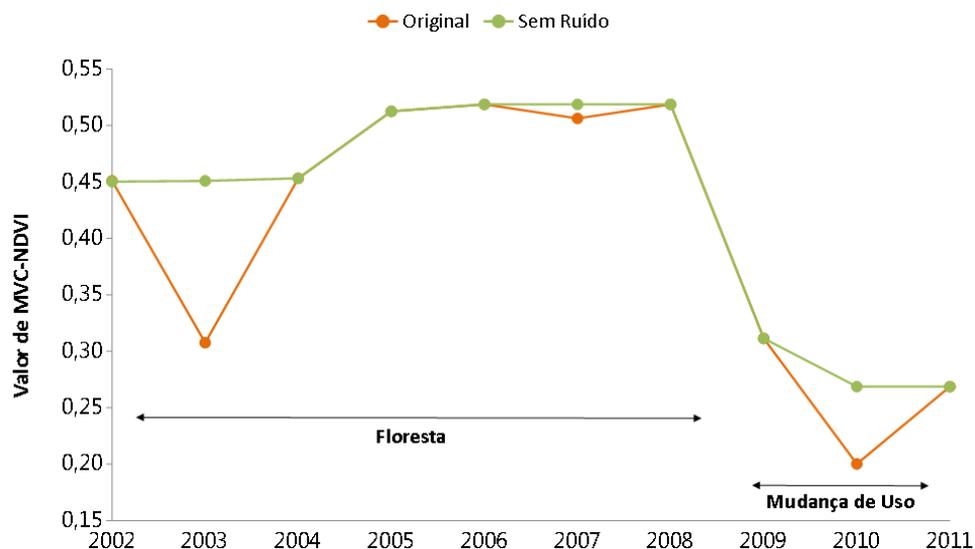


Figura 3 – Remoção de Ruídos pelo método Wardlow et al., 2007.

A seguir apresenta-se o fluxograma com as etapas de identificação das áreas que evidenciaram perda de vegetação utilizando como parâmetro o *Slope* de 15°.

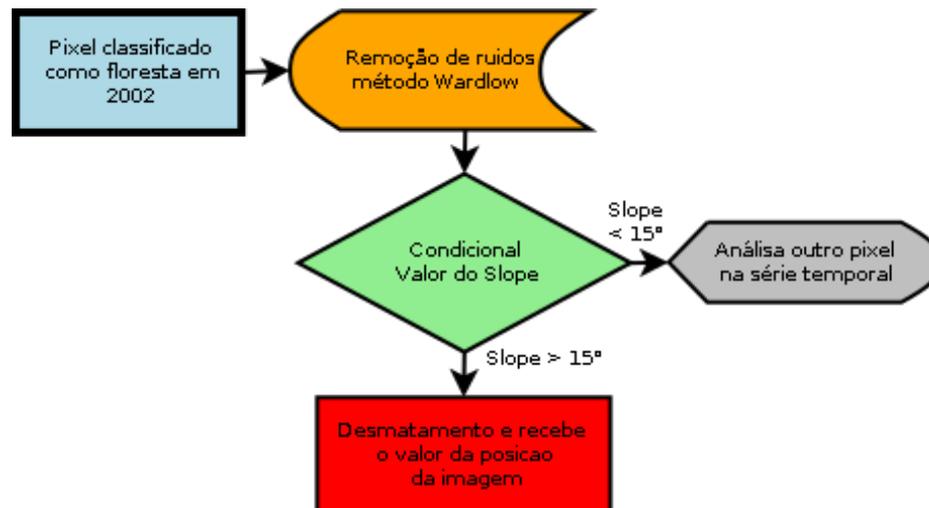


Figura 4 - Fluxograma do processo da identificação de áreas desmatada.

3. Resultado e discussões

3.1 – Comparação dos diferentes *Slopes*

A Figura 5 mostra as áreas com diferentes concentrações de vegetação classificadas em três categorias: baixo, médio e alto adensamento arbóreo. O *Slope* pretende averiguar a sensibilidade de mudança da cobertura vegetal com base em três limiares, sendo eles: 5°, 10° e 15°.

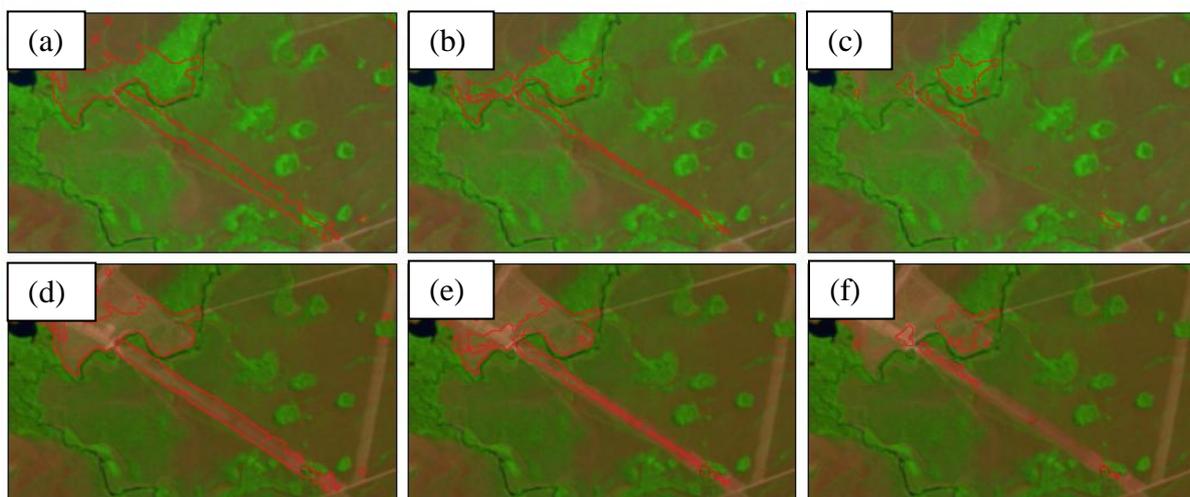


Figura 5(a)(d) Áreas com baixo adensamento arbóreo (vermelho) 2002 e 2003, (b)(e) Áreas com médio adensamento arbóreo (vermelho) 2002 e 2003, (c)(f) Áreas com alto adensamento arbóreo (vermelho) 2002 e 2003 com seus respectivos *Slopes*.

A Tabela 1 apresenta o quantitativo de alteração da vegetação por ano, considerando os *Slopes* de 5°, 10° e 15°. Para cada detecção anual foi apresentada sua respectiva área em hectares.

Tabela 1 – Quantitativo de área desmatada entre 2003 e 2011.

Anos	<i>Slope</i> 5°		<i>Slope</i> 10°		<i>Slope</i> 15°	
	Qtd	Área (ha)	Qtd	Área (ha)	Qtd	Área (ha)
2003	135	5228.969	61	1948.338	27	692.015
2004	157	7332.316	70	3224.526	32	1250.115
2005	130	3680.479	55	1566.253	23	436.975
2006	296	7452.943	83	1818.928	23	537.003
2007	321	8451.633	68	1448.341	21	440.101
2008	106	2162.227	39	621.748	10	136.383
2009	133	3205.073	54	1399.727	16	653.414
2010	721	21495.73	95	2162.515	36	799.107
2011	63	1271.789	35	509.624	6	98.275

Conforme a Tabela 1, observa-se que o *Slope* com limiar de 5° foi mais sensível na identificação de mudança de adensamento arbóreo em um aspecto geral, captando as alterações ocorridas nos adensamentos alto, médio e baixo, conforme a Figura 5(a)(d). Em virtude dessa sensibilidade detectar pequenas alterações inclusive em gramíneas e maior propensão a fatores sazonais, o limiar de 5° evidenciou de forma significativa polígonos e áreas desmatadas para no ano 2010. Enquanto que os limiares 10° e 15° foram sensíveis nas regiões de adensamento arbóreo médio e alto, respectivamente.

3.2 – Validação de exatidão

Na etapa de validação dos polígonos de desmatamento foi utilizado o *Slope* com limiar de 5° e neste, realizou-se o cálculo da exatidão global com o intuito de avaliar o grau de assertividade das áreas mapeadas pelo método adotado neste artigo. Para calcular a exatidão global, atribuiu-se o valor zero (0) para falso positivo e um (1) para positivo, por meio de inspeção visual. Para o enquadramento positivo foi estabelecido as fitofisionomias de maior concentração arbórea: formação florestal e formação savânica.

No reconhecimento visual do padrão de alteração da cobertura florestal e savânica foram avaliados elementos de tonalidade, textura e contexto (análise de elementos circunvizinhos que favoreçam a interpretação). A Tabela 2 exhibe os percentuais de exatidão global para os anos de 2008 a 2011.

Tabela 2 - Exatidão global das áreas desmatadas com limiar de 5°.

Ano	Exatidão Global
2008	81.13%
2009	72.18%
2010	50.9%
2011	47.62%

Observa-se que para o ano de 2008 foi verificado a melhor exatidão global entre o período analisado (2008 a 2011). Os anos seguintes apresentaram sucessivos decréscimos na taxa de exatidão global. Essa redução decorre, dentre outros fatores, da regeneração da

vegetação de áreas anteriormente desmatadas que foram captadas no *Slope* de 5°, além de fatores sazonais que interferem na resposta espectral.

Em comparação com outros métodos de identificação de desmatamento, uso dados providos do Programa de Monitoramento de Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélites (PMDBBS) no período de 2010 utilizou-se a acurácia global e o índice Kappa. Esse intervalo buscou harmonizar o período de mapeamento do PMDBBS com os polígonos resultantes do *Slope*. A acurácia global foi de 66.67% e o índice Kappa de 0.30, considerado razoável, pois o *Slope* escolhido na comparação foi o de 5°

4. Conclusão e considerações finais

Avaliando os produtos da técnica adotada neste estudo, verificou-se que os resultados são satisfatórios na detecção da alteração da cobertura arbórea, permitindo além da detecção temporal do dano ambiental, a categorização em classes de adensamento arbóreo por meio da definição do limiar de inclinação da reta entre os valores de pixel. Essa versatilidade pode contribuir nas ações de monitoramento e mapeamento das supressões da vegetação, sobretudo com a capacidade de detectar fitofisionomias com diferentes adensamentos arbóreos.

Entre os limiares propostos, o *Slope* de 5° obteve maior potencialidade para mapear alterações nas diferentes fitofisionomias do Bioma Cerrado. Entretanto, em virtude de sua elevada sensibilidade incorpora outras classes que não se enquadram como desmatamento, como alterações na cobertura arbórea decorrentes de fatores sazonais. Por isso, quando a ênfase do mapeamento é desmatamento com médio ou alto adensamento, o uso de *Slopes* com limiares de 10° e 15° são alternativas mais apropriadas.

Para aprimorar o método, sugere-se a obtenção de amostras *in loco* para aperfeiçoar o mapeamento.

Referências Bibliográficas

- Aubertin, Catherine. **O surgimento do bioma cerrado**. Ateliê Geográfico, v. 7, n. 1, p. 05-24, 2013.
- Durigan, Giselda. **Manual para recuperação da vegetação de cerrado**. Instituto Florestal, 3ª ed. il. color, 2011.
- Faria, K. M. S. de. **Caracterização dos remanescentes de cerrado e suas relações com o uso e ocupação das terras da Alta Bacia do Rio Araguaia**. 2006. 177 f. Diss. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2006.
- Ferreira, Manuel Eduardo, et al. **Desmatamentos no bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS-MOD13Q1**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.13 (2007): 3877-3883.
- Goiás. **Macrozoneamento, Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás - macrozaee – GOIÁS: PRODUTO III ATUALIZAÇÃO DO MAPA DE USO E COBERTURA VEGETAL DO ESTADO DE GOIÁS**. Disponível em: http://www.sieg.go.gov.br/RGG/MacroZAEE/Relat%C3%B3rio_-_PRODUTO_III_-_MAPA_DE_USO_E_COBERTURA_VEGETAL_DO_ESTADO_DE_GOI%C3%81S.pdf, 2012.
- Holben, B. N. **Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data**. International Journal of Remote Sensing, v. 7, n. 11, p. 1417-1434,1986.
- Oliveira, I. J. de. **Chapadões descerrados: Relações entre vegetação, relevo e uso das terras em Goiás**. Boletim Goiano de Geografia34.2 (2014): 311-336.
- IMB – INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Perfil e Potencialidades dos Municípios Goianos**, Disponível em: http://www.imb.go.gov.br/down/perfil_e_potencialidades_dos_municC3%Adpios_goianos.pdf, acesso em: out. 2016, Goiânia: IMB, 2012.

Jensen, J.R. **Introductory digital image processing**. New Jersey, Prentice-Hall, 1986. 379 p.

Silva, G. G.; Oliveira, L. N.; Araújo, F. M.; Júnior, L. G. F. **Análise da dinâmica espacial das áreas queimadas no bioma Cerrado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17.** (SBSR), João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. p. 4604-4611. Internet. ISBN 978-85-17-0076-8. Disponível em:<<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM4CUP>>, 2015. Acesso em: 28 set. 2016.

Wardlow, B.D.; Egbert, S.L.; Kastens, J.H. **Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains**. Remote Sensing of Environment, v. 108, p. 290-310, 2007.