

## Desmatamento em áreas de cobertura não-florestais do bioma Amazônia: resultados preliminares baseados em imagens do satélite Landsat-8 OLI de 2013

Edson Eyji Sano<sup>1</sup>  
Andrea Alimandro Corrêa<sup>1</sup>  
Ivone Santos Amutares<sup>1</sup>  
Daniel Moraes de Freitas<sup>1</sup>  
José Almir Lisboa<sup>1</sup>  
David Fernando Cho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA  
SCEN Trecho 2, L4 Norte - 70818-900 - Brasília - DF, Brasil  
{edson.sano, andrea.correa, ivone.amutares, daniel-moraes.freitas, jose-almir.vieira,  
david.cho}@ibama.gov.br

**Abstract.** The Brazilian Amazon is covered not only by tropical dense forests but also by non-forest formations, mostly savanna (mosaics of grasslands, shrublands and forestlands) and periodically flooded campinas (sparse vegetation, usually over sandy soils) and campinaranas (low tree-dominated formation, in-between campinas and dense forest). The non-forest, natural formations occupy ~ 29 million hectares in the Amazonia biome. Long-time, annual deforestation monitoring of the Brazilian Amazon has been conducted by the National Institute for Space Research (INPE) since 1988, more specifically, by the PRODES project, but only in forested areas. This study aims to estimate deforestation in non-forested areas of the Amazonia's biome. Only polygons with size larger than 10,000 hectares were considered, that is, 66% (19 million hectares) of total non-forested areas in the biome. The study was based on the RGB color composites of Landsat-8 OLI images (95 scenes; bands 4, 5 and 6), visually interpreted with the support of ArcGIS 9.3 software package. Two or more Landsat overpasses per scene were considered whenever cloud cover condition was high (more than 40%). Higher spatial resolution, RapidEye scenes as well as the images available in the Google Earth™ software were also analyzed to support the Landsat image interpretation. Results showed that 5% (11,560 km<sup>2</sup>) of the study area were deforested in 2013. Mato Grosso was the state that presented the largest area of deforestation: 8,430 km<sup>2</sup>. Ongoing study is mapping polygons smaller than 10,000 hectares. Validation procedure to estimate the accuracy of the mapping results also will be considered.

**Palavras-chave:** remote sensing, sensoriamento remoto, Brazilian Amazon, cobertura vegetal, deforestation.

### 1. Introdução

A perda de habitats é considerada um dos principais agentes causadores de mudanças no ciclo biogeoquímico e diminuição da biodiversidade na Amazônia (Candle e Noble, 2001; Laurance et al., 2002). Mesmo sendo reconhecida como a floresta tropical com uma das biodiversidades mais ricas do mundo, o bioma Amazônia apresenta ainda outros tipos de vegetações não-florestais, notadamente as savanas, as campinas e as campinaranas (Veloso et al., 1991; Abraão et al., 2009), igualmente caracterizadas pelo elevado número de espécies endêmicas, algumas ameaçadas de extinção. As savanas correspondem a um mosaico de formações campestres, arbustivas e arbóreas de proporções variadas. Campinas e campinaranas ocorrem em solos arenosos e com baixa fertilidade e frequentemente estão sujeitos a alagamentos periódicos devido à flutuação do lençol freático (Guimarães & Bueno, 2016). As campinas raramente ultrapassam quatro metros de altura e frequentemente são rodeados por areia esbranquiçada, recobertos de forma esparsa por bromélias, orquídeas e líquens (Ferreira et al., 2013). As campinaranas ocorrem em áreas planas e alagadas, a fitofisionomia é variada, com presença de formações florestais abertas.

Desde 1988, o desmatamento por corte raso das formações florestais da Amazônia tem sido monitorado continuamente desde 1988 e em base anual pelo sistema conhecido como Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite (PRODES) do Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Shimabukuro et al., 1998). A base de dados desse monitoramento são as imagens do satélite Landsat ou similares (notadamente, CBERS-2 e Resourcesat-1). Desde 2004, o INPE também produz indicativos de desmatamentos para fins de fiscalização por meio do Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) (Shimabukuro et al., 2006; INPE, 2016). Esse sistema é baseado em dados do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) e, mais recentemente, em dados do satélite Resourcesat-2 AWIFS. Até o momento, não há ainda nenhum sistema que monitora o desmatamento em áreas de cobertura não-florestal da Amazônia. O objetivo desse estudo é apresentar os resultados preliminares do mapeamento de desmatamento em áreas não-florestais do bioma Amazônia com base na análise das imagens do satélite Landsat-8 OLI de 2013.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo corresponde às áreas cobertas por formações não-florestais do bioma Amazônia, de acordo com o Mapa de Cobertura Vegetal do Brasil (IBGE, 1992) (Figura 1). Os polígonos correspondentes a essas áreas foram obtidos dos mapas disponibilizados pelo Projeto PRODES em formato shapefile e totalizam uma cobertura de aproximadamente 290 mil km<sup>2</sup>. Apenas os polígonos superiores a 10.000 hectares foram considerados nesse estudo, isto é, uma área de 232 mil km<sup>2</sup>, o que corresponde a 80% da área total de cobertura não-florestal do referido bioma. Roraima e Pará são os dois estados que apresentaram as maiores áreas a serem mapeadas, com 57.335 km<sup>2</sup> e 53.012 km<sup>2</sup>, respectivamente. Acre e Tocantins apresentaram áreas relativamente pequenas – 57 km<sup>2</sup> e 594 km<sup>2</sup>, respectivamente.

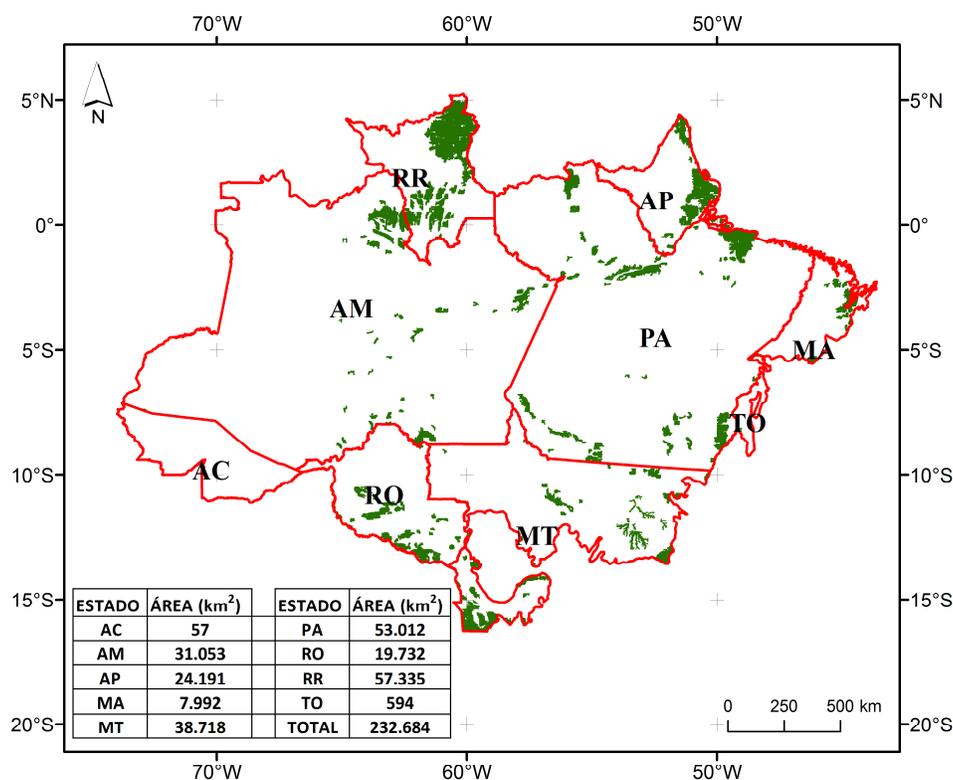


Figura 1. Distribuição das áreas com cobertura não-florestal superiores a 10.000 hectares no bioma Amazônia. Área total = ~ 232 mil km<sup>2</sup>.

Nesse estudo, foram analisadas 95 cenas ortorretificadas do satélite Landsat-8 *Operational Land Imager* (OLI) de 2013 (Figura 2), obtidas da página eletrônica do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). As imagens foram obtidas entre os meses de maio a agosto, isto é, durante a estação seca, para minimizar o problema de cobertura persistente de nuvens. Mesmo assim, os estados do Amapá e norte do Maranhão apresentaram cobertura de nuvens > 40%. Nesses casos, cenas de outras datas de passagem foram consideradas.

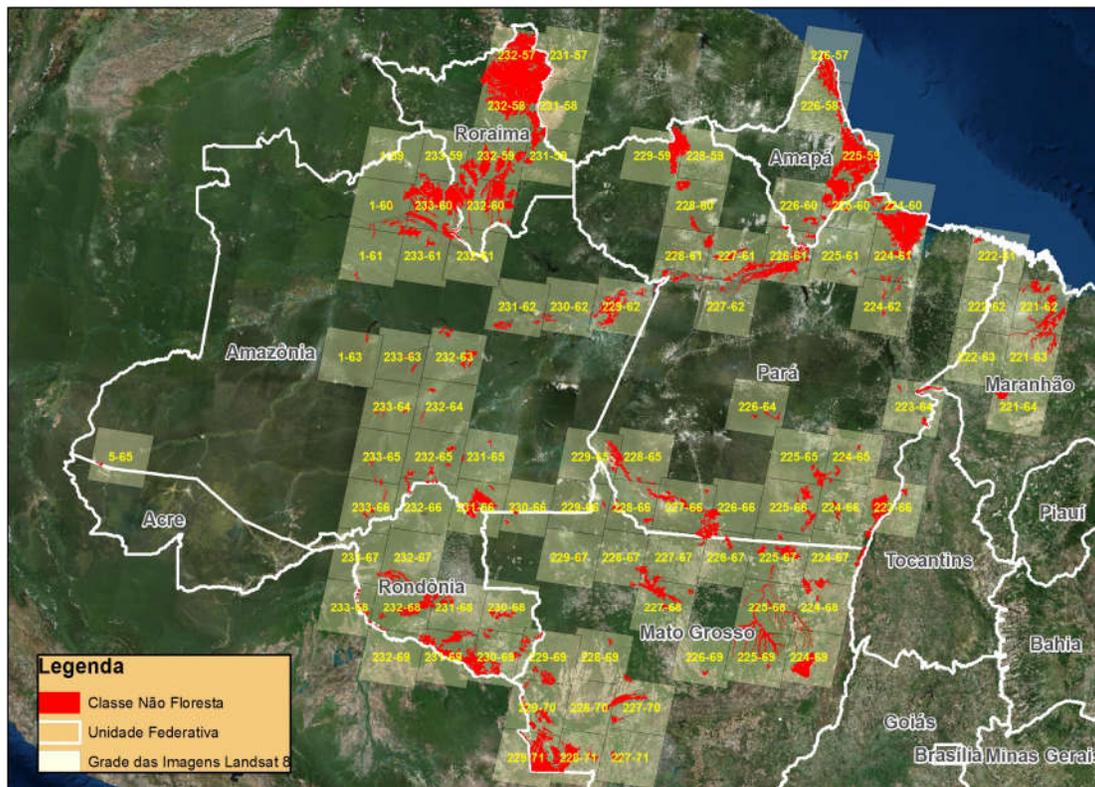


Figura 2. Localização das cenas do satélite Landsat-8 OLI de 2013, utilizadas para o mapeamento do desmatamento em áreas de cobertura não-florestal do bioma Amazônia.

A interpretação das imagens foi baseada na análise visual de composições coloridas RGB das bandas 6 (1.57 – 0.65  $\mu\text{m}$ ; infravermelho médio), 5 (0.85 – 0.88  $\mu\text{m}$ ; faixa espectral do infravermelho próximo) e 4 (0.64 – 0.67  $\mu\text{m}$ ; vermelho). Os polígonos de desmatamento foram digitalizados manualmente com o cursor do computador por meio da função de digitalização de polígonos, disponível no programa ArcGIS 9.3. A escala de visualização das imagens na tela de computador foi de 1:50.000 a 1:70.000, na maioria dos casos.

A título de exemplo, a Figura 3 ilustra exemplos de composições coloridas RGB/654 de imagens Landsat-8 com presença de desmatamentos em áreas de cobertura não-florestal. Eventuais dúvidas de interpretação foram desfeitas pela análise das imagens ortorretificadas do satélite RapidEye (resolução espacial de 6,5 metros) de 2013, adquiridas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) para atender as necessidades do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e disponibilizadas, mediante cadastro, para instituições públicas federais, estaduais e municipais, além de universidades públicas (MMA, 2016). Outra fonte de informação utilizada foram as imagens de alta resolução espacial disponíveis no programa Google Earth™.



(a)



(b)

Figura 3. Exemplos de composição colorida RGB/654 de imagens Landsat-8 com presença de polígonos de desmatamento (linhas brancas) em áreas de cobertura não-florestal dos estados do Amapá (órbita/ponto = 225/60; ano = 2013; dia do ano = 270; município = Macapá; escala de visualização na tela do computador = 1:80.000) (a) e do Mato Grosso (órbita/ponto = 228/71; ano = 2013; dia do ano = 179; município = Porto Espiridião; escala de visualização na tela do computador = 1:60.000).

### 3. Resultados e Discussão

A Figura 4 mostra a distribuição espacial das áreas desmatadas nos nove estados cobertos pelo bioma Amazônia. Com exceção dos estados do Acre, Amazonas e Tocantins, os outros apresentaram áreas expressivas de desmatamento. As maiores concentrações de desmatamento nos estados de Roraima e Amapá encontram-se ao redor dos seus capitais, Boa Vista e Macapá, respectivamente. Os estados de Mato Grosso, Rondônia e Pará tenderam a apresentar os desmatamentos predominantemente nas porções setentrionais dos mesmos. Isto provavelmente reflete a própria história de ocupação de terras do país, que se iniciou nas regiões sul e sudeste, avançando gradativamente para a região norte. O desmatamento no estado do Maranhão concentra-se principalmente na zona de transição com o bioma Cerrado, na porção oriental do estado. Nenhuma cena do Landsat-8 do estado do Acre foi analisada, pois esse estado não apresentou nenhum polígono com cobertura não-florestal > 10.000 ha, conforme mencionado anteriormente.

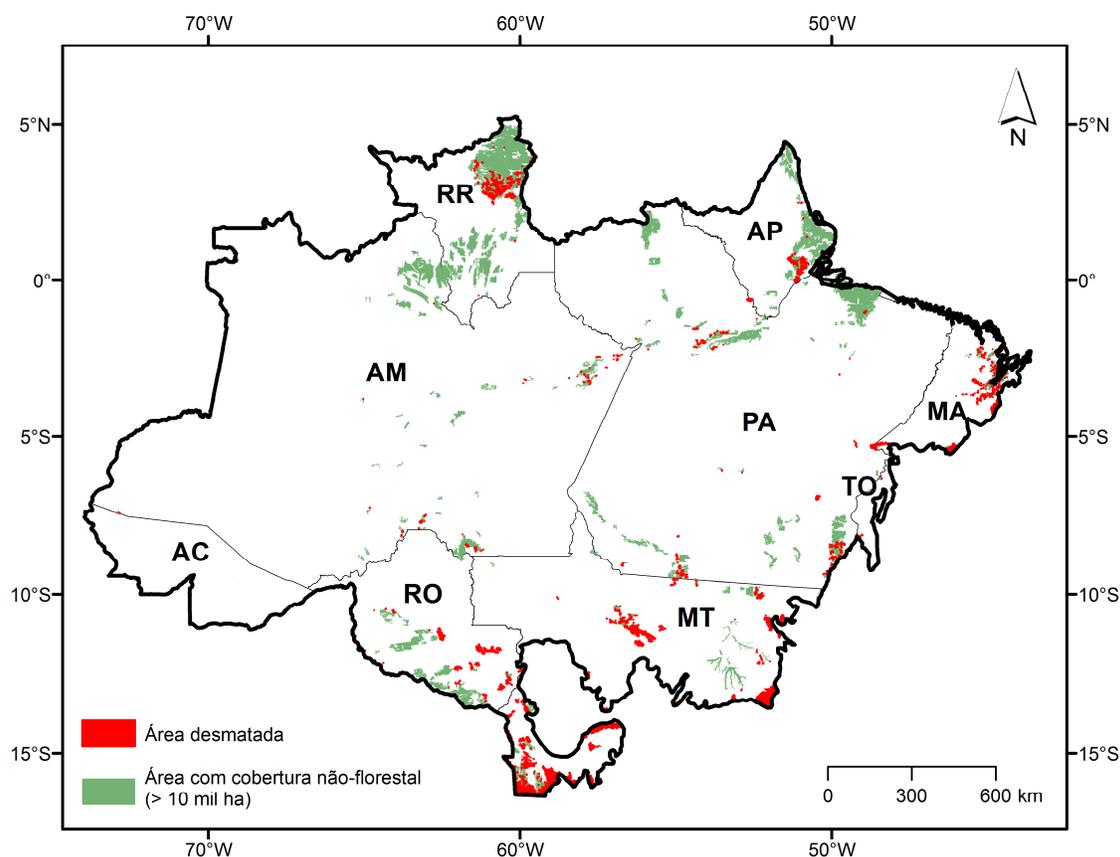


Figura 4. Distribuição espacial de desmatamento em áreas de cobertura não-florestal do bioma Amazônia.

Nesse estudo, foram identificados 11.560 km<sup>2</sup> de áreas desmatadas, o que corresponde a ~ 5% das áreas de cobertura não-florestal do bioma Amazônia com tamanho de polígonos superiores a 10.000 hectares (Tabela 1). Somente no estado do Mato Grosso foram encontrados 8.430 km<sup>2</sup> de áreas desmatadas, vindo a seguir, os estados de Roraima e Rondônia, com 890 e 699 km<sup>2</sup>, respectivamente. Conforme destacado no parágrafo anterior, Amazonas, Acre e Tocantins apresentaram áreas pouco expressivas de desmatamento. Amazonas é um estado que ainda tem conseguido preservar a maior parte do seu território intacto. Acre e Tocantins possuem áreas reduzidas com cobertura não-florestal > 10.000 hectares – 57 km<sup>2</sup> e 594 km<sup>2</sup>, respectivamente.

Tabela 1. Estimativas de desmatamento em áreas de cobertura não-florestal do bioma Amazônia.

| Estado       | Área Estadual no Bioma (km <sup>2</sup> ) | Cobertura Não-Florestal no Estado* (km <sup>2</sup> ) |                 | Desmatamento em Áreas de Cobertura Não-Florestal |                 |
|--------------|---|---|-----------------|--|-----------------|
|              |   | Área (km <sup>2</sup> )                               | Porcentagem (%) | Área (km <sup>2</sup> )                          | Porcentagem (%) |
| AC           | 162.987                                   | 57  | 0,03            | 0,3  | 0,5             |
| AM           | 1.553.180                                 | 31.053  | 2               | 114  | 0,4             |
| AP           | 140.337                                   | 24.191  | 17              | 450  | 1,9             |
| MA           | 110.951                                   | 7.992   | 7               | 390  | 4,9             |
| MT           | 482.893                                   | 38.718  | 8               | 8.430  | 21,8            |
| PA           | 1.241.322                                 | 53.012  | 4               | 536  | 1,0             |
| RO           | 236.268                                   | 19.732  | 8               | 699  | 3,5             |
| RR           | 221.435                                   | 57.335  | 26              | 890  | 1,6             |
| TO           | 24.834                                    | 594   | 2               | 51   | 8,6             |
| <b>Total</b> | <b>4.174.207</b>                          | <b>232.684</b>  | <b>6</b>        | <b>11.560</b>                                    | <b>5,0</b>      |

(\*) somente polígonos com tamanho superior a 10.000 hectares.

De um total de 232 mil km<sup>2</sup> de cobertura não-florestal no bioma Amazônia, aproximadamente 23 mil km<sup>2</sup> (~ 10%) encontram-se protegidas por unidades federais de conservação (UCs) (Tabela 2). Amapá (6.426 km<sup>2</sup>), Rondônia (5.029 km<sup>2</sup>) e Roraima (4.789 km<sup>2</sup>) são os estados que apresentam as maiores áreas preservadas em UCs. Por apresentarem áreas reduzidas de cobertura não-florestal, os estados do Acre, Maranhão e Tocantins não apresentaram tais áreas preservadas em UCs.

Tabela 2. Total de áreas de cobertura não-florestal superiores a 10.000 hectares em unidades federais de conservação, discriminadas por estado.

| Estado       | Área Total de Cobertura Não-Florestal em UCs Federais (km <sup>2</sup> ) | Porcentagem em Relação ao Total de Cobertura Não-Florestal em UCs Federais (%) |
|--------------|--|--|
| AC           | -  | -  |
| AM           | 3.527  | 15   |
| AP           | 6.426  | 28   |
| MA           | -  | -  |
| MT           | 128  | 1  |
| PA           | 2.962  | 13   |
| RO           | 5.029  | 22   |
| RR           | 4.789  | 21   |
| TO           | -  | -  |
| <b>Total</b> | <b>22.861</b>  | <b>100</b>   |

De um conjunto de 34 UCs contendo cobertura não-florestal (polígonos superiores a 10.000 hectares), apenas cinco apresentaram desmatamento. O total desmatado foi de 2.817 hectares (Tabela 3), o que corresponde a 0,11% da área total de cobertura não-florestal em UCs federais (25.752 km<sup>2</sup>). Denota-se então que o processo de desmatamento nessas áreas especificadas de UCs não está sendo muito intenso. No Parque Nacional dos Campos Amazônicos/AM, foram encontrados ~ 79% da área total desmatada. Essa unidade encontra-se próximo à divisa com Rondônia, mais especificamente próximo ao município de Machadinho d'Oeste, conhecido pela intensa atividade de desmatamento em áreas florestais.

Tabela 3. Total de desmatamento em áreas de cobertura não-florestal superiores a 10.000 hectares em unidades federais de conservação.

| Unidade de Conservação                              | Desmatamento em Áreas de Cobertura Não-Florestal (ha) | Porcentagem em Relação ao Total de Desmatamento em Áreas de Cobertura Não-Florestal (%) |
|---|---|---|
| Parque Nacional dos Campos Amazônicos/AM            | 2.235   | 79,3  |
| Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo/PA | 514   | 18,3  |
| Reserva Extrativista Ipaú-Inilzinho/PA              | 47  | 1,7   |
| Reserva Extrativista Renascer/PA                    | 15  | 0,6   |
| Floresta Nacional de Tefé/AM                        | 5   | 0,2   |
| <b>Total</b>  | <b>2.817</b>  | <b>100</b>  |

#### 4. Conclusões

O uso de dados do sensor Landsat-8 OLI permitiu estimar a extensão de desmatamento em áreas de cobertura não-florestal do bioma Amazônia, fornecendo, pela primeira vez, uma ideia sobre o estado de conservação da biodiversidade nessas áreas que têm recebido pouco interesse da comunidade científica nacional e internacional. A continuação desse estudo que está sendo executado no Centro de Sensoriamento Remoto (CSR) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) inclui a consideração de polígonos com cobertura não-florestal menores que 10.000 hectares, a quantificação da área coberta com cobertura de nuvens nos nove estados envolvidos e uma análise da acurácia do mapeamento final.

#### Referências Bibliográficas

Abraão, M. B.; Shepard Jr., G. H.; Nelson, B. W.; Baniwa, J. C.; Andrello, G.; Yu, D.W. Baniwa Vegetation Classification in the White-Sand Campinarana Habitat of the Northwest Amazon. In: Johnson, L.M.; Hunn, E. (eds.), **Landscape Ethnoecology**, Nova York: Berghahn Books, p. 83-115, 2009.

Candell, J.; Noble, I. Challenges of a changing Earth. **Trends in Ecology & Evolution**, vol. 16, p. 664–666, 2001.



Ferreira, L. V.; Chaves, P. P.; Cunha, D. D. A.; Rosário, A. S.; Parolin, P. A extração ilegal de areia como causa do desaparecimento de campinas e campinaranas no estado do Pará, Brasil. **Pesquisas. Botânica**, vol. 64, p. 157-173, 2013.

Guimarães, F. S.; Bueno, G. T. As campinas e campinaranas amazônicas. **Caderno de Geografia**, vol. 26, n. 45, p. 113-133, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2ª ed., 2012, 271 p.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Sistema DETER. Detecção de Desmatamento em Tempo Real. Disponível em: < <http://www.obt.inpe.br/deter/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

Laurance, W. F.; Lovejoy, T. E.; Vasconcelos, H.; Bruna, E. M.; Didham, R. K.; Stouffer, P. C.; Gascon, C.; Bierregaard, R. O.; Laurance, S. G.; Sampaio, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, vol. 16, n. 3, p. 605-618, 2002.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Geocatálogo. Catálogo de Imagens de Satélite RapidEye do Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: < <http://geocatalogo.mma.gov.br/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

Shimabukuro, Y. E.; Batista, G. T.; Mello, E. M. K.; Moreira, J. C.; Duarte, V. (1998). Using shade fraction image segmentation to evaluate deforestation in Landsat Thematic Mapper images of the Amazon region. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 19, n. 3, p. 535-541, 1998.

Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V.; Anderson, L. O.; Valeriano, D. M.; Arai, E.; Freitas, R. M.; et al. Near real time detection of deforestation in the Brazilian Amazon using MODIS imagery. **Revista Ambi-Água**, vol. 1, p. 37-47, 2006.

Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. **Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991, 124 p.