

## **Caracterização das áreas desmatadas no bioma Cerrado via sensoriamento remoto: uma análise sobre a expansão de culturas agrícolas e pastagens cultivadas**

Manuel Eduardo Ferreira<sup>1</sup>  
Janete Rego Silva<sup>1</sup>  
Genival Fernandes Rocha<sup>1</sup>  
Laura Antoniazzi<sup>2</sup>  
André Nassar<sup>2</sup>  
Joana Carolina Silva Rocha<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás (UFG)  
Instituto de Estudos Sócio-Ambientais (IESA)  
Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG)  
Caixa Postal 131 - 74001-970 - Goiânia - GO, Brasil  
manuel@iesa.ufg.br; janetegt25@gmail.com; gfernandesr@gmail.com;  
joana.rocha00@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais (ICONE)  
Av. General Furtado do Nascimento, 740, conjunto 81, Alto de Pinheiros  
05465.070 - São Paulo - SP, Brasil  
{lantoniazzi, amnassar}@iconebrasil.org.br

**Abstract.** This article aims to analyze, in a preliminary way, the land use from newly deforested areas across the Cerrado biome, in the periods 2004/2005 and 2006/2007, using satellite data (medium-high and moderate resolution) and remote sensing techniques to characterize the current land use in these areas (agriculture/sugarcane and cultivated pasture expansion). For this analysis we used data from the Deforestation Alert Integrated System (SIAD) for the respective periods, Landsat-TM - 2006 and 2008 imagery, and data from CANASAT and PROBIO projects. Among the main results, we verified a predominance of agricultural expansion in the states of Sao Paulo, Piauí, Maranhão and Bahia, while there is an expansion of pastures in the states of Tocantins, Goiás, and Minas Gerais. Mato Grosso and Mato Grosso do Sul are listed as states where the expansion of pasture and agriculture occur in a balanced way, but continuous. Finally, we emphasize the need for further studies, including comparative analysis with the census data, as well as the use of new techniques of remote sensing and GIS, aiming more accurate and dynamics land use analysis in the Cerrado biome.

**Palavras-chave:** Cerrado biome, deforestations, agriculture expansion, remote sensing, bioma Cerrado, desmatamentos, expansão agrícola, sensoriamento remoto.

### **1. Introdução**

Ao término desta primeira década do século XXI, o bioma Cerrado encontra-se num momento singular de sua existência, no que diz respeito principalmente ao seu estado de conservação. Num intenso processo de antropização (em aproximadamente 5 décadas), o Cerrado apresenta hoje cerca de 50% de sua área original, convertidas em geral para áreas de pastagens e agricultura (equivalente a 1 milhão de km<sup>2</sup>) (Sano et al., 2010). Ainda que a taxa de desmatamento seja menor do que nas décadas de estímulo à ocupação do interior do Brasil, na chamada “Marcha para o Oeste” (1960/70), a conversão da cobertura vegetal nativa persiste ano a ano, em valores significativos (média de 4 mil km<sup>2</sup>/ano) (Ferreira, 2009).

Por outro lado, têm sido vários os esforços empreendidos nos últimos anos para se compreender melhor este bioma, no que diz respeito, por exemplo, à sua dinâmica de ocupação, aos impactos ambientais decorrentes desta, assim como na valorização dos serviços ecológicos prestados por este complexo ambiente. Parte destes esforços advém dos recentes mapeamentos do uso da terra em toda ou em partes da região (em diversas escalas), do desenvolvimento de sistemas de monitoramento sistemático via satélite, do levantamento de aspectos da biodiversidade, socioeconomia, entre outros (Sano et al., 2010; Potter et al., 2010; Ribeiro et al., 2010; Ferreira et al., 2009; Latrubesse et al., 2009; Ferreira et al., 2007).

Especificamente sobre a dinâmica de ocupação, este artigo busca analisar, de forma preliminar, o destino das áreas recém-desmatadas em todo o bioma Cerrado, nos períodos de 2004/2005 e 2006/2007, empregando dados satelitais (resolução médio-alta e moderada) e técnicas de processamento/interpretação visual, visando caracterizar o atual uso da terra nestas áreas (agricultura em geral, expansão sucroalcooleira e pastagens cultivadas). As informações advindas desta análise serão úteis, por exemplo, na geração de projeções econômicas e/ou na criação de zoneamentos agrícolas (ex. expansão de *commodities*, como a cana-de-açúcar/etanol, ou das pastagens), na mitigação de impactos ambientais (ex. cálculo de emissão/absorção de gases de efeito-estufa e alterações no ciclo hidrológico), bem como na definição de políticas públicas para a conservação deste ecossistema de savanas.

## **2. Metodologia de Trabalho**

### **2.1 Área de Estudo**

A área de estudo compreende todo o limite do bioma Cerrado, abrangendo os Estados de Goiás (incluindo o DF), Bahia, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Piauí, São Paulo e Minas Gerais. Devido à inexpressiva presença de Cerrado no Paraná (menos de 2%), este Estado foi desconsiderado da pesquisa.

### **2.2 Bases de dados e Procedimentos**

Os polígonos de desmatamentos analisados nesta pesquisa referem-se aos períodos de 2004/2005 e 2006/2007, gerados pelo Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos (SIAD), no escopo do projeto homônimo conduzido pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), da Universidade Federal de Goiás. A detecção de desmatamentos pelo SIAD é realizada a partir da comparação de duas imagens do satélite TERRA/sensor MODIS (Produto MOD13Q1 - NDVI, com 250 metros de resolução espacial), onde são poligonizados apenas os eventos com área mínima de 25 hectares, com limiar de mudança na paisagem de 30% (mais informações em Ferreira et al., 2007; Silva e Ferreira, 2010). Os dados de desmatamentos e as cenas MODIS podem ser adquiridos no portal do LAPIG ([www.lapig.iesa.ufg.br](http://www.lapig.iesa.ufg.br)). A opção por estes dois períodos se deve ao fato destes antecederem ao censo agrícola de 2006 (IBGE) e ao Produto Agrícola Municipal (PAM) de 2008, respectivamente, o que possibilitará uma futura consulta e comparação a tais bases censitárias. A Figura 1 ilustra os polígonos de desmatamentos selecionados sobre o bioma Cerrado.

Visando a caracterização dos desmatamentos (via interpretação visual), foram utilizados dois conjuntos de cenas Landsat-TM com 30 metros de resolução espacial, correspondentes ao limite do bioma Cerrado (com remanescentes vegetacionais), obtidas gratuitamente no portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE -

www.inpe.br). Estas imagens referem-se aos anos de 2006 e 2008, posteriores aos desmatamentos de 2004/2005 e 2006/2007, possibilitando a verificar o uso da terra destinado à área. Outra base de dados utilizada nesta pesquisa foi o mapa de uso da terra para o Cerrado, elaborado pelo PROBIO/MMA (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira), referente ao ano de 2002 (Sano et al., 2010), com o qual foi possível observar a distância destes polígonos com as áreas com uso já estabelecido.

Para a verificação da expansão dos plantios de cana-de-açúcar (em sua maioria, voltados para a produção de Etanol) sobre as áreas recém-desmatadas no Cerrado (obtidas pelo SIAD), realizou-se um cruzamento dos dados do SIAD com os dados do projeto CANASAT / INPE (disponíveis em <http://150.163.3.3/canasat>). Como a fonte e a resolução espacial são bastante distintas (SIAD: MODIS, 250 metros / CANASAT: Landsat-TM, 30 metros), foi definida uma zona (*buffer*) de 500 metros em volta da área recém-desmatada (SIAD), de forma que se uma área de cana-de-açúcar foi localizada até 500 metros do novo uso do solo, o desmatamento estaria relacionado com o plantio de cana-de-açúcar. Para tanto, analisou-se as safras 2005/2006 (comparadas aos desmatamentos 2004/2005) e 2007/2008 (comparadas aos desmatamentos 2006/2007), possibilitando ver a expansão sucroalcooleira na região.

### 3. Resultados e Discussão

As Figuras 1 e 2 exemplificam a interpretação das áreas de agricultura e pastagem cultivada, respectivamente, a partir da interpretação visual com imagens Landsat-TM (30 metros) e dados auxiliares (PROBIO). As Tabelas 1 e 2 listam a distribuição (em hectares e %) dos polígonos de desmatamentos caracterizados como agricultura e pastagem cultivada, para os Estados presentes no bioma Cerrado, nos períodos 2004/2005 e 2006/2007, respectivamente. Em termos de área total, os desmatamentos no 1º período foram destinados em sua maioria para atividades de pastagens (256 mil hectares, contra 224 mil hectares para áreas de agricultura). No entanto, observa-se um predomínio da expansão da agricultura, em ordem decrescente, nos Estados do Piauí (84%), Bahia (78%), São Paulo (64%) e Maranhão (61%). Nos demais Estados figurou a expansão das pastagens, sobressaindo-se o Estado de Tocantins (81%), seguido por Mato Grosso do Sul (79%), Minas Gerais (66%), Goiás (61%) e Mato Grosso (56%).

Já no 2º período (2006/2007), observa-se uma manutenção da ordem dos Estados com maior predomínio de expansão das áreas com agricultura, destacando-se inclusive um aumento significativo destas em São Paulo (100%), Piauí (96%) e na Bahia (91%), atualmente Estados-chave no agronegócio brasileiro. Soma-se a este grupo Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, os quais aparecem neste período com 59% e 52% dos desmatamentos destinados à agricultura, respectivamente. Padrão semelhante, porém oposto, é a destinação das áreas convertidas para as atividades de pastagens (cultivadas), mais proeminentes em Tocantins (87%), Goiás (81%) e Minas Gerais (63%).

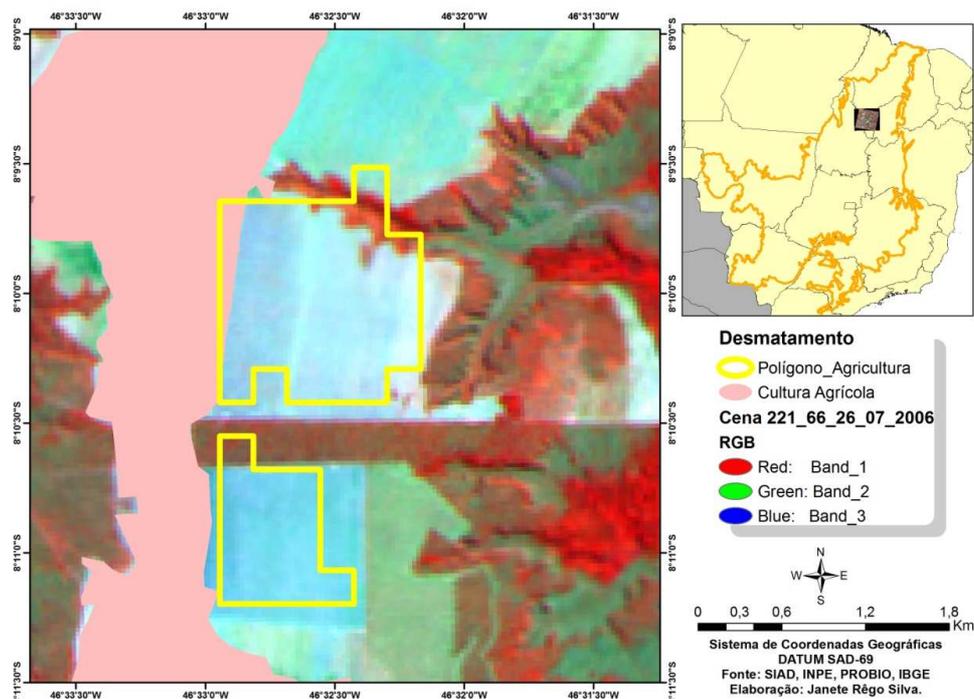


Figura 1. Exemplo de sobreposição dos polígonos SIAD 2004/2005 – em amarelo (Estado de Tocantins) sobre cena Landsat-TM obtida em julho/2006, em conjunto com dados do PROBIO (classe de agricultura, em rosa), ilustrando a fase de interpretação visual de desmatamentos destinados à expansão da agricultura.

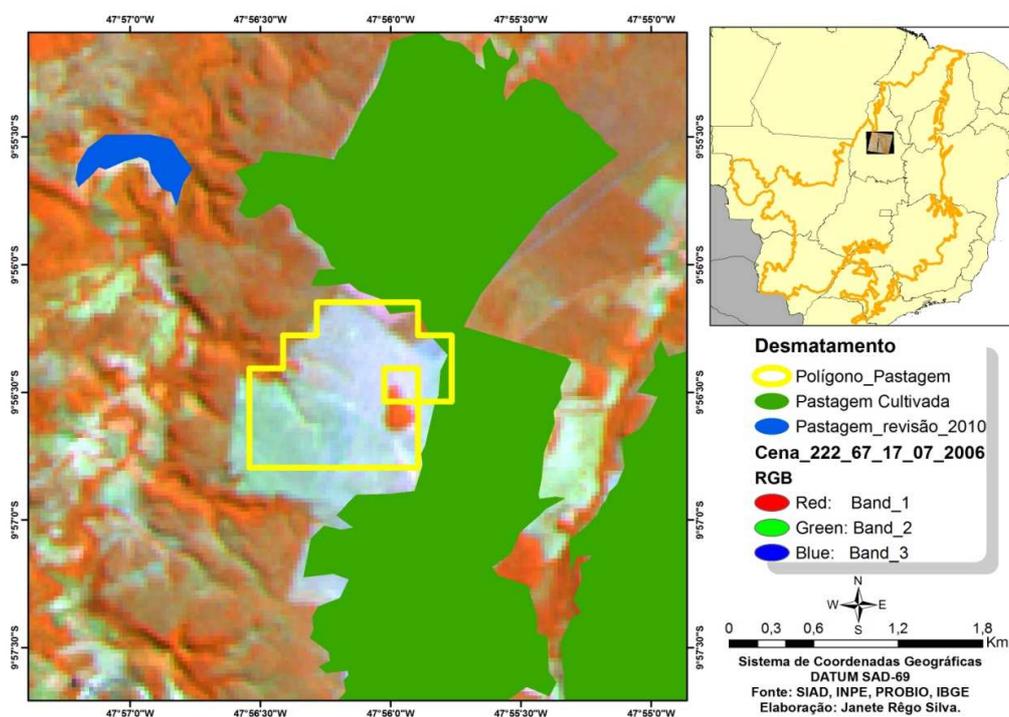


Figura 2. Exemplo de sobreposição dos polígonos SIAD 2004/2005 – em amarelo (Estado de Tocantins) sobre cena Landsat-TM obtida em julho/2006, em conjunto com dados do PROBIO (classe de pastagem, em verde e azul), ilustrando a interpretação visual de desmatamentos destinados à expansão das pastagens cultivadas.

Tabela 1. Distribuição (em hectares e %) dos polígonos de desmatamentos - período 2004/2005, caracterizados como agricultura ou pastagem cultivada, nos respectivos Estados do bioma Cerrado.

UF	Agricultura (ha)	Pastagem (ha)	Total (ha)	% agricultura	% pastagem
BA	55.242	15.889	71.130	78%	22%
GO	17.808	28.095	45.904	39%	61%
MA	16.998	10.674	27.672	61%	39%
MG	9.584	18.403	27.986	34%	66%
MS	8.318	30.665	38.982	21%	79%
MT	76.967	96.315	173.282	44%	56%
PI	38.163	7.358	45.521	84%	16%
SP	4.955	2.793	7.748	64%	36%
TO	8.336	35.137	43.473	19%	81%
<b>Total geral</b>	<b>236.371</b>	<b>245.329</b>	<b>481.698</b>	<b>47%</b>	<b>53%</b>

Tabela 2. Distribuição (em hectares e %) dos polígonos de desmatamentos - período 2006/2007, caracterizados como agricultura ou pastagem cultivada, nos respectivos Estados do bioma Cerrado.

UF	Agricultura (ha)	Pastagem (ha)	Total (ha)	% agricultura	% pastagem
BA	83.404	8.648	92.052	91%	9%
GO	6.756	29.525	36.281	19%	81%
MA	20.196	17.580	37.775	53%	47%
MG	27.253	44.735	71.988	37%	63%
MS	28.609	19.991	48.600	59%	41%
MT	35.501	31.755	67.256	52%	48%
PI	27.000	1.064	28.064	96%	4%
SP	3.848	0	3.848	100%	0%
TO	7.961	50.508	58.469	13%	87%
<b>Total geral</b>	<b>240.528</b>	<b>203.806</b>	<b>444.334</b>	<b>54%</b>	<b>46%</b>

Quanto à análise de expansão do setor sucroalcooleiro sobre áreas recém-desmatadas no Cerrado (e conforme os procedimentos apresentados na metodologia), em 2005 foi registrado cerca de 5.600 hectares de cana sobre ou próximo às áreas desmatadas no ano anterior (2004/2005), ou seja, menos de 2% do total de áreas desmatadas no Cerrado; na safra seguinte (2006), a expansão registrada sobre ou

próximo a estas áreas foi de 4.200 hectares. Já em 2007, observou-se cerca de 3.600 hectares sobre ou próximo às áreas desmatadas no ano anterior (2006/2007); na safra seguinte (2008), a expansão registrada sobre ou próximo a estas áreas foi de 3.140 hectares.

Além da constatação de que parte dos plantios de cana está avançando sobre áreas de Cerrado nativo, vale ressaltar que, uma vez estabelecida na região, a expansão desta cultura tende a ser menor nos anos subseqüentes, como foi evidenciado nesta análise preliminar, pois tratam-se de complementos de talhões (cuja expansão se restringe, apesar da tecnologia de plantio disponível, a solos, recursos hídricos e relevos adequados). É importante também ressaltar que, até o momento, o CANASAT restringe o monitoramento nas regiões Sul, Sudeste e Cento-Oeste do país (i.e., no limite do Cerrado, aos Estados de SP, MG, GO, MT e MS). Por se tratar de uma aproximação aos dados do SIAD, com base na localização dos dados CANASAT, os valores expressos aqui, destinados à cana-de-açúcar, podem diferir em função da resolução espacial/metodologia de detecção entre os sensores MODIS (250 metros) e Landsat-TM (30 metros).

#### **4. Conclusões**

Este estudo teve por objetivo a caracterização das áreas desmatadas no bioma Cerrado em dois períodos-chave (2004/2005 e 2006/2007), antecedendo à publicação do censo agrícola do IBGE, em 2006, e ao PAM, em 2008. Ao final desta análise, constata-se que Estados como a Bahia, Maranhão e Piauí se firmam cada vez mais no agronegócio brasileiro, refletindo a tendência de expansão da fronteira agrícola para as regiões Norte e Nordeste do Cerrado. Esta tendência foi verificada por Ferreira (2009), ao demonstrar possíveis cenários para este bioma, ao longo das próximas décadas. Nestas áreas, à exceção dos Estados da região Norte e Nordeste (não monitoradas pelo CANASAT), vêm-se concentrando a expansão dos plantios de cana-de-açúcar, como evidenciam os valores apresentados neste estudo.

Já Estados como Goiás, Minas Gerais e Tocantins (este último mais recentemente) têm destinado para estas novas áreas de expansão a criação de gado de corte e leiteiro. Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, Estados tradicionais na produção de carne e grãos no país, assumem neste cenário uma posição mais equilibrada quanto às atividades agrícolas e de pastoreio, sobretudo por serem pioneiros na expansão da fronteira agrícola no país (iniciada nas décadas de 1950/60).

Por fim, ressaltamos a necessidade de novos estudos, incluindo análises comparativas com os dados censitários (disponíveis para os respectivos períodos analisados), bem como o emprego de novas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, o que permitirá uma caracterização mais dinâmica e precisa sobre o uso da terra em áreas recém-desmatadas no bioma Cerrado.

#### **Agradecimentos**

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do convênio entre a Universidade Federal de Goiás/Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (UFG/LAPIG) e o Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais (ICONE), se inserindo também no escopo do projeto Mapeamento e Caracterização Biofísica de Áreas de Pastagens Cultivadas no Bioma Cerrado - Edital Universal/CNPq (471198/2009-9).

## Referencias Bibliográficas

Ferreira, M.E. Modelagem da Dinâmica de Paisagem do Cerrado. 2009. 115 p.. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

Ferreira, M.E.; Miziara, F.; Ferreira Jr., L.G.; Ribeiro, F.L.; Ferreira, N.C. Ativos ambientais do bioma cerrado: uma análise da cobertura vegetal nativa e sua relação com o preço da terra no estado Goiás. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, p. 37-50, 2009.

Ferreira, N.C.; Ferreira Jr., L.G.; Huete, A.R.; Ferreira, M.E. An operational deforestation mapping system using MODIS data and spatial context analysis. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28, p. 47-62, 2007.

Latrubesse, E.M; Amsler, M; Morais, M.; Aquino, S. The geomorphological response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American Tropics: The case of the Araguaia River. **Journal of Geomorphology**, v. 113, p. 239-252, 2009.

Potter, C.; Klooster, S.; Huete, A.R.; Genovese, V.; Bustamante, M.C.; Ferreira Jr., L.G.; Oliveira Jr. R.C.; Zepp, R. Terrestrial carbon sinks in the Brazilian Amazon and Cerrado Region predicted from MODIS Satellite Data and ecosystem modeling. **Biogeosciences Discussions**, v. 6, p. 1-23, 2009.

Ribeiro, N.V.; Ferreira Jr., L.G.; Ferreira, N.C. Expansão sucroalcooleira no estado de Goiás: uma análise exploratória a partir de dados sócio-econômicos e cartográficos. **Geografia**, v. 35, p. 331-344, 2010.

Sano, E.E.; Rosa, R.; Brito, J.L.S.; Ferreira Jr., L.G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124, 2010.

Silva, E.B; Ferreira Jr., L.G. Taxas de desmatamentos e produção agropecuária em Goiás - 2003 a 2007. **Mercator**, v. 9, p. 105-120, 2010.