

# DETECÇÃO DE DESMATAMENTOS NO BIOMA CERRADO ENTRE 2002 E 2009: PADRÕES, TENDÊNCIAS E IMPACTOS

*Deforestation Detection in The Cerrado Biome Between 2002 and 2009: Patterns, Trends and Impacts*

**Genival Fernandes Rocha  
Laerte Guimarães Ferreira  
Nilson Clementino Ferreira  
Manuel Eduardo Ferreira**

**Universidade Federal de Goiás – UFG**  
**Instituto de Estudos Sócio-Ambientais**  
**Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento**  
Campus II, Cx. Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia - GO, Brasil  
laerte@iesa.ufg.br  
manuel@iesa.ufg.br  
gfernandesr@gmail.com  
ncferreira@uol.com.br

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a distribuição espacial dos alertas de desmatamentos para o bioma Cerrado no período de 2002 a 2009, com vistas ao entendimento dos processos de transformação em curso neste bioma. Para tanto, foram gerados alertas de desmatamento em relação ao mapeamento-base da vegetação do Cerrado (2002), tendo por base imagens do sensor MODIS (MOD13Q1). Estes alertas foram validados através de imagens Landsat – TM e CBERS CCD, bem como trabalhos de campo, os quais também permitiram identificar as principais fitofisionomias do Cerrado impactadas e o processo de uso da terra gerador dos desmatamentos. Através dos dados espacializados, foi possível constatar que 70% dos alertas de desmatamento no período em análise se concentraram em apenas 100 municípios e que no bioma há duas grandes frentes de expansão agropecuária, sendo uma no Oeste do estado da Bahia até o Sul do estado do Maranhão e outra no Sudeste do estado de Mato Grosso até o leste do estado de Mato Grosso do Sul. Tal expansão ocorre, principalmente, em áreas de vegetação densa e relevo plano, propícias ao avanço da agricultura mecanizada e, com menor intensidade, da pecuária extensiva. Este trabalho revelou a importância da fiscalização para a preservação ambiental a nível municipal e o potencial do monitoramento do Cerrado por sensoriamento remoto de resolução moderada.

**Palavras chaves:** Cerrado, Alertas de Desmatamentos, Monitoramento.

## ABSTRACT

This work analyzed the spatial distribution of deforestations in the Cerrado biome for the 2002 – 2009 period, aiming at the understanding of the current transformation processes in this ecosystem. More specifically, we generated deforestation warnings, in relation to the 2002 PROBIO Cerrado land-cover map, based on the use of MODIS imagery. These warnings were validated through both higher spatial resolution imagery (Landsat TM and CBERS CCD) and field inspections, which also allowed to identify the main physiognomic types affected, as well as the driving forces behind the observed clearings. The spatial analysis of the deforestation polygons indicated that about 70% of the warnings were concentrated in only 100 municipalities and that there are two active agricultural frontiers in the Cerrado: the first one along the West portion of the Bahia State up to the South of Maranhão; the other one extending from the South East of Mato Grosso to the East of Mato Grosso do Sul states. Such expansion occurs mainly in areas of dense vegetation and flat terrains, favorable to mechanized crop fields and, to a less extent, cattle ranching. The results clearly corroborate the importance of a systematic vegetation monitoring, for which moderate resolution satellite imagery has great potential and usefulness.

**Key-words:** Cerrado, Deforestation Warnings, Monitoring.

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado se destaca por ser o segundo maior bioma da América do Sul – aproximadamente 204,7 milhões de hectares ou 24% do território brasileiro – presente em 12 estados da federação e no Distrito Federal (IBGE, 2004). Da mesma forma, chama atenção pela acentuada conversão da vegetação natural em áreas agropastoris – aproximadamente 80 milhões de hectares, sendo 54 milhões de hectares de pastagens e 21,5 milhões de hectares de agricultura, o que equivale a mais de cinco vezes a área do bioma Pantanal (SANO *et al.*, 2010). Grande parte da conversão da vegetação natural se deve às políticas de expansão da agropecuária, intensificadas a partir da década de 1970 (MIZIARA e FERREIRA, 2008). Os maiores problemas desta conversão estão relacionados aos impactos ambientais decorrentes do uso inadequado da terra, que tende a fragmentar as áreas de vegetação natural, reduzir a biodiversidade, rebaixar o lençol freático (CARVALHO *et al.*, 2009), assorear os cursos d'água e desencadear processos erosivos (BACCARO, 2007) e comprometer o próprio ciclo hidrológico (COSTA E PIRES, 2009). Todas essas transformações também levam a prejuízos econômicos e sociais (NOVAES *et al.*, 2008).

Nesta realidade, contrapõe-se o grande avanço das tecnologias de sensoriamento remoto e dos sistemas de informações geográficas, o qual tem sido fundamental no monitoramento da cobertura vegetal (FERREIRA *et al.*, 2008). Em fato, estes recursos são hoje imprescindíveis para a efetiva gestão territorial dos biomas brasileiros, em particular do Cerrado, que tem recebido poucos investimentos voltados à sua conservação.

Neste sentido, este estudo busca, através da detecção e análise de desmatamentos, subsidiar políticas públicas voltadas à contenção da perda de biodiversidade e ao melhor uso dos recursos naturais. Especificamente, procedeu-se à identificação das áreas desmatadas anualmente no bioma Cerrado, entre 2002 e 2009, utilizando-se a metodologia do Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos (SIAD) (FERREIRA *et al.*, 2007), tendo por referência o mapeamento de cobertura e uso das terras realizado no âmbito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica (PROBIO) (SANO *et al.*, 2007).

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A mudança da capital da república para Brasília, no início da década de 1960, induziu a um significativo investimento em infraestrutura nos estados abrangidos pelo bioma Cerrado, cujos reflexos incluem o aumento da migração, ainda ativa. Entre 1991 e 2000, a população residente no bioma passou de 29.954.815 habitantes para 35.191.836, conforme dados censitários do IBGE, um aumento expressivo de 17,48% (figura 1).

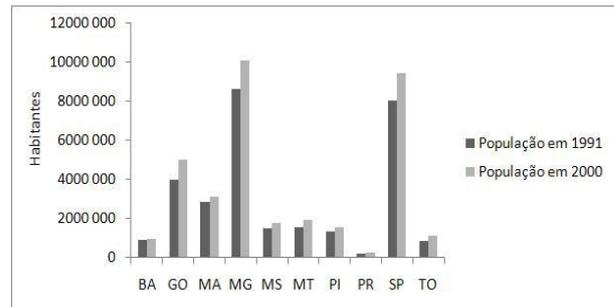


Fig. 1 - Aumento da população residente no bioma Cerrado entre os anos de 1991 e 2000.

O relevo plano do bioma Cerrado, juntamente com o aumento da população e a implantação de infraestrutura, viabilizou a expansão da agropecuária a partir da década de 1970. Em pouco mais de três décadas, cerca de 40% da área do bioma foram convertidos em áreas de pastagens, agricultura e urbanização (SANO *et al.*, 2008) (figura 2).

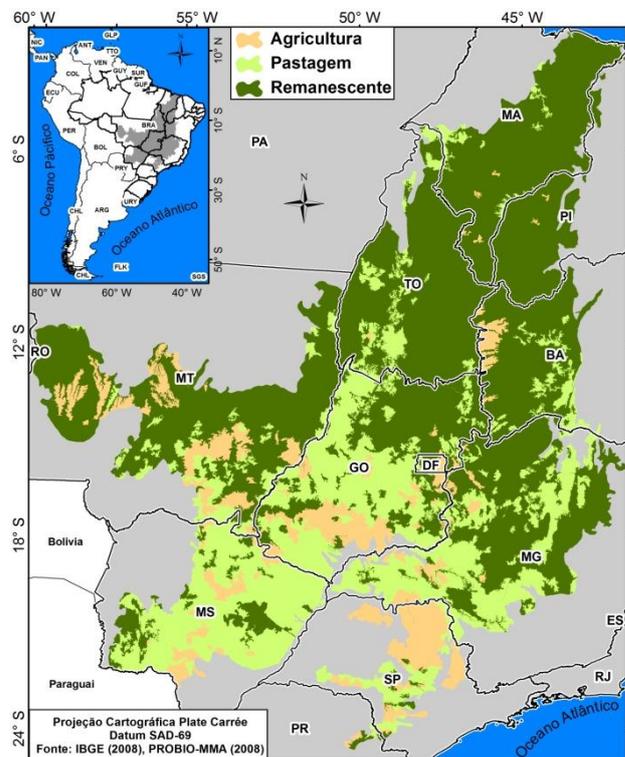


Fig. 2 - Cobertura e uso da terra no bioma Cerrado, conforme mapeamento realizado com base em imagens Landsat ETM+ de 2002 (PROBIO - Sano *et al.*, 2008).

Com o mapeamento realizado pelo PROBIO, foi possível verificar que em alguns estados o Cerrado ainda está bem conservado, enquanto em outros a situação é bastante crítica. No caso dos estados do Piauí, Maranhão, Bahia e Tocantins, a proporção de Cerrado remanescente é superior a 80%, enquanto que no Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Paraná, a quantidade de vegetação nativa não chega a 50%. No caso do estado de São Paulo, a situação é bastante grave, pois restam apenas 0,013% de vegetação nativa remanescente da porção do Cerrado paulista (figura 3).

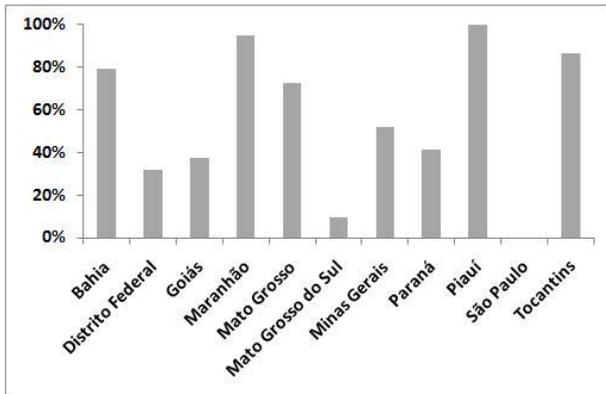


Fig. 3 - Proportão da área de Cerrado nativo remanescente por estado.

A situação da distribuição da vegetação nativa remanescente no bioma Cerrado reitera a urgência no monitoramento do bioma, pois enquanto ainda existem grandes áreas com vegetação remanescente, há também locais onde o desmatamento foi praticamente total, deixando, em pouco mais de quatro décadas, paisagens substancialmente alteradas.

### 3. DADOS & MÉTODOS

As principais etapas envolvidas nesta pesquisa, conforme fluxograma da figura 4, foram:

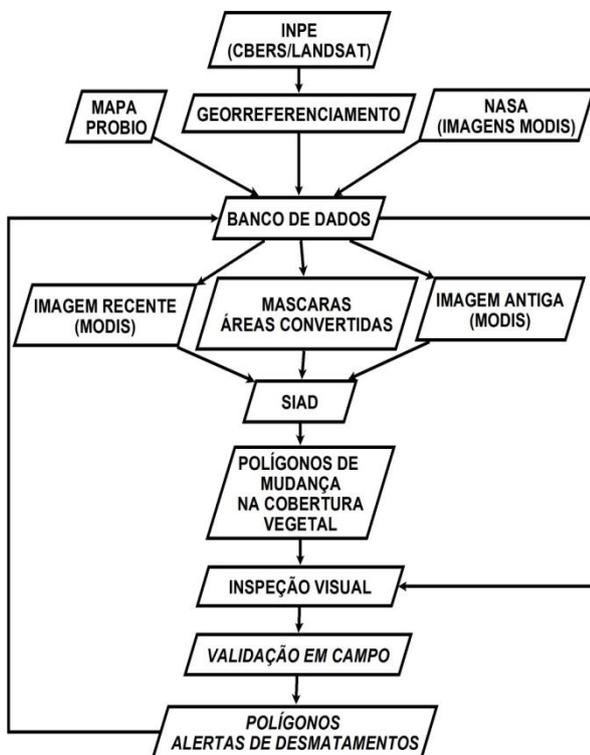


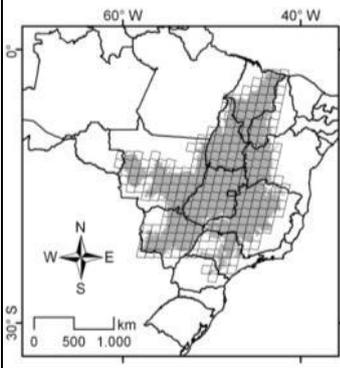
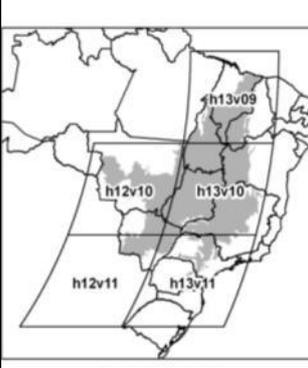
Fig. 4 - Fluxograma das principais etapas envolvidas na geração e análise dos polígonos de desmatamentos para o bioma Cerrado, no período de 2002 a 2009.

- a) Organização e geração de um mosaico referente aos arquivos PROBIO (mapa de uso da terra do

Cerrado), disponibilizados com articulação de folhas 1:250.000;

- b) Aquisição da malha municipal ao milionésimo em formato digital (*shapefile*);
- c) Aquisição do produto MODIS MOD13Q1 - imagens índices de *vegetação*, com resolução temporal de 16 dias e resolução espacial de 250m (HUETE *et al.*, 2002). Para o recobrimento de todo o bioma Cerrado são necessárias cinco cenas (tiles), ou 35 cenas para a geração dos polígonos de desmatamentos nos sete períodos inter-anuais considerados (Quadro 1);
- d) Reprojecção das imagens MOD13Q1 (da projeção Sinusoidal para a *Plate Carrée* - Lat. Long. e *datum* WGS 84) e transformação de formato (para GeoTIFF), através do programa *MODIS Reprojection Tools* (MRT);
- e) Aquisição de cenas CBERS – CCD, Landsat 5 – TM e Landsat 7 – ETM+ com vistas à inspeção e validação dos polígonos de desmatamentos gerados pelo SIAD. Para o recobrimento total do bioma Cerrado são necessárias 275 cenas do satélite CBERS e 114 do satélite LANDSAT (TM/ETM<sup>+</sup>), sendo que nesta pesquisa foram processadas um total de 1.376 cenas (Quadro 1), todas devidamente georreferenciadas. No caso das cenas CBERS-2, estas foram georreferenciadas automaticamente, através do *software Environment for Visualizing Images* (ENVI), versão 4.5, extensão CBERS autoreg. Já para as cenas LANDSAT, o georreferenciamento foi realizado manualmente, através do ENVI 4.5.

QUADRO 1 - CENAS CBERS, LANDSAT E MODIS NECESSÁRIAS AO RECOBRIMENTO DO BIOMA CERRADO E UTILIZADAS NESTA PESQUISA (FONTE DOS DADOS ESPECIFICADA ENTRE PARÊNTESES).

Ano	Cenas por satélite		
			
	CBERS-2	LANDSAT	MODIS
2002		114 (EMBRAPA) (ETM <sup>+</sup> )	5 (NASA)
2003		95 (INPE) (TM)	5 (NASA)
2004	275 (INPE)		5 (NASA)
2005	275 (INPE)		5 (NASA)
2006	275 (INPE)		5 (NASA)
2007		114 (INPE) (TM)	5 (NASA)
2008		114 (INPE) (TM)	5 (NASA)
2009		114 (INPE) (TM)	5 (NASA)
Necessárias à cobertura do Cerrado	275	114	5
Total utilizado	825	551	40

#### 4. DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA COBERTURA VEGETAL

Várias são as formas de mudanças na cobertura da vegetação passíveis de detecção por dados satelitários, i.e. perda de biomassa causada por desmatamento, queimadas, perda de folhagem devido às estações climáticas ou estresse hídrico. No caso do SIAD, os polígonos gerados correspondem às mudanças ocorridas na cobertura vegetal nativa no intervalo inter-anual das imagens processadas. Essas mudanças são calculadas e vetorizadas com base nas variações radiométricas relativas entre as imagens NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) de duas datas anuais consecutivas.

Nesta pesquisa, adotou-se um limiar de mudança na paisagem igual ou superior a 15%, com área mínima de quatro pixels contíguos do MODIS (o equivalente a 25 hectares). Todo este processamento, executado na plataforma ArcGIS 9.3, resulta em polígonos (vetores), os quais, após uma rigorosa inspeção visual, são classificados em desmatamentos ou não desmatamentos (queimadas, perdas de folhagem, etc.). Há de se considerar que algumas áreas não são contabilizadas, no caso de variações abaixo do limiar de

15% e áreas menores que 25 hectares, o que se pode chamar de informações omitidas.

Com base em uma análise detalhada dos metadados que acompanham as imagens MODIS (FERREIRA *et al.*, 2009a), bem como a determinação da proporção de vegetação remanescente do bioma Cerrado recoberta por pixels de boa qualidade, optou-se pela utilização de imagens do mês de junho, especificamente do dia 161 (calendário Juliano), nas quais aproximadamente 98,5% de toda a vegetação remanescente podem ser observados sem a interferência de nuvens, sombras ou aerossóis residuais.

A inspeção visual foi realizada com base em um conjunto de protocolos e rotinas, considerando, entre outros, o padrão de uso da terra e a presença de remanescentes nas adjacências de cada alvo. Especificamente, o bioma foi dividido em duas regiões, segundo os aspectos visuais mais preponderantes: regiões com intensa antropização por agropecuária e regiões com alto índice de preservação da cobertura vegetal nativa. Considerou-se também a proximidade de rodovias, de redes de drenagem e de centros urbanos, visto que os polígonos gerados nas proximidades desses espaços têm maior probabilidade de serem desmatamentos (figura 5 - a e b).

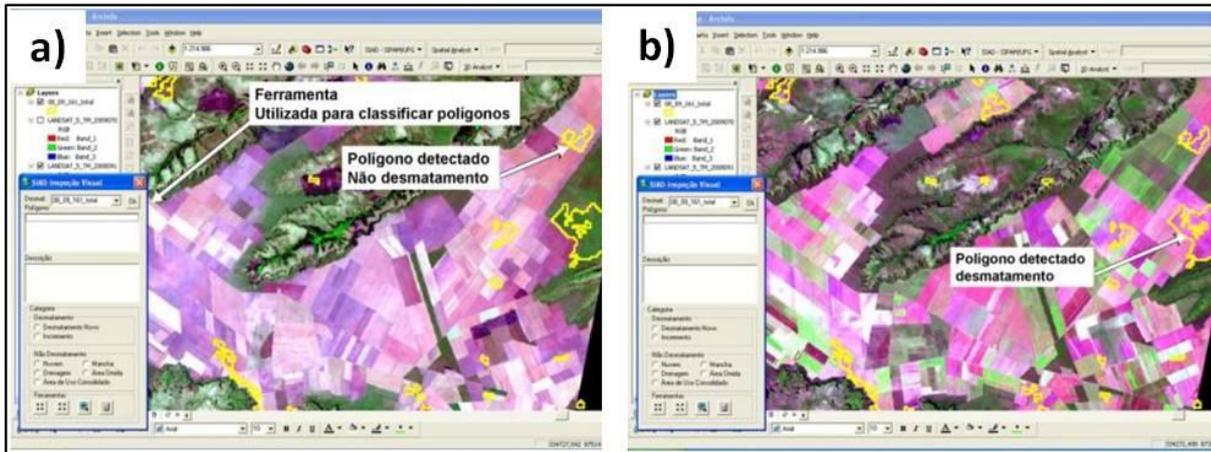


Fig. 5 - Demonstração do processo de inspeção visual dos polígonos de desmatamentos gerados para o bioma Cerrado. a) *Display* com polígonos gerados pelo SIAD sobrepostos à imagem LANDSAT 2008. b) *Display* com polígonos gerados pelo SIAD sobrepostos à imagem LANDSAT 2009.

Quanto às inspeções em campo, estas foram realizadas em duas etapas, tanto com o objetivo de validação dos polígonos, quanto para maior entendimento da área estudada, principalmente no que diz respeito aos seus aspectos físicos e antrópicos (figura 6). Das verificações em campo, constatou-se um nível de acerto dos polígonos gerados pelo SIAD de aproximadamente 79% (80% agricultura e 20% pastagem) ao longo da rota 1 (FERREIRA *et al.*, 2009b) e 76% (70% agricultura e 30% pastagem) na rota 2.

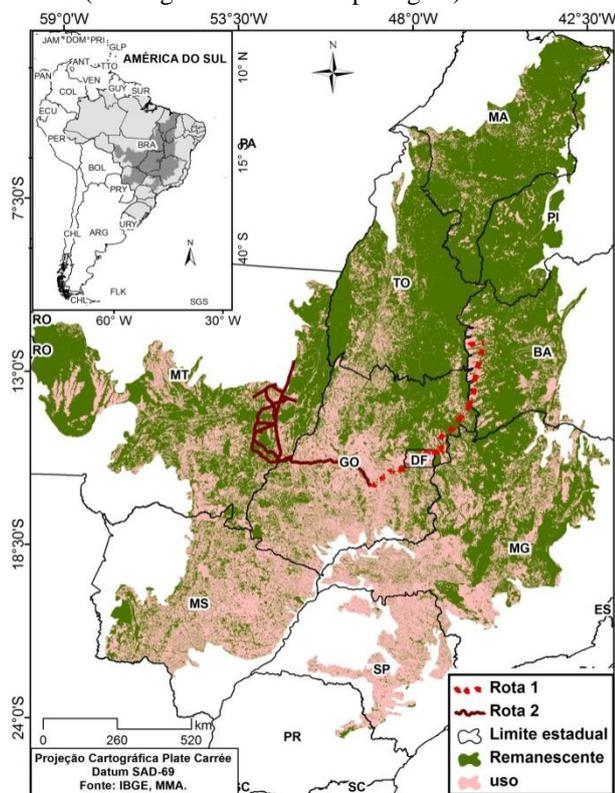


Fig. 6 - Rotas / áreas consideradas para as inspeções em campo dos polígonos de desmatamentos detectados no bioma Cerrado.

## 5. RESULTADOS & ANÁLISE

Conforme mostrado na tabela 1 e na figura 7, os alertas de desmatamentos detectados para os períodos inter-anuais compreendidos entre 2002 e 2009 estão claramente concentrados em alguns estados. Especificamente, 47% das áreas com alertas de desmatamentos concentram-se em apenas dois estados, sendo 30% no Mato Grosso e 17% na Bahia. São grandes percentuais, tendo em vista que esses estados ocupam juntos aproximadamente 25% da área total do Cerrado. Ainda na tabela 1, observa-se que os estados com maior participação na área total de desmatamento, com exceção da Bahia, também são os que possuem significativa participação nos remanescentes do bioma, o que evidencia o avanço do desmatamento em porções do território de ocupação intensiva recente.

Contudo, não se pode desconsiderar a gravidade do desmatamento ocorrido nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Tocantins, ao mesmo tempo superestimar esse fenômeno nos estados do Piauí e Maranhão. Como pode ser visto na tabela 1, depois dos estados de Mato Grosso e da Bahia, os que mais registraram alertas de desmatamento foram, respectivamente, Tocantins, Goiás e Mato Grosso do Sul e, não muito abaixo do Maranhão e do Piauí, o estado de Minas Gerais. Isso ocorre por conta do grande número de municípios e pela relativa maior área territorial ocupada por estes estados no bioma, o que causa maior dispersão espacial do fenômeno. Ressalte-se também a baixa presença de remanescentes nesses estados, o que agrava ainda mais a situação, visto que, neles, a supressão da vegetação já atingiu níveis preocupantes, sobretudo nas áreas mais densamente povoadas.

Como se pode observar na figura 7, há forte concentração dos desmatamentos em alguns municípios. De fato, 70% dos alertas ocorreram em apenas 100 dos 1.384 municípios, ou seja, 7,2% dos municípios no Cerrado.

TABELA 1 - ÁREA DESMATADA ENTRE 2002 E 2009 NOS ESTADOS DO BIOMA CERRADO

Desmatamento 2002-2009			Vegetação remanescente no bioma Cerrado (PROBIO – 2002)		
UF	Área desmatada (ha)	Área desmatada (%)	Área do bioma Cerrado nos estados (%)	Área de cobertura vegetal natural do bioma Cerrado nos estados (%)	Área dos desmatamentos 2002-2009 em relação à área de 2 milhões (ha) do bioma Cerrado (%)
MT	1107.600	30,25	17,6	11,67	0,5431
BA	626.500	17,11	7,4	5,51	0,3072
TO	352.800	9,64	12,4	9,96	0,1730
GO	341.200	9,32	16,2	7,23	0,1673
MS	318.100	8,69	10,6	3,41	0,1560
MA	299.100	8,17	10,4	9,22	0,1467
PI	295.500	8,07	4,6	4,22	0,1449
MG	268.200	7,33	16,4	8,75	0,1315
SP	49.700	1,36	4	0,53	0,0244
DF	1.300	0,04	0,3	0,10	0,0006
PR	1000	0,03	0,2	0,06	0,0005
Total	366.1000	100	100	60,67	1,7952

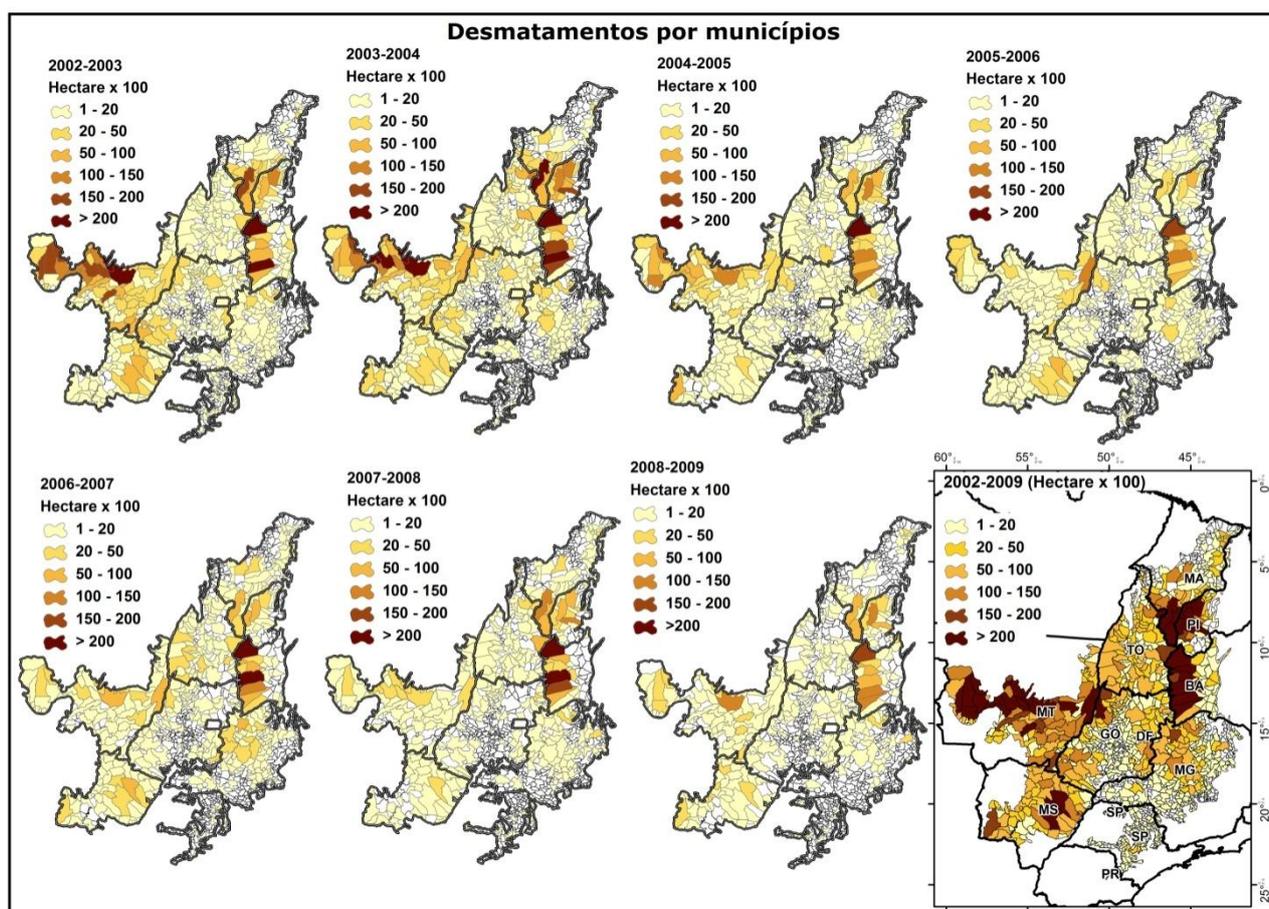


Fig. 7 - Desmatamentos no bioma Cerrado para cada período considerado entre 2002 e 2009, espacializados segundo os 1384 municípios existentes.

Essa concentração do desmatamento em poucos municípios deve ser considerada nas ações de fiscalização, visto que se torna mais fácil e produtivo acompanhar o desmatamento onde as frentes produtivas estão instaladas, notadamente no sudeste do estado de Mato Grosso e do oeste do estado da Bahia, e do Piauí até o sul do estado do Maranhão, com vistas a coibir o avanço da atividade agropecuária sobre reservas legais, áreas de proteção permanente (APPs) e demais porções de uso restrito.

Um traço relevante dos municípios que mais registraram desmatamentos é a sua grande extensão municipal. A manutenção de municípios relativamente grandes está ligada ao baixo povoamento/urbanização. Em fato, as porções do território do Cerrado que foram intensamente povoadas e exploradas economicamente nas últimas quatro ou cinco décadas – oeste paulista, sul do estado de Minas Gerais, centro-sul de Goiás e litoral / interior do estado do Maranhão – encontram-se subdivididas em pequenos municípios. Muitos desses municípios, já altamente urbanizados, não possuem o limite mínimo de vegetação necessária à sua sustentabilidade ambiental. Grosso modo, esta será a situação dos municípios localizados nas novas frentes pioneiras, caso o mesmo modelo de ocupação e produção continue a ser empregado.

Em geral, há uma tendência de queda do desmatamento no bioma Cerrado entre 2002 e 2009 (figura 8). O estado de Mato Grosso mantém padrão de queda e é o que mais influencia a queda total. Por outro lado, pode-se dizer que o conjunto dos estados da Bahia, Piauí e Maranhão, Tocantins e Goiás influenciam os picos de registro dos desmatamentos. A distribuição espacial dos valores normalizados do desmatamento total (2002 a 2009) (figura 9) indica a existência de duas frentes de expansão: a) sudeste do estado de Mato Grosso, estendendo-se pelo leste do estado de Mato Grosso do Sul e b) oeste do estado da Bahia, que se estende pelo oeste do estado do Piauí, sul do estado do Maranhão e, com menor intensidade, pelo oeste de Minas Gerais. As bordas dos estados de ocupação mais consolidada – Minas Gerais e Goiás – que estão próximas a essas frentes, são diretamente influenciadas, participando dessa expansão, ainda que com menor intensidade. Conforme observado nos trabalhos de campo, o desmatamento no Mato Grosso, oeste baiano e sudoeste goiano está relacionado à agricultura, enquanto que no norte goiano os desmatamentos estão principalmente relacionados à produção de carvão, extração mineral e pecuária.

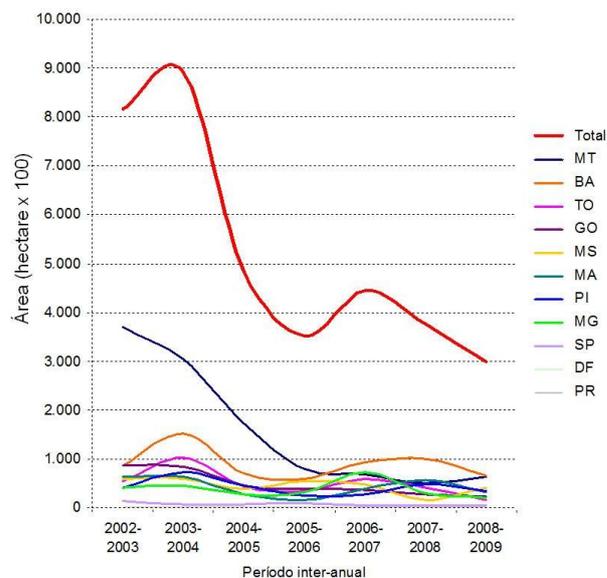


Fig. 8 - Distribuição da área total dos desmatamentos por período inter-anual (2002 – 2009), segundo as unidades federativas que compõem o bioma Cerrado.

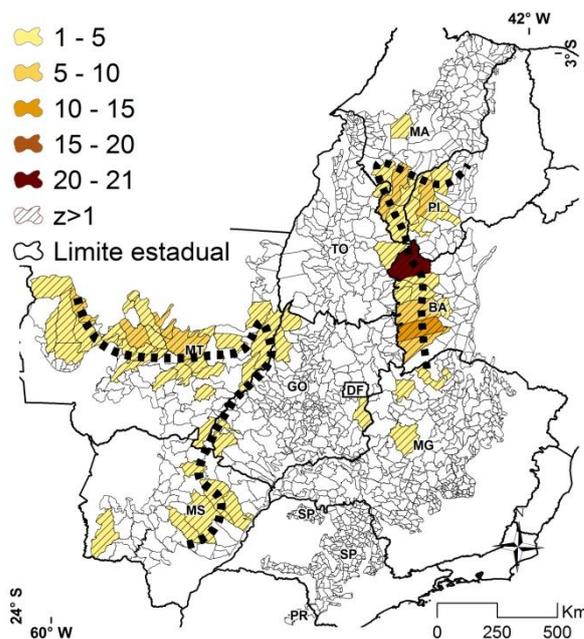


Fig. 9 - Mapa dos municípios com valores Z (desmatamento total - desmatamento médio / desvio padrão) igual ou maior que 1 desvio padrão.

A respeito das classes de Cerrado mais afetadas pelos desmatamentos, conforme mostrado na tabela 2, aproximadamente 90% dos desmatamentos entre 2002 e 2009 concentraram-se sobre as fitofisionomias mais densas.

TABELA 2 – ÁREA DOS POLÍGONOS DE DESMATAMENTO GERADOS PELO SIAD ENTRE 2002 E 2009, CONFORME FITO-FISIONOMIA DE CERRADO

Descrição Classe (PROBIO)	Área (ha)	%
Savana Arborizada sem Floresta de Galeria	1.017.500	27,79
Savana Arborizada com Floresta de Galeria	800.000	21,85
Savana Parque com Floresta de Galeria	508.200	13,88
Savana Florestada	375.500	10,26
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	328.000	8,96
Savana Parque sem Floresta de Galeria	278.200	7,60
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	85.800	2,34
Savana Gramínea Lenhosa sem Floresta de Galeria	69.600	1,90
Savana Gramínea Lenhosa com Floresta de Galeria	63.200	1,73
Floresta Ombrófila Densa Aluvial	31.500	0,86
Floresta Ombrófila Aberta Submontana	28.300	0,77
Floresta Estacional Decidual Submontana	22.500	0,61
Floresta Estacional Semidecidual Montana	16.500	0,45
Savana Estépica Arborizada sem Floresta de Galeria	8.200	0,22
Savana Estépica Parque sem Floresta de Galeria	7.500	0,20
Formação Pioneira	4.500	0,12
Savana Est. Gramíneo Lenhoso sem Floresta de Galeria	4.000	0,11
Floresta Estacional Decidual Montana	3.900	0,11
Savana Estépica Florestada	2.300	0,06
Floresta Estacional Semidecidual Terras Baixas	1.000	0,03
Savana Estépica Arborizada com Floresta de Galeria	900	0,02
Savana Estépica Parque com Floresta de Galeria	800	0,02
Floresta Ombrófila Densa Submontana	500	0,01
Influência Urbana	300	0,01
Formação Pioneira	300	0,01
Floresta Estacional Decidual Terras Baixas	200	0,01
Formação Pioneira	400	0,01
Floresta Ombrófila aberta aluvial	100	0,00

Em relação à topografia, aproximadamente 95% da área desmatada no período encontra-se em áreas com declividade entre 0% e 8%, favoráveis à mecanização (tabela 3).

TABELAS 3 – DESMATAMENTOS OCORRIDOS ENTRE 2002 E 2009, CONFORME CLASSES DE DECLIVIDADE

Classe de declividade	Declividade (graus)	Declividade (%)	Alertas de desmatamento (%)
Plano	0° a 1,72°	0 – 3	66,18
Suave ondulado	1,72° a 4,58°	3 – 8	28,78
Ondulado	4,58° a 11,31°	8 – 20	4,68
Forte ondulado	11,31° a 24,23°	20 – 45	0,36
Montanhoso	> 24,23°	> 45	0,02

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho, foi possível obter um

diagnóstico preciso do que ocorreu no bioma Cerrado nos últimos sete anos em relação ao desmatamento, cuja distribuição está fortemente relacionada às tipologias vegetais predominantes e à topografia. Ou seja, o desmatamento tende a ocorrer onde há vegetação mais densa e relevo plano / plano ondulado, de fácil mecanização.

Uma importante constatação foi a formação de duas novas fronteiras agropecuárias e das dinâmicas do desmatamento à elas associadas, o que deve nortear novas pesquisas voltadas para essas porções do território.

O diagnóstico apresentado neste trabalho é um instrumento fundamental para subsidiar ações de preservação no Cerrado, uma vez que identifica fronteiras de desmatamentos e os padrões espaciais das áreas desmatadas. Portanto, as políticas preservacionistas devem levar em consideração essas áreas e o perfil da atual forma de uso das mesmas, tendo em vista que o não conhecimento dos elementos que impulsionam o desmatamento pode comprometer a eficiência dessas ações.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho, desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás, se insere entre as várias iniciativas do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG / UFG), em parceria com a Conservação Internacional e a *The Nature Conservancy*, voltadas ao monitoramento sistemático e gestão territorial do bioma Cerrado. Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas ao primeiro autor (mestrado) e aos segundo e terceiro autores (Produtividade em Pesquisa, níveis 1C e 2, respectivamente).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no domínio do Cerrado In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Org.) **Erosões e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 3ª Edição – Rio de Janeiro – RJ., Ed. Bertrand Brasil, Cap. VI p. 198. 2007.
- CARVALHO, F. M. V.; DE MARCO, P.; FERREIRA JR., L. G. **The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil**. *Biological Conservation*, v. 142, p. 1392-1403, 2009.
- COSTA, M. H., and PIRES, G.F. **Effects of Amazon and central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation**. *International Journal of Climatology*. 2009. doi:10.1002/joc.2048.
- FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. **Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte**. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. Maringá, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.
- FERREIRA, L. G.; ROCHA, J. C. S.; PONTES, M. N.; ARAÚJO, F. M. **Análise sazonal da qualidade e abrangência de imagens MODIS índice de vegetação para o bioma Cerrado**. In: XIV SBSR - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal-RN. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos - SP: INPE, v. 14. p. 1347-1352, 2009a.
- FERREIRA, M. E.; GARCIA, F. N.; ROCHA, G. F. **Validação do Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos para a região de savanas no Brasil**. In: XIV SBSR - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal-RN. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos - SP: INPE, v. 14. p. 5219-5226, 2009b.
- FERREIRA, N. C.; FERREIRA, 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.
- HUETE, A. R.; MIURA, T.; DIDAN, K.; RODRIGUES, E.P.; GAO, X.; FERREIRA, L.G. **Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices**. *Remote Sensing of Environment*, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, 2002.
- IBGE. 2004. **Mapa de Biomas do Brasil. Escala 1:5.000.000**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. acesso em: 20 de out. 2007.
- INPE: CBERS, LANDSAT-5 TM disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>> acesso em: 2006 a 2009.
- MIZIARA, F.; FERREIRA, N. C. Expansão da fronteira agrícola e evolução da ocupação e uso do espaço no Estado de Goiás: subsídios à política ambiental. In: FERREIRA, L. G. (Org.). **A encruzilhada socioambiental – biodiversidade, economia e sustentabilidade no Cerrado** (pp. 107-125). Goiânia: UFG, 223p., 2008.
- NASA (National Aeronautics and Space Administration). Imagens MODIS. Disponível em: <<https://wist.echo.nasa.gov/api/>>. Acesso em: 2007 a 2009.
- NOVAES, P. C.; LOBO, F. C.; FERREIRA, M. E. **Pobreza, desenvolvimento e conservação da biodiversidade em Goiás**. In: Laerte Guimarães Ferreira jr.. (Org.). **A encruzilhada socioambiental: biodiversidade, economia e sustentabilidade no Cerrado**. 1 ed. Goiânia: UFG, 2008, v. 1, p. 127-149.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111. 33 p.. no. 190, 2007.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO J. L.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento semidetalhado (escala de 1:250.000) da cobertura vegetal antrópica do bioma Cerrado**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.
- SANO, E. E. ; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil**. *Environmental Monitoring and Assessment (Print)*, v. 166, p. 113-124, 2010.