

Revista Brasileira de Cartografia (2010) N° 63/4, p. 461-475  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## ANÁLISE DOS PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DOS FOCOS DE CALOR NO BIOMA CERRADO

*Spatial and Temporal Distribution Patterns of Thermal Anomalies in the Cerrado Biome*

**Diego Tarley Ferreira Nascimento, Fernando Moreira de Araújo & Laerte Guimarães Ferreira Junior**

**Universidade Federal de Goiás - UFG**

**Instituto de Estudos Sócio-Ambientais/ Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia**

**Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento**

Campus II, Cx postal 131, CEP: 74001-970, Goiânia, GO – Brasil.

diego.tarley@gmail.com, fernandomsbl@gmail.com, laerte@iesa.ufg.br

*Recebido em 02 de Agosto de 2010/ Aceito em 07 de Novembro de 2010*

*Received on August 02, 2010/ Accepted on November 07, 2010*

### **RESUMO**

Considerado um dos 34 hotspots de biodiversidade no mundo, haja vista o seu peculiar endemismo e elevada ameaça (39,5% da área total convertida para o uso antrópico), o bioma Cerrado é também caracterizado pela intensa ocorrência de queimadas (estima-se que cerca de 40% dos focos de calor detectados no país ocorram no Cerrado). Assim, neste trabalho avaliamos os padrões de distribuição espacial e temporal dos focos de calor no bioma Cerrado em relação às principais classes de cobertura e uso da terra, bem como em relação aos desmatamentos em curso. Especificamente, utilizamos os dados de focos de calor gerados pela Universidade de Maryland, EUA, a partir de imagens do sensor MODIS, obtidos para o período de 04 de maio de 2008 à 05 de maio de 2009, os quais foram analisados tanto em relação aos limites municipais, quanto no âmbito das Otto bacias nível 6. Dos 32.001 focos identificados neste período, a maior parte concentrou-se na porção centro-norte do bioma, mais precisamente nas bacias hidrográficas do Tocantins-Araguaia (Tocantins) e São Francisco (Bahia), afetando principalmente os remanescentes de vegetação (75,6%, em particular, as formações savânicas), as áreas de pastagens (13,2%) e agricultura (11%). A análise dos padrões dos focos de calor no bioma Cerrado demonstra uma clara dependência em relação aos tipos de cobertura e uso da terra e uma estreita associação entre os indícios de queimadas e os novos desmatamentos em curso.

**Palavras chaves:** Focos de Calor, Bioma Cerrado, Desmatamentos.

### **ABSTRACT**

Considered one of the 34 world biodiversity hotspots, due to both its peculiar endemism and rapid land conversion (39,5% of human-induced conversions), the Cerrado biome is also characterized by a pronounced occurrence of vegetation fires (it is estimated that about 40% of the *hotspots* detected in the country take place in the Cerrado). Thus, in this study we assessed the spatial and temporal distribution patterns of thermal anomalies in relation to the major land cover classes and on going deforestations. Specifically, we relied on MODIS based hotspot data generated by the University of Maryland, USA, for the period between May 04, 2008 and May 05, 2009, which were analyzed according to the municipality and watershed (Otto basin system, level 6) limits. The majority of the 32,001 hotspots detected concentrated in the center-north portion of the biome, particularly in the Tocantins-Araguaia (Tocantins State) and São Francisco

(Bahia State) basins, affecting mostly the remnant vegetation (75,6%, predominantly the savanna formations), the cultivated pastures (13,2%), and the agriculture areas (11%). Our results show a clear dependence between fire and land cover types and a close association between these potential fire occurrences and the new clearings taking place.

**Keywords:** Thermal Anomalies, Cerrado Biome, Deforestation.

## 1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é reconhecido como um dos *hotspot* para conservação da biodiversidade mundial (MYERS et al., 2000), haja vista o rápido e intenso processo de conversão de sua cobertura vegetal natural. Rápido, ao considerar que essa conversão se procedeu nos últimos 40 anos. Intenso, pois cerca de 39,5% do Cerrado já foram convertidos em áreas de uso antrópico (SANO et al., 2008). Embora o bioma Cerrado seja considerado um ecossistema adaptado ao fogo, a ocorrência das queimadas, comumente usadas para limpeza da terra nas atividades agropastoris e para introdução e/ou manutenção de pastagens e áreas agrícolas, vem desencadeado um gama de impactos ambientais, em escalas local, regional e global, principalmente através da emissão de gases do efeito estufa (LONGO et al., 2009).

As queimadas também ocasionam danos às árvores, ao solo, à fauna, às propriedades e à vida humana, podendo ainda, mesmo que indiretamente, causar o assoreamento de rios, a redução do fluxo de cursos d' água, inundações, erosões e perdas em turismo e recreação, condicionando prejuízos monetários até dez vezes maiores do que os impactos diretos – todos causados essencialmente pelo calor liberado pelo fogo dos incêndios (SOARES e BATISTA, 2007).

A detecção das queimadas pode ser realizada por postos de vigilância e torres de observação, patrulhamento aéreo e monitoramento por imagens de satélites. Especificamente, o sensoriamento remoto na faixa espectral do infravermelho óptico (0,7 a 1,3  $\mu\text{m}$ ) ou infravermelho termal (8 a 14  $\mu\text{m}$ ) tem se destacado como uma eficiente técnica de detecção de queimadas, possibilitando análises globais, regionais e locais, através de um acervo sinótico e sistemático, de fácil aquisição e análise (SCHROEDER et al., 2008).

Nesse sentido, diversos sistemas orbitais, tanto de alta resolução (ex. Landsat-TM), quanto de resolução moderada (ex. MODIS), e até mesmo satélites meteorológicos (ex. GOES e NOAA) tem sido empregados para a detecção de focos de calor indicativos de queimadas.

No Brasil, destaca-se o trabalho desenvolvido desde 1998 no âmbito do Programa de Monitoramento de Queimadas em Tempo Quase Real do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC – INPE), o qual levanta, a partir das imagens termais, dados de focos de calor disponibilizados gratuitamente na internet (<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>).

Nesse artigo, analisa-se os padrões de distribuição espacial e temporal dos focos de calor detectados no bioma Cerrado durante um ano completo (2008 a 2009), em relação às principais classes de cobertura e uso da terra e desmatamentos em curso, tendo por referência os limites municipais e de Ottobacias nível 6, cuja definição se baseia na análise topológica da rede hidráulica, de jusante à montante (PFAFSTETTER, 1989; GALVAO e MENESES, 2005; ANA, 2006).

## 2. DESENHO EXPERIMENTAL

### 2.1 Área de estudo

O bioma Cerrado localiza-se na região central do Brasil, ocupando uma área aproximadamente de 204 milhões de hectares - 24% do território brasileiro (IBGE, 2004). Estabelece fronteiras com cinco importantes biomas ao longo de seus domínios (Amazônico, Caatinga, Pantanal e Mata Atlântica), o que lhe confere distintas características (climáticas, pedológicas, geomorfológicas, etc.). Entre as 12 grandes regiões hidrográficas do país, três bacias hidrográficas (do São Francisco, Paraná e Tocantins-Araguaia) possuem grande parte de suas nascentes e principais tributários localizados nos limites do Cerrado (LIMA e SILVA, 2008).

Apesar do grande número de rios e tributários ao longo dos gradientes latitudinal e longitudinal, o Cerrado apresenta regimes pluviométricos bastante distintos, com duas estações bem definidas, i.e. chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro). Segundo Silva et al. (2008), os meses de novembro, dezembro e janeiro geralmente são os mais chuvosos, enquanto os meses da estação seca representam baixos índices pluviométricos,

diminuindo consequentemente a recarga dos rios e seus afluentes.

A cobertura vegetal natural, o Cerrado compreende três grandes domínios fito-fisionômicos: a) campestre (7%) (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre), no qual predominam espécies herbáceas e arbustivo-herbáceas; b) savântico (61%) (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda), caracterizado pela ocorrência de estratos arbóreos, arbustivo-herbáceo e árvores espalhadas, de forma descontinua, por um substrato gramíneo; e c) floresta (32%) (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), no qual espécies arbóreas definem um dossel contínuo (RIBEIRO e WALTER, 2008; SANO et al., 2007).

Em relação à cobertura vegetal antrópica, as classes de pastagem e agricultura ocupam 10,5% e 26,5% da área total do bioma, respectivamente (SANO et al., 2008), ocorrendo principalmente nas regiões planas, solos profundos (Latossolos) e extensas drenagens (Figura 1).

## 2.2 Processamento e organização dos dados

Entre os vários tipos de dados de focos de calor disponíveis (NOAA, GOES, METEOSAT, etc.) optou-se por aqueles gerados através do algoritmo MODIS Active Fire desenvolvido pela Universidade de Maryland (EUA) (produto MOD14), o qual utiliza imagens diárias do sensor TERRA-MODIS, com resolução espacial de 1 km e centradas nas regiões de 3.9 μm e 11 μm (JUSTICE et al., 2006; SOUZA et al., 2003).

Estes dados, obtidos junto ao Programa de Monitoramento de Queimadas em Tempo Quase-Real do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), para o período entre 04 de maio de 2008 a 05 de maio de 2009, foram organizados e manipulados por meio de um Sistema de informações geográficas (ArcGIS 9.3). Especificamente, os focos de calor, sobrepostos e quantificados com base nos limites municipais e das Otto bacias nível 6, foram correlacionados às principais classes de cobertura e uso da terra do bioma Cerrado, conforme o mapeamento realizado no âmbito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO – SANO et al., 2007) e interceptados em relação à buffers de 1 a 5 km em torno dos polígonos de alertas de desmatamento detectados

através do Sistema Integrado de Alertas de Desmatamento (SIAD) para o período entre 2002 e 2008 (FERREIRA et al., 2007; ROCHA et al., 2009) (Figura 2).

As classes de cobertura e uso da terra (PROBIO) empregadas neste trabalho foram: agricultura, pastagem e cobertura vegetal remanescente. Dentre as classes de cobertura natural vegetal, as seguintes classes foram consideradas como pertencentes às *formações florestais*: : Aa, As, Cb, Cm, Cs, Da, Ds, Fa, Fb, Fm, Fs, Mm, Pf, Pm, Sd, Td, e Vs. Nas *formações savânicas*, foram englobadas as classes: Saf, Sas, Spf, Sps, Taf, Tas, Tpf e Tps. Nas *formações campestres*, foram incluídas as classes: Pa, r, Sgf, Sgs e Tgs (Tabela 1) (SANO et al., 2007).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Distribuição espacial e sazonal dos focos de calor no bioma Cerrado

Durante o período compreendido entre 04 de maio de 2008 a 05 de maio de 2009 foram detectados um total de 32.001 focos de calor no bioma Cerrado. A maior parte destes focos se encontra na porção norte do bioma – nos estados do Tocantins (5.837) e Maranhão (4.838) -, seguido pelas porções centro-oeste – Bahia (4.217) e Piauí (1.880) –, algumas porções da região centro-leste – no estado de Mato Grosso (5.804) - como também no extremo sul – no estado de São Paulo (2.266) (Figuras 3 e 4).

O mapa de cobertura natural e antrópica que acompanha as Figuras 3 e 4 é uma simplificação do mapa PROBIO (SANO et al., 2007), através do agrupamento de todas as classes de vegetação natural (cobertura natural) e de uso da terra (cobertura convertida) (cultura agrícola, pastagens cultivadas, reflorestamento, áreas urbanas e áreas degradadas por mineração).

A Tabela 2 informa a variação sazonal dos focos ocorridos entre maio de 2008 a maio de 2009, registrados pelo sensor MODIS para cada estado que se encontra com seus limites inseridos no bioma Cerrado. Os dados revelam que de janeiro a abril (estação climática quente e chuvosa) os registros são relativamente pequenos, com destaque para os estados do Mato Grosso do Sul e São Paulo (região de elevada pressão antrópica) com 116 e 137 focos respectivamente. Para o mesmo período, estados

presentes na região norte do Cerrado (maiores proporções de vegetação remanescente), como Tocantins, Bahia, Piauí, e Maranhão não tiveram mais que 89 focos detectados. A partir do quinto mês (maio) até setembro, período o qual se caracteriza como sendo a estação climática fria e seca (inverno), tem-se um aumento significativo na

ocorrência dos focos de calor pelas regiões do bioma.

Dos onze estados, somente o Distrito Federal e o Paraná não tiveram um aumento considerável nesse período. Alguns estados da região centro-norte do bioma tiveram um aumento dos focos em escala crescente, tais como Bahia (2.396%), Maranhão (5.027%), Piauí (3.821%), Tocantins

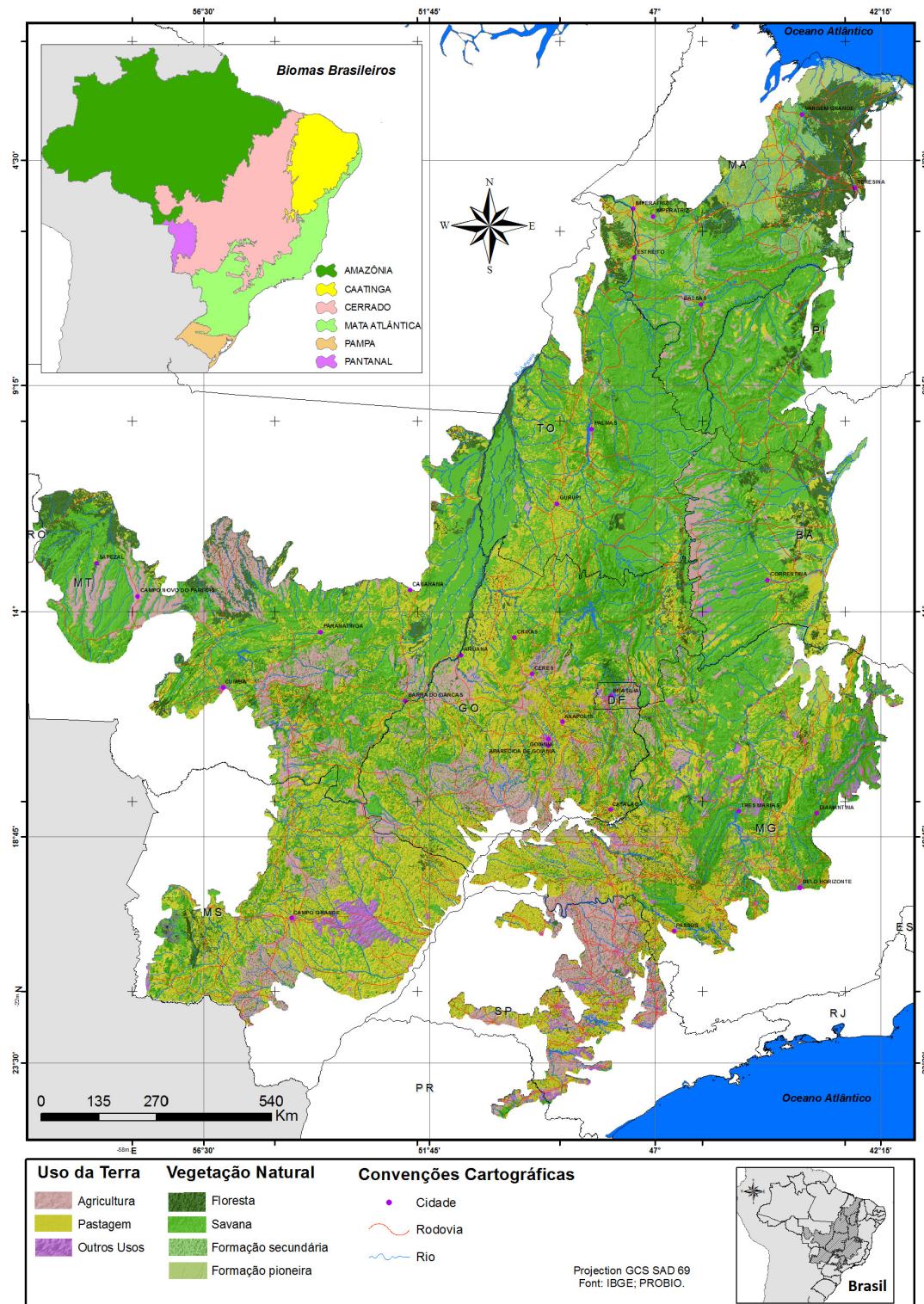


Fig. 1 - Distribuição dos principais domínios vegetacionais (naturais e antrópicos) do bioma Cerrado.

(1.697%) e Mato Grosso (1.476%). Ao contrário, nos estados que compõe a região centro-sul do bioma, este aumento ocorreu em menor escala para o mesmo período.

Conforme a distribuição de freqüência mostrada na figura 5, os focos de calor concentram-se principalmente nos meses característicos da estação seca – junho a outubro–, entre os quais o

mês de setembro se destaca, com 9.808 focos, seguidos pelos meses de agosto e outubro, com 6.749 e 6.503 focos, respectivamente. As menores quantidades de focos de calor são observadas nos meses de fevereiro, com 67 focos, e março, abril e janeiro, com 107, 165 e 182 focos, respectivamente.

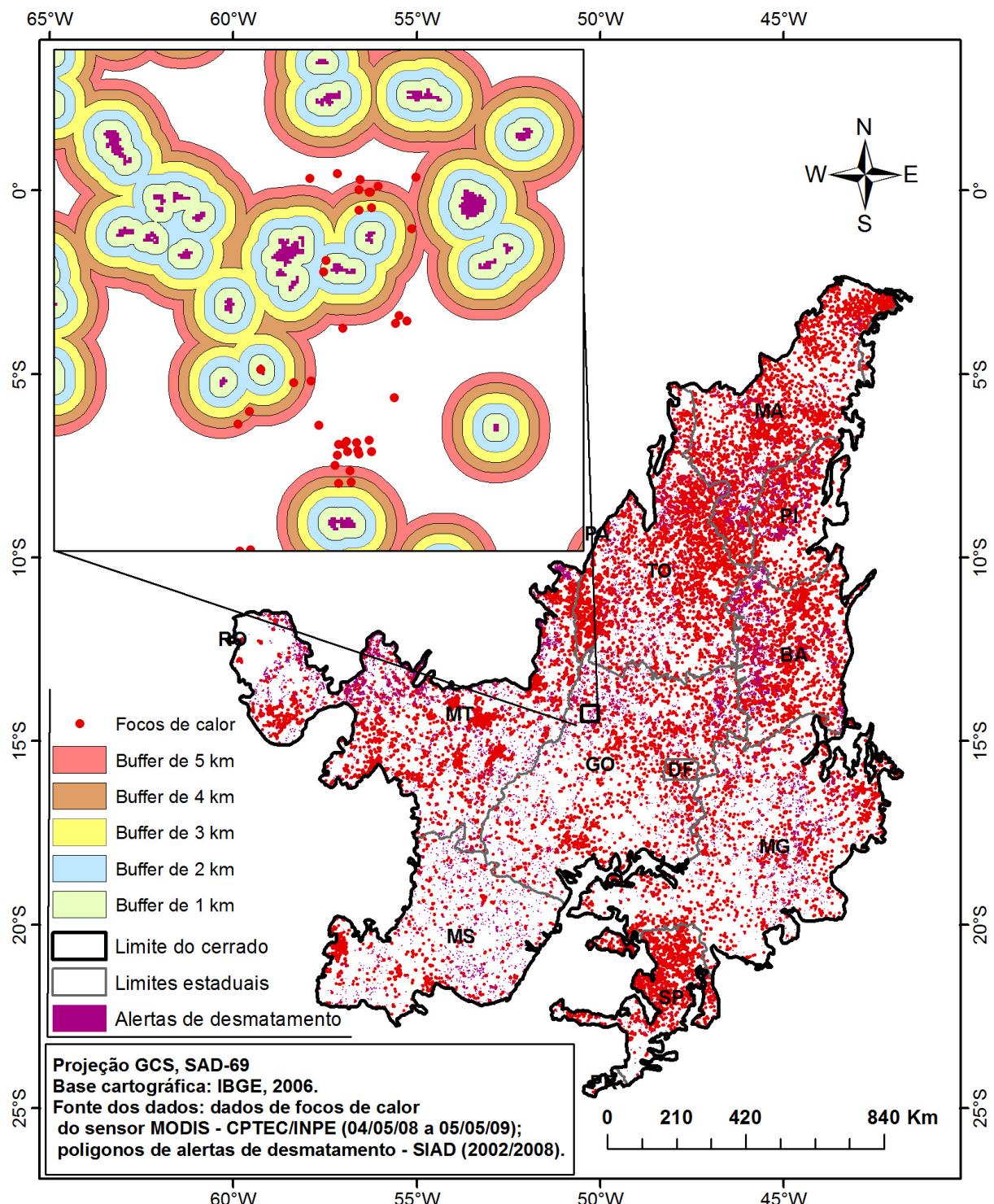


Fig. 2 - Focos de calor (2008-2009) interceptados em relação aos buffers de 1 a 5 km em torno dos alertas de desmatamentos detectados no bioma Cerrado entre 2002 e 2008).

A concentração de focos de calor durante os meses da estação seca pode ser explicada pelas características climáticas, no que diz respeito à ocorrência dos menores valores de precipitação e umidade relativa do ar durante este período – característico do clima tropical semi-úmido, típico do bioma Cerrado – (SILVA et al., 2008), associada às práticas agropastoris de usar o fogo como

técnica de preparo e limpeza do terreno (LARA et al., 2007). Em contrapartida, a pouca quantidade de focos de calor verificados nos meses de dezembro a abril pode ser justificado pela estação chuvosa e pelo próprio ciclo das culturas plantadas, no qual o preparo das terras para o plantio ocorre antes do período chuvoso.

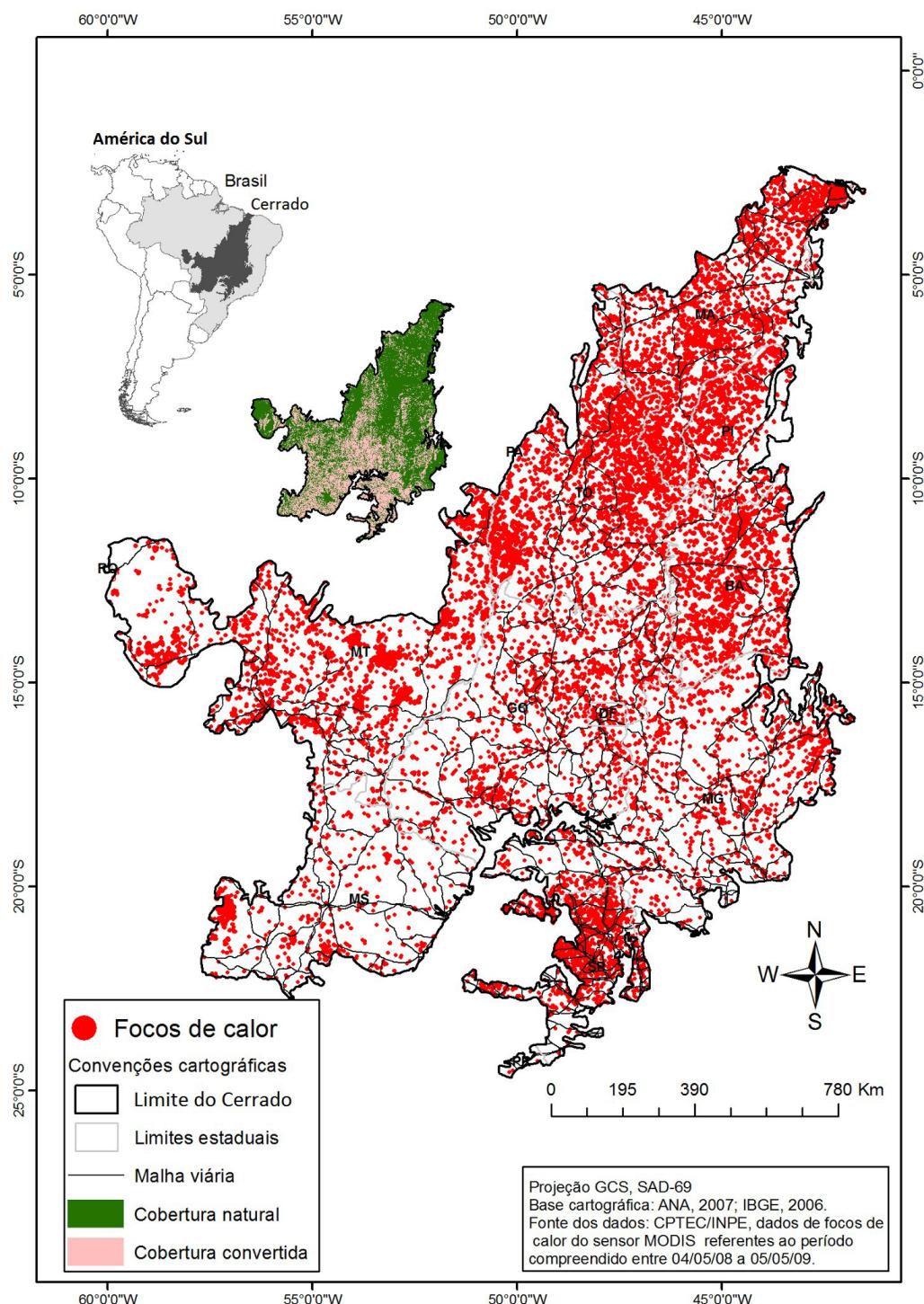


Fig. 3 - Espacialização dos focos de calor no bioma Cerrado detectados no período de maio/2008 a maio/2009.

### 3.2 Espacialização dos focos de calor com base nos limites municipais

O bioma Cerrado compreende 1.388 municípios, sendo que, conforme indicado na Figura 6, que espacializa a quantidade de focos por município, a maior proporção de focos de calor se concentram naqueles municípios situados na região

centro-norte do bioma, onde predominam os maiores remanescentes de vegetação natural (figura 6).

Os estados do Tocantins e da Bahia apresentaram os maiores números de focos de calor por município. Na Bahia, os municípios de São Desidério, Correntina e Santa Rita de Cássia tiveram em um ano 445, 460 e 516 focos, respectivamente,

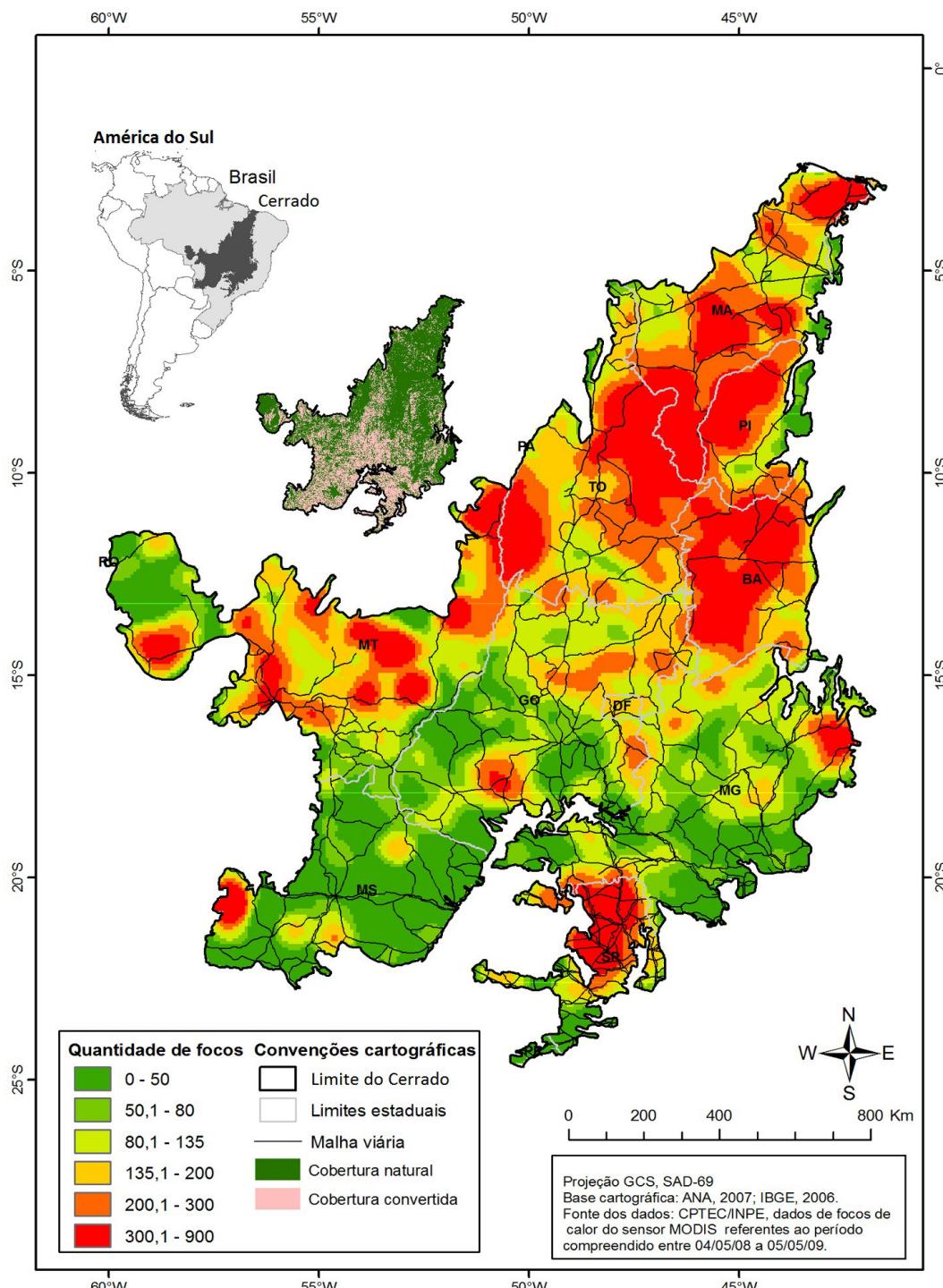


Fig. 4 - Densidade de focos de calor no bioma Cerrado detectados no período de maio/2008 a maio/2009.

Tabela 1 – Classes de cobertura vegetal natural (PROBIO Cerrado) agrupadas em três grandes formações.

Formação Vegetacional	Região Fitoecológica	Símbolos
<i>Florestal</i>	Floresta Ombrófia aberta	Aa, As
	Floresta Estacional Decidual	Cb, Cm, Cs
	Floresta Ombrófila Densa	Da, Ds
	Floresta Estacional Semidecidual	Fa, Fb, Fm, Fs
	Floresta Ombrófila Mista	Mm
	Formações Pioneiras	Pf, Pm
	Savana Florestada	Sd
	Savana Estépica Florestada	Td
	Vegetação Secundária	Vs
<i>Savântica</i>	Savana Arborizada	Saf, Sas
	Savana Parque	Spf, SpS
	Savana Estépica Arborizada	Taf, Tas
	Savana Estépica Parque	Tpf e Tps
<i>Campestris</i>	Formação Pioneira	Pa
	Refúgios Vegetacionais	r
	Savana Gramíneo-Lenhosa	Sgf, Sgs
	Savana Estépica Gramíneo Lenhosa	Tgs

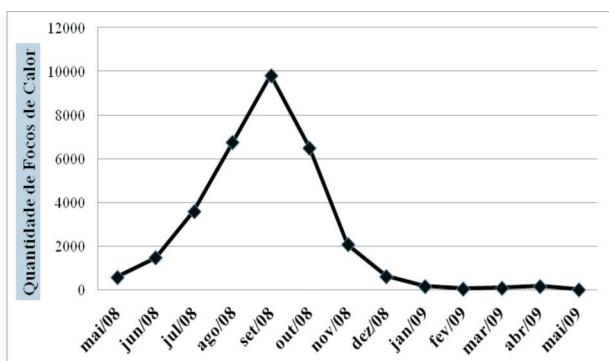


Fig. 5 - Distribuição mensal dos focos de calor no bioma Cerrado, para o período de maio de 2008 a maio de 2009.

haja vista o uso da terra voltado para as atividades agrícolas. Da mesma forma, no Tocantins, municípios como Formoso do Araguaia (675 focos), Lagoa da Confusão (476 Focos), Balsas (476 focos) e Alto Paranaíba (439 focos) encontram-se em uma região de expansão das áreas de pastagem e agricultura sobre a vegetação remanescente.

No estado do Mato Grosso há também uma significativa presença de focos nesse período, enquanto que na porção centro-sul do Cerrado, região com menores proporções de vegetação

natural, observa-se uma quantidade significativamente menor de focos por município, variando entre 0 e 50. A exceção é o município de Porto Murtinho (extremo sudoeste do Cerrado), Mato Grosso do Sul, que teve registrado 446 focos.

Conforme a figura 7, cerca de 290 municípios não apresentaram qualquer foco de calor para o período analisado. Um número considerável de municípios (941) apresentou de 1 a 50 focos de calor, enquanto 143 municípios apresentaram de 51 a 300 focos e 13 municípios apresentaram uma quantidade entre 301 e 680 focos de calor.

### 3.3 Espacialização dos focos de calor com base nos limites de Otto bacias nível 6

Considerando a representação em bacia hidrográfica (~15.612 Ottobacias nível 6), 9.536 bacias, predominantemente localizadas nas bacias do

Tocantins-Araguaia (centro-norte de Goiás e leste do Mato Grosso), São Francisco (Minas Gerais) e Amazônica (nordeste de Mato Grosso) não apresentaram focos de calor (figuras 8 e 9).

Por outro lado, as Ottobacias que se encontram a jusante (Bahia) da bacia do São Francisco, apresentaram em seus domínios uma

concentração de focos variando entre 51 a 250. Para a bacia do Tocantins-Araguaia (a jusante), ao longo do Rio Tocantins (Estado do Tocantins), a concentração de focos variou de 21 a 100. Esse padrão de concentração de focos também é observado na região norte-nordeste do bioma, nas bacias do Parnaíba e Atlântico Nordeste Ocidental.

Para as Ottobacias da região sul (bacia do Paraná), o predomínio foi de bacias com focos variando de 1 a 10. Duas bacias, contudo, registraram 193 e 205 focos. Da mesma forma, a região da bacia do Paraguai apresentou uma concentração de focos variando de 1 a 50, ainda que em algumas áreas nenhum foco tenha sido detectado.

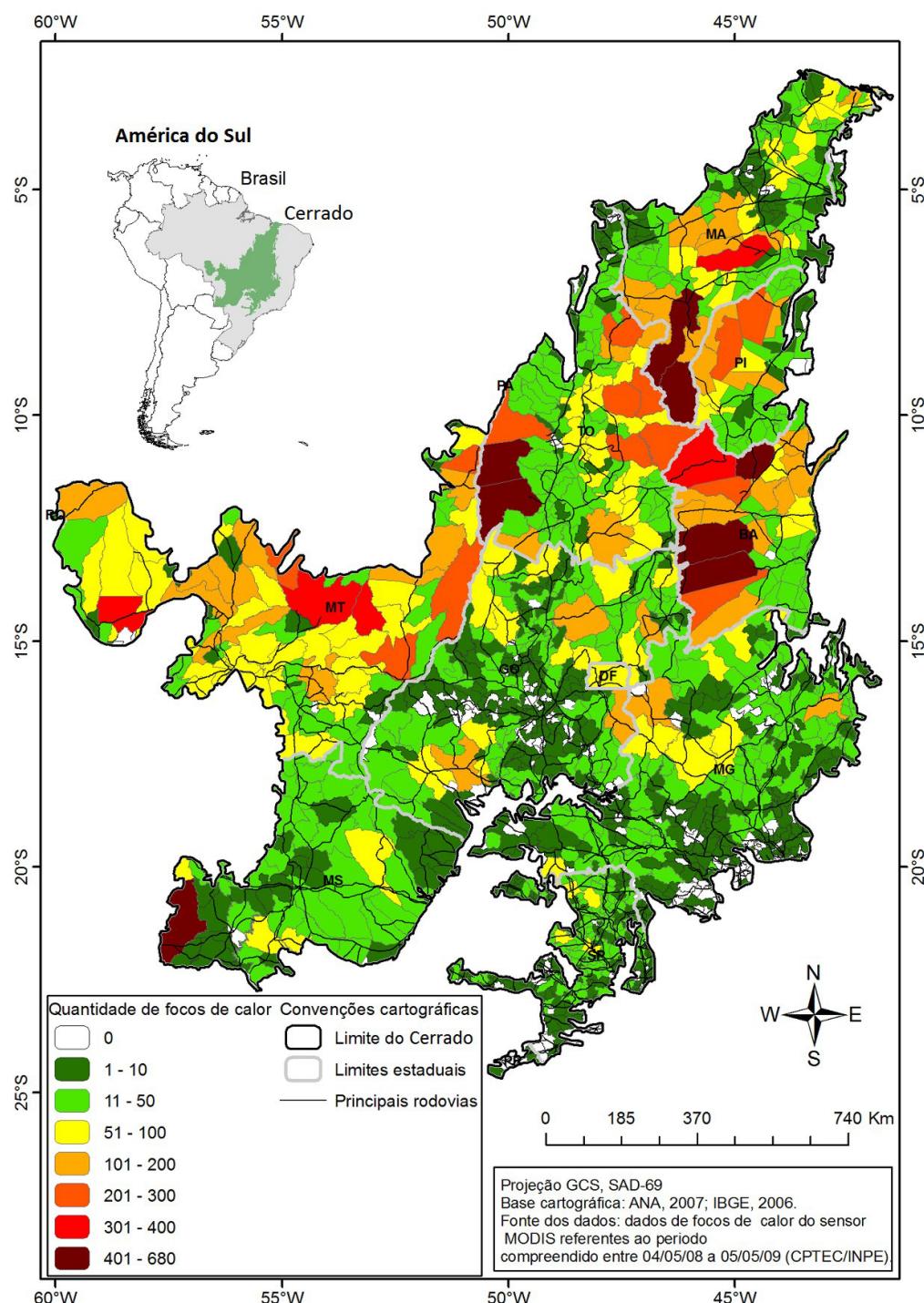


Fig. 6 - Espacialização dos focos de calor no bioma Cerrado (maio 2008 a maio 2009) com base nos limites municipais.

Tabela 2 – Número mensal de focos de calor, segundo cada estado brasileiro presente nos domínios do bioma cerrado (maio/2008 a maio/2009).

	B A	M A	P I	T O	M T	M S	G O	D F	M G	S P	P R	T otal
M ai/2008	55	29	19	108	126	37	70	6	44	126	1	621
J un/2008	141	307	41	385	250	22	119	0	65	147	0	1477
J ul/2008	305	627	134	679	811	76	342	6	168	460	0	3608
A go/2008	474	738	331	1236	1860	376	700	29	537	467	1	6749
S et/2008	1318	1458	726	1833	1656	464	962	36	858	497	0	9808
O ut/2008	1294	689	474	1439	926	104	609	4	781	183	0	6503
N ov/2008	589	550	121	120	69	53	124	2	266	176	0	2070
D ez/2008	11	411	29	8	13	68	7	0	13	73	0	633
J an/2009	17	25	4	24	62	22	16	0	3	8	1	182
F ev/2009	7	4	0	2	7	15	6	0	12	14	0	67
M ar/2009	6	0	1	2	15	18	8	0	24	33	0	107
A br/2009	0	0	0	1	9	61	7	0	5	82	0	165
Total	4217	4838	1880	5837	5804	1316	2970	83	2776	2266	3	32001



Fig. 7 - Distribuição dos focos de calor no bioma Cerrado (maio 2008 – maio 2009) com base nos limites municipais.

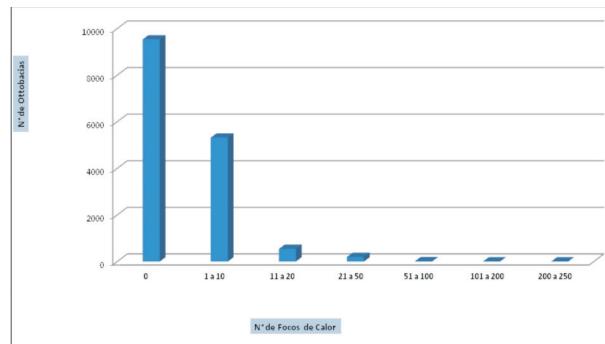


Fig. 8 - Distribuição dos focos de calor (2008-2009), conforme os limites das Ottobacias para o bioma Cerrado.

### 3.4 Focos de calor e classes de cobertura e uso da terra

Em relação às classes de cobertura e uso da terra, a maior ocorrência dos focos de calor foi observada em áreas de vegetação remanescente (23.691 ou 75,6%), principalmente em áreas de formação savântica (14.822 ou 47,3%), seguida pelas formações florestais (4.300 ou 23,2%) e formações campestres (1.184 ou 5,1%) (figuras 10 e 11). A prevalência de focos de calor sobre áreas remanescentes corrobora o processo de conversão em curso do bioma Cerrado.

Em relação às áreas já convertidas, nas áreas de pastagem e agricultura (uso antrópico consolidado) são observados 4.148 (13,2%) e

3.466 (11%) focos de calor, respectivamente - o que também sugere o emprego rotineiro do fogo no manejo e preparo do solo.

Uma análise temporal dos focos de calor registrados entre 2008 e 2009, em relação às classes de cobertura e uso da terra (Tabela 3) demonstra que no decorrer do ano, há um aumento proporcional em todas as classes (tanto antrópicas, quanto naturais), com destaque para os meses de julho a setembro.

### 3.5 Focos de calor e Alertas de desmatamento (SIAD)

Em relação aos desmatamentos em curso, 33,2% (ou 10.632) dos focos detectados no período de maio de 2008 a maio de 2009 ocorreram

até uma distância de 5 km dos 14.663 (~ 23.250 km<sup>2</sup>) alertas identificados pelo SIAD para o período de 2002 a 2008. Em particular, 3.705 focos, ou 34,8 % do total interceptado no raio de até 5 km, ocorreram até uma distância de 1 km de uma determinada área desmatada. Ainda que os períodos analisados componham intervalos distintos e de pouca sobreposição, fica claro o estreito vínculo

entre os focos de calor e as frentes de desmatamentos no bioma Cerrado. Assumindo que os desmatamentos ocorram principalmente entre junho e setembro (período de entressafra), certamente há uma relação direta entre os desmatamentos em curso e os focos de calor. Por outro lado, a associação de focos de calor recentes aos desmatamentos ocorridos em anos anteriores

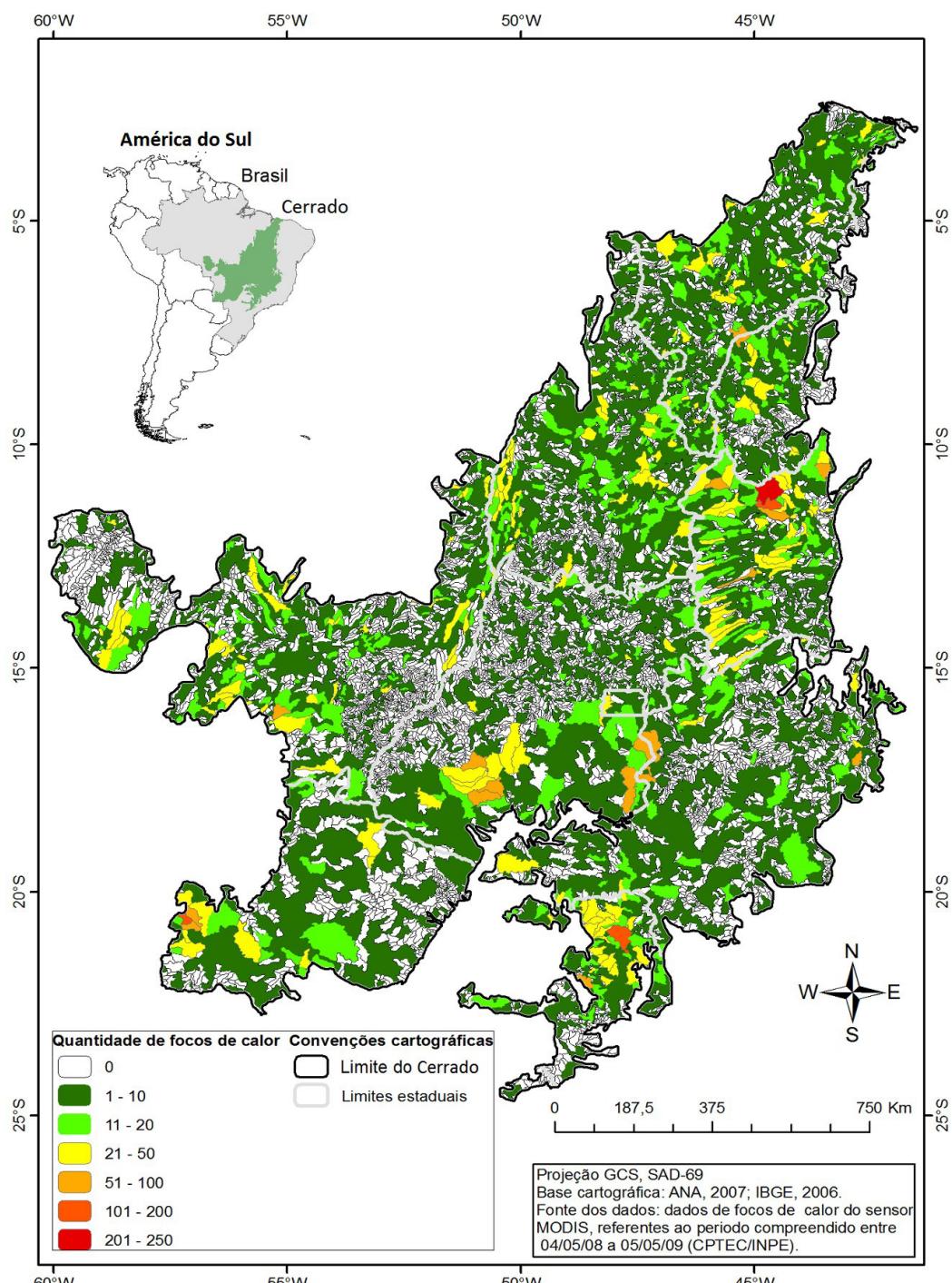


Fig. 9 - Espacialização dos focos de calor (maio 2008 – maio 2009), conforme os limites das 15.612 Ottobacias nível 6 existentes no bioma Cerrado.

Tabela 3 – número de focos por mês (maio 2008 – maio 2009), segundo os diferentes tipos de cobertura e uso da terra do bioma Cerrado.

Uso da terra/ Meses	AGRIC.	PASTAGEM	FORMAÇÃO FLORESTAL	FORMAÇÃO SAVANICA	FORMAÇÃO CAMPESTRE
Mai/2008	163	110	82	202	55
Jun/2008	239	187	256	580	194
Jul/2008	671	451	685	1538	209
Ago/2008	769	946	1251	3282	355
Set/2008	865	1169	1964	5155	434
Out/2008	448	784	1675	3229	257
Nov/2008	133	262	859	663	80
Dez/2008	51	96	402	55	11
Jan/2009	12	39	50	71	7
Fev/2009	11	29	6	15	0
Mar/2009	26	33	19	17	0
Abr/2009	78	42	18	15	2
<b>Total</b>	<b>3466</b>	<b>4148</b>	<b>7267</b>	<b>14822</b>	<b>1604</b>

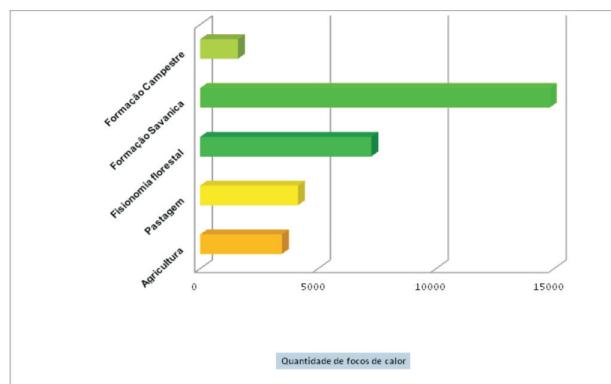


Fig. 10 - Quantidade de focos de calor (maio de 2008 a maio de 2009) em relação às classes de cobertura e uso da terra no bioma Cerrado (PROBIO).

sugere o uso de incêndios tanto para a finalização da limpeza de áreas nativas, quanto para manutenção das novas áreas incorporadas ao sistema produtivo.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos padrões de distribuição espacial e temporal dos focos de calor no bioma Cerrado demonstra uma clara dependência em relação aos tipos de cobertura e uso da terra. A ocorrência dos focos é significativamente maior em áreas de vegetação remanescente, dentre as quais se destacam as formações campestres. Em relação às áreas já convertidas, a ocorrência de focos em áreas de pastagens é aproximadamente 16% superior àquela observada em áreas agrícolas, o que confirma

o uso do fogo para a manutenção de pastagens e, em menor escala, no preparo do solo para cultivo.

Os resultados desse trabalho também demonstram a inequívoca associação entre os indícios de queimadas e os novos desmatamentos em curso. Em fato, aproximadamente 1/3 dos focos de calor detectados entre maio de 2008 e maio de 2009 ocorreram até 5 km dos alertas de desmatamentos detectados através do Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos para o bioma Cerrado (SIAD Cerrado). Esta associação, além de ser uma importante maneira de simultaneamente validar ambos os dados (i.e. focos de calor e alertas de desmatamentos), também sugere impactos ambientais ainda mais severos devidos aos desmatamentos. Em particular, as emissões de CO<sub>2</sub> estão sendo significativamente potencializadas, tanto pela remoção e decomposição da cobertura vegetal natural, quanto pela emissão acelerada de gases do efeito estufa.

#### AGRADECIMENTOS

Este estudo teve o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), no âmbito da parceria entre o LAPIG – UFG e o Ministério Público do Estado de Goiás. Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico

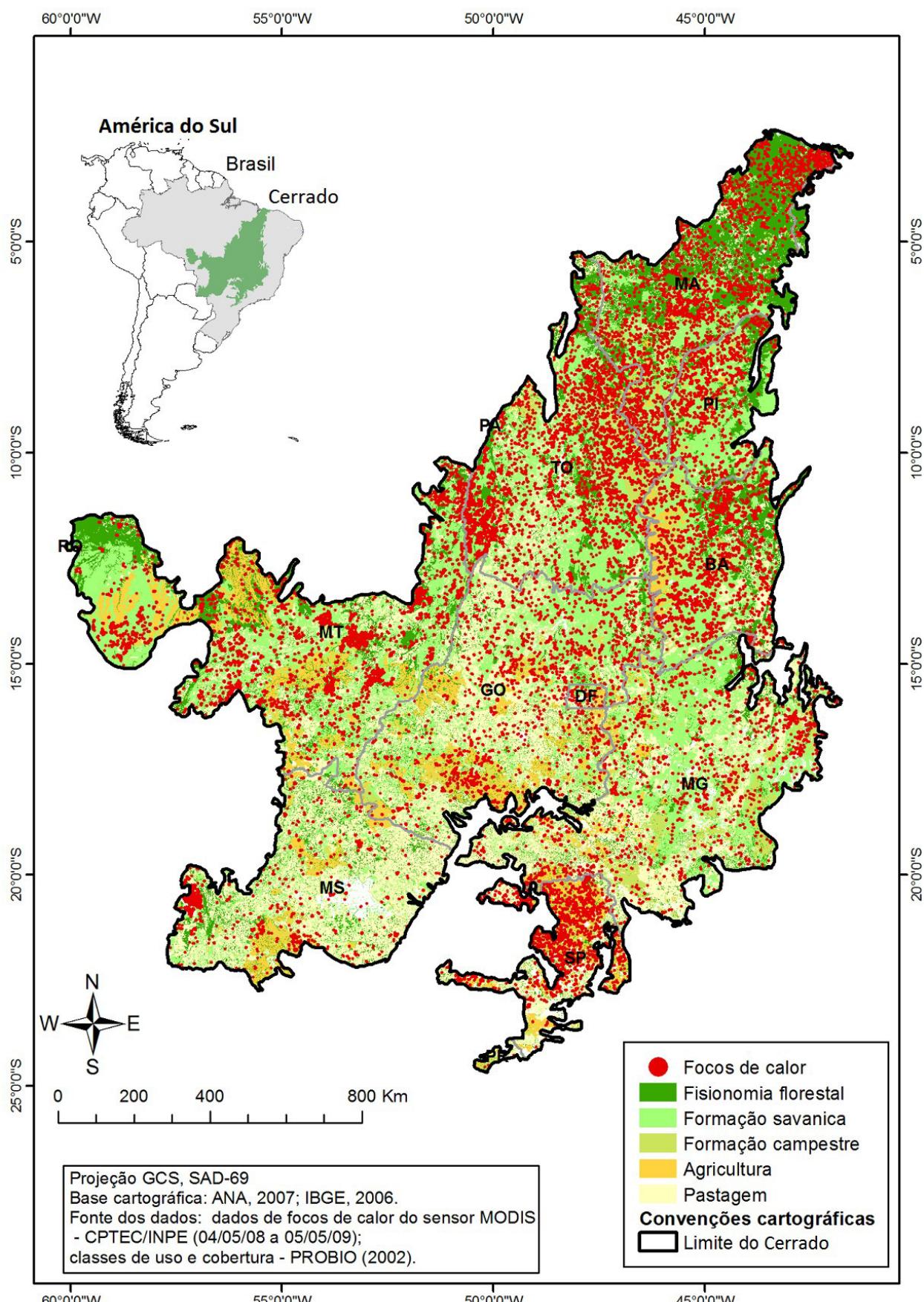


Fig. 11 - Distribuição dos focos de calor (maio 2008 – maio 2009) em relação às principais classes de cobertura e uso da terra no bioma Cerrado.

e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas de mestrado e produtividade em pesquisa (1C) concedidas ao segundo e terceiro autores, respectivamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Topologia hídrica: método de construção e modelagem da base hidrográfica para suporte à gestão de recursos hídricos.** Agência Nacional de Águas, Superintendência de Gestão da Informação. Brasília: ANA, SGI, 2006. 29 p.
- 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** (Online), v. 28, p. 47-62, 2007.
- GALVÃO, W. S.; MENESSES, P. R.. Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, São José dos Campos. **Anais...** INPE, 2005. p. 2511-2518.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de biomas do Brasil.** Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. Acesso em: 30 Maio 2009.
- JUSTICE, C.; GIGLIO, L.; BOSCHETTI, L.; ROY, D.; CSISZAR, I.; MORISETTE, J.; KAUFMAN, Y. MODIS Fire Products, Version 2.3. AlgorithmTechnical Background Document. **MODIS Science Team**, 2006.
- LARA, D. X.; FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. Uso do fogo em propriedades rurais do Cerrado em Cavalcante, GO. **Ciência Florestal**, v. 17, n.1, p. 9-15, 2007.
- LIMA, J. E. F. W; SILVA, M. S. Recursos hídricos do bioma Cerrado: importância e situação. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F (Org.). **Cerrado: ecologia e flora.** 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2008. p. 87-106.
- LONGO, K. M.; FREITAS, S.; ANDREAE, M. O.; YOKELSON, R. J.; ARTAXO, P. Biomass Burning in Amazonia: Emissions, Long-Range Transport of Smoke and Its Regional and Remote Impacts. In: M. Keller, M. Bustamante, J. Gash, P. S. Dias. (Org.). **Amazonia and Global Change.** Washington, DC, USA: American Geophysical Union AGU, 2009, v. 186, p. 209-234.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mapeamento da cobertura vegetal do bioma Cerrado**, relatório final. Edital Probio 02/2004. Projeto Executivo B.02.02.109. Brasília, jun. 2007.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J.. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. n. 403, p. 853-858, 2000.
- PFAFSTETTER, O. **Classificação de bacias hidrográficas: metodologia de codificação.** Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), 1989. 19 p. Trabalho não publicado.
- PROBIO/MMA. Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma Cerrado. In: **Relatório Final do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira**, 2006. 84 p.
- RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F (Org.). **Cerrado: ecologia e flora.** 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2008. p.151-212.
- ROCHA, G F; FERREIRA JR, L. G; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E.; SILVA, G. N. F . Distribuição espacial dos dados de alertas de desmatamentos do bioma Cerrado para o período 2003-2007. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal-RN. **Anais...** São José do Campos-SP: INPE, 2009. p. 2983-2988.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento de cobertura vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados. **Documentos EMBRAPA Cerrados**, 2007.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado.

- Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v. 43, p. 153-156, 2008.
- SCHROEDER, W.; PRINS, E.; GIGLIO, L.; CSISZAR, I.; SCHMIDT, C.; MORISETTE, J.; MORTON, D. Validation of GOES and MODIS active fire detection products using ASTER and ETM+ data. **Remote Sensing of Environment**, v. 112 (15), p. 2711-2726, 2008.
- SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F (Org.). **Cerrado: ecologia e flora**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2008. p. 69-88.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais – Controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba: Ed. dos Autores, 2007. 264 p.
- SOUZA, P. A. L. de; SISMANOGLU, R. A.; LONGO, k. M.; MAURANO, L. E.; RECUERO, F. S.; SETZER, A. W.; YOSHIDA, M. C. Avanços no monitoramento de queimadas realizado no INPE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza-CE, 2001. p. 75-90.