

Análise sobre a dinâmica do desmatamento e dos incêndios florestais no bioma Cerrado

Consultor: Ralph Trancoso



Banco Mundial P.O. 7831158

TR 29/04/2013 MMA/Banco Mundial

Abril de 2014

Apresentação

O Termo de Referência (TR), de 29 de Abril de 2013, do Ministério do Meio Ambiente e do Banco Mundial visa a contratação de serviços de consultoria de pessoa física para elaboração de análise sobre a dinâmica do desmatamento e dos incêndios florestais no bioma Cerrado que integrará a nova versão do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas – PPCerrado. Para tal, o consultor Ralph Trancoso foi contratado pelo P.O. 7831158 do Banco Mundial, sendo suas atividades iniciadas em 10 de junho de 2013.

No primeiro produto, entregue em 25 de junho de 2013, foi estabelecida a estrutura e o conteúdo do Capítulo de Dinâmica do Desmatamento e dos Incêndios Florestais no Cerrado. No segundo produto, entregue em 08 de agosto de 2013, a primeira seção do capítulo que trata da dinâmica do desmatamento no Cerrado foi desenvolvida, correspondendo às seções 1 e 2 do sumário.

O terceiro produto, adicionou a análise da dinâmica dos incêndios no Cerrado (seção 3) na estrutura desenvolvida no produto 2. Adicionalmente, uma série de modificações foi realizada nas seções 1 e 2 em atendimento ao Parecer N°04 DPCD/SECEX/MMA.

No quarto produto, ao qual este documento se destina, os itens 5 a 8 do índice foram desenvolvidos, incluindo à estrutura prévia a análise do desmatamento e focos de calor nas fitofisionomias vegetais, bacias hidrográficas, áreas prioritárias para a conservação, Unidades de Conservação, Terras Indígenas, Assentamentos de Reforma Agrária e municípios prioritários.

No quinto e último produto as análises serão atualizadas considerando os dados de desmatamento do Cerrado a serem divulgados pelo IBAMA.

A versão do capítulo apresentada neste documento detém 26 figuras, nove tabelas e 21.118 palavras distribuídas em 62 páginas. O trabalho desenvolvido até agora corresponde a aproximadamente 80% do total previsto para a consultoria.

ÍNDICE

1. Introdução	8
2. Dinâmica do desmatamento no Cerrado	10
2.1 Variabilidade espacial e temporal do desmatamento nos estados	11
2.2 Variabilidade espacial e temporal do desmatamento nos municípios	14
2.3 Variabilidade espacial e temporal da densidade de desmatamento	20
2.4 Mudanças nos padrões de desmatamento	23
2.5 Tendências no desmatamento de grandes polígonos	27
3. Dinâmica dos incêndios no Cerrado	29
3.1 Variabilidade espacial e temporal dos incêndios nos estados	30
3.2 Variabilidade espacial e temporal dos incêndios nos municípios	32
3.3 Variabilidade espacial e temporal da densidade dos incêndios	37
3.4 Variabilidade espacial e temporal da densidade dos incêndios em áreas de Cerrado remanescente	38
3.5 Relação sazonal entre precipitação e ocorrência de incêndios	40
4. Desmatamento e incêndios nas fitofisionomias do Cerrado	44
5. Desmatamento e incêndios nas bacias hidrográficas	47
6. Desmatamento e incêndios nas áreas prioritárias para a conservação	49
7. Desmatamento e incêndios por categoria territorial	50
7.1 Unidades de Conservação	51
7.2 Terras Indígenas	53
7.3 Assentamentos da Reforma Agrária	55
8. Desmatamento e incêndios nos municípios prioritários	57
9. Referências Bibliográficas	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Série histórica do desmatamento no bioma Cerrado por múltiplas fontes de dados: FUNCATE, PROBIO, LAPIG e PMDBBS.....	11
Figura 2. Área total do bioma e proporções de área desmatada e remanescente em 2010 nos estados que compõem o Cerrado.....	12
Figura 3. Contribuição dos estados ao desmatamento e área de vegetação nativa remanescente do Cerrado.....	14
Figura 4. Perfil do desmatamento e área de vegetação remanescente nos municípios do Cerrado.....	16
Figura 5. Panorama sobre a dinâmica recente do desmatamento, área relativa desmatada até 2010 e área absoluta de vegetação nativa remanescente nos 1388 municípios situados no Cerrado. As cores representam os estados aos quais os municípios estão inseridos e os gráficos menores nos cantos superiores demonstram a área representada pelo retângulo preto em detalhe.....	18
Figura 6. Densidade de desmatamento entre 2002 e 2010 no bioma Cerrado (Fonte: PMDBBS/IBAMA, 2012).....	21
Figura 7. Densidade de desmatamento entre 2003 e 2012 no bioma Cerrado (Fonte: SIAD/LAPIG-UFG, 2013).....	22
Figura 8. Contribuição absoluta (colunas) e relativa (pizzas) dos intervalos de classe de área no desmatamento de 2009 e 2010 (Fonte: PMDBBS/IBAMA, 2012).....	24
Figura 9. Contribuição absoluta e relativa dos intervalos de classe de área no desmatamento de 2003 a 2012 (Fonte: SIAD/LAPIG-UFG, 2013).	25
Figura 10. Relação entre área desmatada entre 2002 e 2010 e número de polígonos nos 1.388 municípios situados no Cerrado. As cores representam os estados aos quais os municípios estão inseridos e o tamanho dos círculos é proporcional a área de Cerrado remanescente. O gráfico menor nos canto superior direito demonstra a área representada pelo retângulo preto em detalhe.....	26
Figura 11. Série histórica de desmatamento de 2003 a 2012 e contribuição absoluta dos estados no bioma Cerrado (Fonte: LAPIG, 2013).	27
Figura 12. Contribuição relativa dos estados ao desmatamento no bioma Cerrado entre 2003 e 2012 (Fonte: LAPIG, 2013).	29
Figura 13. Contribuição absoluta e relativa dos estados aos focos de calor registrados no bioma Cerrado entre 2003 e 2012 (Fonte: INPE, 2013).....	31
Figura 14. Focos de calor nos municípios do Cerrado em 2010, 2011 e 2012; proporção de focos de calor que inciu em área de Cerrado remanescente por município; e incrementos de focos de calor por município de 2010 para 2011 e de 2011 para 2012.	33
Figura 15. Relação entre a frequência de focos de calor e a proporção de focos em remanescentes de Cerrado nos anos de 2008 e 2009 (A) e 2010 (B). Os círculos correspondem aos 1.388 municípios situados no Cerrado, as cores representam os estados aos quais os municípios estão inseridos e o tamanho do círculo é proporcional a área de Cerrado remanescente.....	36
Figura 16. Variação espacial e temporal da densidade de focos de calor no bioma Cerrado entre 2003 e 2012 (Fonte: INPE, 2013).....	38

Figura 17. Variação espacial e temporal da densidade de focos de calor em áreas de vegetação nativa remanescente entre 2008 e 2010 no bioma Cerrado (Fonte: INPE, 2013).....	40
Figura 18. Variação espacial e temporal da precipitação média mensal no bioma Cerrado (Fonte: Worldclim, 2013).....	41
Figura 19. Variação espacial e sazonal da densidade mensal média de focos de calor no bioma Cerrado (Fonte: INPE, 2013).....	42
Figura 20. Variação sazonal da densidade média de focos de calor (frequência de focos em um círculo com raio de 40 km) e precipitação média mensal nos estados do bioma Cerrado (Fonte: INPE, 2013; Worldclim, 2013).	44
Figura 21. Desmatamento e focos de calor nas bacias hidrográficas do Cerrado: Área total desmatada até 2010 (pizzas) e densidade de focos de calor média no período 2003-2012 (barras azuis) e em 2012 (barras vermelhas); desmatamento entre 2002 e 2010 por sub-bacia (B); área total desmatada em relação a área total das sub-bacias (C); densidade média de focos de calor entre 2003 e 2012 por sub-bacia (D); e densidade de focos de calor em 2012 por sub-bacia (E).	48
Figura 22. Área desmatada até 2010 e densidade média anual de focos de calor entre 2003 e 2012 nas áreas prioritárias para a conservação do bioma Cerrado. Polígonos com borda correspondem as áreas protegidas já criadas.....	49
Figura 23. Mapas temáticos da área total desmatada até 2010 e densidade média anual de focos de calor entre 2003 e 2012 por Unidade de Conservação.....	51
Figura 24. Mapas temáticos da área total desmatada até 2010 e densidade média anual de focos de calor entre 2003 e 2012 por Terra Indígena.	53
Figura 25. Mapas temáticos da área total desmatada até 2010 e densidade média anual de focos de calor entre 2003 e 2012 por Assentamento de Reforma Agrária.	56
Figura 26. Desmatamento e focos de calor nos municípios prioritários do Cerrado em relação a área de vegetação nativa remanescente: relação entre o incremento do desmatamento em 2009 e a área total desmatada até 2010 (A); relação entre o incremento do desmatamento em 2010 e a área total desmatada até 2010 (B); relação entre a frequência de focos de calor em 2010 e a proporção deste focos incidente em vegetação nativa (C); e relação entre a média de focos de calor entre 2003 e 2012 e a variação da frequência de focos em 2012 em relação à média do período 2003-2012 (D).	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Desmatamento e vegetação nativa remanescente nos estados brasileiros que compõem o bioma Cerrado.	13
Tabela 2. 50 municípios com maiores incrementos de desmatamento entre 2003 e 2010.	19
Tabela 3. 50 municípios com maiores frequências de focos de calor entre 2003 e 2012.	35
Tabela 4. Desmatamento e focos de calor identificados por satélite nas categorias fitofisionômicas do Cerrado.	46
Tabela 5. Desmatamento até 2010 absoluto e relativo e densidade anual de focos de calor entre 2003 e 2012 e em 2012 por nível de prioridade para a conservação do Cerrado.	50
Tabela 6. Desmatamento até 2010 absoluto e relativo e densidade anual de focos de calor entre 2003 e 2012 e em 2012 por grau de importância para a conservação do Cerrado.	50
Tabela 7. Desmatamento até 2010 absoluto e relativo e densidade anual de focos de calor entre 2003 e 2012 e em 2012 nas 30 Unidades de Conservação com maior área desmatada até 2010.	52
Tabela 8. Desmatamento até 2010 absoluto e relativo e densidade anual de focos de calor entre 2003 e 2012 e em 2012 nas 30 Terras Indígenas com maior área desmatada até 2010.	54
Tabela 9. Desmatamento até 2010 absoluto e relativo e densidade anual de focos de calor entre 2003 e 2012 e em 2012 nas 30 Assentamentos de Reforma Agrária com maior área desmatada até 2010.	57

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas
APA – Área de Proteção Ambiental
APP – Área de Preservação Permanente
CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
CSR – Centro de Sensoriamento Remoto
FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FLOES – Floresta Estadual
FLONA – Floresta Nacional
FUNAI – Fundação Nacional do Índio
FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais
IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
LAPIG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MODIS – Espectrorradiômetro de imageamento de moderada resolução
PARES – Parque Estadual
PARNA – Parque Nacional
PMDBBS – Programa de Monitoramento dos Biomas Brasileiros por Satélite
PNMC – Política Nacional sobre Mudanças do Clima
PPCerrado – Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado
PRODES – Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite
REBIO – Reserva Biológica
RESEX – Reserva Extrativista
RL – Reserva Legal
SIAD – Sistema de Alerta de Desmatamento
UC – Unidade de Conservação
UCPI – Unidades de Conservação de Proteção Integral
UCUS – Unidades de Conservação de Uso Sustentável
UFG – Universidade Federal de Goiás
TI – Terra Indígena

1. Introdução

Estimativas recentes sobre a perda de cobertura vegetal nativa apontam a América do Sul e a África como os continentes que vêm perdendo mais rapidamente suas florestas (FAO, 2012). O Brasil, seguido da Indonésia, foi e o país com maior área desmatada entre 1990 e 2005. No Brasil, o Cerrado é o bioma que vem experimentando as mais altas taxas de desmatamento. A última estimativa do PMDBBS para o desmatamento do Cerrado em 2010 é de 6469 km², 41% superior ao verificado pelo PRODES para a Amazônia em 2012 (4571 km²). Se comparado as estimativas do SIAD para o desmatamento de 2012 no Cerrado (4571 km²) com o da Amazônia, o do Cerrado foi 67% superior.

Segundo maior bioma brasileiro, cobrindo uma superfície superior a 2.000.000 km², o Cerrado ocupa a maior parte da região Central do Brasil. Estende-se desde a porção norte da Região Sul, no estado do Paraná, até o norte do estado do Maranhão, na Região Nordeste. Apesar de ser constituído principalmente por formações savânicas, o Cerrado detém elevada variabilidade espacial de fitofisionomias (Furley, 1999; Oliveira-Filho & Rattes, 2002). Em suas formações vegetais são encontradas desde vegetações campestres com predomínio de gramíneas até as matas de galeria, formadas por três estratos arbóreos distintos com complexidade estrutural típica das florestas tropicais. A diversidade de ambientes e a heterogeneidade nos atributos ambientais do Cerrado (De Castro & Kauffman, 1998; Buttler et al., 2012) promovem maior riqueza e diversidade biológica (Bridgewater et al., 2004; Simon et al., 2009). Por esta razão, ele é reconhecido como um importante *hotspot* de biodiversidade (Myers et al., 2000; Silva et al., 2002).

Por outro lado, o Cerrado apresenta características edafoclimáticas desejáveis para as atividades agropecuárias e relevo favorável para a mecanização e produção agrícola em larga escala. A expansão da produção no Cerrado vem sendo apontada por veículos de comunicação internacionais, como o *"The Economist"* e *"New York Times"*, como principal responsável pela ascendência da agricultura brasileira no mercado global (Rada, 2013). O impacto da substituição da vegetação nativa do Cerrado por agroecossistemas causam alterações ecossistêmicas e nos ciclos de matéria e energia (Bernoux et al., 2006; Battle-Bayer et al., 2004). Levando em consideração o custo elevado para o manejo dos solos do Cerrado e a baixa tecnologia na agricultura em um ambiente com disponibilidade para abertura de novas áreas, o cenário é de intensa expansão da fronteira agrícola e aumento do desmatamento (Sano et al., 2001; Philippi et al., 2009; Jepson et al., 2010; Sano et al., 2011).

A maioria dos ecossistemas brasileiros estão sujeitos a incêndios. Entretanto, a flamabilidade e combustibilidade vai depender das características do material combustível, sendo altamente variáveis ao longo dos diferentes tipos de vegetação do Brasil. As savanas brasileiras são formadas por ecossistemas dependentes do fogo, onde a maior parte das espécies coevoluíram com a presença do fogo, que passou a ser um elemento essencial para a manutenção da biodiversidade (Hardestry et al., 2005; Miranda et al., 2009; Pivello, 2011). A retirada ou introdução inadequada do fogo pode alterar substancialmente o equilíbrio destes ecossistemas (Shlisky et al., 2009). Os incêndios florestais vem ocorrendo no Cerrado por milênios e vem sendo considerados como uma das principais forças evolutivas para as adaptações morfológicas e fisiológicas da vegetação (Simon et al., 2009). Registros demonstram

que o aumento da frequência de incêndios florestais na região de transição entre a floresta e as savanas proporciona a invasão de gramíneas nativas em ecossistemas florestais (Silvério et al., 2013). Da mesma forma, ecossistemas florestais com maior diversidade e complexidade estrutural apresentam mecanismos específicos para evitar o fogo. Plântulas de espécies arbóreas, por exemplo, apresentam diferentes estratégias de crescimento de acordo com o padrão de intensidade dos incêndios (Dantas & Pausas, 2013). Estudos apontam que a diversidade da fauna também pode ser regulada pelo fogo. Uma maior diversidade de aracnídeos foi observada em áreas que sofreram incêndios (Freire-Jr & Motta, 2011). Além disso, mudanças na disponibilidade de nutrientes, na biomassa microbiana, na umidade do solo e na evapotranspiração também vêm sendo reportadas após a ocorrência de incêndios (Nardoto & Bustamante, 2003; Quesada et al., 2004; Pivello et al., 2010; Oliveiras et al., 2013). Portanto, os incêndios exercem uma função reguladora na distribuição dos biomas florestais e savânicos em paisagens tropicais (Van Langevelde et al., 2003; Dantas et al., 2013).

Estimativas apontam que a queima da vegetação savânica e gramíneas representou 44% do total das emissões de gases de efeito estufa verificado no globo entre 2001 e 2009 (van der Werf et al., 2010). Pivello (2011) também ressalta que incêndios causados por práticas agrícolas são uma importante fonte de emissões de gases de efeito estufa, uma vez que, a maior parte das emissões no Brasil provém da queima da vegetação nativa. Por esta razão, estratégias que busquem o manejo da incidência e da intensidade dos incêndios no Cerrado são importantes tanto em escala nacional quanto global.

No contexto da prevenção e combate ao desmatamento e considerando os possíveis impactos das mudanças climáticas advindos da perda de cobertura florestal nativa (IPCC, 2007), uma série de ações para a prevenção e combate ao desmatamento vêm sendo propostas pelo Governo Federal. A Lei nº 12.187/2009, que instituiu a Política Nacional sobre Mudanças no Clima, estabeleceu a prevenção e o combate ao desmatamento e incêndios no Cerrado como uma das diretrizes nacionais para mitigação das mudanças climáticas. Neste sentido, o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado, foi reconhecido como um dos instrumentos da PNMC.

Este capítulo tem como objetivo analisar a dinâmica recente do desmatamento e dos incêndios florestais no Cerrado. A primeira seção, que está sendo finalizada, introduziu a problemática do desmatamento e incêndios no Cerrado. A segunda seção abordará a dinâmica recente do desmatamento e a terceira será endereçada a dinâmica recente dos incêndios florestais. Ambas abordarão a temática utilizando principalmente os limites político-administrativos como base. Nas seções posteriores, os temas serão desenvolvidos transversalmente com foco nas fitofisionomias (seção quatro), bacias hidrográficas (seção cinco), áreas prioritárias para a conservação (seção seis), categorias territoriais (seção sete) e municípios prioritários do Cerrado (seção oito).

As análises do Capítulo foram realizadas utilizando bases de dados geográficos governamentais de diferentes fontes: desmatamento (IBAMA e LAPIG-UFG), Focos de calor (INPE), Estados e Municípios (IBGE), mapas temáticos de vegetação e áreas prioritárias para a conservação (MMA), bacias hidrográficas (ANA), Climatologia (Wordclim), Terras Indígenas (Funai) e Unidades de Conservação (ICMBio).

2. Dinâmica do desmatamento no Cerrado

O Cerrado não apresenta um sistema de monitoramento contínuo do desmatamento anual, como o PRODES possui para a Amazônia desde a década de 80. No entanto, algumas estimativas foram realizadas por diferentes instituições para períodos anteriores aos anos 2000. Mais recentemente, a partir da década passada, o monitoramento do desmatamento por satélite no Cerrado vem sendo realizado de forma contínua.

Duas diferentes classes de satélites vem sendo utilizadas para o monitoramento do desmatamento, produzindo portanto, dados com diferentes características. Satélites como o Landsat e o CBERS apresentam resolução espacial de 20-30 metros (média resolução) foram utilizados entre 1988 e 2008 descontinuamente e anualmente em 2009 e 2010. A partir de 2002, com a disponibilização dos dados do sensor MODIS, com resolução espacial de 250 metros (baixa resolução) estimativas anuais vem sendo realizadas. Cabe ressaltar, no entanto, que as fontes de dados de média e baixa resolução espacial não devem ser comparadas devido as características distintas dos resultados. Números oriundos de sensores de média resolução tendem a ser mais confiáveis, pois o limiar de detecção é inferior, possibilitando a identificação de desmatamentos menores com maior acurácia na forma e bordas dos polígonos de desmatamento.

A **Figura 1** apresenta as estimativas de desmatamento realizadas para o bioma Cerrado por múltiplas fontes. O MCT estimou em $12.671 \text{ km}^2.\text{ano}^{-1}$ a taxa anual média de desmatamento entre 1988 e 1994. No período seguinte entre 1995 e 2002, o desmatamento anual foi de $15.702 \text{ km}^2.\text{ano}^{-1}$ de acordo com estimativa da FUNCATE. Houve um aumento de 23,9% no período. Em seguida o PMDBBS do IBAMA estimou em $14.179 \text{ km}^2.\text{ano}^{-1}$ o incremento do desmatamento entre 2003 e 2008. Neste período, a taxa de desmatamento reduziu 9,7%. O IBAMA continua estimando anualmente o desmatamento no Cerrado. Em 2009, o desmatamento foi de 7.637 km^2 , o que representa uma redução de 46,1% e em 2010 foi de 6.469 km^2 , reduzindo mais 15,3%. Desde 2003 o SIAD, desenvolvido pelo LAPIG da UFG vem monitorando o Cerrado com imagens de baixa resolução. De acordo com o SIAD, entre 2003 e 2004 o desmatamento era superior a $8.000 \text{ km}^2.\text{ano}^{-1}$. A partir de 2005 o desmatamento anual reduziu acentuadamente, alcançando 2.989 km^2 em 2009. Em seguida, o desmatamento anual voltou a apresentar tendência de aumento alcançando a marca de 7.652 km^2 , o que representa um aumento de 156% em relação 2009, onde o menor número foi registrado.

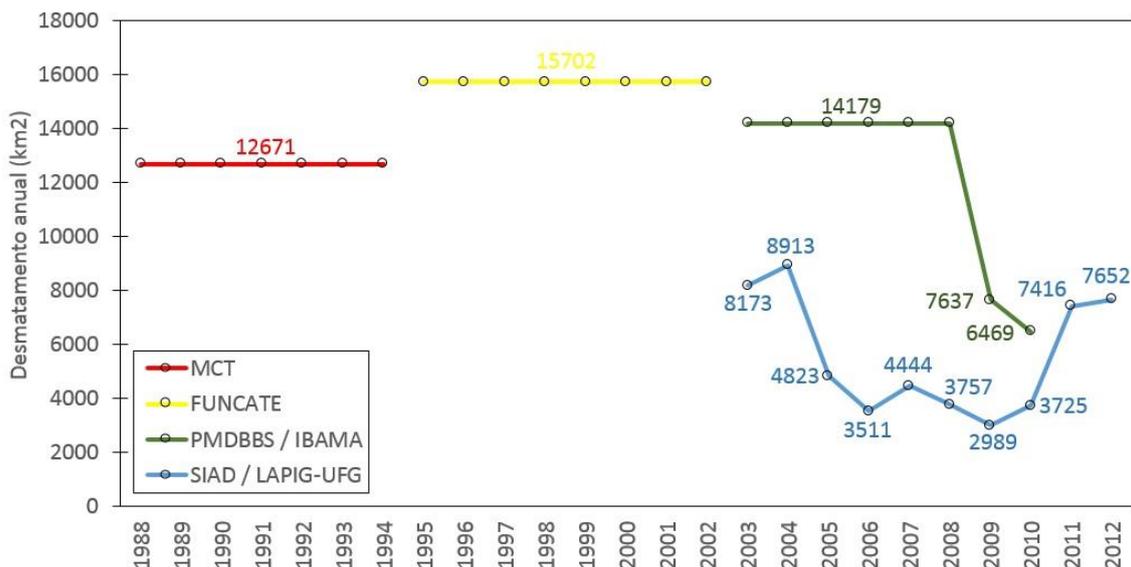


Figura 1. Série histórica do desmatamento no bioma Cerrado por múltiplas fontes de dados: FUNCATE, PROBIO, LAPIG e PMDBBS.

Após expor os números gerais e as características dos dados, esta seção objetiva analisar a dinâmica do desmatamento no tempo e no espaço ao longo das unidades político-administrativas (estados e municípios) que compõem o Cerrado. Além disso, a seção explorará a variabilidade espacial e temporal do desmatamento no Cerrado por meio de mapas de densidade e analisará a dinâmica da variação temporal dos tamanhos de polígonos, bem como a contribuição relativa das classes de polígonos à área total desmatada. Por último, dados adicionais de grandes polígonos em maior resolução temporal serão analisados para apontar tendências e padrões. A seção será organizada em 5 subseções, que abordarão em separado cada uma das questões acima mencionadas.

2.1 Variabilidade espacial e temporal do desmatamento nos estados

O Cerrado abrange 12 estados com diferenças socioeconômicas e, conseqüentemente, na sua contribuição ao desmatamento total do bioma. Exemplificando, enquanto na Bahia e no Mato Grosso predominam os desmatamentos de grandes polígonos para a agricultura em larga escala, no Maranhão e Piauí, a maior parte do desmatamento é destinado a atividade carvoeira. Por outro lado, os estados situados na Região Sudeste como Minas Gerais e São Paulo apresentam baixa contribuição ao desmatamento total, pois a maior parte da vegetação já foi removida ou alterada.

Até 2010, 986.711 km² foram suprimidos ou antropizados no bioma Cerrado, o que corresponde a 47% da área total do bioma. A cobertura vegetal remanescente é de 1.039.854 km². Nos estados, contudo a proporção entre desmatamento e remanescente varia significativamente. Enquanto o Estado de São Paulo já desmatou mais de 90% da área original de Cerrado, no Piauí apenas 16,6% foi desmatado, restando mais de 83% da cobertura de Cerrado original (**Figura 2**).

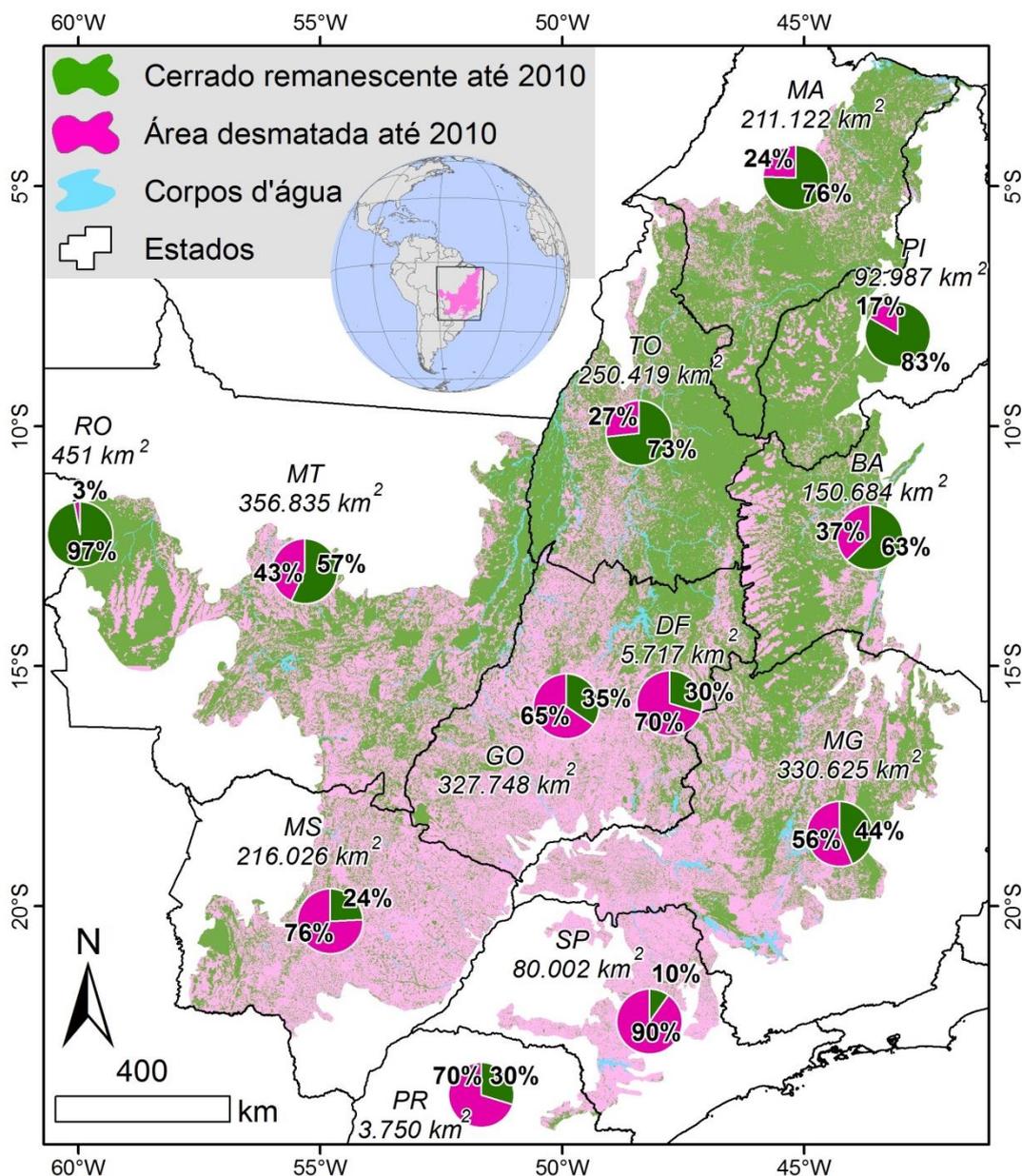


Figura 2. Área total do bioma e proporções de área desmatada e remanescente em 2010 nos estados que compõem o Cerrado.

Em termos absolutos, o estado que apresenta o maior passivo é o Goiás, com mais de 200.000 km² de área desmatada, seguido de Minas Gerais (mais de 180.000 km²) e Mato Grosso do Sul (mais de 160.000 km²). Por outro lado, os maiores remanescentes de Cerrado estão situados no Mato Grosso, Tocantins, Maranhão, Minas Gerais e Goiás. Sendo que o Mato Grosso apresenta mais de 200.000 km² de Cerrado remanescente, enquanto que os demais estados citados apresentam área superior a 100.000 km² (**Tabela 1**). Considerando o desmatamento recente (em 2009 e 2010), os estados que vem apresentando maiores incrementos de desmatamento são Maranhão, Tocantins, Bahia, Piauí e Mato Grosso, com 3.922 km², 2.298 km², 1.712 km², 1.681 km² e 1604 km² respectivamente considerando a soma dois últimos anos. Com relação a cobertura remanescente de Cerrado, o estado do Mato Grosso detém mais de 200.000 km² do bioma, o que corresponde a cerca de 20% da área remanescente do bioma. Em seguida,

Tocantins, Maranhão, Minas Gerais e Goiás detêm 18%, 15%, 14% e 11% da área total de Cerrado remanescente respectivamente.

Tabela 1. Desmatamento e vegetação nativa remanescente nos estados brasileiros que compõem o bioma Cerrado.

N	Estado	Desmatamento (km ²)					Remanescente em 2010 (km ²)
		até 2002	2003-2008	2008-2009	2009-2010	até 2010	
1	Goiás	202.667	10.196	664	594	214.132	113.616
2	Minas Gerais	175.341	9.706	535	524	186.109	144.516
3	Mato Grosso do Sul	156.661	6.758	241	310	163.993	52.033
4	Mato Grosso	134.545	18.050	834	770	154.210	202.625
5	São Paulo	71.152	904	8	3	72.067	7.936
6	Tocantins	51.552	11.817	1.317	981	66.487	183.933
7	Bahia	44.699	9.639	995	717	56.053	94.631
8	Maranhão	32.401	14.613	2.338	1.584	51.578	159.545
9	Piauí	9.425	4.294	701	980	15.403	77.585
10	Distrito Federal	3.938	85	1	5	4.029	1.689
11	Paraná	2.624	2	1	1	2.629	1.121
12	Rondônia	5	8	1	0	14	437
13	Pará	8	0	0	0	8	187
	Total	885.017	86.074	7.636	6.469	986.711	1.039.854

A **Figura 3** demonstra que a contribuição relativa dos estados ao desmatamento no bioma Cerrado muda constantemente. Considerando o desmatamento até 2002, quatro estados eram responsáveis por mais de 75% do desmatamento no bioma: Goiás (23%), Minas Gerais (20%), Mato Grosso do Sul (18%) e Mato Grosso (15%). Entre 2003 e 2008, no entanto, houve um aumento significativo do desmatamento em alguns estados que até então, apresentavam baixos incrementos, tais como: Maranhão, Tocantins e Bahia. Neste período a soma da contribuição destes estados foi superior a 40% do total desmatado no bioma. Nos anos seguintes, o padrão se manteve e o Maranhão passou a figurar como o estado que mais desmatou o bioma em 2009 e 2010, contribuindo com 31% e 25% do desmatamento respectivamente. No período 2003-2008, a soma da contribuição do Maranhão, Tocantins, Bahia e Piauí correspondeu a 46% do bioma, em 2009 foi de 70% e em 2010 foi de 66%. Comparando a distribuição espacial do desmatamento recente com o passivo acumulado até 2002, verifica-se uma surpreendente mudança, tendo em vista que até 2002 estes quatro estados haviam contribuído com apenas 16% da área desmatada no bioma. No período 2003-2008 a contribuição destes quatro estados ao desmatamento total do bioma aumentou 187%, em 2009 337% e em 2010 foi de 312%.

Os números sugerem um deslocamento do desmatamento, que passou a ocorrer mais acentuadamente em áreas que apresentavam maior cobertura de vegetação nativa remanescente. É importante ressaltar também que esses quatro estados compõem a porção norte do Cerrado, que não despertava tanto interesse do setor agropecuário devido à menor aptidão agrícola e às maiores dificuldades logísticas. Contudo, a redução da oferta de áreas

agrícolas na porção sul do Cerrado, bem como o aumento do preço da terra culminaram em um deslocamento da fronteira agrícola para o norte na última década.

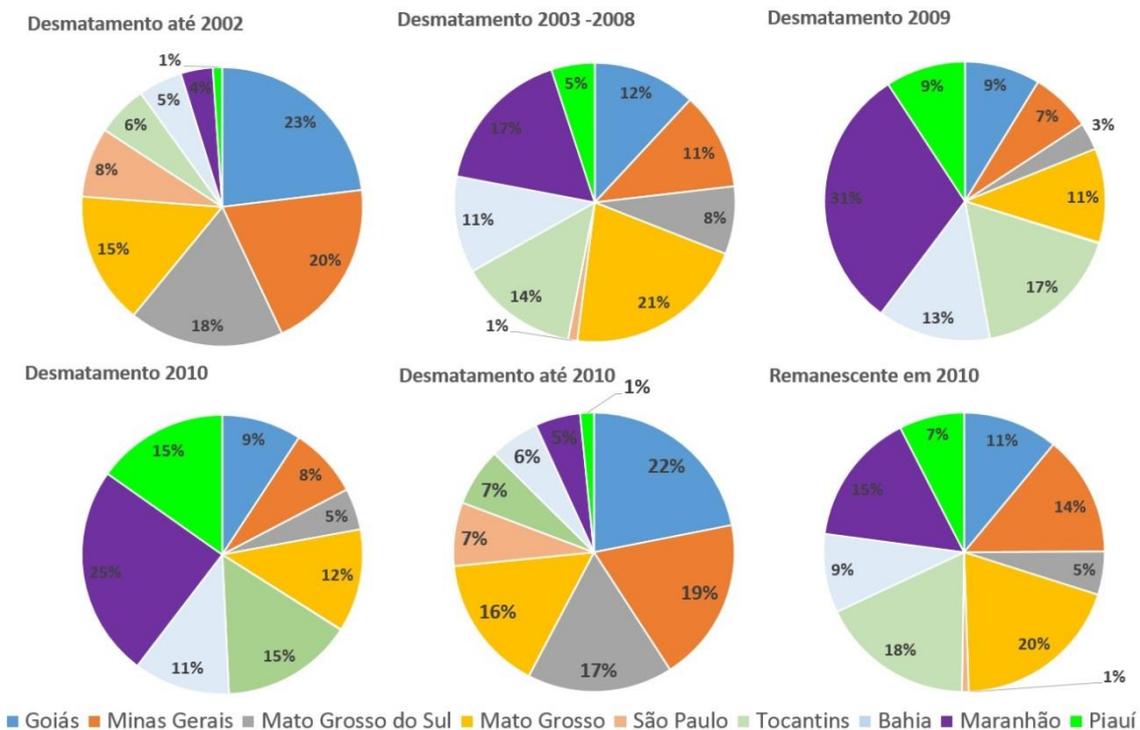


Figura 3. Contribuição dos estados ao desmatamento e área de vegetação nativa remanescente do Cerrado.

2.2 Variabilidade espacial e temporal do desmatamento nos municípios

Embora o PPCerrado seja uma política nacional, a atuação em diferentes escalas político-administrativas é fundamental para o engajamento e efetividade das ações de prevenção e combate ao desmatamento. Historicamente, o município vem sendo a menor unidade político-administrativa onde ações governamentais são planejadas e executadas no âmbito Federal. O Cerrado abrange 1388 municípios, cada um com suas peculiaridades no tocante a dinâmica do desmatamento e cobertura vegetal nativa remanescente. Neste sentido, a análise dos dados espaciais de desmatamento e remanescentes objetiva fornecer elementos tanto para reflexão das estratégias de governo empregadas no passado, quanto para o planejamento e tomada de decisões sobre as ações futuras nos municípios.

A **Figura 4** apresenta mapas temáticos do desmatamento e área de vegetação remanescente nos municípios do Cerrado em valores absolutos e relativos. No mapa temático com gradiente do amarelo para o marrom, verifica-se que, entre 2002 e 2010, os municípios do oeste baiano, juntamente com alguns no Mato Grosso, Maranhão e Piauí tiveram desmatamento superior a 1000 km² no período. Em apenas um desses municípios da região norte baiana (Formosa do Rio Preto) foi observado um desmatamento superior a 2.000 km² no período. O mapa abaixo com gradiente do azul para o vermelho demonstra o incremento do desmatamento em 2010 em relação a 2009. Observa-se que a maior parte dos municípios do oeste baiano, do Maranhão, de

Goiás, do Tocantins e do leste do Mato Grosso apresentou redução do desmatamento de 2009 para 2010. Por outro lado, muitos municípios no Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e sul de Goiás e Mato Grosso e Distrito Federal aumentaram o desmatamento de 2009 para 2010 em mais de 100%. É importante ressaltar no entanto, que esta métrica deve ser avaliada em conjunto com o desmatamento absoluto em 2010, tendo em vista que aumento proporcional desta magnitude sobre um valor absoluto pequeno pode não ser relevante.

Considerando a área total desmatada até 2010, demonstrada no mapa com gradiente de tons vermelhos, verifica-se que os municípios com maiores passivos são, na maioria dos casos, os maiores. O mapa temático de vegetação remanescente (gradiente de tons verdes) é similar ao de desmatamento acumulado. Muitos dos municípios com maiores remanescentes de Cerrado apresentam também os maiores passivos em números absolutos. Cabe recomendar cautela na análise destas variáveis, pois ambas são correlacionadas com a área dos municípios. Uma forma de reduzir o efeito do tamanho dos municípios na análise é através da ponderação pela área. Os mapas com gradiente do verde para o vermelho e do vermelho para o azul demonstram, respectivamente, a área desmatada e remanescente proporcionais à superfície dos municípios até 2010. Neste caso os mapas apresentam alta correlação negativa, tendo em vista sua complementariedade. O padrão espacial de elevado desmatamento nos municípios da região sul do Cerrado e redução gradativa do passivo à medida que se desloca para o norte é evidente. Devido a correlação negativa entre a proporção de desmatamento e remanescente, o oposto também é verdadeiro. Ou seja, os municípios do norte apresentam elevadas proporções de Cerrado remanescente, que vai sendo reduzida à medida que se avança para o sul.

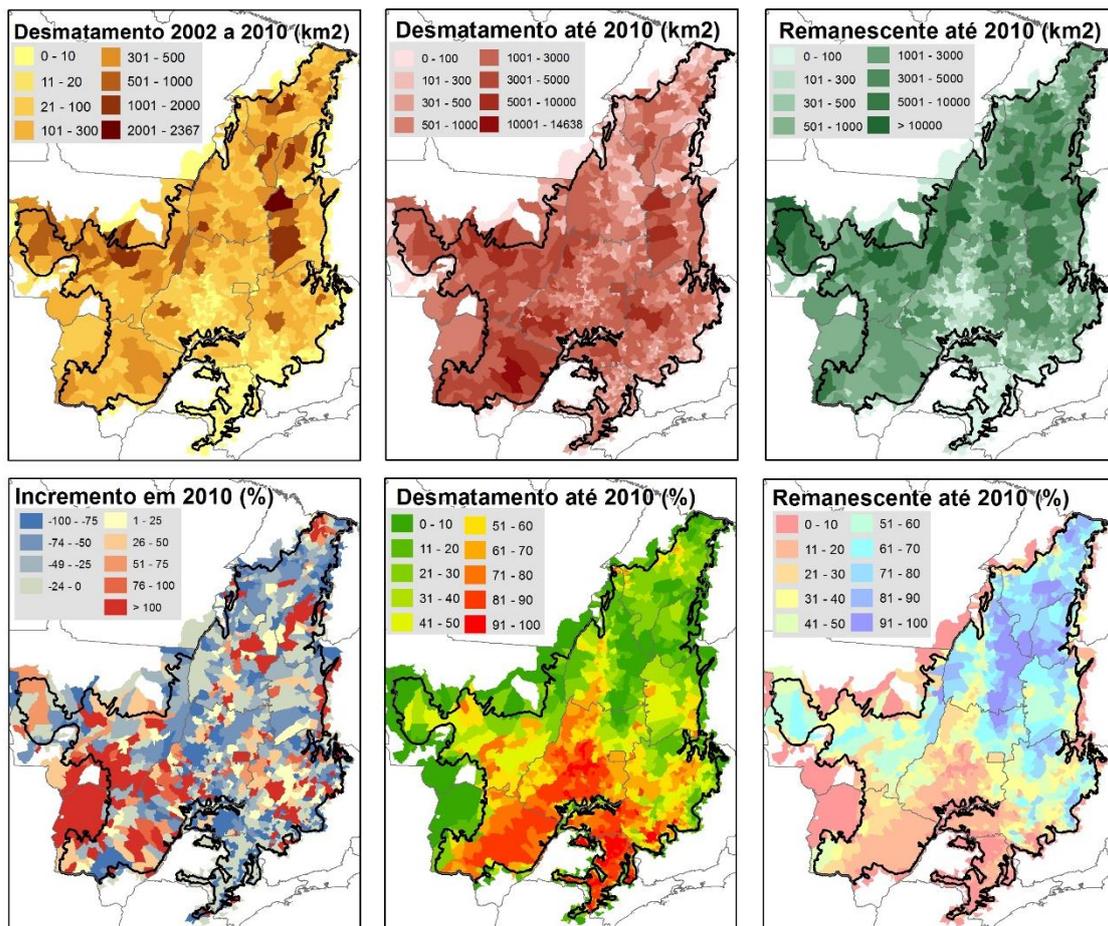


Figura 4. Perfil do desmatamento e área de vegetação remanescente nos municípios do Cerrado.

Na Figura 5, todos os municípios situados no Cerrado são plotados em gráficos de dispersão para traçar um panorama sobre a dinâmica recente do desmatamento, área relativa desmatada até 2010 e área absoluta de vegetação nativa remanescente. As cores representam os estados aos quais os municípios estão inseridos e os gráficos menores nos cantos superiores demonstram a área representada pelo retângulo preto em detalhe. A partir da análise conjunta dos gráficos, os seguintes pontos merecem ser destacados:

- O estado de São Paulo, com municípios pequenos, apresenta baixo incremento anual de desmatamento, onde a maioria detém mais de 80% da superfície desmatada e área de Cerrado remanescente inferior a 100 km².
- Parte significativa dos municípios situados no Mato Grosso do Sul detém entre 60 e 90% de suas superfícies de Cerrado desmatadas e incrementos anuais médios de desmatamento inferiores a 25 km².ano⁻¹.
- Similarmente ao Mato Grosso do Sul, em Goiás na maior parte dos municípios mais de 50% da superfície original de Cerrado foi desmatada. O incremento anual médio de desmatamento entre 2002 e 2010 é inferior a 50 km².ano⁻¹, exceto em alguns poucos municípios onde foi observado incremento médio entre 50 e 100 km².ano⁻¹. As áreas de Cerrado remanescente tendem a ser inferiores a 2000 km², mas podem alcançar 6000 km² em alguns casos pontuais.

- No Tocantins os municípios predominantemente apresentam menos de 50% da área original de Cerrado desmatada. Na maioria dos casos a área remanescente de Cerrado é inferior a 2000 km². Contudo, alguns municípios contêm elevada área de vegetação remanescente. Exemplificando, apenas 9 municípios situados no Cerrado apresentam áreas remanescentes superiores a 10000 km² e 2 deles estão no estado do Tocantins. Mais 3 municípios, no entanto, apresentam áreas superiores a 8000 km². O incremento anual médio é inferior a 50 km².ano⁻¹ ao longo de todo o estado.
- Em Minas Gerais o perfil dos municípios é bastante variado. Enquanto o desmatamento relativo flutua entre 10 e 90%, a área remanescente é inferior a 3000 km² predominantemente. Entretanto, alguns municípios apresentam áreas de Cerrado remanescente superior a 5000 km². O incremento anual médio é inferior a 50 km².ano⁻¹, com exceção de 3 municípios que apresentaram maiores desmatamentos recentemente.
- O perfil dos municípios maranhenses também varia bastante, contudo grande parte deles apresentam menos de 50% de sua superfície de Cerrado desmatada. A área de Cerrado remanescente é, na maior parte dos casos, inferior a 4000 km². Mais de 10 municípios no Maranhão tiveram desmatamento superior a 400 km² entre 2002 e 2010.
- Na Bahia os municípios que merecem atenção especial são os 6 situados no oeste do estado. Todos detiveram área desmatada superior a 600 km² entre 2002 e 2010, apresentam proporção de desmatamento total menor que 50% e área de Cerrado remanescente superior a 5000 km².
- No Mato Grosso o perfil dos municípios também é bastante variado. Contudo é neste estado onde os maiores remanescentes de Cerrado estão situados. Os 4 municípios com maiores remanescentes de vegetação nativa do Cerrado são mato-grossenses, detendo mais de 11000 km² cada um. Alguns destes municípios, no entanto, vêm apresentando incremento anuais de desmatamento elevados, superando a marca dos 150 km².ano⁻¹.
- Rondônia, Pará, Paraná e Distrito Federal apresentam poucos municípios inseridos no Cerrado e todos eles com baixos incrementos de desmatamento, menores que 15 km².ano⁻¹. Todos apresentam área remanescente inferior a 2000 km². Particularmente no Distrito Federal, 70% da cobertura original de Cerrado foi suprimida até 2010.
- 13 municípios apresentaram incremento anual médio do desmatamento superior a 100 km².ano⁻¹ entre 2002 e 2010. Destes, 5 são baianos, 3 mato-grossenses, 2 maranhenses e piauienses e 1 está situado no Tocantins. Todos apresentam área total desmatada inferior a 50% da superfície de Cerrado no município, havendo, portanto, espaço para que o desmatamento continue.

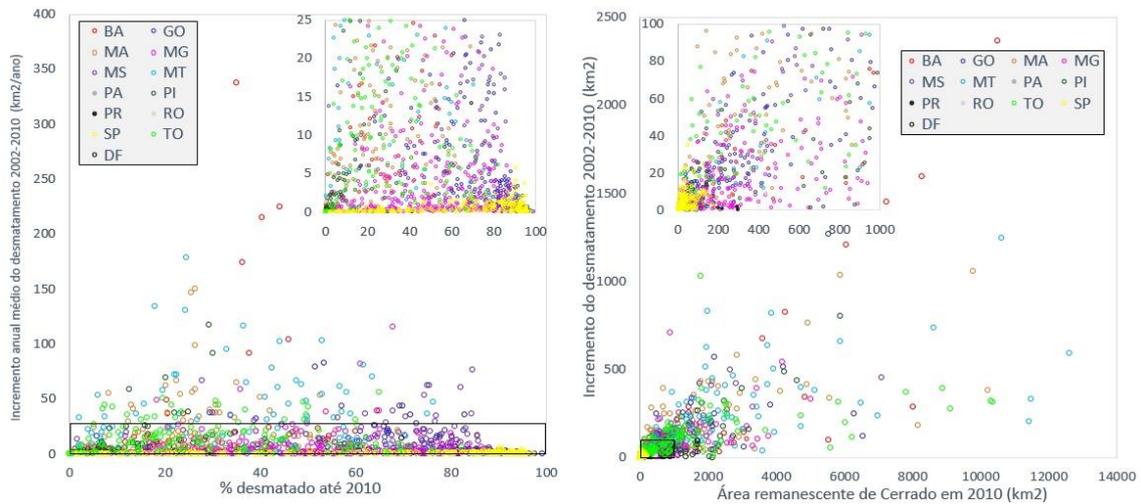


Figura 5. Panorama sobre a dinâmica recente do desmatamento, área relativa desmatada até 2010 e área absoluta de vegetação nativa remanescente nos 1388 municípios situados no Cerrado. As cores representam os estados aos quais os municípios estão inseridos e os gráficos menores nos cantos superiores demonstram a área representada pelo retângulo preto em detalhe.

A **Tabela 2** demonstra os 50 municípios que mais desmataram entre 2002 e 2010. Destes, 30% deles estão situados no Mato grosso, 20% no Maranhão, 12% na Bahia, 10% no Piauí, 8% no Mato Grosso do Sul e 6% em Goiás, Tocantins e Minas Gérias. Cabe ressaltar que dos 10 municípios com maiores áreas desmatadas no período, 4 estão na Bahia e destes 4, 3 ocupam as primeiras posições da lista. Os 50 municípios que mais desmataram no período contribuíram com 33% do total verificado nos 1.388 municípios.

Tabela 2. 50 municípios com maiores incrementos de desmatamento entre 2003 e 2010.

N	MUNICÍPIO	UF	Desmatamento				Remanescente		
			2003-2008	2009	2010	Total	%	km ²	%
1	FORMOSA DO RIO PRETO	BA	2026.3	197.2	143.8	5684.8	35.1	10506.2	64.9
2	SAO DESIDERIO	BA	1349.4	123.7	119.9	6534.7	44.1	8274.1	55.8
3	CORRENTINA	BA	1288.2	124.9	36.2	4888.5	40.3	7230.1	59.6
4	BAIXA GRANDE DO RIBEIRO	PI	704.4	168.1	394.1	2287.2	29.3	5518.9	70.7
5	PARANATINGA	MT	1071.9	107.0	66.9	5913.1	24.4	10607.5	43.9
6	JABORANDI	BA	1043.2	131.4	33.6	3443.4	36.3	6056.5	63.8
7	BALSAS	MA	880.8	93.1	85.2	3353.0	25.5	9771.2	74.4
8	BARRA DO CORDA	MA	900.6	102.4	30.8	2098.3	26.3	5865.8	73.7
9	SANDOLANDIA	TO	190.5	829.2	8.7	1737.3	49.2	1775.4	50.3
10	NOVA UBIRATA	MT	784.5	18.2	25.2	3083.1	24.3	1987.5	15.7
11	BARREIRAS	BA	625.1	110.6	88.4	3623.8	45.9	4264.1	54.0
12	BRASNORTE	MT	803.5	7.2	6.0	2852.3	17.9	3846.5	24.1
13	URUCUI	PI	548.3	50.6	203.5	2540.9	30.1	5889.4	69.7
14	GRAJAU	MA	593.8	102.3	68.2	1958.2	26.4	4926.1	66.5
15	SAPEZAL	MT	698.4	13.5	21.6	4956.2	36.5	8609.6	63.3
16	FRANCISCO SA	MG	693.9	8.1	6.5	1864.3	67.8	888.1	32.3
17	RIACHAO DAS NEVES	BA	550.9	54.7	68.8	2196.8	37.7	3603.6	61.9
18	ROSARIO OESTE	MT	572.5	31.3	52.6	2900.0	33.0	5866.8	66.7
19	NOVA MUTUM	MT	620.4	1.9	13.7	5045.2	52.9	3734.2	39.1
20	SAO JOSE DO RIO CLARO	MT	616.1	6.0	3.7	2230.7	44.1	1961.6	38.8
21	COCALINHO	MT	435.5	105.8	50.9	3623.9	21.9	12597.0	76.1
22	CODO	MA	390.0	121.6	70.0	1526.0	35.0	2832.5	64.9
23	CRIXAS	GO	494.2	31.3	43.2	2483.4	53.3	2177.4	46.7
24	JOAO PINHEIRO	MG	489.6	17.2	34.9	6532.3	61.0	4178.0	39.0
25	NOVO SAO JOAQUIM	MT	485.9	16.3	12.7	3093.7	61.6	1919.2	38.2
26	CAIAPONIA	GO	474.8	13.3	26.2	4455.3	51.5	4190.5	48.4
27	CAMPOS DE JULIO	MT	470.2	12.6	19.2	2890.5	42.5	3909.9	57.5
28	RIBAS DO RIO PARDO	MS	458.0	9.0	27.1	14638.1	84.6	2641.9	15.3
29	BOM JESUS	PI	415.5	47.7	24.4	1097.2	20.1	4219.5	77.2
30	AGUA BOA	MT	423.1	9.0	31.8	4746.7	63.4	2736.6	36.6
31	PORTO MURTINHO	MS	401.4	22.2	27.8	4927.4	27.8	7099.5	40.0
32	SANTA TEREZINHA	MT	435.3	9.0	4.3	1441.6	22.3	2121.4	32.9
33	TASSO FRAGOSO	MA	402.1	31.2	7.0	984.4	22.5	3386.4	77.3
34	SANTA FILOMENA	PI	354.1	37.7	42.9	657.2	12.4	4619.0	87.4
35	AMARANTE DO MARANHÃO	MA	376.4	41.0	13.6	1543.3	20.1	1764.0	23.0
36	TUNTUM	MA	311.2	92.8	26.9	1424.1	39.9	2119.3	59.3
37	PARNARAMA	MA	270.1	122.2	35.7	1073.7	30.8	1996.2	57.2
38	CAMAPUA	MS	372.0	26.0	22.6	8062.9	74.9	2809.4	26.1
39	NOVA CRIXAS	GO	373.3	31.3	13.3	5498.2	75.4	1734.7	23.8
40	CAMPINAPOLIS	MT	388.1	11.3	16.5	2209.1	37.0	3753.4	62.9
41	RIACHAO	MA	327.4	58.5	25.2	1479.0	23.2	4890.6	76.8
42	DIAMANTINO	MT	399.8	6.1	1.5	3638.6	47.7	2508.9	32.9
43	AGUA CLARA	MS	361.6	16.3	29.1	9046.5	82.0	2085.6	18.9
44	SITIO NOVO	MA	353.7	32.5	19.1	823.3	26.4	2294.8	73.7
45	CAMPO NOVO DO PARECIS	MT	381.6	10.2	3.2	4588.1	48.6	4733.4	50.1
46	RIBEIRO GONCALVES	PI	229.8	120.5	42.3	987.2	24.8	2978.0	74.8
47	ARINOS	MG	352.7	15.6	22.2	1905.6	35.8	3415.8	64.2
48	MATEIROS	TO	269.3	27.5	93.3	710.5	7.4	8882.0	92.6
49	ITAIPAVA DO GRAJAU	MA	320.5	57.1	12.5	810.6	52.6	679.5	44.1
50	ARAGUACU	TO	334.6	33.1	21.2	3356.4	65.0	1802.3	34.9

2.3 Variabilidade espacial e temporal da densidade de desmatamento

Outra forma de análise que considera as frentes ativas de desmatamento ao invés das unidades políticas (estados e municípios) é a análise de densidade das áreas desmatadas. Uma das formas para a realização desta análise é o cálculo da superfície de densidade de desmatamento obtida a partir da utilização da função quadrática de Kernel com raio de busca de 40,0 km. A escolha do raio de busca foi definida de acordo com a escala de mapeamento empregada na análise. O objetivo foi a geração de manchas de densidade com nível de agregação compatível com as macroregiões dos estados, subsidiando, dessa forma, o planejamento das atividades de prevenção e combate ao desmatamento no Cerrado. O resultado indica as regiões de maior concentração de desmatamento, sendo comumente referidas como “*hotspots*” de desmatamento, onde os valores mais altos, normalmente representados por cores quentes, são atribuídos aos locais com maior densidade de áreas desmatadas. Os valores diminuem com a redução da área desmatada e com o aumento da distância delas. As classes de densidade são definidas seguindo intervalos de desvio padrão e o mapas são calculados anualmente para demonstrar as mudanças no tempo e no espaço das frentes ativas de desmatamento.

Tendo em vista as limitações no tocante a resolução temporal e série histórica dos dados do PMDBBS/IBAMA, esta análise utilizou também os dados do SIAD/LAPIG-UFG, que apresentam série histórica de 10 anos. É importante lembrar, no entanto, que os dois produtos apresentam características distintas. Como os alertas de desmatamento oriundos do SIAD são gerados a partir de imagens MODIS, que detêm baixa resolução espacial, os pequenos polígonos de desmatamento não são mapeados por este produto.

A **Figura 6** demonstra a variação espaço-temporal da densidade do desmatamento oriundo do PMDBBS/IBAMA entre 2002 e 2010. O período 2002-2008 foi acumulado, enquanto 2009 e 2010 são anuais. As categorias de densidade foram padronizadas utilizando unidades de desvio padrão baseando-se na variação média entre 2002 e 2008.

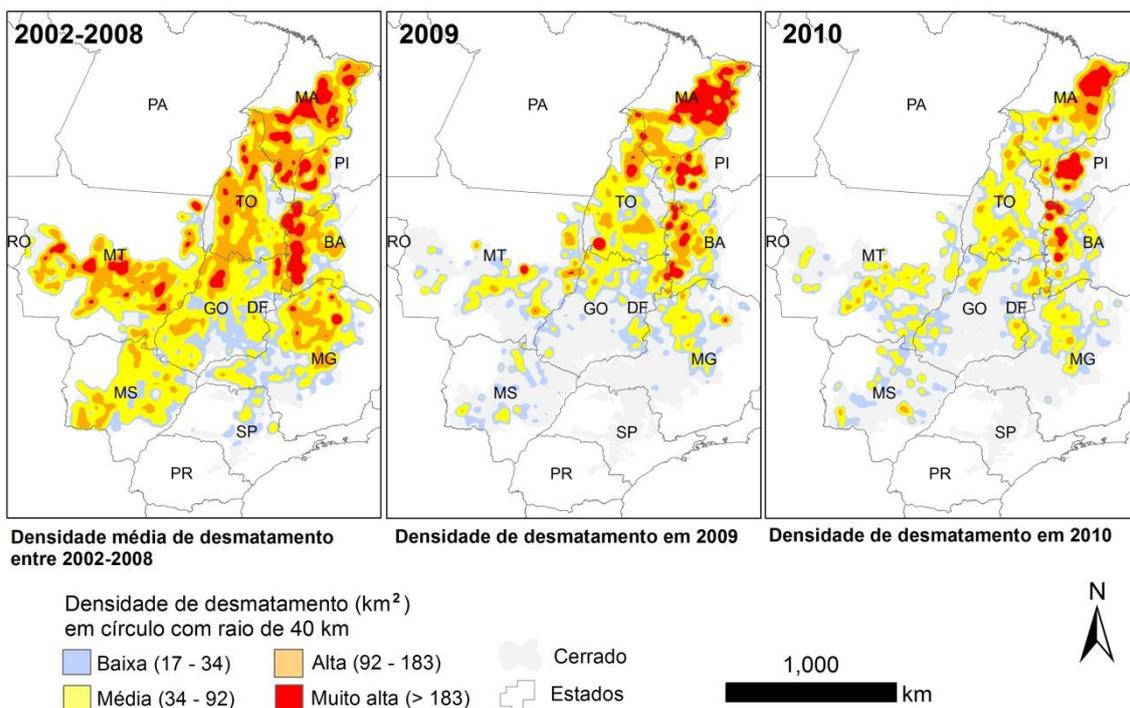


Figura 6. Densidade de desmatamento entre 2002 e 2010 no bioma Cerrado (Fonte: PMDBBS/IBAMA, 2012).

Observa-se que entre 2002 e 2008, o desmatamento ocorreu em alta densidade em diversas regiões do bioma, tais como: Maranhão, sul do Piauí, oeste da Bahia, norte de Goiás, centro e nordeste do Mato Grosso, norte e oeste do Tocantins e em áreas pontuais no norte de Minas Gerais. Em 2009, no entanto, algumas mudanças no padrão espacial das frentes de desmatamento foram verificadas. Enquanto o desmatamento foi reduzido no Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais, as altas densidades se mantiveram no oeste baiano, nas regiões norte do Maranhão e Tocantins e e no sul do Piauí. Além disso, Mato Grosso do Sul e São Paulo também experimentaram reduções significativas na densidade de desmatamento. No Tocantins, além da manutenção das frentes ativas no norte do estado, uma nova frente foi intensificada no sudoeste do estado, próximo a fronteira com Goiás. Já em 2010, houve redução das frentes nas regiões oeste e central do bioma (principalmente no Mato Grosso e Tocantins), ao passo que na região leste do Cerrado, o desmatamento em alta densidade se manteve principalmente no oeste da Bahia e no norte do Maranhão. O sul do Piauí, por sua vez, foi a única localidade onde o desmatamento em alta densidade foi intensificado.

Na **Figura 7** a variação espaço-temporal da densidade do desmatamento oriundo do SIAD/LAPIG-UFG é demonstrada em maior resolução temporal, ou seja, anualmente entre 2003 e 2012. Contudo, é importante esclarecer que apenas polígonos maiores que 26 ha são detectados pelo SIAD, o equivalente a 5 pixels MODIS. As categorias de densidade foram atribuídas em unidades de desvio padrão com base no ano de 2011, onde o desmatamento ocorreu em maior densidade.

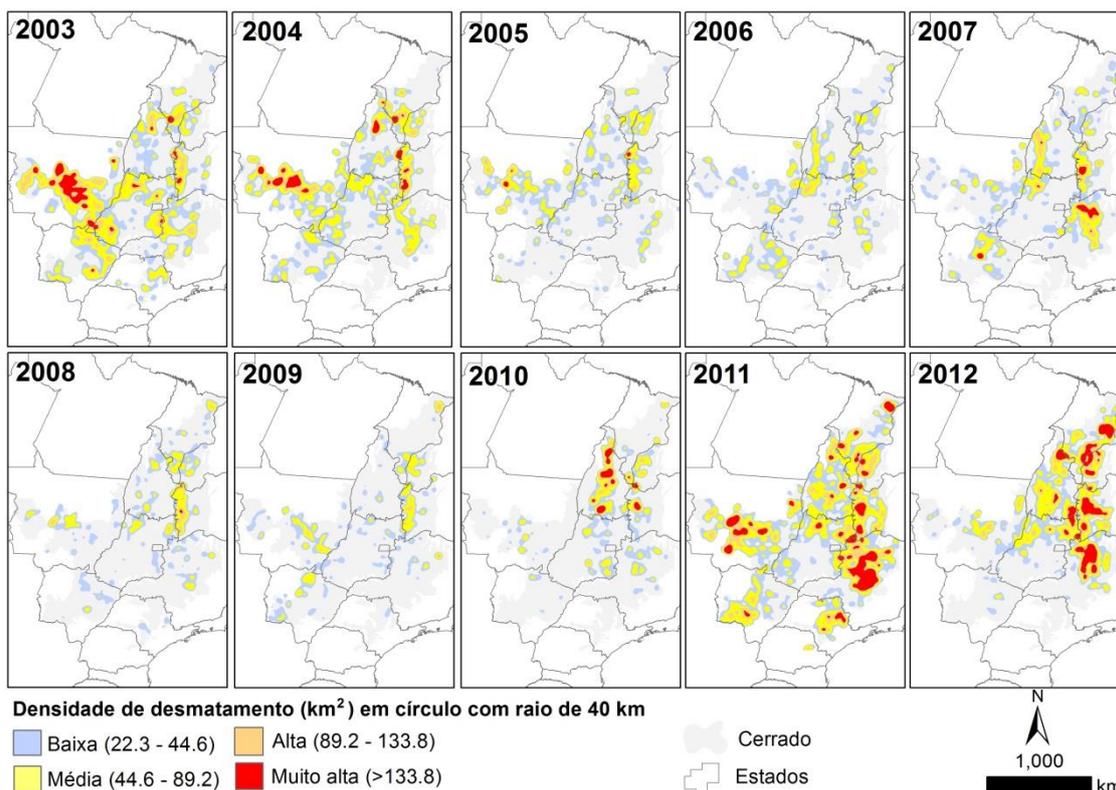


Figura 7. Densidade de desmatamento entre 2003 e 2012 no bioma Cerrado (Fonte: SIAD/LAPIG-UFG, 2013).

Pode-se observar que em 2003, no primeiro ano da série histórica, o desmatamento ocorreu em maior densidade, principalmente na região central e sul do Mato Grosso. Outras regiões que experimentaram altas densidades de desmatamento, mas em menores proporções foram o sul do Mato Grosso do Sul, norte e sul de Goiás, oeste da Bahia, sul do Maranhão e oeste do Tocantins. Em 2004, que foi o ano de maior desmatamento de acordo com a série histórica do SIAD, a frente do Mato Grosso foi um pouco reduzida, enquanto as frentes do oeste da Bahia, Maranhão e Tocantins foram intensificadas. Embora o somatório da área desmatada tenha sido superior em 2004, o desmatamento não ocorreu de forma muito concentrada. Em 2005 e 2006 o desmatamento reduziu acentuadamente. No entanto, as principais frentes mencionadas continuaram ativas, porém, com média e alta densidade ao invés de muita alta como em 2004.

Os dados demonstram que em 2007 houve um pequeno repique não só na área total, mas também densidade, visto que Bahia, Tocantins, Goiás, Mato Grosso do Sul e, principalmente, a região norte de Minas Gerais voltaram a apresentar áreas desmatadas em elevada densidade. Nos dois anos seguintes (2008 e 2009) o desmatamento reduziu novamente, mas principalmente a frente do oeste da Bahia continuou ativa com menores densidades. Entretanto, a partir de 2010 o desmatamento no Cerrado voltou a aumentar, continuando com a mesma tendência em 2011 e 2012. Em 2010, contudo, diferentemente dos anos anteriores, as regiões com maior densidade ocorreram no estado do Tocantins ao longo do eixo da BR-010. Em 2011, altas densidades de desmatamento ocorreram em diversas regiões do Cerrado, inclusive no extremo sul (São Paulo e Paraná) e extremo norte (região norte do Maranhão). No Mato Grosso, onde altas densidades de desmatamento não ocorriam praticamente desde 2004,

várias focos de desmatamento concentrado ressurgiram. Todavia, na região norte de Minas Gerais, frentes de concentração muito altas de desmatamento surgiram de forma bastante pronunciada, como até então não haviam ocorrido. No ano seguinte, em 2012, as frentes ficaram concentradas no leste do bioma. Densidades muito altas de desmatamento foram identificadas em Minas Gerais, Bahia, Tocantins, Goiás, Piauí e Maranhão.

2.4 Mudanças nos padrões de desmatamento

Para avaliação das mudanças nos padrões de desmatamento, três estratégias foram utilizadas. Na primeira e na segunda os polígonos de desmatamento foram quantificados em classes de tamanho de área. Assim, o valor total desmatado por classe de área e a contribuição de cada classe à área total é obtida. A primeira abordagem utilizou os dados do PMDBBS de 2009 e 2010 e dividiu os polígonos em 7 classes de área, incluindo três classes abaixo de 50 ha (até 10 ha, 10 - 25 ha, e 25 - 50 ha). O objetivo desta análise foi avaliar as proporções da distribuição dos polígonos de desmatamento em limiares inferiores a 50 ha e verificar as mudanças de 2009 para 2010. Na segunda estratégia de análise os dados do SIAD foram usados entre 2003 e 2012. Nesta análise a menor categoria de tamanho são polígonos menores que 50 ha. Seu objetivo foi explorar a variabilidade anual e dinâmica das mudanças ao longo de um período de 10 anos. A terceira abordagem para análise dos padrões de desmatamento foi realizada na escala de municípios com os dados do PMDBBS. Foram calculadas a área total desmatada entre 2002 e 2010 e o número de polígonos que foram necessários para consolidação das áreas desmatadas nos 1388 municípios situados no Cerrado. Nesta análise, a área média dos polígonos entre 2002 e 2010 é utilizada indiretamente como indicadora do padrão de desmatamento dos municípios e dos estados.

Na **Figura 8** a contribuição absoluta (colunas) e relativa (pizzas) das classes de área no desmatamento de 2009 e 2010 são demonstradas. Verifica-se que os polígonos menores que 50 ha contribuíram com 48% e 39% da área total desmatada em 2009 e 2010 respectivamente. Os polígonos menores que 10 ha contribuíram com 16% (1223 km²) e 13% (817 km²) em 2009 e 2010. Estes polígonos pequenos representam mais da metade do número total do desmatamento identificado, sua contribuição à área total, no entanto, não é tão relevante. A categoria de polígonos entre 10 e 25 ha que contribuiu com 20% do desmatamento em 2009 (1560 km²) reduziu para 925 km², correspondendo a 14% do desmatamento em 2010. Os polígonos entre 20 e 25 ha representaram 12% do desmatamento total em ambos os anos. Da mesma forma, a categoria entre 50 e 100 ha apresentou contribuição similar, com 12% em 2009 e 13% em 2010. Os polígonos entre 100 e 500 ha aumentaram a contribuição de 23 para 24% de 2009 para 2010, enquanto àqueles entre 500 e 1000 ha mantiveram 8% de contribuição em ambos os anos. A maior mudança observada foi na categoria dos polígonos grandes, isto é, aqueles maiores que 1000 ha. O somatório da área desmatada por polígonos desta ordem de grandeza foi de 659 km² (9%) em 2009 passando para 1016 km² (16%) em 2010. Em termos absolutos, o aumento dos polígonos grandes de 2009 para 2010 foi de 54%. Em termos relativos, ponderando pelo total desmatado no ano, o aumento corresponde a 82%.

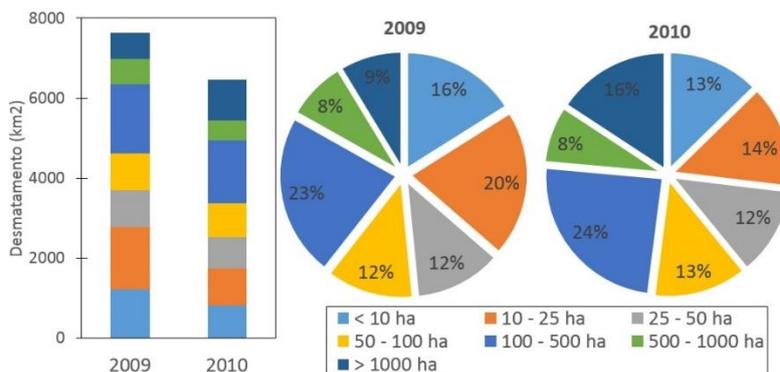


Figura 8. Contribuição absoluta (colunas) e relativa (pizzas) dos intervalos de classe de área no desmatamento de 2009 e 2010 (Fonte: PMDBBS/IBAMA, 2012).

A **Figura 9** demonstra a série histórica de 2003 a 2012 do desmatamento detectado pelo SIAD. As cores representam cinco intervalos de tamanho dos polígonos de desmatamento. As barras representam a área desmatada por cada categoria, enquanto as linhas demonstram a contribuição relativa das categorias de tamanho dos polígonos. Cabe ressaltar novamente que para análises baseadas na área dos polígonos de desmatamento, dados oriundos do MODIS devem ser analisados com cautela tendo em vista as limitações para calcular áreas desmatadas com precisão devido a baixa resolução espacial destas imagens. Entretanto, como não existe outra série histórica de 10 anos de monitoramento do desmatamento do Cerrado baseado em sensores de resolução espacial mais fina, os dados do SIAD foram utilizados para compreensão da variação temporal da contribuição das classes de tamanho do desmatamento. Apesar da variação temporal no período analisado, os polígonos entre 100 e 500 ha detiveram a maior contribuição média ao longo dos 10 anos analisados, representando 40,4% do desmatamento total. Em seguida, os maiores polígonos (> 1000 ha), apesar do pouco frequentes, contribuíram com 18% do desmatamento no período. Os polígonos entre 50 e 100 ha, seguidos daqueles entre 500 e 1000 ha e finalmente dos menores que 50 ha contribuíram com 15,8%. 13,3% e 12,4% respectivamente. Embora os polígonos menores que 50 ha sejam muito mais frequentes, sua contribuição ao desmatamento total é menos relevante.

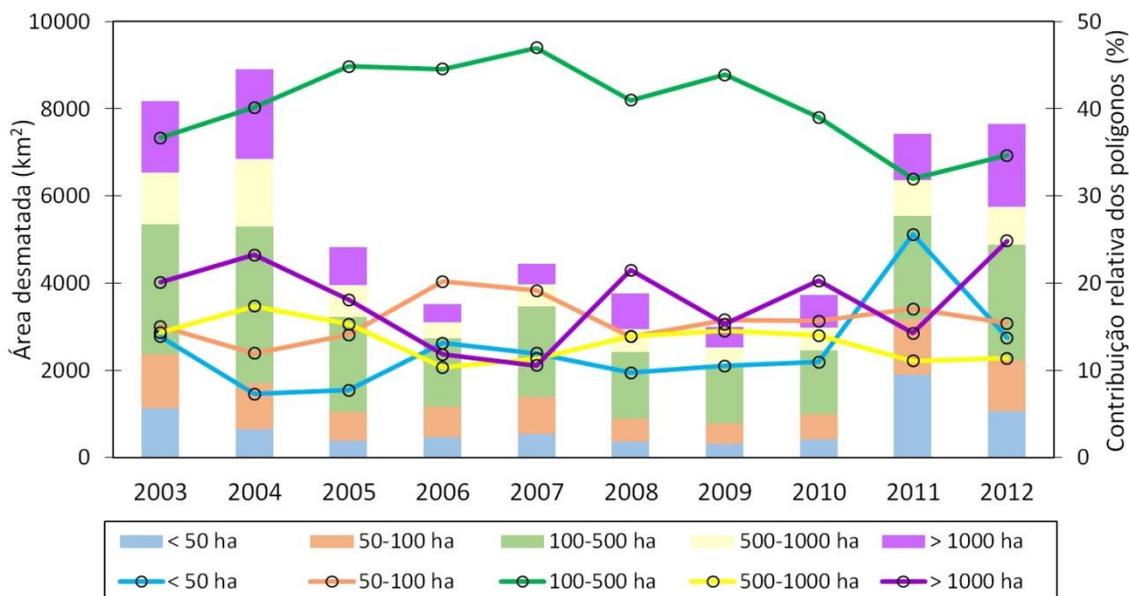


Figura 9. Contribuição absoluta e relativa dos intervalos de classe de área no desmatamento de 2003 a 2012 (Fonte: SIAD/LAPIG-UFG, 2013).

A série histórica demonstra que a classe entre 100 e 500 ha teve máxima contribuição em 2007, quando atingiu 47%. A menor contribuição foi de 32% e ocorreu em 2011. O maior valor absoluto de desmatamento nesta classe foi de 3.579 km² sendo registrado em 2004. Todas as demais classes não apresentaram nenhum comportamento diferenciado no período com flutuações da mesma magnitude. Os polígonos menores que 50 ha detiveram menor contribuição praticamente ao longo de todo o período analisado. Em 2011, no entanto, a contribuição deles aumentou mais de 100%, ao passar de 11% para 26%. A área absoluta desmatadas em 2011 por polígonos menores que 50 ha foi de 1900 km². Verifica-se que, em termos de contribuição a área total, os polígonos pequenos apresentam um comportamento inversamente proporcional aos polígonos grandes (maiores que 1.000 ha). No início da série histórica os polígonos grandes apresentavam maior contribuição. Contudo a medida que a contribuição deles foi sendo reduzida, a dos pequenos foi gradativamente aumentando, até que em 2006 e 2007 a contribuição dos pequenos superou a dos grandes. Entre 2008 e 2010 a contribuição dos grandes aumentou novamente, enquanto a dos pequenos foi reduzida. Quando a contribuição dos pequenos atingiu seu pico em 2011 a dos grande teve redução acentuada. Em 2012, no entanto a contribuição dos grandes atingiu o pico com 1902 km² e 25% do desmatamento no período. O aumento em 2012 foi mais uma vez acompanhado pela redução da contribuição dos pequenos. Similarmente, as classes de tamanho de desmatamento entre 50 e 100 ha e 500 e 1.000 ha também apresentaram comportamento inversamente proporcional assumindo um padrão ainda mais simétrico em comparação ao descrito previamente. Enquanto a contribuição dos polígonos entre 50 e 100 ha variou entre 12 e 19%, nos polígonos entre 100 e 500 ha, a contribuição oscilou entre 11 e 17%. Quando os polígonos entre 50 e 100 ha atingiram a contribuição máxima em 2006 (19% ou 708 km²), aqueles polígonos entre 100 e 500 ha tiveram sua menor contribuição (11% ou 364 km²).

Em síntese a série histórica demonstra que não houve mudanças expressivas na distribuição dos polígonos por classe de área entre 2003 e 2012. A contribuição dos polígonos

menores que 100 ha no período foi de 28,2%. Os polígonos entre 100 e 500 ha detiveram contribuição média de 40,4%, enquanto os polígonos maiores que 500 ha corresponderam a 31,4% do total. Estes dados permitem inferir que as atividades econômicas que dirigem o processo de desmatamento do Cerrado podem ter variado entre regiões, mas mantiveram influência relativamente constante no bioma como um todo ao longo do período analisado. Cabe ressaltar ainda que esta análise não capta variações espaciais das categorias de áreas desmatadas, apenas a variação temporal é evidenciada. Outro fator que convém mencionar é que dadas as características do SIAD que provém de imagens MODIS, com baixa resolução espacial, somente polígonos maiores que 26 ha são detectados por este sistema.

Outra forma de enxergar a variação dos padrões de desmatamento é através de métricas de área desmatada e frequência de polígonos de desmatamento. Tais métricas estão intrinsicamente ligadas as atividades econômicas que impulsionam o desmatamento nos municípios. Assim, a área total desmatada e o número de polígonos necessários para a ocorrência do total desmatado funcionam como indicadores dos processos socioeconômicos que estão ocorrendo nos municípios. A **Figura 10** demonstra a variação das métricas de desmatamento (área desmatada entre 2002 e 2010 e número de polígonos) nos 1388 municípios situados no Cerrado. O gráfico demonstra de forma indireta a área média dos polígonos de desmatamento por município nos últimos 8 anos. Verifica-se também que dentre os municípios que tiveram maiores áreas desmatadas entre 2002 e 2010, a maioria detém grandes áreas de Cerrado remanescente.

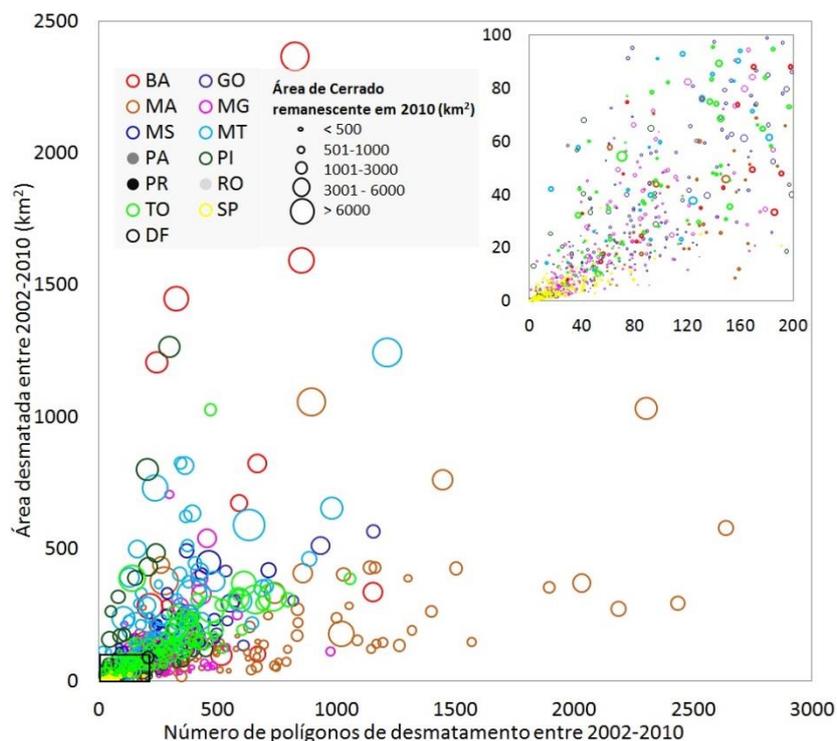


Figura 10. Relação entre área desmatada entre 2002 e 2010 e número de polígonos nos 1.388 municípios situados no Cerrado. As cores representam os estados aos quais os municípios estão inseridos e o tamanho dos círculos é proporcional a área de Cerrado remanescente. O gráfico menor no canto superior direito demonstra a área representada pelo retângulo preto em detalhe.

Verifica-se que os municípios com maior número de polígonos estão situados no estado do Maranhão, onde predomina por exemplo, as atividades de carvoejamento. Por outro lado, em municípios com vocação para o agronegócio, como aqueles situados no Mato Grosso, Bahia e alguns em Minas Gerais e Goiás, predominam grandes áreas desmatadas, porém com menor número de polígonos. No meio termo, com atividades econômicas misturadas, encontram-se municípios dos estados do Piauí, Tocantins e Minas Gerais. É possível distinguir também os municípios que acumulam grande passivo devido ao antigo histórico de atividades agropecuárias onde a maior parte dos estoques já foram suprimidos, como aqueles no estado de São Paulo, bem como alguns em Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul.

2.5 Tendências no desmatamento de grandes polígonos

Dados adicionais de desmatamentos ocorridos no bioma Cerrado (no período de 2002 a 2012), produzidos a partir de imagens MODIS (MOD13Q1) pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) da Universidade Federal de Goiás (UFG) foram utilizados para avaliação de tendências de polígonos de desmatamento maiores que 26 ha, porém com maior resolução temporal. A **Figura 11** demonstra a série histórica (2003 – 2012) dos dados de desmatamento do SIAD com a contribuição anual absoluta dos estados. Pode ser observado que no início da série histórica o estado do Mato Grosso apresentava maiores áreas desmatadas, que chegavam a ser superiores a 3000 km² em 2003 e 2004. Contudo o desmatamento no Cerrado mato-grossense foi gradativamente sendo reduzido até atingir a marca de menos de 500 km² em 2010. Em 2011, no entanto, o desmatamento no Mato Grosso voltou a subir, passando novamente a marca de 1.000 km². Já na Bahia, estado que apresentava também grandes áreas desmatadas no início do monitoramento, os incrementos continuaram altos, com destaque para os anos de 2008 e, principalmente, em 2012, quando o desmatamento baiano atingiu o recorde e o estado passou a figurar como aquele que mais desmatou o Cerrado.

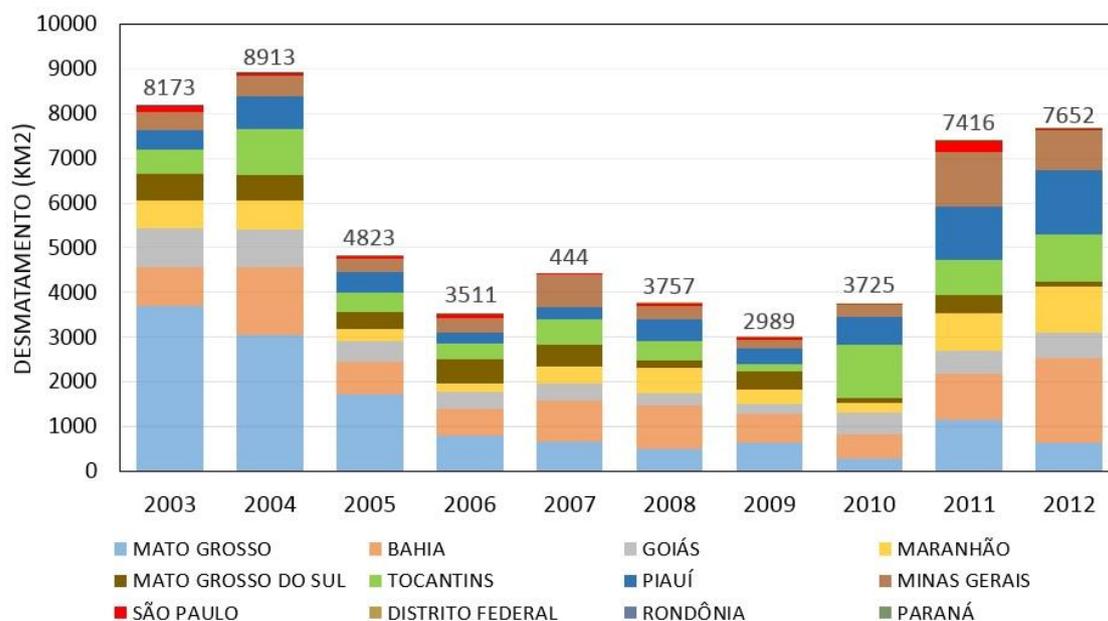


Figura 11. Série histórica de desmatamento de 2003 a 2012 e contribuição absoluta dos estados no bioma Cerrado (Fonte: LAPIG, 2013).

Outro fato que merece destaque foi o aumento do incremento do desmatamento de Tocantins em 2010, quando o valor máximo documentado foi atingido e o estado passou a ser o mais desmatado do Cerrado no período. Em 2011 e 2012 uma grande mudança ocorreu na distribuição do desmatamento do Cerrado. Os estados de Minas Gerais, Piauí, Tocantins e Mato Grosso do Sul passaram a contribuir juntos com mais de 3.000 km². É importante esclarecer ainda que é sabido que o estado do Maranhão apresentou grandes áreas de Cerrado desmatado em 2009 e 2010 de acordo com os dados do PMDBBS. Contudo, os polígonos de desmatamento identificados ocorreram abaixo do limiar de detecção do SIAD. Por esta razão, os pequenos desmatamentos do Maranhão não apareceram nos dados de 2009 e 2010.

A **Figura 12** demonstra a contribuição relativa dos estados ao desmatamento no bioma Cerrado entre 2003 e 2012. Verifica-se que o Mato Grosso que contribuía com 45% do desmatamento em 2003 reduziu sua contribuição até a marca de 8% em 2012, o que corresponde a um decréscimo superior a 80%. Por outro lado, a Bahia que apresentava apenas 11% do desmatamento em 2003, passou a contribuir com 25% em 2012, o que corresponde a um aumento superior a 100%. Minas Gerais, que respondia por apenas 5% do desmatamento em 2003, contribuiu com 16% em 2011, ou seja, aumentou mais de 200%. Similarmente, o Piauí que detinha 5% do desmatamento do Cerrado em 2003 aumentou quase 300%, passando a contribuir com 19% em 2012. Seguindo a mesma tendência, o Tocantins dobrou sua contribuição ao passar de 7% em 2003 para 14% em 2012 enquanto o Maranhão passou de 8 para 14% no mesmo período, o que corresponde a um aumento de quase 80%. Contrariamente, o Mato Grosso do Sul apresentou tendência oposta, com acentuada redução na contribuição de 7% para 1% de 2003 para 2012. Estados com pequenas frações do bioma como São Paulo, Paraná, Rondônia e Distrito Federal detiveram contribuições muito pequenas, não podendo ser visualizadas nesta análise. Cabe ressaltar no entanto, que em 2011 o Distrito Federal contribuiu com 3% do desmatamento do bioma, valor bastante expressivo considerando o pequeno estoque de Cerrado nele contido.

Em síntese, a análise demonstrou que houve uma mudança expressiva na distribuição espacial dos grandes polígonos de desmatamento entre 2003 e 2012. Comparando-se ambas as datas verifica-se a acentuada redução na contribuição do Mato Grosso foi compensada pelos aumentos na Bahia, Piauí, Maranhão, Tocantins e Minas Gerais. Tendo em vista que a conversões de grandes áreas de Cerrado são normalmente destinadas às atividades agropecuárias, pode-se inferir que este padrão de uso do solo que predominava no Mato Grosso foi distribuído para diferentes regiões do Cerrado. Os grandes desmatamentos vem ocorrendo portanto de forma menos agregada. É possível que estas mudanças na dinâmica espaço-temporal do desmatamento no Cerrado estejam relacionadas a flutuações da produção de grãos e rebanho bovino nos estados mencionados no mesmo período.

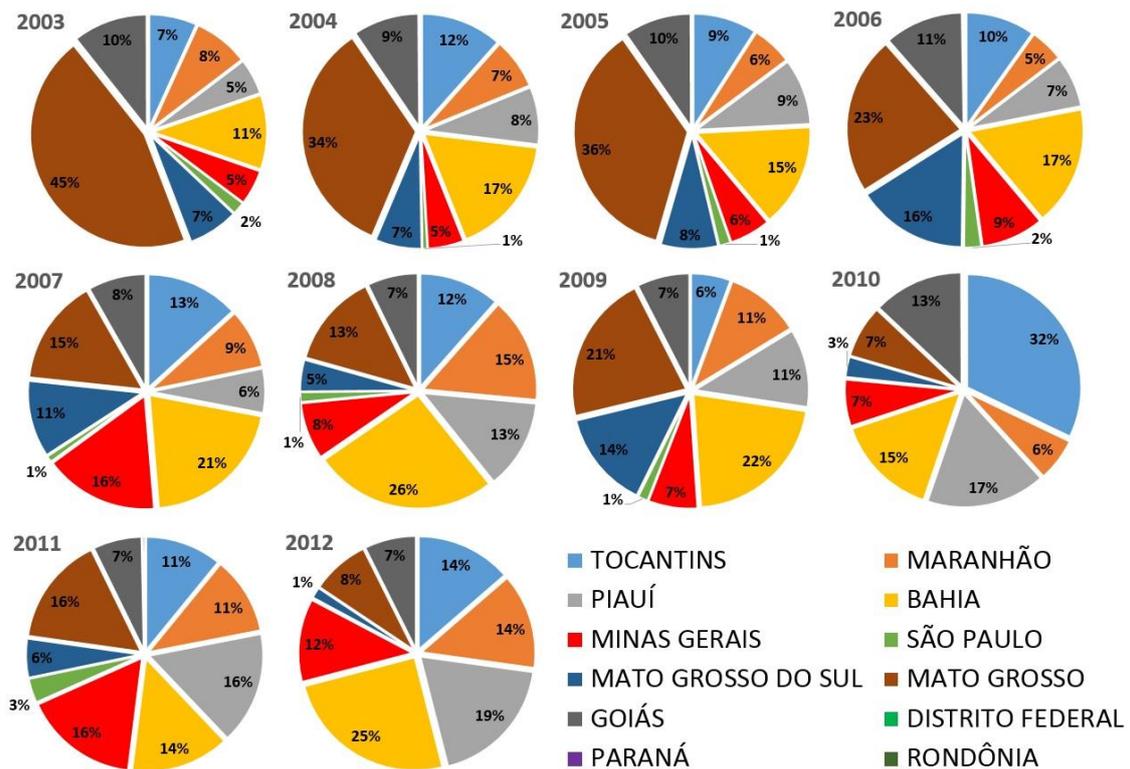


Figura 12. Contribuição relativa dos estados ao desmatamento no bioma Cerrado entre 2003 e 2012 (Fonte: LAPIG, 2013).

3. Dinâmica dos incêndios no Cerrado

Os incêndios florestais no Brasil são correlacionados com as intervenções do homem. Isto é, com suas práticas culturais de cultivo e manejo de paisagens agrícolas e pastoris. Dentre as causas mais comuns para os incêndios no Brasil destacam-se a limpeza de pastos, preparo de plantios, desmatamentos, colheita manual de cana-de-açúcar, vandalismo, balões de São João, disputas fundiárias e protestos sociais. O monitoramento dos incêndios por imagens de satélite detém maior utilidade em áreas remotas ou de difícil acesso, onde recursos usuais para a prevenção e combate aos incêndios florestais como torres de observação e brigadas de incêndio não estão disponíveis.

Os incêndios florestais no Cerrado são representados aqui pelos focos de calor registrados pela resposta espectral dos alvos terrestres à radiação no comprimento de onda infravermelho termal-médio dos satélites AVHRR e MODIS. A instituição responsável pelo processamento dessas informações é o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, que desenvolveu um sistema denominado Monitoramento de Queimadas e Incêndios por Imagens de Satélite em Tempo Real ou Quase Real. O princípio físico da detecção se baseia no fato de os materiais em combustão a superfície terrestre emitirem energia na faixa do infravermelho termal médio (de 3.7 a 4.1 um) do espectro eletromagnético. Utilizando-se imagens com essas características torna-se possível a seleção de pixels com alta temperatura, que apresentam alta probabilidade de estarem em processo de combustão. A principal vantagem do sistema é a resolução temporal em que os dados são disponibilizados (8 vezes ao dia). Por outro lado, a baixa resolução espacial

dos sensores utilizados (tamanho do pixel = 1 km no caso das imagens MODIS e 5 km nas imagens AVHRR) é sua principal limitação. Em termos práticos, o sistema identifica incêndios e queimadas somente em frentes de fogo com mais de 30 metros de extensão por 1 metro de largura no caso dos satélites de órbita polar. Para satélites geoestacionários, no entanto, uma frente de fogo precisa ter pelo menos o dobro destas dimensões. Incêndios menores não são identificados pelo sistema. Além disso, é importante ressaltar que o sistema foi concebido para detectar a presença de fogo na vegetação. Ele não informa o tamanho da área que está sendo queimada ou mesmo o tipo de vegetação. Limitações relacionadas a precisão da localização espacial também vêm sendo relatadas. Trabalhos de validação demonstram um erro médio de 400 metros, porém com desvio padrão de cerca de 3.000 metros. No entanto, aproximadamente 80% os incêndios estão a até 1 km das coordenadas geográficas indicadas pelos focos de calor.

Nesta seção os focos de calor situados no bioma Cerrado foram analisados entre 2003 e 2012, compreendendo um período de 10 anos. Primeiramente, a frequência de focos de calor é contabilizada nos estados e municípios onde o Cerrado está contido. Em seguida, a variabilidade espacial e temporal da densidade de focos de calor é explorada na referida década. A última seção aborda a relação entre a ocorrência de focos de calor e a precipitação. A análise foi baseada nos satélites considerados como de referência pelo INPE. Até 09 de agosto de 2007 o NOAA-12 (imagens AVHRR) era considerado o satélite de referência. Em seguida, o AQUA_M-T (imagens MODIS) passou a figurar como referência. A ideia de estabelecer satélites de referência teve como objetivo a construção de série histórica, permitindo dessa forma, analisar de forma comparativa as tendências espaciais e temporais dos focos de calor.

3.1 Variabilidade espacial e temporal dos incêndios nos estados

A frequência de focos de calor no bioma oscilou acentuadamente ao longo da década analisada. Nenhuma tendência clara de aumento ou redução foi observada. Contudo, houve períodos em que frequências mais elevadas de focos de calor foram registradas (2003-2005), bem como àqueles períodos em que a quantidade de focos de calor foi reduzida de forma expressiva (2008-2009). Picos isolados como aqueles observados em 2007, 2010 e 2012 também são elementos importantes da variação temporal dos focos (**Figura 13**). A frequência mais elevada de focos de calor ocorreu em 2004, quando os focos anuais superaram a marca de 140.000. O menor registro ocorreu em 2009, onde a frequência anual foi da ordem de 30.000. Entretanto, após dois anos consecutivos com baixa frequência de focos (2008 e 2009), incêndios de grandes proporções ocorreram no Cerrado em 2010 superando a marca de 100.000 focos devido ao acúmulo de material combustível e baixos índices pluviométricos.

A contribuição dos estados ao total de focos observados no Cerrado também flutuou entre 2003 e 2012. Os estados que mais contribuíram com os focos de calor ocorridos no período foram o Maranhão (23,6%), Mato Grosso (18,6%) e Tocantins (17,7%). A contribuição destes três estados juntos ao total dos focos ocorridos no Cerrado entre 2003 e 2012 foi de quase 60%. Bahia (10,7%), Goiás (8,3%) Minas Gerais (8,1%), e Piauí (7,6%) constituem o segundo grupo responsável por aproximadamente 35% dos focos de calor ocorridos no período. Os demais estados responderam por apenas 5% dos focos observados no período. Com relação a variação temporal absoluta e relativa observada nos estados, é importante destacar que o Mato Grosso

reduziu de forma significativa a frequência de focos de calor entre 2003 e 2012. A redução absoluta de 28.774 focos para 10.506 corresponde a um decréscimo de 23,1% para 11,7% em se tratando da contribuição do estado ao número total de focos registrados no bioma. Minas Gerais também vem experimentando redução na frequência de focos. Os focos foram reduzidos de 12.377 em 2003 para 5.947 em 2012. Embora o número de 2012 corresponda a apenas 48% do observado em 2003, este decréscimo representou uma redução de 3,3% na contribuição do estado aos focos do bioma. Já na Bahia, a frequência de focos de calor reduziu de 11.725 em 2003 para 11.213 em 2012. Contudo, como o número total de focos do Cerrado foi reduzido em 28% no período, a contribuição bahiana aos focos observados no Cerrado aumentou 3,1% em 2012. No entanto, o oposto foi verificado no Tocantins, onde um aumento da ordem de 1.000 focos de calor entre 2003 e 2012 correspondeu a um acréscimo de 7,2% na contribuição relativa do estado aos focos do Cerrado. O mesmo ocorreu em Goiás, onde os focos foram reduzidos em 42% em 2012 em relação a 2003. Porém a redução da contribuição do estado ao total do bioma foi de apenas 1,6%.

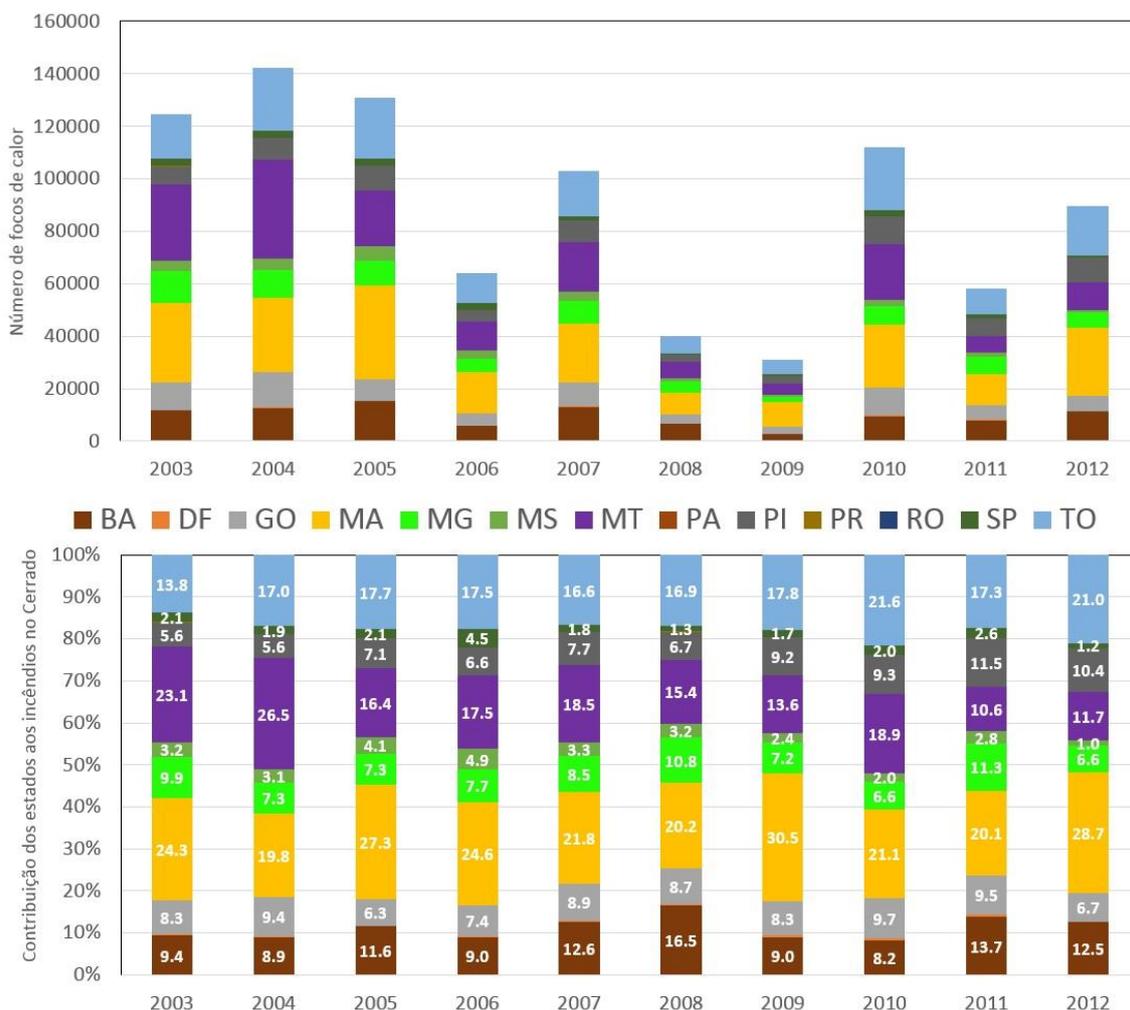


Figura 13. Contribuição absoluta e relativa dos estados aos focos de calor registrados no bioma Cerrado entre 2003 e 2012 (Fonte: INPE, 2013).

3.2 Variabilidade espacial e temporal dos incêndios nos municípios

A **Figura 14** apresenta mapas temáticos quantitativos da frequência de focos de calor por município do Cerrado nos anos de 2010, 2011 e 2012 (mapas superiores com gradiente do amarelo para o marrom). Adicionalmente, a figura demonstra a proporção de focos de calor de 2010 que incidiu em áreas de vegetação nativa (mapa inferior esquerdo com gradiente do verde para o vermelho) e os incrementos de focos de calor por município de 2010 para 2011 e de 2011 para 2012 (mapas central e a direita da face inferior com gradiente do azul para o vermelho). Com relação a frequência de focos de calor entre 2010 e 2012, observa-se que os municípios com incidência de focos de calor superior a 300 focos/ano demonstrados na cor marrom claro concentram-se na região norte do bioma. Os municípios grandes tendem a apresentar número de focos mais elevados devido a maior superfície. Comparando-se os três anos, verifica-se que nos anos de 2010 e 2012 um número maior de municípios apresentou número de focos de calor superior a 1.000/ano. Estes municípios concentraram-se no Mato Grosso, Tocantins, Bahia, Piauí e Maranhão em 2010 e somente nos quatro últimos em 2012. Particularmente, o município de Alto Parnaíba, situado no extremo sul do estado do Maranhão, foi o único em que mais de 1.000 focos de calor foram detectados nos três anos. Outros municípios como Grajaú, Mirador e Barra do Corda no MA, Formosa do Rio Preto na BA, Formosa do Araguaia, Lagoa da Confusão e Paraná no TO e Urucuí e Baixa Grande do Ribeiro no PI apresentaram mais de 1.000 focos de calor/ano tanto em 2010 quanto em 2012 e mantiveram pelo menos 300 focos/ano durante 2011.

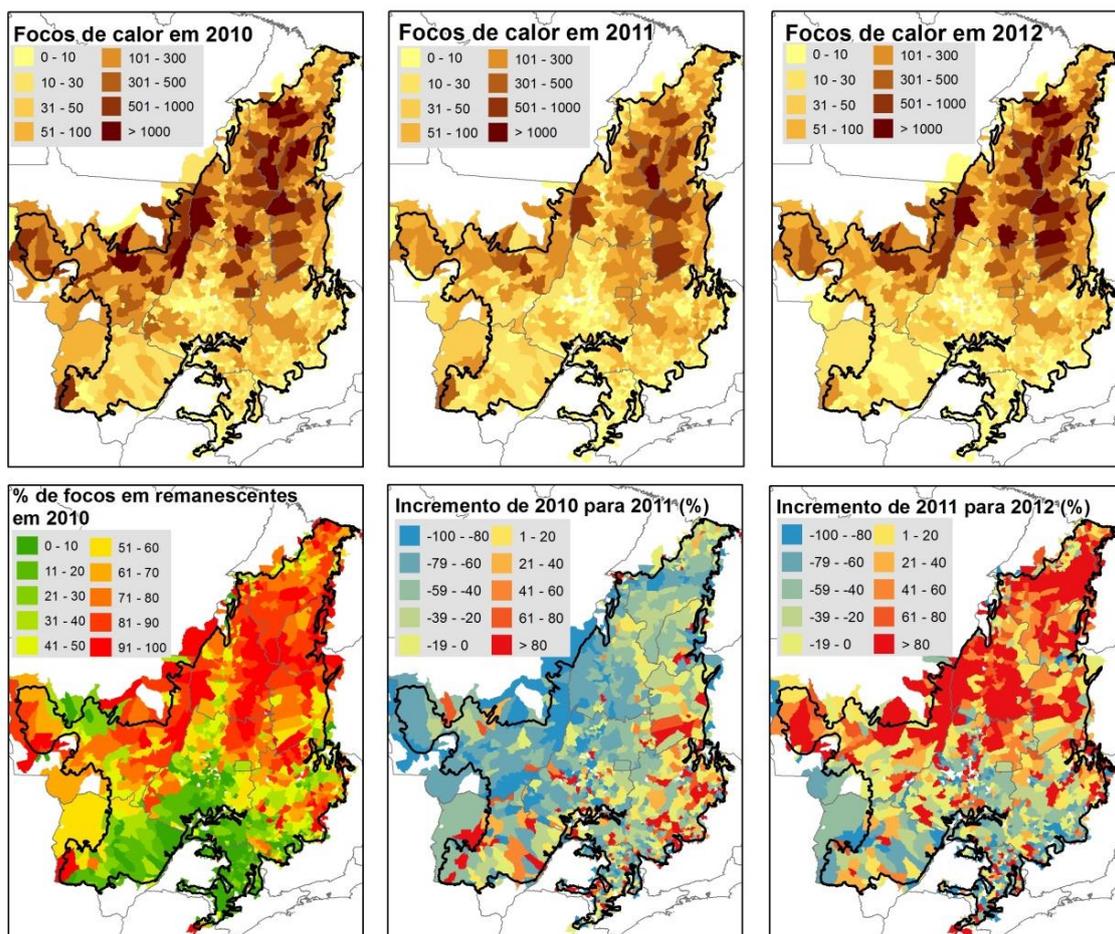


Figura 14. Focos de calor nos municípios do Cerrado em 2010, 2011 e 2012; proporção de focos de calor que inciu em área de Cerrado remanescente por município; e incrementos de focos de calor por município de 2010 para 2011 e de 2011 para 2012.

Os municípios onde os incêndios vêm ocorrendo com maior frequência no Cerrado normalmente apresentam grandes áreas de vegetação remanescente e, na maioria dos casos, os incêndios concentram-se em suas frações de vegetação nativa. Ainda na **Figura 14**, o mapa inferior esquerdo demonstra a proporção de focos de calor que incidiu sobre a vegetação nativa remanescente do município. Municípios esverdeados apresentaram maior proporção de focos de calor em áreas desmatadas, enquanto nos municípios avermelhados a maioria dos focos de calor foi detectada em vegetação nativa. A análise aponta de forma clara que os incêndios situados nos municípios da região sul do Cerrado tendem a incidir em áreas já desmatadas, enquanto aqueles localizados no norte do bioma afetam predominantemente a vegetação nativa. Existe ainda um terceiro grupo de municípios onde a proporção de incêndios em vegetação nativa flutua entorno de $50\% \pm 10\%$, sendo demonstrados no mapa nas cores amarela e verde claro. Tais municípios situam-se principalmente na região central do Cerrado, mais especificamente na transição entre as regiões sul e norte do bioma. É importante esclarecer que os resultados desta análise são altamente correlacionados com o mapa que demonstra o percentual de vegetação nativa dos municípios, apresentado previamente na **Figura 4**.

Com relação a variabilidade temporal dos focos de calor, como 2010 foi um ano seco com alta frequência de focos, no ano seguinte o número de focos foi inferior na maior parte dos municípios, resultando em incrementos negativos de 2010 para 2011. Este padrão se manteve em quase toda a região norte e oeste do bioma que aparece com coloração azul e esverdeada no mapa central inferior da **Figura 14**. Entretanto, em alguns municípios de Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia e principalmente Minas Gerais, foram registrados incrementos positivos de 2010 para 2011. No mapa inferior direito são demonstrados os incrementos de focos de calor de 2011 para 2012. Observa-se que de 2011 para 2012 aumentos nos focos de calor superiores a 80% foram registrados na maioria dos municípios situados na região norte e central do bioma (municípios vermelhos). Aumentos expressivos foram verificados em quase todos os municípios do Tocantins e Maranhão. Comparando-se os dois mapas de incrementos, observa-se que os municípios mencionados apresentaram incremento negativo (redução dos incêndios) em 2011 e incremento positivo (aumento dos incêndios) em 2012. Esta comparação ilustra bem as flutuações da dinâmica temporal dos incêndios na escala de municípios. Em geral a frequência de incêndios pode ser compreendida pela interação entre as anomalias de precipitação e o acúmulo de material combustível.

A **Tabela 3** aponta os 50 municípios que apresentaram maiores quantidades de focos de calor no período entre 2003 e 2012. Destes, 38% (19) estão situados no Tocantins, 24% (12) no Mato Grosso, 22% (11) no Maranhão, 10% (5) na Bahia, 4% (2) no Piauí e 2% (1) no Mato Grosso do Sul. Em 90% dos municípios listados os incêndios vêm incidindo predominantemente em áreas de vegetação nativa. Em apenas 10% dos municípios da lista os incêndios vêm ocorrendo predominantemente em áreas já desmatadas, são eles: Nova Ubiratã, Nova Mutum, São José do Rio Claro, Brasnorte e Tapurah. Todos estes municípios situam-se no Mato Grosso e apresentam economia baseada em atividades agrícolas. Por outro lado, em 28% (14) dos municípios listados, mais de 90% dos focos de calor ocorreram na vegetação nativa, são eles: Alto Parnaíba - TO, Mirador - MA, Lagoa da Confusão - TO, Porto Murtinho - MS, Paraná - TO, Cotegipe - BA, Campinápolis - MT, Goatins - TO, Ponte Alta do Tocantins - TO, Rio Sono - TO, Mateiros - TO, Lizada - TO, Tangará da Serra - MT, Nova Nazaré - MT e Fernando Falcão - MA. Estas localidades merecem atenção especial no planejamento de atividades de prevenção e combate aos incêndios, tendo em vista sua alta frequência com proporção acima de 90% em vegetação nativa.

Tabela 3. 50 municípios com maiores frequências de focos de calor entre 2003 e 2012.

N	MUNICÍPIO	UF	Focos de calor					% focos em remanescente ¹
			2003-2009	2010	2011	2012	Total	
1	BALSAS	TO	7672	1455	983	1488	11598	83,6
2	BARRA DO CORDA	MA	8381	1186	345	1671	11583	74,5
3	FORMOSA DO RIO PRETO	TO	7724	1471	948	1424	11567	82,9
4	ALTO PARNAIBA	TO	6753	1890	1008	1304	10955	95,4
5	FORMOSO DO ARAGUAIA	TO	6187	2417	738	1601	10943	88,4
6	MIRADOR	MA	6555	1623	780	1822	10780	94,6
7	GRAJAU	MA	6667	1774	350	1849	10640	73,1
8	LAGOA DA CONFUSAO	TO	4846	2206	510	1747	9309	91,3
9	PARANATINGA	MT	5958	1303	335	705	8301	80,0
10	URUCUI	MA	4923	1189	815	1296	8223	68,7
11	BAIXA GRANDE DO RIBEIRO	PI	5062	1238	554	1091	7945	72,1
12	SANTA RITA DE CASSIA	PI	5053	877	724	809	7463	87,6
13	NOVA UBIRATA	MT	6700	208	281	194	7383	21,9
14	SAO DESIDERIO	TO	4885	799	490	1013	7187	76,7
15	PORTO MURTINHO	MS	5323	844	491	181	6839	92,1
16	COCALINHO	TO	4846	1149	211	550	6756	89,1
17	PARANA	TO	3427	1396	450	1128	6401	94,0
18	COCOS	BA	4128	823	591	767	6309	89,5
19	COTEGIPE	BA	3801	853	396	1112	6162	90,8
20	NOVA MUTUM	MT	5296	233	154	261	5944	22,3
21	RIACHAO	TO	4062	740	471	654	5927	84,5
22	CAMPINAPOLIS	MT	3873	741	635	605	5854	91,5
23	TUNTUM	MA	4617	516	120	579	5832	72,2
24	COLINAS	MA	3969	590	270	686	5515	75,6
25	CORRENTINA	BA	3905	339	564	565	5373	68,4
26	GOIATINS	TO	3482	576	584	718	5360	93,9
27	RIACHAO DAS NEVES	BA	3450	491	664	671	5276	74,3
28	PONTE ALTA DO TOCANTINS	TO	3451	825	302	630	5208	95,3
29	CAROLINA	TO	3533	769	343	562	5207	86,2
30	PIUM	TO	3165	905	325	737	5132	83,8
31	RIO SONO	TO	3377	739	315	698	5129	96,5
32	SAO JOSE DO RIO CLARO	MT	4647	157	104	105	5013	30,4
33	SANTA TEREZINHA	TO	4215	436	55	227	4933	69,7
34	SANTA FILOMENA	MA	2995	831	360	728	4914	88,8
35	RIBEIRAO CASCALHEIRA	MT	3325	865	165	492	4847	84,1
36	MATEIROS	TO	3313	521	441	515	4790	98,0
37	JABORANDI	BA	2953	313	702	491	4459	58,9
38	SAO FELIX DO ARAGUAIA	TO	3042	885	147	374	4448	81,4
39	BRASNORTE	MT	3884	194	98	168	4344	28,6
40	LIZARDA	TO	2905	532	426	473	4336	98,4
41	TANGARA DA SERRA	MT	2911	742	199	474	4326	90,9
42	ROSARIO OESTE	MT	3179	669	138	239	4225	73,3
43	TAPURAH	MT	3996	82	41	48	4167	28,5
44	BARREIRAS	TO	2751	476	419	516	4162	74,0
45	BARRA DO GARCAS	MT	2717	562	308	416	4003	88,9
46	CAXIAS	MA	2965	297	138	593	3993	74,8
47	NOVA NAZARE	MT	2090	955	160	745	3950	93,6
48	RIBEIRO GONCALVES	MA	2435	542	426	514	3917	71,6
49	FERNANDO FALCAO	MA	2275	563	395	617	3850	98,0
50	PARNARAMA	MA	2437	459	162	755	3813	74,8

1. A proporção de focos de calor em área de vegetação nativa foi calculada considerando apenas o ano de 2010, que corresponde ao mais atual mapa temático disponível de vegetação nativa de Cerrado.

A **Figura 15** demonstra a relação entre a frequência de focos de calor e a proporção destes que incidiu em vegetação nativa. Os círculos representam os municípios onde a área do círculo é proporcional a área de vegetação nativa remanescente de cada município. As diferentes cores correspondem aos estados aos quais cada município pertence. Esta análise foi repetida para os anos de 2008 e 2009 acumulados, que correspondem a dois anos úmidos com baixa frequência de focos e em 2010, que foi um ano seco com alta frequência de incêndios. Verifica-se que apesar da diferença na frequência de focos entre os anos, o comportamento dos dados foi similar, indicando um padrão consistente. As interpretações a seguir merecem destaque:

- Altas frequências de focos de calor vêm ocorrendo predominantemente em municípios com área de Cerrado remanescente superior a 1.000 km².
- Os municípios com frequências de focos de calor mais elevadas apresentam proporções de incidência em vegetação nativa acima de 70%.
- A maior parte dos incêndios do Cerrado ocorre em vegetação nativa, pois os círculos que representam os municípios concentram-se do lado direito dos gráficos, o que significa que a proporção de incidência em remanescentes é superior a 50%.
- Os municípios que apresentaram maiores frequências de incêndios, proporções de incidência em Cerrado e área de vegetação remanescente estão situados nos estados do Tocantins, Maranhão, Mato Grosso, Piauí e Bahia.
- Dentre os municípios com baixa frequência de focos de calor, destacam-se aqueles localizados em São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.
- Os municípios que apresentaram menores proporções de focos de calor em vegetação nativa situam-se nos estados do Mato Grosso, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Estes municípios apresentam economia baseada em atividades agropecuárias que utilizam o fogo como ferramenta de manejo.

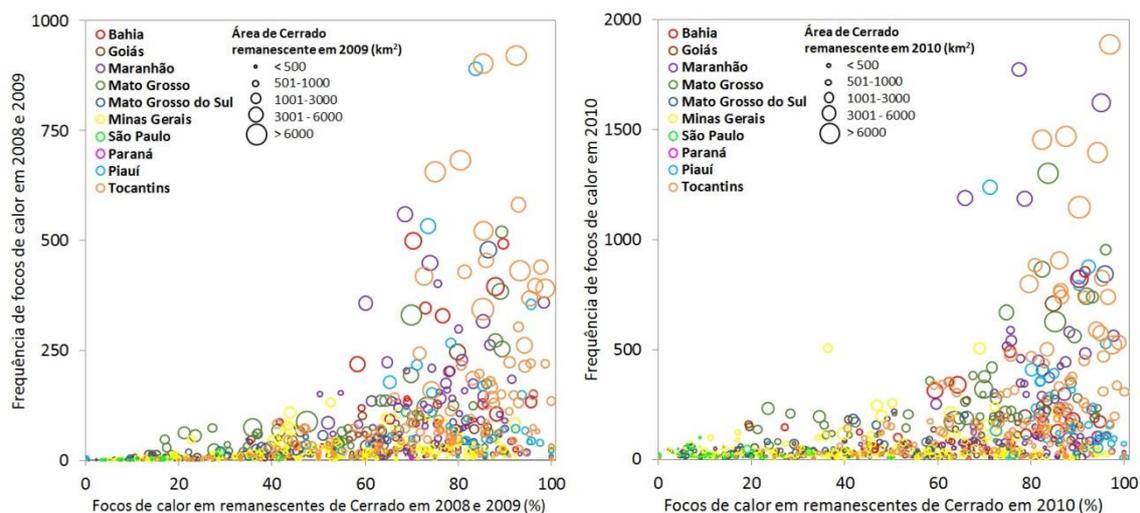


Figura 15. Relação entre a frequência de focos de calor e a proporção de focos em remanescentes de Cerrado nos anos de 2008 e 2009 (A) e 2010 (B). Os círculos correspondem aos 1.388 municípios situados no Cerrado, as cores representam os estados aos quais os

municípios estão inseridos e o tamanho do círculo é proporcional a área de Cerrado remanescente.

3.3 Variabilidade espacial e temporal da densidade dos incêndios

A densidade de focos de calor no bioma apresenta elevada variabilidade espacial e temporal. Considerando o componente espacial da variabilidade mencionada, verifica-se que as regiões com alta densidade de focos de calor tendem a se concentrarem nos estados situados ao norte do bioma (Maranhão, Piauí, Bahia, Tocantins e Mato Grosso). A frente de alta densidade de incêndios na região central do Maranhão é o exemplo mais representativo. Esta frente permaneceu ativa com densidade superior a 2.000 focos em círculo com raio de 40 km (ou 0,4 focos/km²) durante sete anos e em densidades superiores a 1.000 focos (ou 0,2 focos/km²) nos três demais anos analisados (**Figura 16**). Acredita-se que a justificativa para as altas densidades de focos de calor no Maranhão esteja relacionada a fatores climatológicos, características da vegetação, manifestações culturais e padrões de uso do solo. A vegetação nativa do cerrado maranhense vem sendo intensamente impactada pela atividade carvoeira típica dessa região. Os estados vizinhos a leste (Piauí) e oeste (Tocantins) também vem sendo impactados pela mesma atividade, porém menores densidades de focos vêm ocorrendo. Entretanto, em anos secos, quando a frequência de focos no Cerrado aumenta, uma grande mancha com densidade de focos superior a 1.000 focos em um círculo com raio de 40 km (ou 0,2 focos/km²) conecta o Maranhão aos seus estados vizinhos, podendo eventualmente ser expandida até a Bahia, Mato Grosso e Goiás. Outra área crítica em termos de ocorrência de focos de calor em alta densidade é o leste do Mato Grosso na região de interflúvio entre os rios Xingu e Araguaia. Nesta região os focos de calor em alta densidade persistiram em sete dos dez anos analisados. Possivelmente os incêndios no leste do Mato Grosso estão relacionados as atividades agropecuárias, pois o uso do fogo para a limpeza de áreas agricultáveis e renovação de pastagens é usual, tendo em vista que a agricultura e a pecuária são as principais atividades econômicas desta região. Frentes de altas densidades de incêndios também vêm ocorrendo no noroeste bahiano persistindo durante oito dos dez anos analisados. É provável que este fenômeno esteja associado à acentuada expansão agrícola que vem ocorrendo ao longo da última década. Atualmente essa região constitui a mais importante fronteira agrícola do bioma.

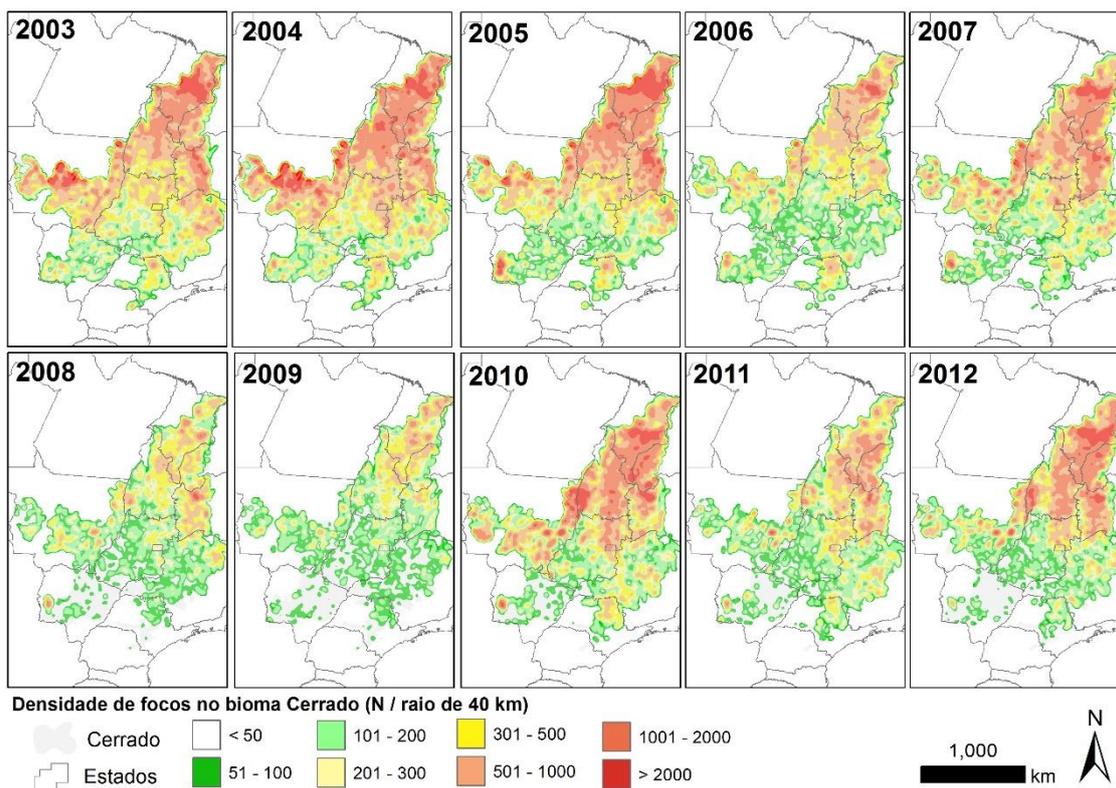


Figura 16. Variação espacial e temporal da densidade de focos de calor no bioma Cerrado entre 2003 e 2012 (Fonte: INPE, 2013).

Os estados que compoem a região sul do Cerrado em geral apresentam densidades de focos de calor inferiores. Exceto o oeste do Mato Grosso do Sul e leste de Minas Gerais que eventualmente apresentam altas densidades de incêndios. Dentre as possíveis causas para a menor densidade de incêndios na face sul do Cerrado, o estoque reduzido de vegetação nativa figura como a mais importante. As eventuais maiores densidades nas regiões mencionadas estão associadas a atividade agropecuária.

Com relação a variabilidade temporal da densidade de incêndios no bioma, o mesmo padrão de oscilação com alternância de períodos de alta e baixa frequência de incêndios que foi previamente mencionado na **Figura 13** é evidenciado pela **Figura 16**. Entretanto, a **Figura 16** adiciona o componente da variabilidade espacial dentro de cada ano. Verifica-se, por exemplo, que mesmo em anos mais chuvosos como 2008 e 2009, quando a frequência de incêndios foi substancialmente reduzida, algumas localidades continuaram a apresentar altas densidades de incêndios como o centro-norte do Maranhão e oeste da Bahia. Esta observação evidencia que as altas densidades de desmatamento nestes locais estão mais relacionadas as atividades econômicas regionais do que às flutuações do regime de chuvas.

3.4 Variabilidade espacial e temporal da densidade dos incêndios em áreas de Cerrado remanescente

Esta análise contabilizou apenas aqueles focos de calor que incidiram em áreas de vegetação nativa de Cerrado remanescente. Portanto, os polígonos de Cerrado remanescente

oriundos do PMDBBS referentes aos anos de 2008, 2009 e 2010 foram utilizados. É importante lembrar que apenas estes três mapas temáticos de vegetação remanescente estão disponíveis para o período entre 2003 e 2012, o que limita a expansão da análise para os demais anos.

Convém ressaltar ainda que como esta análise exclui as áreas de Cerrado previamente convertidas, as queimadas utilizadas para a limpeza de áreas agrícolas e pastoris não são contabilizadas. Dessa forma espera-se computar as densidades de focos de calor somente para os incêndios sazonais na vegetação nativa, aqueles incêndios relacionados a conversão de Cerrado em outros usos e aqueles associados a manutenção de campos naturais de vegetação gramínea nativa utilizados como pastagens.

A **Figura 17** demonstra que apesar das baixas densidades de incêndios em vegetação nativa observada ao longo de todo o Cerrado durante os anos de 2008 e 2009, no Maranhão, Bahia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul ocorreram algumas manchas de alta densidade. Diante das condições climáticas não favoráveis a queima da vegetação nativa, acredita-se que estes incêndios podem estar associados a queimadas relacionadas às atividades agrícolas que fugiram do controle e adentraram áreas adjacentes de vegetação nativa. Em 2010, ano com alta frequência de incêndios, os focos de calor em vegetação nativa ocorreram em alta densidade em diversas regiões do bioma. Contudo, a região central do Maranhão, oeste do Tocantins, leste do Mato Grosso, sul do Piauí e oeste da Bahia foram mais afetadas. Acredita-se que a baixa frequência de incêndios nos dois anos anteriores resultou em acúmulo de material combustível na vegetação nativa, que costuma resultar em elevado risco aos incêndios durante a estação seca. Estas áreas tornam-se extremamente vulneráveis, principalmente quando apresentam fazendas nas vizinhanças que utilizam o fogo como ferramenta de limpeza e manejo agrícola e pastoril.

A principal limitação desta análise está relacionada ao período de tempo utilizado em que ocorreram as duas menores frequências anuais de focos de calor (2008 e 2009), seguido de um acentuado pico em 2010 após redução das chuvas e acúmulo de material combustível. Apesar de representarem situações extremas da dinâmica de incêndios do Cerrado, estes anos podem ser considerados pouco representativos em termos de comportamento da variabilidade espacial e temporal dos focos de calor em vegetação nativa a longo prazo.

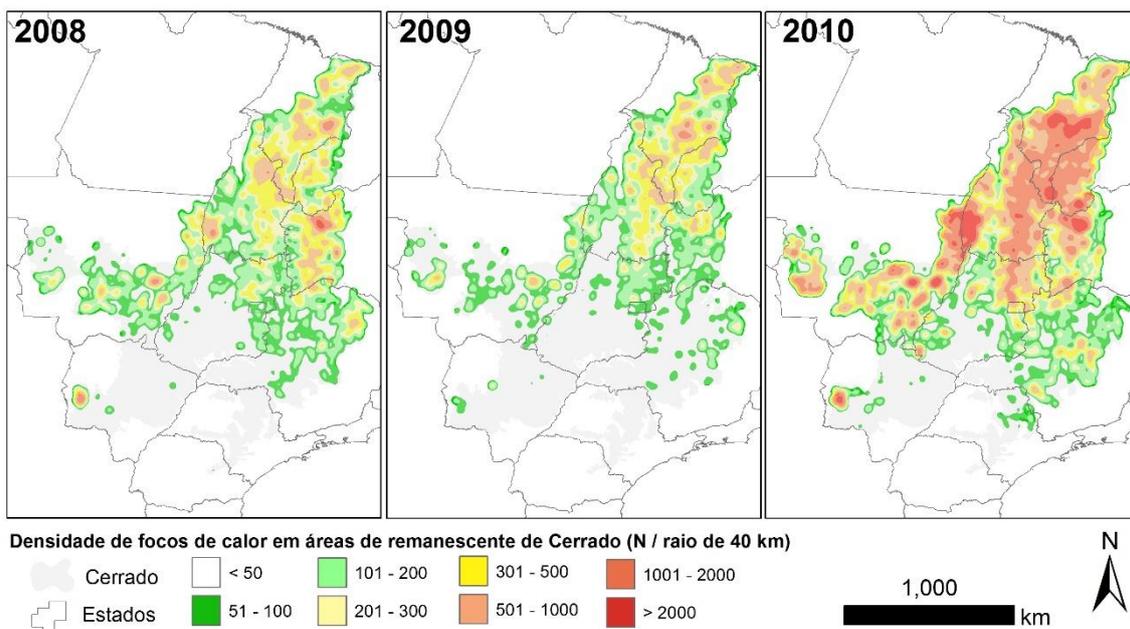


Figura 17. Variação espacial e temporal da densidade de focos de calor em áreas de vegetação nativa remanescente entre 2008 e 2010 no bioma Cerrado (Fonte: INPE, 2013).

3.5 Relação sazonal entre precipitação e ocorrência de incêndios

Esta análise se baseou nos grides anuais de pluviometria disponibilizados para todo o globo pelo Worldclim (Hijmans et al., 2005). Estas superfícies de precipitação foram construídas a partir de séries históricas de quase 50 mil localidades distribuídas ao longo de todo o globo que apresentavam pelo menos 10 anos de medições. Os dados representam as médias mensais para o período entre 1960 e 1990, sendo que em alguns casos este período foi estendido para os 50 anos compreendidos entre 1950 e 2000. O objetivo do algoritmo foi representar a variabilidade espacial da precipitação mensal da melhor forma possível com resolução espacial de 1 km. A **Figura 18** demonstra a variabilidade espacial e temporal da precipitação mensal média no Cerrado. Verifica-se que o período chuvoso no Cerrado de maneira geral vai de novembro a março. Durante os meses de abril e outubro ocorrem as transições dos períodos chuvoso para seco e seco para chuvoso respectivamente. Entre maio e agosto o Cerrado permanece quase completamente seco, exceto pelo litoral do Maranhão no extremo norte do bioma. Janeiro é normalmente o mês mais chuvoso na maior parte do bioma. Entretanto, no sul do Cerrado, particularmente nos estados do Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais, os meses mais chuvosos são outubro e dezembro. Da mesma forma, o extremo norte do Maranhão detém comportamento pluviométrico diferenciado, onde o pico das chuvas ocorre em março e o período seco vai de agosto a novembro. As regiões mais chuvosas do Cerrado se concentram nos estados do Mato Grosso, noroeste de Goiás, oeste do Tocantins e norte do Maranhão, onde as médias mensais de precipitação podem superar os 400 mm nos meses mais úmidos. Diversos estados situados na porção central do Cerrado apresentam seca prolongada durante cinco meses (de maio a setembro), onde as médias mensais não excedem 50 mm. Estas regiões mais secas do Cerrado estão situadas nos estados de Goiás, Minas Gerais, Piauí e Bahia, bem como no Distrito Federal.

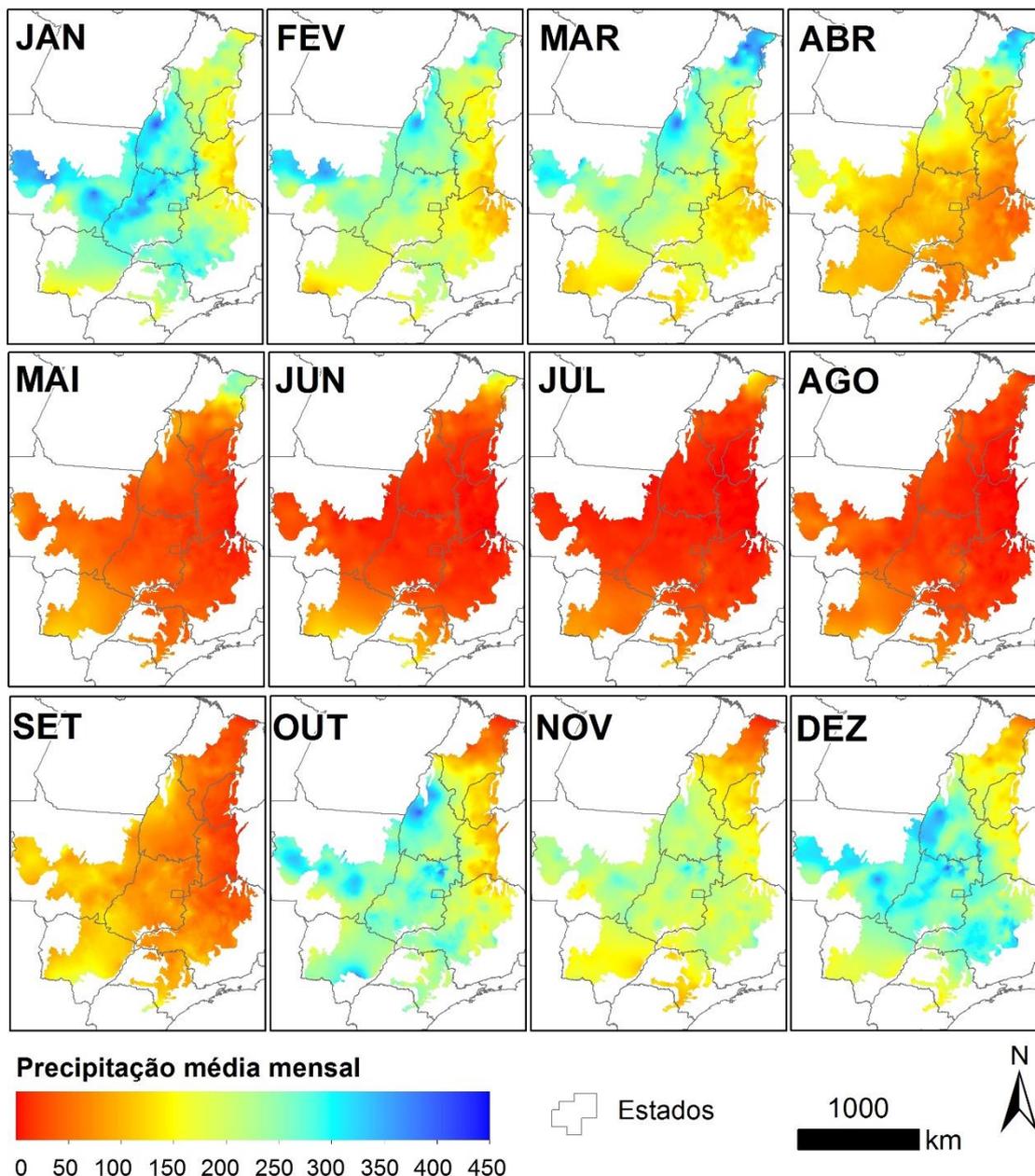


Figura 18. Variação espacial e temporal da precipitação média mensal no bioma Cerrado (Fonte: Worldclim, 2013).

Com objetivo de analisar a variabilidade espacial e sazonal dos incêndios no Cerrado, mapas de densidade mensal média de focos de calor foram construídos apartir da série histórica dos focos registrados por satélite entre 2003 e 2012. A **Figura 19** apresenta a variação espacial e sazonal da densidade mensal média de focos de calor no bioma Cerrado. Observa-se que a incidência de incêndios no Cerrado é altamente sazonal, apresentando comportamento inverso a pluviometria ao longo do ano. Durante os meses chuvosos (novembro a março) as densidades de focos de calor são inferiores, permanecendo baixas no mês de abril que representa o período de transição entre as estações chuvosa e seca.

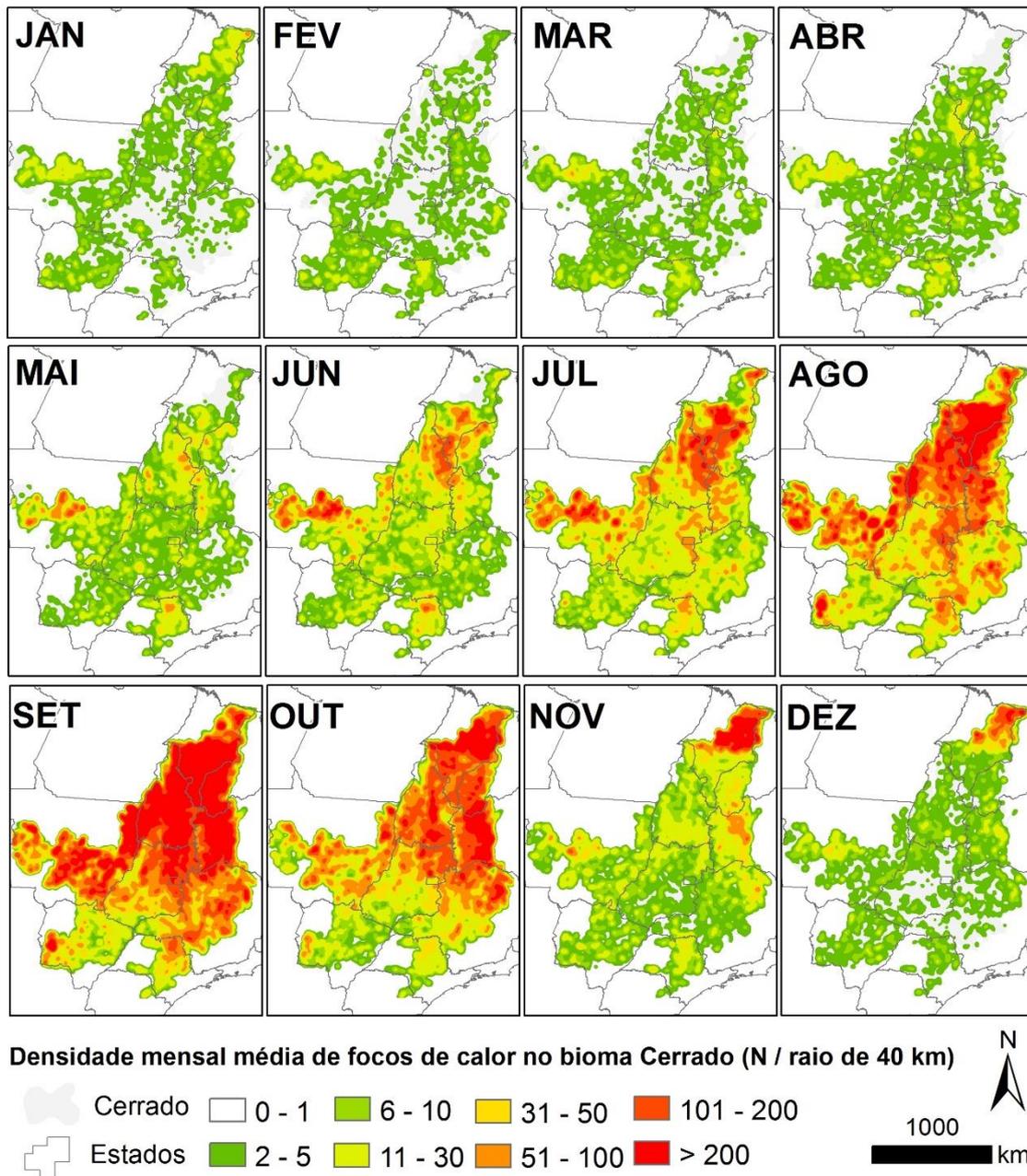


Figura 19. Variação espacial e sazonal da densidade mensal média de focos de calor no bioma Cerrado (Fonte: INPE, 2013).

A partir de maio a incidência de incêndios vai aumentando gradativamente até setembro, quando ocorre o pico da frequência de incêndios no Cerrado e as densidades atingem valores máximos. Neste mês toda a face norte do bioma vem sofrendo com as altas intensidades dos incêndios. Com o início das chuvas em outubro que marca a transição do período seco para o chuvoso, a densidade de incêndios vai sendo reduzida e o ciclo sazonal do fogo é novamente iniciado em novembro. No norte do maranhão, no entanto, o pico dos incêndios ocorre em novembro, dois meses após a média do bioma, devido as diferenças no regime de chuvas desta região mencionadas anteriormente.

É importante esclarecer que apesar da alta correlação negativa entre a ocorrência de incêndios e o regime de chuvas, existe um padrão claro de atraso entre o pico da estação seca

e a ocorrência de incêndios em densidade mais elevada. Quando a precipitação mensal é reduzida a patamares inferiores a 50 mm (normalmente em maio), a incidência de focos de calor vai aumentando progressivamente durante toda a estação seca até atingir seu pico em setembro, que corresponde ao último mês da estação seca, onde as chuvas já começam a reincidir em algumas regiões do bioma. A explicação para este fenômeno consiste no fato de que embora baixos índices pluviométricos mensais já sejam registrados desde o início da estação seca, a umidade do solo, da vegetação e do ar são reduzidas a medida que a seca progride. Assim, a baixa umidade destes atributos ecossistêmicos tende a aumentar a flamabilidade da vegetação cumulativamente, atingindo a flamabilidade máxima no último mês da seca que precede o início das chuvas.

A **Figura 20** demonstra o comportamento sazonal da densidade mensal média de focos de calor em função da precipitação média mensal para os 12 estados onde o Cerrado está inserido. Apesar da variação entre estados, de uma maneira geral, os ciclos sazonais de incêndios e precipitação seguem um padrão consistente característico do bioma que foi anteriormente descrito detalhadamente. Algumas particularidades podem ser destacadas como o menor comprimento da estação seca em Rondônia, no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo. Estes estados não detêm cinco meses consecutivos com precipitações mensais médias inferiores a 50 mm. O período chuvoso de Rondônia apresenta três meses com precipitações mensais médias superiores a 300 mm e o pico das chuvas no Maranhão ocorre em março, quando a média mensal supera a marca dos 250 mm. Com relação a variação sazonal dos focos de calor, observa-se que os estados que apresentaram maiores densidades mensais médias foram o Maranhão, o Tocantins, o Piauí e a Bahia. Todos estes estados apresentaram densidades médias de focos de calor acima de 300 focos em círculo com 40km de raio, que corresponde a 0,06 focos/km². Por outro lado, as menores densidades ocorreram nas frações paranaense, paulista e sul-matogrossense do bioma. Nestas regiões o pico dos incêndios tende a ser antecipado para agosto e os valores máximos de densidade são inferiores a 50 focos em círculo com 40km de raio, que corresponde a 0,01 focos/km². Em Rondônia, onde o mês de setembro é consideravelmente mais úmido em relação as demais regiões do Cerrado, com médias mensais acima de 50mm, a densidade máxima de focos de calor também é antecipada para agosto. O padrão consistente de aumento gradativo da densidade de incêndios com o acúmulo dos meses secos fica evidente para todos os estados que compoem o bioma a partir da análise da **Figura 19**. As análises também fornecem subsídios para o planejamento das ações de prevenção e combate aos incêndios nas diferentes regiões do bioma.

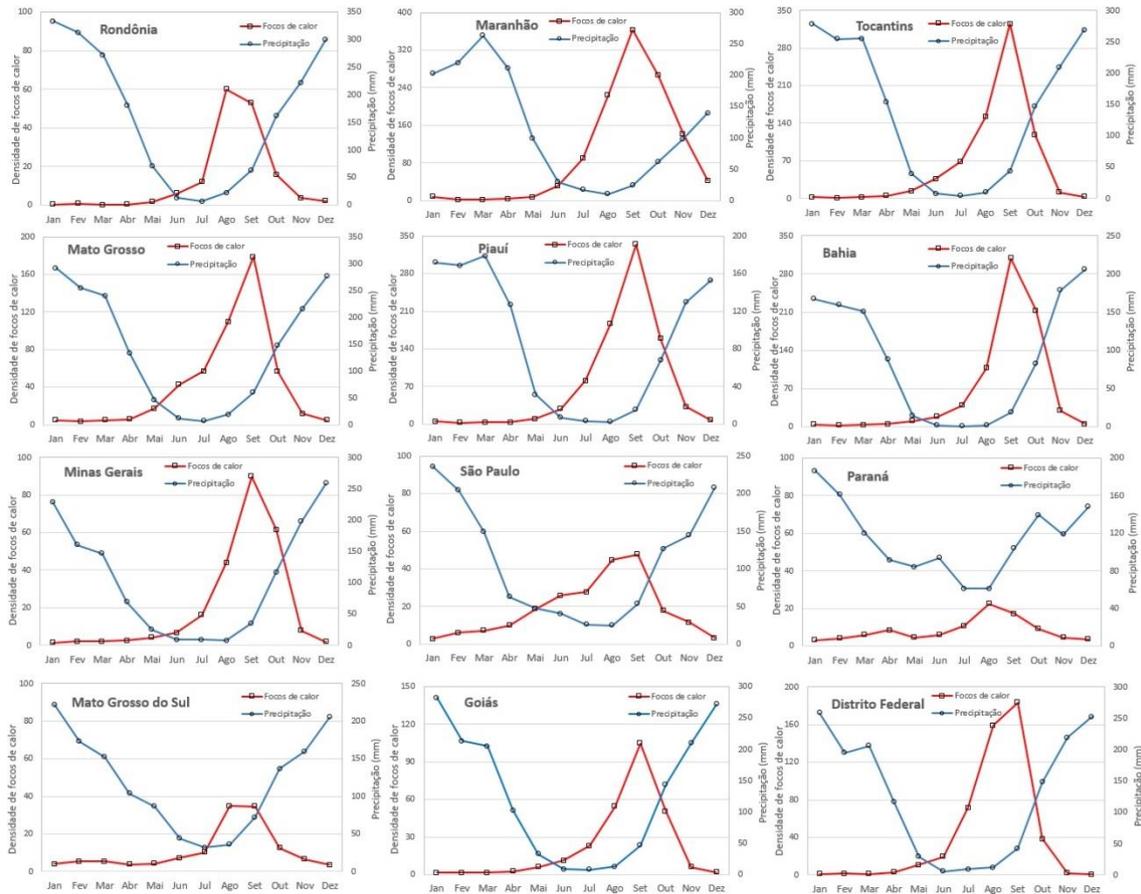


Figura 20. Variação sazonal da densidade média de focos de calor (frequência de focos em um círculo com raio de 40 km) e precipitação média mensal nos estados do bioma Cerrado (Fonte: INPE, 2013; Worldclim, 2013).

4. Desmatamento e incêndios nas fitofisionomias do Cerrado

O Cerrado é o bioma brasileiro com maior variabilidade espacial da vegetação. Com uma superfície superior a 950.000 km², pouco menos da metade da área original do bioma, o Cerrado remanescente abrange 29 categorias de vegetação nativa (**Tabela 4**). As categorias vegetacionais predominantes do Cerrado são as Savanas, sejam elas gramíneo-lenhosas, arborizadas ou florestadas com ou sem floresta de galeria. Juntas, estas formações vegetais compreendiam mais de 80% do total da vegetação remanescente de Cerrado em 2010. As florestas estacionais decíduais e semi-decíduais também representam uma fração considerável do bioma, abrangendo mais de 15% da vegetação remanescente em 2010. Mais especificamente, as duas fitofisionomias que abrangem a maior área de Cerrado remanescente são a Savana arborizada com floresta de galeria (19,4%) e a Savana parque com floresta de galeria (18,7%).

Entre 2003 e 2010 quase 100.000 km² de savanas foram desmatados, o que representou uma perda de 11% dos remanescentes de savana mapeados em 2002 em apenas oito anos. As categorias mais impactadas em valores absolutos foram as Savanas arborizadas com e sem floresta de galeria, onde a área desmatada foi de cerca de 50.000 km² no período. As formações florestais, que cobriam uma área superior a 175.000 km² em 2002, perderam quase 20.000 km²

(10,6%) no período. As formações florestais mais impactadas foram as florestas estacionais semi-decíduais submontana e aluvial, que juntas perderam mais de 16.000 km² de florestas. Considerando o desmatamento relativizado pela área remanescente mapeada em 2002, a Floresta ombrófila densa submontana que detinha apenas uma área superior a 500 km², teve 23% de suas florestas desmatadas em apenas 8 anos. Atualmente restam pouco mais de 350 km² destas florestas tropicais pluviais que ocorrem em relevos montanhosos dissecados e planaltos com solos profundos. Outra importante fisionomia vegetal devido a sua ocorrência restrita a pouco mais de 700 km² são os Refúgios vegetacionais. Os Refúgios, também chamados de “vegetação relíquia” são formados por vegetações florísticamente e ecologicamente diferente do contexto geral da flora dominante da região. No período analisado, 11% dos Refúgios vegetacionais foram desmatados. Os Refúgios vegetacionais estão situados no extremo norte do Cerrado, principalmente no estado do Maranhão.

De maneira geral, considerando a distribuição do desmatamento entre 2003 e 2008 por categoria fitofisionômica, 83% ocorreu nas formações savânicas e 16% nas formações florestais.

Com relação aos focos de calor identificados por satélite entre 2003 e 2012, as formações vegetais com maior média anual foram respectivamente as Savanas arborizadas com e sem floresta de galeria, Savana parque com floresta de galeria, Savana florestada e Floresta estacional semi-decidual submontana. Todas estas formações vegetais apresentaram média superior a 7.500 focos/ano. Uma forma de relativizar o número absoluto pela área da categoria vegetacional é a análise da densidade. As fitofisionomias com maiores densidades de focos de calor (superior a 10 focos/ha/ano) foram a Floresta ombrófila densa submontana (17,8 focos/ha/ano), Savana estépica com floresta de galeria (15,8 focos/ha/ano) e Savana estépica gramíneo-lenhosa sem floresta de galeria (12,5 focos/ha/ano). Estas três categorias detêm área remanescente inferior a 1700 km², o que constitui uma maior ameaça devido a pequena dimensão. A floresta ombrófila aberta submontana, Savana estépica arborizada com floresta de galeria e a Floresta estacional semi-decidual submontana apresentaram densidade de focos de calor entre 8 e 9 focos/ha/ano. Apesar das duas primeiras categorias apresentarem área remanescente inferior a 8.000 km², a terceira constitui a maior formação florestal do Cerrado com mais de 85.000 km². A densidade de 9 focos/ha/ano pode ser considerada alta para uma área florestal com essa dimensão, principalmente levando em conta que as savanas são mais susceptíveis ao fogo que as florestas e, em média, apresentaram densidades consideravelmente mais baixas. Parte significativa destas formações florestais estão situadas na transição com a floresta amazônica, particularmente, nos estados do Maranhão e Mato Grosso, que costumam ser mais impactados pelo fogo. A manutenção das altas densidades de focos de calor em formações florestais pode ser interpretada como um indicador de ameaça ao equilíbrio ecológico e perda gradativa da resiliência e consequentemente aumento da susceptibilidade aos incêndios.

Tabela 4. Desmatamento e focos de calor identificados por satélite nas categorias fitofisionômicas do Cerrado.

Código	Descrição	Cerrado remanescente			Desmatamento 2003 - 2010			Média anual de focos (2003 -2012)	Densidade média (focos/ha/ano)
		2002 (km ²)	2010 (km ²)	2010 (%)	(km ²)	(%) ^a	(%) ^b		
Aa	Floresta Ombrófila Aberta	178.4	173.9	0.0	4.6	2.6	0.0	9.9	5.5
As	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	6700.0	6438.6	0.7	261.4	3.9	0.2	558.5	8.0
Cb	Floresta Estacional Decidual de Terras Baixas	130.2	125.6	0.0	4.6	3.5	0.0	6.5	4.9
Cm	Floresta Estacional Decidual Montana	4050.6	3591.0	0.4	459.7	11.3	0.4	192.2	4.2
Cs	Floresta Estacional Decidual Submontana	21920.2	20235.1	2.1	1685.1	7.7	1.5	1180.2	4.9
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	624.2	530.4	0.1	93.8	15.0	0.1	141.5	7.4
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	490.0	376.9	0.0	113.1	23.1	0.1	93.6	17.8
Fa	Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial	56681.1	52466.2	5.5	4214.9	7.4	3.6	1379.3	2.2
Fb	Floresta Estacional Semi-decidual de Terras Baixas	382.2	366.4	0.0	15.8	4.1	0.0	16.3	3.5
Fm	Floresta Estacional Semi-decidual Montana	3073.8	2750.4	0.3	323.4	10.5	0.3	122.4	3.5
Fs	Floresta Estacional Semi-decidual Submontana	81547.0	69960.3	7.3	11586.7	14.2	10.0	7736.5	9.0
Mm	Floresta Ombrófila Mista Montana	105.2	104.1	0.0	1.1	1.0	0.0	2.3	2.1
Pa	Formações Pioneiras Com Influência Fluvial e/ou Lacustre	1832.3	1797.0	0.2	35.3	1.9	0.0	104.2	5.5
Pf	Formações Pioneiras Com Influência Fluviomarina	165.8	164.5	0.0	1.3	0.8	0.0	2.5	1.5
Pm	Formações Pioneiras Com Influência Marinha (Restinga)	10733.8	9883.0	1.0	850.8	7.9	0.7	499.2	4.5
r	Refúgios Vegetacionais	788.1	701.4	0.1	86.6	11.0	0.1	70.5	6.3
Saf	Savana Arborizada Com Floresta de Galeria	211223.3	185298.8	19.4	25924.5	12.3	22.4	12332.7	5.4
Sas	Savana Arborizada Sem Floresta de Galeria	178662.7	155877.7	16.3	22785.0	12.8	19.7	11995.3	6.4
Sd	Savana Florestada	121558.5	108930.0	11.4	12628.4	10.4	10.9	8703.6	6.8
Sgf	Savana Gramíneo-Lenhosa Com Floresta de Galeria	45894.9	42043.7	4.4	3851.2	8.4	3.3	2159.9	4.1
Sgs	Savana Gramíneo-Lenhosa Sem Floresta de Galeria	23337.0	21818.5	2.3	1518.6	6.5	1.3	1559.3	6.6
Spf	Savana Parque Com Floresta de Galeria	198134.0	178800.6	18.7	19333.4	9.8	16.7	9226.2	4.0
Sps	Savana Parque Sem Floresta de Galeria	86418.7	77686.2	8.1	8732.5	10.1	7.6	5498.9	5.9
Taf	Savana Estépica Arborizada Com Floresta de Galeria	1810.7	1645.7	0.2	165.0	9.1	0.1	162.3	8.3
Tas	Savana Estépica Arborizada Sem Floresta de Galeria	10296.5	9658.8	1.0	637.8	6.2	0.6	710.5	6.5
Td	Savana Estépica Florestada	650.9	633.5	0.1	17.4	2.7	0.0	43.2	6.6
Tgs	Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa Sem Floresta de Galeria	1672.0	1634.3	0.2	37.7	2.3	0.0	212.2	12.5
Tpf	Savana Estépica Com Floresta de Galeria	168.8	160.8	0.0	8.1	4.8	0.0	28.2	15.8
Tps	Savana Estépica Parque Sem Floresta de Galeria	1725.3	1513.5	0.2	211.8	12.3	0.2	114.3	6.3

a) Redução relativa do estoque da fitofisionomia de 2002 para 2010; b) Distribuição do desmatamento ocorrido entre 2003 e 2010 por fitofisionomia.

5. Desmatamento e incêndios nas bacias hidrográficas

Dentre os atributos ambientais do bioma Cerrado, os recursos hídricos merecem atenção especial, considerando a elevada densidade de drenagem e a estreita interação entre os ecossistemas e a disponibilidade de água nos diferentes ambientes que formam o bioma. Tendo o Planalto Central como principal divisor de águas, o Cerrado é drenado por quatro grandes bacias ou regiões hidrográficas que distribuem as águas superficiais para os outros biomas adjacentes. Ao norte e noroeste, a bacia do Tocantins e a bacia Amazônica, que drenam respectivamente 29% e 8% da superfície do bioma adentram o bioma Amazônia. Os principais cursos d'água da bacia do Tocantins são os rios Tocantins e Araguaia. Toda as cabeceiras de drenagem destes rios estão situadas no Cerrado. Também na bacia Amazônica, parte das cabeceiras de dois dos principais afluentes da calha sul do rio Amazonas (rios Xingu e Tapajós) estão inseridas no Cerrado. Ao leste, a região hidrográfica do Atlântico-Nordeste drena 33% do bioma, alimentando importantes rios dos biomas Caatinga e Mata Atlântica, tais como os rios São Francisco e Parnaíba. Ao sul, a bacia do rio Paraguai drena 30% do Cerrado, levando suas águas aos biomas Mata Atlântica e Pampa, através dos rios Paraná e Paraguai. Devido a distribuição geográfica dos recursos hídricos, o Cerrado é conhecido popularmente como o “berço das águas” do Brasil (**Figura 21 A**).

A fração da bacia do Paraguai que drena o Cerrado detém 76% de sua área desmatada. A densidade média de focos de calor foi de 1.8 focos/ha/ano entre 2003 e 2012. Em 2012 a densidade foi reduzida para 0.9 focos/ha/ano. Tanto a bacia Amazônica quanto a do Tocantins apresentaram 41% da superfície que drena o Cerrado desmatada. Contudo, a densidade de focos de calor foi substancialmente reduzida na bacia Amazônica em 2012, enquanto um leve aumento foi observado na bacia do Tocantins. A região hidrográfica do Atlântico Nordeste tem a menor área desmatada (37%). Por outro lado, apresenta a maior densidade média de focos de calor (6.2 focos/ha/ano), que aumentou em 2012 para 7.1 focos/ha/ano.

Buscando analisar unidades hidrológicas menores, as quatro grandes regiões hidrográficas mencionadas foram divididas em pouco mais de 4000 sub-bacias (ottobacias nível 5). As sub-bacias da bacia do rio Paraguai apresentaram os maiores percentuais de área desmatada até 2010, com grande parte das sub-bacias com mais de 60% da área drenada desmatada. No extremo sul da bacia do Paraguai, grande parte das sub-bacias detiveram percentuais superiores a 80% da área desmatada. As sub-bacias da bacia do Tocantins detiveram níveis de desmatamento variável. Contudo, de maneira geral, aquelas que drenam as partes altas do Planalto Central, principalmente para o rio Araguaia, apresentaram percentuais superiores a 60% de área desmatada. Por outro lado, parte significativa dos afluentes da margem direita do baixo Tocantins ainda detém fração considerável de vegetação nativa, podendo superar os 90% em algumas sub-bacias. Na fração da bacia Amazônica, os afluentes da margem esquerda do rio Xingu e margem direita do rio Juruena (afluente do Tapajós) apresentam sub-bacias mais desmatadas. Na região hidrográfica do Atlântico-Nordeste, as sub-bacias mais desmatadas estão situadas nas cabeceiras do rio São Francisco e na região do oeste baiano. Em compensação, mais ao norte, as sub-bacias da margem esquerda do rio Parnaíba estão melhor conservadas. Com relação ao desmatamento identificado entre 2002 e 2010, algumas unidades hidrológicas distribuídas por quase todo bioma chegaram a ter mais de 300 km² de área desmatada no período. Apesar da ampla distribuição, a maior parte delas concentra-se no sul do bioma,

principalmente na bacia do Paraguai. As sub-bacias menos desmatadas no período estão situadas na bacia do Tocantins, principalmente no entorno do rio Araguaia (**Figura 21 B e C**).

A análise da densidade de focos de calor nas sub-bacias revelou um padrão inverso ao verificado para o desmatamento. Maiores densidades ocorreram no norte e leste do bioma, predominantemente na região hidrográfica do Atlântico-Nordeste e bacia do Tocantins. De maneira geral, em todo o norte e leste do bioma, as sub-bacias detiveram pelo menos 5 focos/ha/ano tanto na densidade média entre 2003 e 2012 quanto na densidade em 2012. Algumas sub-bacias do rio Parnaíba apresentaram densidades superiores a 20 focos/ha/ano. No sul do Cerrado no entanto (bacia do rio Paraguai), as subunidades apresentaram densidade de desmatamento inferior a 1 foco/ha/ano. Quando comparada a densidade média de focos entre 2003 e 2012 com a densidade em 2012, é possível afirmar que a tendência geral observada foi que a densidade vem aumentando nas sub-bacias situadas no norte e reduzindo nas subunidades ao sul do bioma, assim como nas grandes bacias (**Figura 21 D e E**).

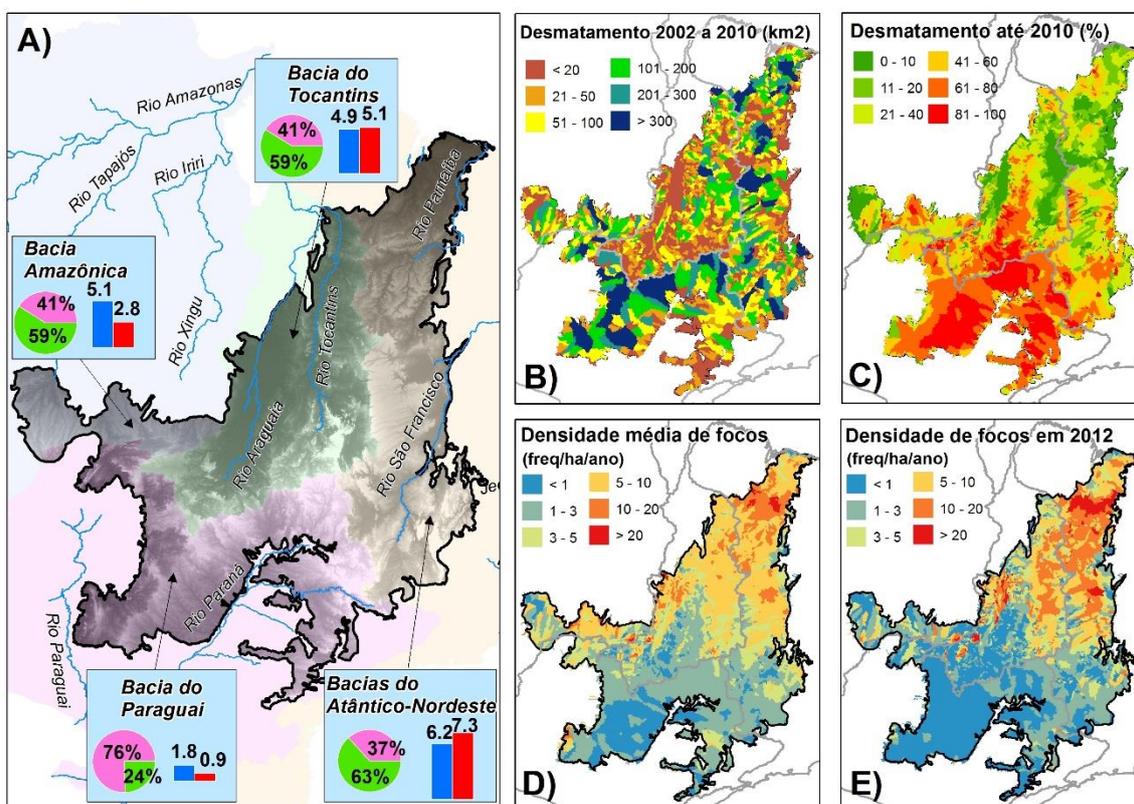


Figura 21. Desmatamento e focos de calor nas bacias hidrográficas do Cerrado: Área total desmatada até 2010 (pizzas) e densidade de focos de calor média no período 2003-2012 (barras azuis) e em 2012 (barras vermelhas); desmatamento entre 2002 e 2010 por sub-bacia (B); área total desmatada em relação a área total das sub-bacias (C); densidade média de focos de calor entre 2003 e 2012 por sub-bacia (D); e densidade de focos de calor em 2012 por sub-bacia (E).

6. Desmatamento e incêndios nas áreas prioritárias para a conservação

Recentemente, novas áreas prioritárias para conservação de biodiversidade foram definidas para o Cerrado. As áreas foram definidas por um estudo que utilizou técnicas de modelagem espacial, levando em consideração diversos dados, tais como: inventários biológicos, infraestrutura, ecossistemas, complementariedade, insubstituibilidade, custo para a conservação, entre outros. Os resultados apontaram as áreas com elevada biodiversidade, alta complementariedade e insubstituibilidade e menor custo para a conservação, sendo portanto, prioritárias para a criação de áreas protegidas.

Esta análise foi baseada em 431 polígonos, sendo 181 deles áreas protegidas já criadas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas) e 250 áreas prioritárias para a criação de áreas protegidas, corredores ecológicos, etc. A **Figura 22** demonstra a área total desmatada até 2010 por área prioritária e a densidade média anual de focos de calor entre 2003 e 2012. Os polígonos com borda representam as áreas protegidas já criadas. Verifica-se que as áreas com desmatamento de pelo menos 3.000 km² estão mais concentradas ao sul do bioma, principalmente no Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Contudo, algumas áreas prioritárias com altos níveis de desmatamento também são encontradas em Mato Grosso, Goiás e Tocantins. As áreas com baixos níveis de desmatamento (inferior a 200 km² até 2010) são, na maioria dos casos, áreas protegidas, principalmente Terras Indígenas.

Com relação a densidade média de focos de calor entre 2003 e 2012, a tendência verificada foi a mesma apontada anteriormente, onde há um gradiente de densidade aumentando do sul para o norte do bioma. Vale ressaltar que dentre as Terras Indígenas figuram entre as áreas que apresentaram alta densidade média (valores acima de 10 focos/ha/ano).

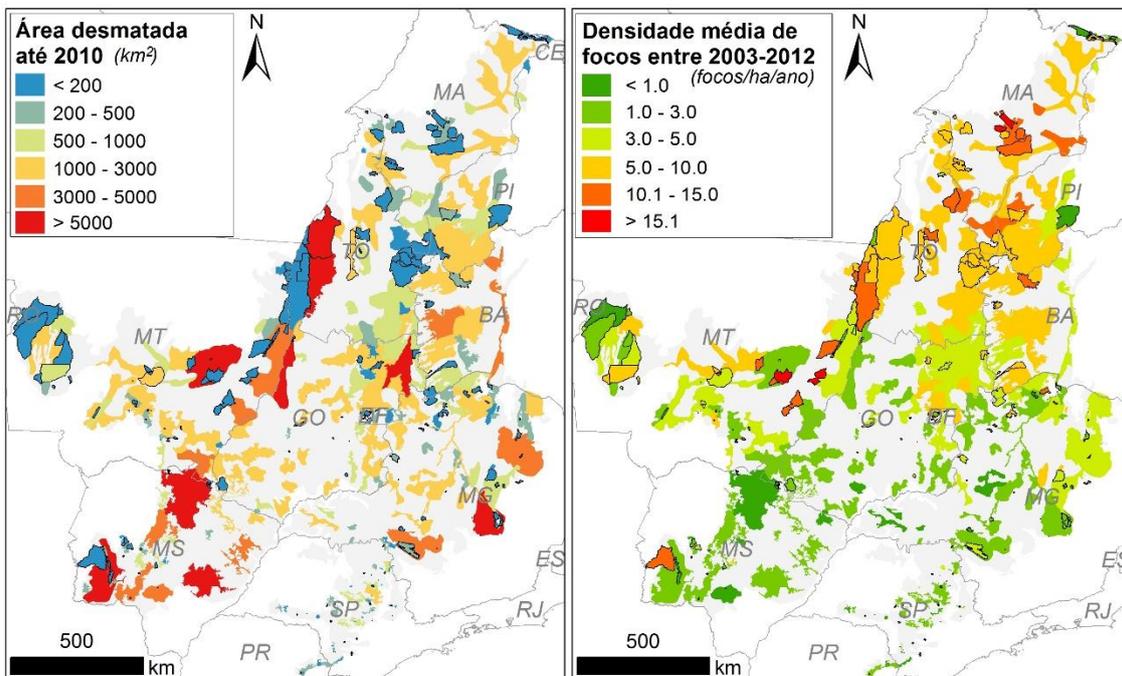


Figura 22. Área desmatada até 2010 e densidade média anual de focos de calor entre 2003 e 2012 nas áreas prioritárias para a conservação do bioma Cerrado. Polígonos com borda correspondem as áreas protegidas já criadas.

As áreas prioritárias foram divididas em três níveis de prioridade: alta, muito alta e extremamente alta. A **Tabela 5** demonstra que 25% das áreas com alta prioridade foi desmatado até 2010. A densidade de focos de calor em 2012 foi 30% superior em relação à média 2003-2012. As áreas com prioridade muito alta detêm quase 38% de sua área desmatada e a densidade de focos de calor em 2012 foi 4% superior à média do período analisado. Mais de 30% das áreas com prioridade extremamente alta foi desmatado até 2010. A densidade de focos de calor em 2012 foi 11% maior quando comparada à média 2003-2012.

Tabela 5. Desmatamento até 2010 absoluto e relativo e densidade anual de focos de calor entre 2003 e 2012 e em 2012 por nível de prioridade para a conservação do Cerrado.

Prioridade	Área (km ²)	Desmatamento até 2010		Densidade anual de focos	
		(km ²)	(%)	2003-2012	2012
Alta	186.639	46.673	25.0	5.3	6.9
Muito Alta	316.448	119.643	37.8	4.7	4.9
Extremamente Alta	430.472	133.870	31.1	4.9	5.5

Outra classificação proposta para as áreas prioritárias é relativa a importância delas. Esta classificação, além de incluir os três graus de prioridade citados na **Tabela 5**, adicionou também a categoria insuficientemente conhecida (**Tabela 6**). As áreas insuficientemente conhecidas apresentaram 35% de sua superfície desmatada até 2010. As áreas com importância alta, muito alta e extremamente alta apresentaram área desmatada até 2010 de 33, 42 e 31% respectivamente. Com relação a densidade de focos de calor, as áreas insuficientemente conhecidas foram a única categoria onde a densidade em 2012 foi reduzida (em 30%) quando comparada à média do período 2003-2012. As demais categorias apresentaram aumento de 28, 4 e 11% para as áreas de alta, muito alta e extremamente alta importância respectivamente.

Tabela 6. Desmatamento até 2010 absoluto e relativo e densidade anual de focos de calor entre 2003 e 2012 e em 2012 por grau de importância para a conservação do Cerrado.

Importância	Área (km ²)	Desmatamento até 2010		Densidade anual de focos	
		(km ²)	(%)	2003-2012	2012
Insuficientemente Conhecida	13.818	4.843	35.1	5.3	3.7
Alta	201.303	66.897	33.2	5.0	6.4
Muito Alta	232.835	97.374	41.8	4.5	4.7
Extremamente Alta	485.603	152.955	31.5	5.1	5.7

7. Desmatamento e incêndios por categoria territorial

O território brasileiro é dividido em diversas categorias territoriais, que detêm objetivos e regras diferenciadas para o uso do solo. As diferenças na legislação que regulam as categorias territoriais do Brasil e a efetividade do monitoramento e fiscalização do território pelo órgão competente também são fatores que vêm sendo apontados como determinantes para a ocorrência de desmatamento, pois possibilitam diferentes níveis de restrição ao uso do

território. A cobertura da terra nas categorias territoriais é resultante tanto dos instrumentos legais, quanto da operacionalização da fiscalização pelo órgão competente.

7.1 Unidades de Conservação

As Unidades de Conservação (UCs) são reguladas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (Lei N° 9985/2000). O SNUC detém 12 categorias de áreas protegidas, onde 5 delas são consideradas de Proteção Integral e 7 de Uso Sustentável. Enquanto nas UCs de Proteção Integral não é permitido o uso direto de seus recursos naturais pelas populações humanas, as UCs de Uso Sustentável buscam compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de seus recursos naturais. O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) é o órgão encarregado de fiscalizar as UCs Federais. As UCs Estaduais e Municipais são geridas e fiscalizadas pelas Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente de suas localidades.

Nesta análise, as UCs das três esferas administrativas foram consideradas, incluindo, portanto, UCs Federais, Estaduais e Municipais. No total, 192 unidades do bioma Cerrado foram analisadas, cobrindo uma área superior a 150.000 km² distribuída por todo o bioma. Até 2010, pouco mais de 33.000 km² de Cerrado foram desmatados em áreas de UCs, o que corresponde a quase 22% do total. A densidade anual média de focos de calor entre 2003 e 2012 foi de 4,9 focos/ha/ano. A **Figura 23** apresenta mapas temáticos da área total desmatada até 2010 e da densidade média de focos de calor entre 2003 e 2012 por UC. Enquanto as UCs com grandes áreas desmatadas (superior a 1.000 km²) estão distribuídas ao longo de todo o bioma, altas densidades de focos de calor (acima de 10 focos/ha/ano) foram observadas pontualmente apenas em pequenas UCs no Mato Grosso e Distrito Federal.

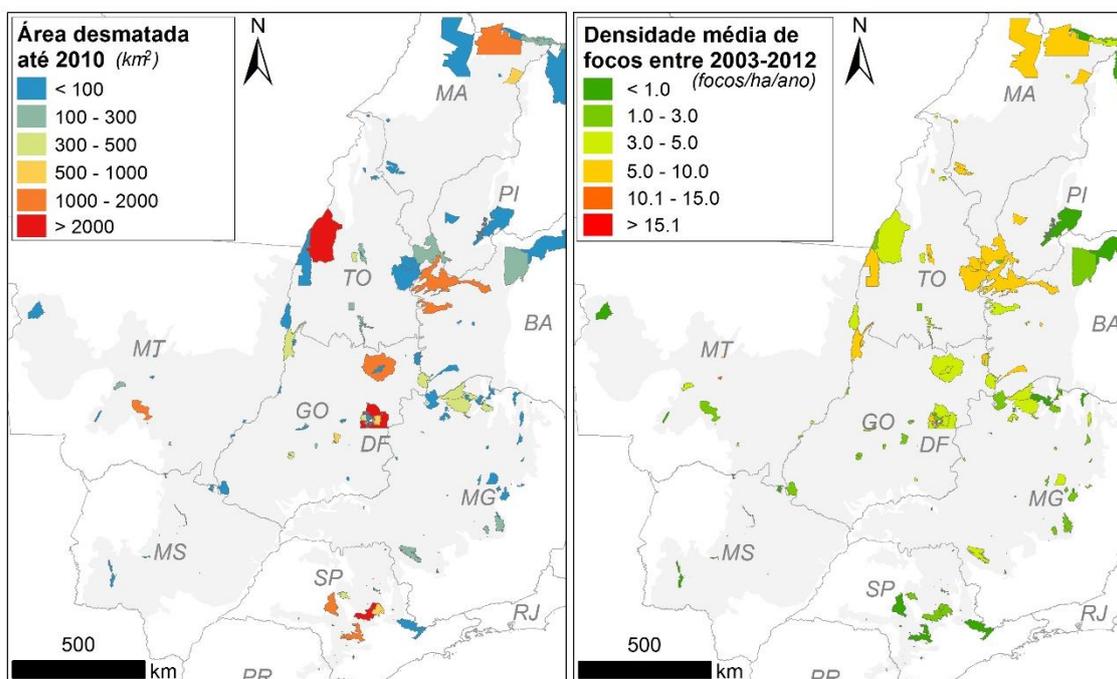


Figura 23. Mapas temáticos da área total desmatada até 2010 e densidade média anual de focos de calor entre 2003 e 2012 por Unidade de Conservação.

Dentre as 192 UCs do Cerrado, 56 são Áreas de Proteção Ambiental (APA). Embora elas correspondam a 29% em número de unidades, devido ao fato de elas serem normalmente extensas, em termos de área elas representam 63% da área total protegida por UCs no bioma. A APA é uma categoria de área protegida de uso sustentável pouco restritiva, onde seu objetivo principal está mais centrado no disciplinamento do processo de ocupação de forma a assegurar a sustentabilidade. A ocupação humana é permitida. Portanto, elas são constituídas tanto por terras públicas, quanto por terras privadas. As APAs permitem sobreposições com outras categorias de UC e normalmente tendem a aumentar consideravelmente a extensão das áreas protegidas sem oferecer os atributos legais necessários para a conservação dos recursos naturais. Alguns críticos consideram que as APAs geram falsas estatísticas sobre as áreas protegidas. Por esta razão, é uma categoria de área protegida polêmica entre a comunidade ambientalista.

Na **Tabela 7** as 30 UCs com maior área desmatada até 2010 no Cerrado são listadas. Destas, 29 são APAs e em 11 delas mais de 70% da extensão total já foi desmatado, ilustrando claramente o motivo da polêmica acima citada. Juntas, as APAs da Ilha do Bananal, do Planalto Central e Corumbataí, Botucatu e Tejupá (perímetro Corumbataí) detinham mais de 11.000 km² de área desmatada em 2010. As maiores densidades de focos de calor foram observadas nas APAs do Rio Preto, dos Morros dos Garapenses e Meandros do Araguaia e Serra do Lajeado.

Tabela 7. Desmatamento até 2010 absoluto e relativo e densidade anual de focos de calor entre 2003 e 2012 e em 2012 nas 30 Unidades de Conservação com maior área desmatada até 2010.

ID	Nome	Área (km ²)	Desmatamento até 2010		Densidade de focos	
			(km ²)	(%)	2003-2012	2012
1	APA Ilha do Bananal/Cantão	15693.2	6441.4	41.0	5.4	3.3
2	APA do Planalto Central	5034.2	2834.6	56.3	5.0	4.9
3	APA Corumbataí, Botucatu e Tejupá Perímetro Corumbataí	2756.2	2398.9	87.0	2.0	0.5
4	APA do Rio Preto	11468.7	1623.0	14.2	8.7	11.7
5	APA Bacia do Rio De Janeiro	3003.1	1548.9	51.6	3.9	5.8
6	APA de Upaon-Açu / Miritiba / Alto Preguiças	9152.9	1436.2	15.7	5.7	4.7
7	APA Pouso Alto	8394.9	1274.2	15.2	4.8	6.0
8	APA Corumbataí Botucatu Tejupa Perímetro Botucatu	1374.3	1228.5	89.4	0.7	0.7
9	APA Rio Batalha	1342.0	1145.4	85.4	1.3	0.7
10	APA da Chapada dos Guimarães	2534.5	1052.1	41.5	2.5	1.6
11	APA Piracicaba Juqueri Mirim Área I	871.7	728.0	83.5	1.8	0.3
12	APA da Bacia do Rio São Bartolomeu	826.8	645.4	78.1	4.2	4.0
13	APA João Leite	713.4	604.7	84.8	2.2	2.0
14	APA dos Morros Garapenses	2094.8	586.6	28.0	9.5	11.4
15	APA Bacia do Rio Pandeiros	3804.8	496.7	13.1	3.9	3.1
16	APA Ibitinga	534.8	473.0	88.5	1.9	1.3
17	APA das Nascentes do Rio Vermelho	1763.2	454.9	25.8	4.5	4.0
18	APA Meandros do Araguaia	3591.9	435.1	12.1	6.0	11.2
19	APA Serra do Sabonetal	795.8	416.3	52.3	2.2	1.1
20	APA Cavernas do Peruaçu	1387.4	381.6	27.5	1.3	0.6
21	APA Cochá e Gibão	2848.4	366.4	12.9	5.0	7.2
22	APA Lago de Palmas	638.6	350.4	54.9	5.2	5.2
23	APA da Bacia do Rio Descoberto	410.6	345.0	84.0	6.9	2.9
24	APA da Serra das Galés e da Portaria	462.9	332.3	71.8	1.7	0.0
25	APA Nascentes do Rio Paraguai	708.6	286.5	40.4	4.7	2.1
26	APA Sserra da Tabatinga	351.9	282.1	80.2	2.4	0.9
27	APA Carste da Lagoa Santa	391.5	277.7	70.9	3.1	1.5
28	APA Foz do Rio Santa Tereza	501.4	257.4	51.3	2.6	5.0
29	APA Serra do Lajeado	1118.8	249.5	22.3	7.1	7.2
30	Parque Nacional da Serra da Canastra	1978.1	243.2	12.3	4.9	8.4

Excluindo as APAs, a única UC listada entre as 30 com áreas desmatadas mais extensas até 2010 foi o Parque Nacional da Serra da Canastra em Minas Gerais. Este PARNA, particularmente, foi criado em 1972 e muitas fazendas com pecuária foram desapropriadas. Como resultado, conflitos perduram até os dias atuais e área original proposta para o Parque foi drasticamente reduzida devido ao custo das desapropriações. Dentre outras UCs que não figuram entre as APAs e não foram listadas entre as 30, mas apresentam pelo menos 80 km² de desmatamento até 2010 estão: PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba, PARES Veredas do Peruaçu, RESEX Mata Grande, PARES da Serra Dourada e PARES Nascentes do Rio Taquari. Tendo em vista a ocorrência de incêndios florestais, as UCs que apresentaram densidade média de focos de calor entre 2003 e 2012 muito alta (acima de 15 focos/ha/ano) foram: ARIE do Córrego Cabeceira do Valo, ARIE Cruls, ARIE da Vila Estrutural, REBIO do Cerradão e ARIE da Granja do Ipê.

7.2 Terras Indígenas

As Terras Indígenas (TIs) são reguladas pela Política Nacional de Gestão Ambiental e Territorial de Terras Indígenas – PNGATI (Decreto N° 7747/2012). As TIs são destinadas ao usufruto das populações indígenas, não sendo permitida a ocupação por não índios. A Fundação Nacional do Índio (FUNAI) é responsável pela fiscalização das TIs.

Existem 95 TIs, cobrindo uma extensão de pouco mais de 90.000 km² do bioma (menos de 5% da área total). Considerando todas elas, o desmatamento até 2010 não chega a 3.500 km², sendo portanto, inferior a 4% da superfície do bioma destinada aos povos indígenas. A densidade anual média de focos de calor entre 2003 e 2012 foi de 8,1 focos/ha/ano. A **Figura 24** apresenta mapas temáticos da área total desmatada até 2010 e da densidade média de focos de calor entre 2003 e 2012 por TI.

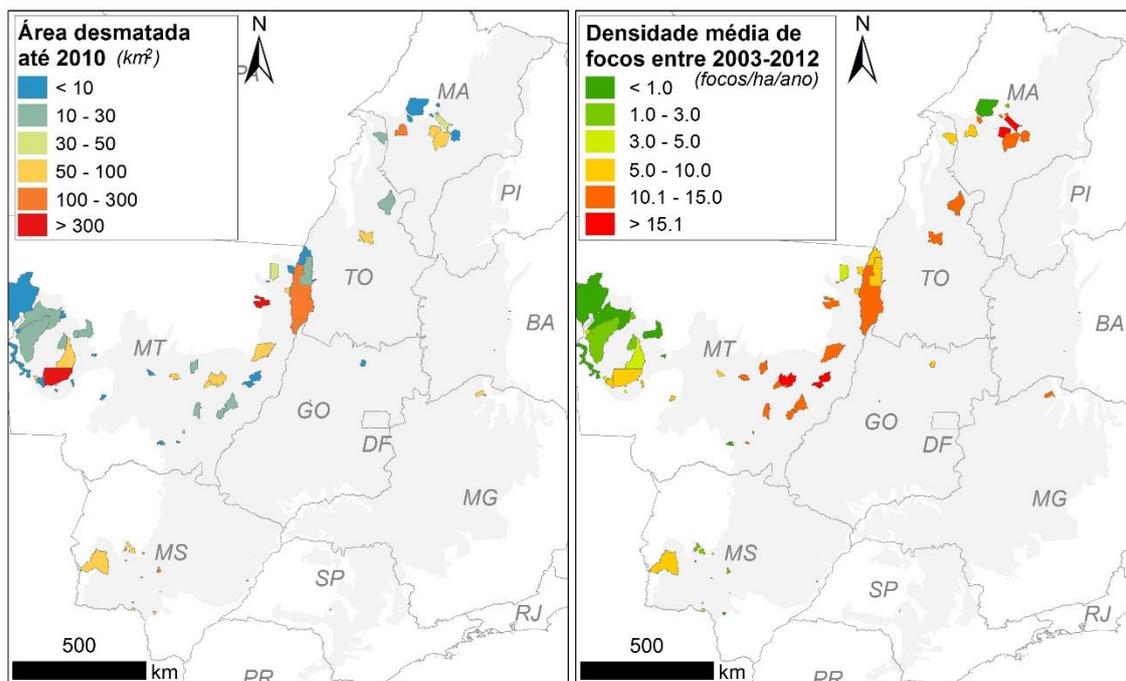


Figura 24. Mapas temáticos da área total desmatada até 2010 e densidade média anual de focos de calor entre 2003 e 2012 por Terra Indígena.

Com exceção das TIs do Mato Grosso do Sul, a maior parte das TIs concentra-se no norte do bioma, principalmente em Mato Grosso, Tocantins e Maranhão. As TIs com maior extensão de desmatamento até 2010 situam-se em Mato Grosso. Tendo em vista os incêndios florestais, as densidades de focos de calor mais elevadas ocorreram ao longo de todo o norte do bioma, exceto no oeste do Mato Grosso. Particularmente neste estado, as TIs apresentam diferente dinâmica de incêndios florestais quando comparada a região oeste com as regiões leste e sudeste, que detiveram densidades de focos de calor bem mais elevadas.

A **Tabela 8** demonstra as 30 TIs com maiores áreas desmatadas até 2010. As TIs Paresi e Maraiwatsede detêm as mais extensas áreas desmatadas até 2010. Ambas apresentaram desmatamento acumulado superior a 300 km². Enquanto a primeira situa-se no oeste do estado do MT, a segunda está localizada a extremo leste do estado.

Tabela 8. Desmatamento até 2010 absoluto e relativo e densidade anual de focos de calor entre 2003 e 2012 e em 2012 nas 30 Terras Indígenas com maior área desmatada até 2010.

ID	Nome	Área (km ²)	Desmatamento até 2010		Densidade de focos	
			(km ²)	(%)	2003-2012	2012
1	Paresi	5625.6	730.6	13.0	6.1	7.4
2	Maraiwatsede	625.8	308.0	49.2	10.0	3.8
3	Krikati	1450.7	185.4	12.8	7.8	17.0
4	Buriti	171.8	114.9	66.9	2.0	0.0
5	Parque do Araguaia	13594.2	110.8	0.8	10.1	16.6
6	Utiariti	4098.0	98.0	2.4	3.2	3.4
7	Porquinhos	3012.6	88.4	2.9	10.2	17.0
8	Cachoeirinha	129.0	84.7	65.7	1.3	3.9
9	Taunay-Ipegue	138.7	78.6	56.7	2.0	4.1
10	Pimentel Barbosa	3276.5	75.8	2.3	10.3	10.9
11	Kadiwéu	3796.2	75.5	2.0	8.9	3.1
12	Jatayvari	88.3	73.1	82.8	0.7	0.0
13	Bacurizinho	1341.2	72.5	5.4	21.0	63.6
14	Palmas	1713.6	71.5	4.2	11.9	18.0
15	Uirapuru	216.6	71.5	33.0	3.6	4.6
16	Bakairi	626.6	69.1	11.0	10.4	10.2
17	Parabubure	2249.9	65.3	2.9	20.7	24.3
18	Ubawawe	519.1	61.4	11.8	13.7	19.1
19	Cacique Fontoura	323.3	60.4	18.7	9.1	11.8
20	Xacriabá	462.2	55.1	11.9	12.1	9.3
21	Ñande Ru Marangatu	92.5	50.0	54.0	4.4	1.1
22	Chao Preto	126.8	46.3	36.5	14.7	9.5
23	Cana Brava/Guajajara	1355.9	43.3	3.2	20.0	54.3
24	Urubu Branco	732.7	40.9	5.6	3.7	8.3
25	Jarudore	47.7	37.7	79.1	0.4	0.0
26	Funil	158.4	37.0	23.4	10.7	14.5
27	Sao Domingos - MT	58.5	32.3	55.2	5.5	8.6
28	Irantxe	158.6	28.0	17.7	0.1	0.0
29	Sao Marcos - MT	158.6	27.2	17.7	11.4	16.1
30	Limao Verde	1742.1	27.0	1.6	5.0	0.0

Embora em ambas a causa para o desmatamento seja oriunda da influência de atividades agropecuárias, enquanto a TI Paresi vem sendo frequentemente invadida por não

índios com o consentimento dos indígenas, Maraiwatsede foi invadida sem o consentimento dos indígenas há mais de 40 anos, permanecendo sob judice até poucos anos atrás. Atualmente, sua cobertura de vegetação nativa foi reduzida a menos de 40% da área original. Outras TIs que apresentam área desmatada acima de 100 km² são Krikati, Buriti e Parque do Araguaia. Apesar da área total desmatada em TIs ser relativamente baixa, algumas delas já detêm mais de 50% de suas extensões de Cerrado desmatadas, tais como: Buriti, Cachoeirinha, Taunay-Ipegue, Jatayvari, Ñande Ru Marangatu, Jarudore e São Domingos-MT. Algumas delas, no entanto, estão situadas na transição com outros biomas, apresentando apenas uma pequena fração inserida no bioma Cerrado.

Com relação a dinâmica de incêndios, a situação das TIs é um pouco mais preocupante, tendo em vista que muitas delas vêm apresentando densidade de focos de calor muito elevada. Dentre aquelas listadas na **Tabela 8**, em Bacurizinho, Parabubure e Cana Brava Guajajara a densidade de focos de calor foi superior a 20 focos/ha/ano tanto na média 2003-2012, quanto somente em 2012. Além disso, verifica-se que nas referidas terras a densidade em 2012 aumentou em relação à média 2003-2012, sendo que em Bacurizinho e Cana Brava Guajajara a densidade em 2012 foi maior que o dobro da densidade média, o que sugere que os incêndios florestais estão sendo intensificados na região. Outras TIs que não foram listadas na **Tabela 8** e vêm apresentando densidades de focos de calor muito alta são: Morro Branco, Rodeador, Lalima, Areões e Chão Preto. Com exceção de Lalima e Chão Preto, estas TIs também detiveram um expressivo aumento da densidade de focos em 2012 quando comparada à média 2003-2012. Apesar do fogo ser considerado uma ferramenta cultural de manejo agrícola, especialmente pelas culturas indígenas, o aumento progressivo da densidade de focos pode estar ocorrendo devido à redução da resiliência da vegetação nativa. Os incêndios sucessivos tornam os ecossistemas mais suscetíveis ao fogo, pois reduzem a resistência e a elasticidade ecológica.

7.3 Assentamentos da Reforma Agrária

Os Assentamentos de Reforma Agrária são regulados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA enquanto a terra não é destinada. Uma vez destinadas, a propriedade rural responde ao Código Florestal brasileiro (Lei Nº 4775/1965), que regula as áreas privadas estabelecendo o percentual máximo de conversão da vegetação nativa em áreas de uso alternativo do solo e restringindo a remoção da vegetação nativa nas margens de rios, áreas declivosas e topos de morros. A fiscalização das propriedades rurais é encargo das Secretarias Estaduais de Meio Ambiente (SEMAs) e do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

A análise demonstrou a existência de 1351 assentamentos de reforma agrária no bioma Cerrado. A área total destinada a reforma agrária até o momento é de quase 60.000 km², o que equivale a 3% do bioma. Pouco mais de 23.000 km² de Cerrado foram desmatados no interior dos assentamentos até 2010. Esta número corresponde a quase 40% da área total destinada aos assentamentos. A densidade anual média de focos de calor entre 2003 e 2012 foi de 6,8 focos/ha/ano. Na **Figura 25** mapas temáticos indicam a área total desmatada até 2010 e a densidade média de focos de calor entre 2003 e 2012 por assentamento. Como os polígonos são pequenos para serem propriamente visualizados nesta escala, círculos proporcionais foram

utilizados para melhor visualização da distribuição do desmatamento e densidade de focos no assentamentos.

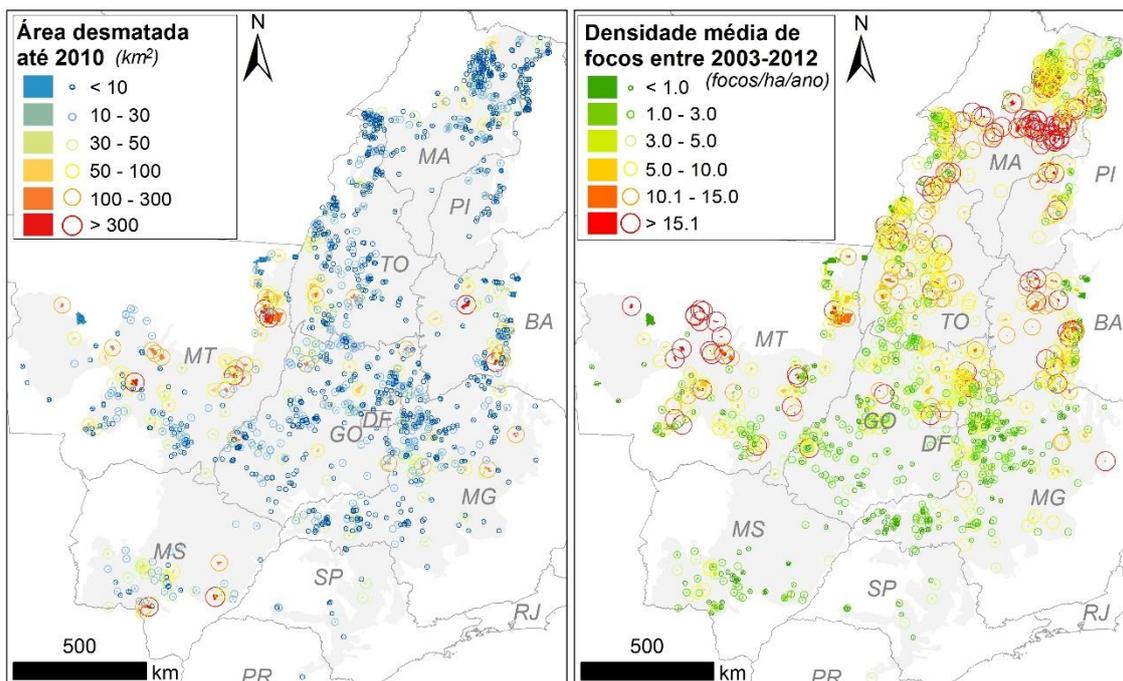


Figura 25. Mapas temáticos da área total desmatada até 2010 e densidade média anual de focos de calor entre 2003 e 2012 por Assentamento de Reforma Agrária.

Os assentamentos com maior extensão de desmatamento (área superior a 300 km² até 2010) estão situados no nordeste, leste e centro do Mato Grosso, oeste da Bahia, centro-oeste do Tocantins e sul do Mato Grosso do Sul. Outros com grandes áreas desmatadas (acima de 100 km²) também podem ser encontrados em Minas Gerais, Maranhão e Goiás, além dos estados mencionados. Com relação a ocorrência de incêndios florestais, os assentamentos com alta densidade anual média de focos de calor entre 2003 e 2012 estão situados principalmente no Maranhão, norte do Tocantins, oeste baiano, no Mato Grosso, principalmente na região central e em outras regiões de forma mais pontual. As densidades de focos são geralmente mais baixas nos assentamentos goianos e principalmente nos mineiros. O gradiente de densidade de focos previamente apontado para o Cerrado também pode ser verificado nos assentamentos. Contudo, há muito mais ruído, provavelmente devido a influência das variações culturais dos colonos a respeito da utilização do fogo.

A **Tabela 9** demonstra os 30 assentamentos de reforma agrária com maiores áreas desmatadas até 2010. O PA Macife em MT é o mais extenso do Cerrado e também o mais desmatado com quase 600 km² até 2010. Em seguida, alguns assentamentos situados na BA, MT e MS detêm mais de 200 km² de desmatamento (PAs Angelical I, Feirinha, Itamarati, Coqueiral, Teijin, Bordolândia e Safra). Dentre os 30 assentamentos listados, apenas sete apresentam menos de 50% da área total desmatada e 15 já desmataram mais de 70% de seus territórios. Os números indicam que as Áreas de Reserva Legal (RL) e Áreas de Preservação Permanente (APP) podem não estar sendo respeitadas em alguns assentamentos. Com relação a ocorrência de incêndios florestais, os assentamentos que apresentaram densidade de focos de calor muito

alta (valores acima de 15 focos/ha/ano seja na média 2003-2012 ou em 2012) foram PD Bordolândia-MT, PA Extrativista São Francisco-BA e PA Santa da Água Limpa-MT.

Tabela 9. Desmatamento até 2010 absoluto e relativo e densidade anual de focos de calor entre 2003 e 2012 e em 2012 nas 30 Assentamentos de Reforma Agrária com maior área desmatada até 2010.

ID	Nome	UF	Área (km ²)	Desmatamento até 2010		Densidade de focos	
				(km ²)	(%)	2003-2012	2012
1	PA Macife	MT	1248.3	597.7	47.9	12.6	4.6
2	PA Angical I	BA	529.7	286.1	54.0	10.7	10.4
3	PA Feirinha/Marrequeiro	BA	255.7	237.8	93.0	6.8	2.0
4	PA Itamarati - Amffi	MS	257.6	217.3	84.3	1.9	0.0
5	PA Coqueiral	MT	556.0	214.9	38.7	6.4	0.2
6	PA Teijin	MS	275.7	209.1	75.8	2.8	6.2
7	PD Bordolândia	MT	563.8	203.3	36.1	16.0	33.3
8	PA Safra	MT	293.9	202.9	69.0	2.1	0.7
9	PA Itamarati II Fetagri	MS	245.6	196.9	80.2	3.6	0.0
10	PA Piratininga	MT	295.7	192.9	65.3	11.5	1.7
11	PA Jaraguá	MT	202.0	184.9	91.5	2.2	1.0
12	PA Penha	TO	310.6	184.2	59.3	3.7	2.3
13	PA Oziel Alves Pereira	GO	387.2	175.5	45.3	3.4	0.8
14	PA Fruta D'anta	MG	186.6	171.6	92.0	1.2	0.5
15	PA Betinho	MG	250.2	167.1	66.8	5.1	0.8
16	PA Americana	MG	188.3	164.9	87.6	9.9	10.6
17	PA Araguaia I	TO	241.9	162.9	67.4	7.5	1.7
18	PA Mutum	MS	158.2	158.2	100.0	0.2	0.6
19	PA Santo idelfonso	MT	187.0	150.8	80.6	9.4	2.1
20	PA Santa Marta	GO	195.6	143.0	73.1	5.3	1.5
21	PA Jatobazinho	MT	151.4	134.0	88.5	0.3	0.0
22	PA Santo Antônio da Mata Azul	MT	1071.4	129.7	12.1	11.9	11.2
23	PA Vale Verde	BA	268.2	126.4	47.1	13.9	9.7
24	PA Extrativista São Francisco	BA	202.3	124.8	61.7	7.8	30.7
25	PA Marcos correa lins	GO	175.0	123.5	70.6	10.1	7.4
26	PA Mãe Maria	MT	251.2	122.2	48.6	4.5	0.0
27	PA Jambeiro	MG	117.2	116.5	99.4	2.3	0.9
28	PA Santana da Água limpa	MT	199.4	111.8	56.1	32.5	3.0
29	PA Santa Maria	MT	136.1	111.8	82.2	1.9	2.2
30	PA Macife II	MT	130.4	111.2	85.3	7.3	0.8

Outros assentamento maranhenses não listados pela Tabela 9 que apresentaram densidades de focos ainda mais elevadas foram os PAs Serra Negra I e II, Chapadinha, Jaguarana, PAVIO, Pau de estopa e Centro Novo. Os assentamento mato-grossenses de Cedro Rosa, Mogiana II e Juruena I também detiveram alta densidade de focos de calor.

8. Desmatamento e incêndios nos municípios prioritários

A Portaria Nº 97, de 22 de março de 2012 listou 53 municípios situados no Bioma Cerrado para medidas e ações prioritárias de monitoramento e controle do desmatamento ilegal, ordenamento territorial e incentivo a atividades econômicas ambientalmente sustentáveis, manutenção de áreas nativas e recuperação de áreas degradadas. Os municípios que foram selecionados tinham: (I) desmatamento observado entre os anos de 2009 e 2010

superior a 25 km²; e (II) áreas de vegetação nativa remanescente superior a 20% (vinte por cento) da área do município ou presença de áreas protegidas (Terras Indígenas, Territórios Quilombolas e Unidades de Conservação).

A **Figura 26** demonstra o incremento do desmatamento em 2009 (A) e 2010 (B) em relação a área total desmatada e área de Cerrado remanescente (representada pelo tamanho dos círculos) nos municípios prioritários. Os municípios que tiveram incremento de desmatamento em 2009 superior 150 km² foram Formosa do Rio Preto-BA e Baixa Grande do Ribeiro-PI. O primeiro detém uma área de Cerrado remanescente superior a 10.000km², enquanto no segundo o Cerrado ainda está presente em pouco mais de 5.000 km². Outros quatro municípios baianos, dois mato-grossenses, quatro maranhenses e um piauiense apresentaram incrementos entre 100 e 150 km². Estes municípios detêm área total desmatada e área de remanescente de Cerrado bastante variada. Dentre eles, de maneira geral, os municípios situados no MT apresentam grandes áreas remanescentes (superior a 10.000 km²), seguido dos municípios baianos, maranhenses e piauienses. Em 2010 os municípios Baixa Grande do Ribeiro-PI e Urucui-PI apresentaram desmatamento muito alto (acima de 200 km²), seguido de Formosa do Rio Preto-BA e São Desiderio-BA que tiveram desmatamentos entre 100 e 150 km². Todos os outros municípios prioritários apresentaram desmatamento inferior a 100 km² em 2010. Os municípios maranhenses, tirando algumas exceções (como Balsas e Alto Parnaíba, que apresentam mais de 10000 km² de Cerrado), têm áreas de vegetação remanescente inferiores a 3.000 km², apesar da área total antropizada ser menor que 2.000 km². Isto reflete também a menor superfície territorial destes municípios. Os municípios goianos apesar de apresentarem desmatamento inferior a 50 km² em ambos os anos, apresentaram grandes áreas totais desmatadas e baixo estoque de Cerrado remanescente. Diferentemente, no Tocantins, existem ainda grandes remanescentes de vegetação nativa e área total desmatada não chega a 3.000 km² em nenhum município. Com exceção de Mateiros que beirou os 100 km² de incremento de desmatamento em 2010, os municípios de Tocantins mantiveram incrementos inferiores a 50 km² em 2009 e 2010. Os municípios que detêm o maior passivo ambiental, onde mais de 60% da superfície foi desmatada são: Cristalina-GO, Luís Eduardo Magalhães-BA e João Pinheiro-MG. Por outro lado, existem aqueles que apesar de prioritários, ainda mantêm mais de 90% de sua cobertura de Cerrado original, tais como: São Benedito do Rio Preto-MA, Paraná-TO, Alto Parnaíba-MA, Vargem Grande-MA e Mateiros-TO.

Considerando a ocorrência de focos de calor nos municípios prioritários (**Figura 26 C e D**), verifica-se que os municípios com maior área de vegetação nativa remanescente vêm apresentando maior quantidade de focos. Especificamente em 2010, onde há o mais recente mapa de vegetação remanescente, apenas quatro municípios apresentaram mais focos em áreas antropizadas do que em áreas com vegetação nativa (João Pinheiro-MG, Buritizeiro-MG, Buriti-MA e Luís Eduardo Magalhães-BA). Todos os outros municípios prioritários apresentaram mais focos em vegetação nativa. Particularmente naqueles com grandes áreas remanescentes (> 10.000 km²), mais de 80% dos focos observados incidiram áreas com vegetação nativa. Lagoa da Confusão-TO, por exemplo, deteve mais de 2000 focos em 2010, sendo 88% deles em vegetação nativa. Já em Alto Parnaíba e Grajau, ambos Maranhenses, mais de 1700 focos foram contabilizados em 2010, 97% e 77% em área de Cerrado remanescente respectivamente. Os municípios maranhenses (Balsas, Barra do Corda, Alto Parnaíba e Grajau) apresentaram maior número de focos de calor no período 2003-2012. Estes municípios junto com Formosa do Rio

Preto, na Bahia, detiveram alta frequência de focos de calor (média do período 2003-2012 superior a 1000 focos). Dentre os municípios que apresentaram média do período 2003-2012 entre 500 e 1000 focos, destacam-se Paranatinga e Cocalinho em Mato Grosso, Baixa Grande do Ribeiro e Urucui no Piauí, Lagoa da Confusão e Paraná em Tocantins, Cocos e São Desiderio na Bahia e Porto Murtinho em Mato Grosso do Sul. Outro ponto que convém ressaltar a respeito da dinâmica recente de focos de calor no Cerrado é que em 70% dos municípios prioritários a frequência de focos aumentou em 2012 em relação à média entre 2003-2012. Este aumento foi verificado em todos os municípios baianos e Piauienses, assim como naqueles com maiores áreas de vegetação nativa remanescente situados no Maranhão e Tocantins. Por outro lado, nos municípios prioritários mato-grossenses e goianos, a frequência de focos de calor em 2012 reduziu em relação à média entre 2003 e 2012.

Esta análise demonstra que apesar de estarem inseridos no mesmo grupo de prioridades para o Cerrado, os municípios prioritários apresentam diferenças consideráveis em relação a dinâmica recente de desmatamento e incêndios. Neste sentido, é importante que as ações de prevenção e controle ao desmatamento e incêndios no Cerrado sejam planejadas de acordo com as peculiaridades dos municípios. Estratégias generalizadas não terão a mesma eficiência para situações tão diversas.

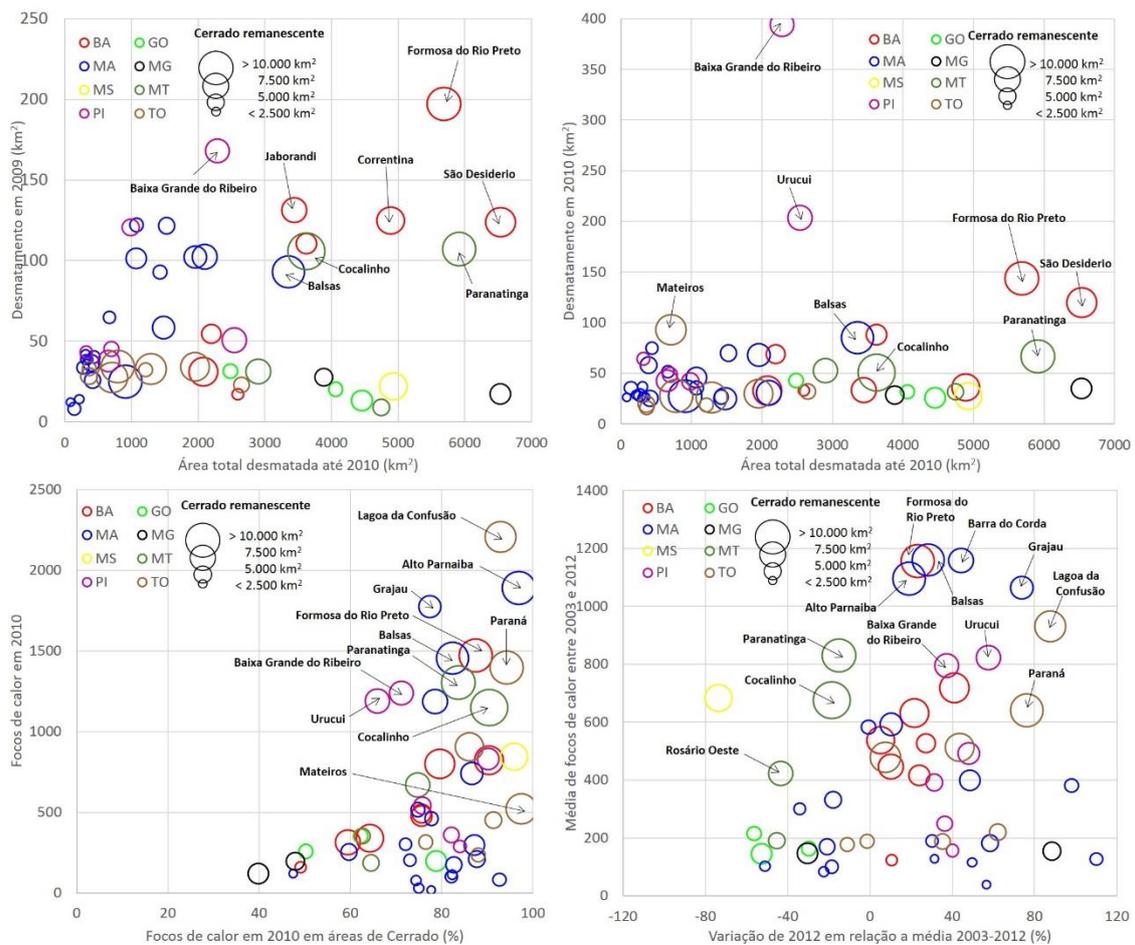


Figura 26. Desmatamento e focos de calor nos municípios prioritários do Cerrado em relação a área de vegetação nativa remanescente: relação entre o incremento do desmatamento em 2009 e a área total desmatada até 2010 (A); relação entre o incremento do desmatamento em 2010

e a área total desmatada até 2010 (B); relação entre a frequência de focos de calor em 2010 e a proporção deste focos incidente em vegetação nativa (C); e relação entre a média de focos de calor entre 2003 e 2012 e a variação da frequência de focos em 2012 em relação à média do período 2003-2012 (D).

9. Referências Bibliográficas

- Batlle-Bayer, L. Batjes, N.H., Bindraban, P.S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n.137, p. 47-58, 2010.
- Bernoux, M., Cerri, C.C., Cerri, C.E.P., Neto, M.S., Metay, A., Perrin, A.-S., Scopel, E., Razafimbelo, T., Blavet, D., Piccolo, M.D.C., Pavei, M., Milne, E. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. *Agronomy for Sustainable Development*, n.26, p. 1–8, 2006.
- Brasil. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado. (2011) Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 200p. <http://www.mma.gov.br/estruturas/201/_arquivos/ppcerrado_201.pdf> (Acessado em 13 de junho de 2013).
- Bridgewater, S., Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodiversity and Conservation*, V. 13, p. 2295-2318, 2004.
- Butler, A., Meir, P., Saiz, G., Maracahipes, L., Marimon, B.S., Grace, J. Annual variation in soil respiration and its component parts in two structurally contrasting woody savannas in Central Brazil. *Plant Soil*, n. 352, p.129–142, 2012.
- Dantas, V. d. L., Batalha, M.A., Pausas, J. G. Fire drives functional thresholds on the savanna–forest transition. *Ecology*, v. 94, p.2454–2463, 2013.
- Dantas, V. d. L., Pausas, J. G. The lanky and the corky: fire-escape strategies in savanna woody species. *Journal of Ecology*, v. 101, p.1265–1272, 2013.
- De Castro, E.A., Kauffman, J.B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology*, n.14, p.263–283, 1998.
- Decreto No 7390 de 9 de dezembro de 2010 - Regulamenta os arts. 6o, 11 e 12 da Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências.
- Decreto s/nº de 15 de setembro de 2010 - Institui o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Bioma Cerrado - PPCerrado, altera o Decreto de 3 de julho de 2003, que institui Grupo Permanente de Trabalho Interministerial para os fins que especifica.
- FAO & JRC. 2012. Global forest land-use change 1990–2005, by E.J.Lindquist, R. D’Annunzio, A. Gerrand, K. MacDicken, F. Achard, R. Beuchle, A. Brink, H.D. Eva, P. Mayaux, J. San-Miguel-Ayanz & H-J. Stibig. FAO Forestry Paper No. 169. Food and Agriculture Organization of the United Nations and European Commission Joint Research Centre. Rome, FAO.
- Freire Jr, G.B., Motta, P. C. Effects of experimental fire regimes on the abundance and diversity of cursorial arachnids of Brazilian savannah (cerrado biome). *Journal of Arachnology*, v. 39, p. 263-272, 2011.

- Furley, P.A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. *Global Ecology and Biogeography*, n. 8, p. 223–241, 1999.
- Hardesty, J., Myers, R., Fulks, W. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *The George Wright Forum*. v. 22, p. 78-87, 2005.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones, Jarvis, J. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, v. 25, p. 1965-1978, 2005.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2004. Mapa de biomas do Brasil. Escala 1:5.000.000. <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>> (Acessado em 15 de dezembro de 2012).
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. Disponível em <http://queimadas.cptec.inpe.br>. Acesso em: 22/06/2011.
- IPCC AR4 WG1 (2007). Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; and Miller, H.L., ed. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-88009-1. (pb: 978-0-521-70596-7).
- 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.
- Nardoto, G. B., Bustamante, M. M. D. C. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, p. 955-962, 2003.
- Oliveira-Filho, A. T., and J. A. Ratter. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. In: Oliveira, P.S., Marquis, R.J. (eds) *The cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna*, p.91–120. New York: Columbia University Press. 2002.
- Oliveras, I., Meirelles, S. T., Hirakuri, V. L., Freitas, C. R., Miranda, H. S., Pivello, V. R. Effects of fire regimes on herbaceous biomass and nutrient dynamics in the Brazilian savanna. *International Journal of Wildland Fire*, v. 22, p.368–380, 2013.
- Philippi, A. M., Brannstrom, C., Dobрева, I., Cairns, D. M., Kim, D. Unsupervised fuzzy ARTMAOP classification of hyperspectral Hyperion data for savanna and agriculture discrimination in the Brazilian cerrado. *GIScience & Remote Sensing*, n.46, p.1–23, 2009.
- Pivello, V. R., Oliveras, I., Miranda, H. S., Haridasan, M., Sato, M. N., Meirelles, S. T. Effect of fires on soil nutrient availability in an open savanna in Central Brazil. *Plant and soil*, v. 337, p. 111-123, 2010.
- Pivello, V.R. The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. *Fire Ecology* v.7, p.24-39, 2011.
- Portaria MMA No 97 de 22 de março de 2012 - Dispõe sobre a lista de municípios situados no Bioma Cerrado para medidas e ações prioritárias de monitoramento e controle do desmatamento ilegal, ordenamento territorial e incentivo a atividades econômicas ambientalmente sustentáveis, manutenção de áreas nativas e recuperação de áreas degradadas.

- Quesada, C. A., Miranda, A. C., Hodnett, M. G., Santos, A. J. B., Miranda, H. S., Breyer, L. M. Seasonal and depth variation of soil moisture in a burned open savanna (campo sujo) in central Brazil. *Ecological Applications*, v. 14, p.33-41, 2004.
- Rada, N. Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle. *Food Policy*, n. 38, p.146– 155, 2013.
- 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, n. 1, p. 153-156, 2008.
- Sano, E. E., Rosa, R., Brito, J. L., Ferreira, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 166, p. 113-124, 2009.
- Silvério, D.V., Brando, P.M., Balch, J.K., Putz, F.E., Nepstad, D.C., Oliveira-Santos, C., Bustamante, M.M.C. Testing the Amazon savannization hypothesis: fire effects on invasion of a neotropical forest by native cerrado and exotic pasture grasses. *Phil Trans R Soc B*, v. 368: 20120427. 2013.
- Simon, M.F., Grether, R., Queiroz, L.P., Skema, C., Pennington, R.T., Hughes, C.E. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, n. 106, p. 20359-20364, 2009.
- van der Werf, G. R., Randerson, J. T., Giglio, L., Collatz, G. J., Mu, M., Kasibhatla, P. S., Morton, D.C., DeFries, R.S., Jin, Y., Leeuwen, T.T. Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997–2009). *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 10, p.11707-11735, 2010.
- Van Langevelde, F., Claudius, A.D.M., Van Vijver, D., Kumar, L., Koppel, J.V.D., Ridder, N.D., Van Andel, J., Skidmore, A.K., Hearne, J.H., Stroosnijder, L., Bond, W.J., Prins, H.H.T., Rietkerk, M. Effects of fire and herbivory on the stability of savanna ecosystems. *Ecology*, v. 84, p.337-350, 2003.