



## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

### FIRE DYNAMICS IN THE ARAGUAIA STATE PARK, AMAZONIA-CERRADO ZONE TRANSITION

Laís Fernandes de Souza Neves<sup>1</sup>, Beatriz Schwantes Marimon<sup>2</sup>, Liana Oighenstein Anderson<sup>3</sup> Sandra  
Mara Alves da Silva Neves<sup>4</sup>

#### RESUMO

A recorrência de incêndios é presente no Cerrado como parte de sua evolução. No entanto, houve um aumento na frequência de incêndios nas últimas décadas devido ao seu uso para desmatamentos, na agricultura e para manutenção de pastagens. Alterações nos estoques de carbono acima do solo na vegetação e alteração na composição de espécies devido as queimadas foram observadas em muitos locais, incluindo o Parque Estadual do Araguaia (PEA), localizado no Cerrado da região sul da Amazônia. No entanto, os padrões dos incêndios nesta área ainda não foram quantificados. Portanto, o objetivo deste estudo é caracterizar a dinâmica espaço-temporal dos incêndios ocorridos entre 2000 e 2013 neste Parque. Os dados de área queimada do produto Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Burned Area - MOD45 e os de precipitação, do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) foram utilizados. Identificou-se os picos de ocorrência de incêndios florestais, as áreas mais afetadas e os anos mais críticos, relacionando a área queimada com a precipitação pluviométrica mensal. Durante os 14 anos de estudo 633.625 hectares foram atingidos pelo fogo, área que corresponde a quase três vezes o tamanho do PEA. As maiores áreas atingidas por incêndios florestais foram registradas em 2007, 2010 e 2012. Observou-se um crescimento exponencial de incêndios quando a precipitação mensal foi inferior a 150 mm, com picos de incêndios nos meses de agosto e setembro. O PEA é uma unidade de proteção integral onde deveriam ser adotadas estratégias de gestão do fogo, principalmente nas florestas sazonalmente inundáveis.

**Palavras-chave:** MODIS, sensoriamento remoto, Unidade de Conservação, precipitação, incêndios florestais.

#### ABSTRACT

Recurrent fires have been present in the Cerrado as part of its evolutionary force. However, human-made fires in this biome have increased as a consequence of deforestation, agricultural and pastures intensification in the last decades. Changes in both carbon stock in the above-ground vegetation and species composition due to fires have been observed in many sites, including the Araguaia State Park (PEA), located in the Cerrado region in Southern Amazon, but fire patterns in this area have not been quantified. Therefore, the objective of this study is to characterize the spatiotemporal dynamics of fires between 2000 and 2013 in this park. The burned areas data from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) MOD45 product, and the precipitation data from the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite were used. We identified the peak in fire occurrence, the most affected areas, and the most critical years, relating the burned area with monthly rainfall. During 14 years of this study, 633,625 ha were burned, covering an area almost three times larger than the PEA. The larger burned areas were observed in 2007, 2010 and 2012. We also observed an exponential growth of the burned areas when the monthly rainfall was less than 150 mm, and fire peaks in August and September. The PEA is a full protected conservation area where fire management strategies should be adopted, especially in the seasonal flooding forests.

**Key-words:** MODIS, remote sensing, Conservation Unit, rainfall, forest fire.

Recebido em: 01/08/2016

Aceito em: 14/08/2017

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres /MT, e-mail: lais\_geografia@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina /MT, e-mail: biamarimon@unemat.br

<sup>3</sup> Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, São José dos Campos/SP, e-mail: liana.anderson@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres /MT, e-mail: ssneves\_geo@hotmail.com

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

### 1. INTRODUÇÃO

Incêndios florestais estão entre os maiores fatores de alteração de áreas naturais. O fogo é, portanto, uma das principais formas de destruição da vegetação e ameaça à biodiversidade (MEDEIROS e FIEDLER, 2004, p.158; ALENCAR *et al.*, 2011, p.2398). Dentre seus danos podem ser destacados a influência na fertilidade do solo, destruição da biodiversidade, fragilização de ecossistemas, produção de gases nocivos à saúde humana, diminuição de visibilidade atmosférica, entre outros (BRANDO *et al.*, 2012, p.637; MORTON *et al.*, 2013, p.2; VIANA *et al.*, 2014, p.104177). Matricardi *et al.*, (2013, p.1059) demonstraram que na Amazônia florestas atingidas pelo fogo costumam demorar mais tempo para se recuperar do que aquelas que sofreram cortes.

Silvestrini *et al.* (2011, p.1574) observaram que uma combinação de cenários de mudanças climáticas, proposta pelo IPCC, poderá duplicar a ocorrência de incêndios fora de áreas protegidas em anos de eventos de seca extrema, especialmente ao longo de estradas e áreas agricultáveis na borda sul-Amazônica, podendo atingir emissões de até  $21 \pm 4$  Pg de C até 2050. Eventos de seca recentes também mostraram grande vulnerabilidade das florestas da Amazônia ao fogo e apontaram que os impactos de longo prazo que estes incêndios causam à biodiversidade e aos estoques de carbono dependem da frequência dos eventos de fogo e do desmatamento (MORTON *et al.*, 2013, p.2). Os referidos autores observaram ainda que as florestas que queimaram mais de uma vez estavam concentradas nos estados de Mato Grosso e Pará e a ocorrência de queimadas de um único evento estiveram amplamente distribuídas na região do 'arco do desmatamento'.

O fogo provoca alterações nos ecossistemas, transformando-os em fontes terrestres de emissão de gases de efeito estufa (BARBOSA e FEARNside, 1999, p.529; COCHRANE, 2003, p.1833; MORTON *et al.*, 2013, p.5) e Mato Grosso é um dos estados brasileiros com maior número de focos de

queimadas, concentrados na estação seca, de maio a outubro (ANDERSON *et al.*, 2005, p.447) com grandes áreas de florestas degradadas (MATRICARDI *et al.*, 2013, p.1060), sendo a única unidade federativa do País na qual ocorrem os biomas Pantanal, Cerrado, Amazônia e a transição entre os mesmos. Somente no estado do Mato Grosso, durante a seca extrema de 2010, mais de 60,000 km<sup>2</sup> de Cerrado e 12,900 km<sup>2</sup> de florestas queimaram, com uma emissão bruta de carbono em 2010 estimada em 34.1 Tg ( $\pm 13.94$  Tg) e 27.2 Tg ( $\pm 10.4$  Tg), respectivamente (ANDERSON *et al.*, 2015, p.1749).

Além do Pantanal, o estado conta ainda com parte da extensa planície de inundação do Rio Araguaia (Planície Sedimentar do Bananal), na borda sul-Amazônica, onde ocorre um mosaico de formações florestais e savânicas (MARIMON *et al.*, 2012b, 194). Entretanto, esta planície está localizada no "arco do desmatamento" (FEARNside, 2005, p.114), perpassando por impactos antrópicos descontrolados, principalmente pela pecuária extensiva, turismo indiscriminado e por incêndios florestais, ameaçando a biodiversidade da região (MARIMON *et al.*, 2008, p.32).

A planície do Rio Araguaia é considerada a maior área contínua brasileira que passa por inundação durante o período chuvoso (Martini, 2006, p. 879) e foi classificada como área de importância biológica extremamente alta pela Convenção de Ramsar (*Convention on Wetlands of International Importance especially as waterfowl habitat*), também conhecida como Convenção sobre Áreas Úmidas, com a recomendação de ações de manejo sustentado e criação de unidades de conservação (MMA 1999). Em unidades de conservação os incêndios são proibidos ou devem ser rigorosamente controlados, considerando que o fogo representa um dos principais problemas para a fauna e flora, pois dependendo da intensidade pode destruir totalmente a vegetação de um determinado

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

ambiente (BRASIL, 2000; ALVES *et al.*, 2013, p.757).

Para elaborar políticas de controle, manejo e prevenção de fogo é importante gerar informações sobre o perfil espacial e temporal do mesmo. Para o PEA não existem quantificações de ocorrência e recorrência de incêndios florestais. Assim, o presente estudo objetivou caracterizar a dinâmica espaço-temporal de incêndios florestais ocorridos no Parque Estadual do Araguaia entre os anos de 2000 e 2013. Foram identificados os picos de ocorrência de incêndios, as áreas mais afetadas e os anos mais críticos nos últimos 14 anos.

### 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo foi realizado no Parque Estadual do Araguaia (PEA), localizado no município de Novo Santo Antônio, estado de

Mato Grosso (Figura 1), na borda sul da Amazônia. Criado em 2001 pela Lei Estadual nº 7.517, o parque possui área total de 223.169,5 hectares e está inserido na categoria de Unidade de Conservação de Proteção Integral, que tem como objetivo a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas, de recreação e de turismo ecológico de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC, 2000).

Entretanto, alguns estudos têm demonstrado que o PEA passa por fortes pressões causadas por atividades antrópicas, especialmente incêndios descontrolados que impactam principalmente as fitofisionomias florestais (MARIMON *et al.*, 2012b, p.185; MARACAHIPES *et al.*, 2014, p. 267).

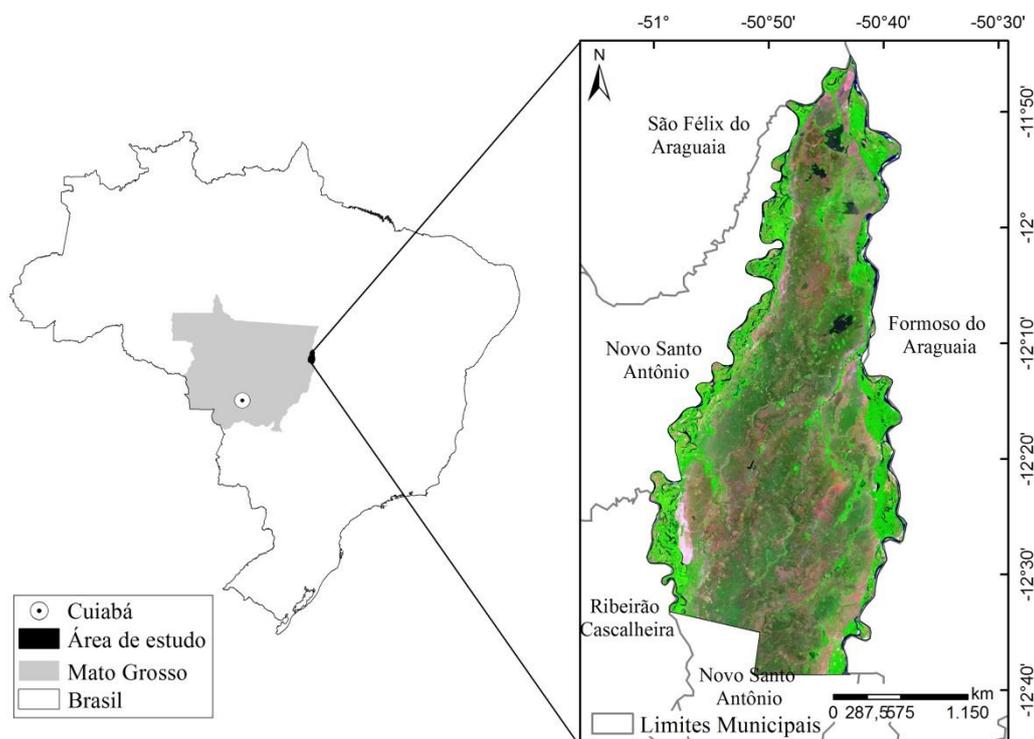


Figura 1 - Localização do Parque Estadual do Araguaia em relação ao estado de Mato Grosso e ao Brasil. No detalhe, composição colorida (RGB) 5, 4, 3 da imagem do Landsat-7/ETM+, da órbita/pontos: 233/68 e 69 de 18/07/2001. Fonte: Neves, L. F. S. (2015).

Localizado entre o Rio das Mortes e o Rio Araguaia, o PEA encontra-se em área abrangida pela Planície do Araguaia, também

denominada como Pantanal do Araguaia. Sua área é caracterizada pela transição da vegetação de Cerrado, Pantanal e Amazônia,

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

considerada no contexto brasileiro como uma das regiões de maior biodiversidade (MARIMON *et al.*, 2012b, p.183).

A opção pela investigação desta área foi baseada nas suas fitofisionomias diferenciadas. A paisagem é coberta por extensas áreas de varjão (parque de cerrado ou campos de murundus) e campos limpos, manchas de cerrado sentido restrito, cerradão e florestas sazonalmente inundáveis, às margens dos rios ou em fragmentos de florestas naturais (impucas) (MARIMON *et al.*, 2012b, p.183).

Os dados de área queimada foram adquiridos do produto MOD45– *Burned Area Product*, coleção 5.1 do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), a bordo do satélite Terra (BOSCHETTI *et al.*, 2013), no site <http://modis-fire.umd.edu/>. O período selecionado refere-se aos anos de 2000 a 2013. Os dados foram adquiridos no formato geotiff, com resolução espacial de 500 m e resolução temporal mensal. Estes dados apresentam pixels detectados como queimada mensal que são convertidos diretamente para áreas queimadas (OLIVERAS *et al.*, 2014, p.488).

O produto de área queimada do MODIS tem a vantagem de detectar a cicatriz da queimada e, portanto, mesmo dias após a

ocorrência do fogo ainda é possível estabelecer se uma área foi afetada. Uma limitação do produto refere-se a incêndios com cicatrizes não detectáveis pelo algoritmo do produto, como o fogo em sub-bosque, ou a queimada pode ser muito pequena para ser detectada devido a resolução espacial do produto (ROY e BOSCHETTI, 2009, p.1037). Estas limitações podem levar a subestimativa da área queimada.

Os dados do produto MOD45 apresentam-se validados, conforme discutido nos trabalhos de Boschetti *et al.* (2008, p.1033) e Roy e Boschetti (2009, p.1038). Apesar de alguns estudos não abordarem a necessidade de validação local e regional deste produto (ARAÚJO *et al.*, 2012, p.1934), diferenças entre outros dados de área queimada, gerados com base no mesmo sensor (produto MCD64) são conhecidas e incertezas em relação a área queimada foram quantificadas (TSELA *et al.*, 2014, p.1278).

No presente estudo, o ano de 2011 foi selecionado como base para uma análise visual de presença de cicatrizes de queimadas, visando uma inspeção da qualidade do produto MCD45. Foram utilizadas 14 cenas do *Landsat 5*, sensor TM, dos meses de abril a outubro (Tabela 1).

Tabela 1 - Imagens Landsat 5, sensor TM, dos meses de abril a outubro utilizadas para avaliação do produto MCD45A1. Neves, L. F. S. (2015).

CENAS	DATA
223-68	02/04/2011
223-69	02/04/2011
223-68	02/05/2011
223-69	02/05/2011
223-68	03/06/2011
223-69	03/06/2011
223-68	13/07/2011
223-69	13/07/2011
223-68	06/08/2011
223-69	06/08/2011
223-68	07/09/2011
223-69	07/09/2011
223-68	02/10/2011
223-69	02/10/2011

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

Os dados de precipitação utilizados foram obtidos pelo satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), produto 3B43, versão 7 e 7a. Estes dados correspondem a chuva mensal acumulada (mm/mês), com resolução espacial de 0.25 graus - aproximadamente 27 km<sup>2</sup>. Anderson *et al.* (2013, p.6746) mostraram que as estimativas de precipitação obtidas a partir dos dados deste satélite para a Amazônia superestimam as precipitações abaixo de 175 mm e subestimam as precipitações acima de 300 mm. No entanto, pode-se considerar que tais estimativas são consistentes e potenciais para a caracterização sazonal da precipitação (NEVES, 2015).

Pereira *et al.* (2013, p.142), ao relacionarem os dados estimados pelo TRMM com 183 estações meteorológicas distribuídas pelo Brasil, registraram 97% de concordância entre os dados. Além disso, estes dados são primordiais para regiões com déficit de estações meteorológicas de campo, como na região deste estudo, sendo que há um número insignificante de falhas em suas séries temporais (COLLISCHONN, 2007, p.96).

Os dados de área queimada do produto MOD45 foram importados para o software ArcGis 9.2 (ESRI, 2007). Em seguida, os dados foram recortados para contemplar apenas a área de estudo. Análises espaciais e temporais foram realizadas para caracterizar os padrões de incêndios na área de estudo, assim

como identificar áreas mais afetadas com recorrência de incêndios e os meses e anos mais críticos.

Para analisar a dinâmica espacial dos incêndios os dados de área queimada mensais, anuais e totais foram sistematizados nas seguintes classes de tamanho em hectares: <25, 25-50, 50-75, 75-100, 100-150, 150-200, 200-300, 300-400, 400-500, 500-750, 750-1.000, 1.000-5.000, 5.000-10.000 e >10.000.

Os dados mensais de precipitação corresponderam ao período de janeiro de 2000 a dezembro de 2013 e foram analisados por meio de uma regressão linear para verificar a relação entre área queimada e precipitação.

Para quantificar os anos extremos de precipitação e incêndios no PEA foram calculadas anomalias mensais para o período de estudo, de acordo com a metodologia proposta por Aragão *et al.* (2007, p.2) (Equação 1). A identificação de anomalias é fundamental, quando há necessidade de explicar uma dada variável Z a partir de outra variável X, se ambas estão submetidas a variabilidades ligadas ao curso das estações do ano, geralmente verificadas quando os dados numéricos têm expressão mensal (Xavier e Xavier, 1998, p.2). Valores que variam entre -1 e 1 não são significativamente diferentes da média, enquanto valores maiores ou menores indicam que as variáveis positivas são maiores e as negativas são menores que a média.

$$\sigma_0 \text{anomalia}(i, j) = \frac{\sigma_y^0(j, i) - \langle \sigma_{(2000-2013)}^0(i, j) \rangle}{\text{Desvio Padrão}(\sigma_{2000-2013}^0(i, j))}$$

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. PADRÃO ESPACIAL DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

A área queimada acumulada para o período entre 2000 e 2013 no PEA foi de 633.625 hectares, uma área que correspondente a quase três vezes a área total do parque. Entretanto, ao longo dos 14 anos

investigados, 36.569 hectares, localizados às margens dos rios das Mortes e Araguaia (16% da área do parque), não apresentaram ocorrência de incêndios. Os anos mais críticos de ocorrência de incêndios no PEA foram 2007, quando 58% de sua extensão foram queimados e 2010, com 84% de sua área atingida pelo fogo.

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

No período avaliado o número de incêndios totalizou 4.532 polígonos (Figura 2A), dos quais 85% corresponderam à classe >10-100 hectares, totalizando 128.049 hectares.

Apesar do baixo número de polígonos de maior dimensão (>100 hectares), estes corresponderam a 80% da área queimada, ou seja, 505.437 hectares (Figura 2B).

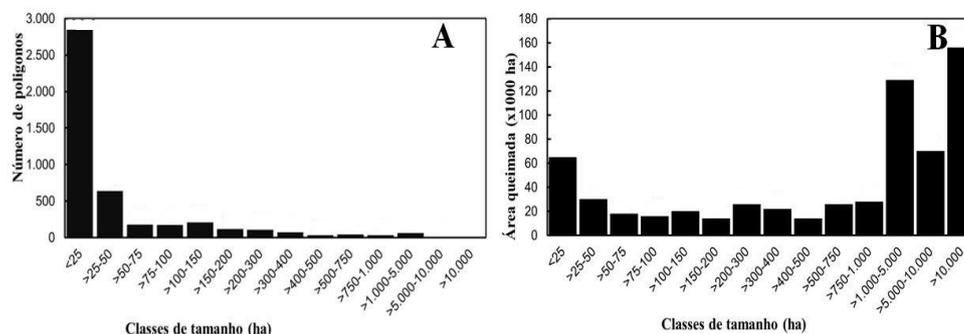


Figura 2 - A) Número de polígonos de incêndios florestais por classe de tamanho em hectares; B) Área queimada por classe de tamanho no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia. Fonte: Neves, L. F. S. (2015).

A recorrência de incêndios florestais variou entre duas a oito vezes em 14 anos, concentradas nas porções norte e centro-sul do PEA. As áreas que queimaram quatro vezes corresponderam a 20% das áreas de recorrência, as que queimaram três vezes correspondem a 19%, as que queimaram duas ou cinco vezes corresponderam a 15% e as que queimaram acima de seis vezes representaram aproximadamente 5% das áreas de recorrência (Tabela 2). No total, 161.336 hectares apresentaram recorrência de incêndios no período de 14 anos, 25.263 hectares queimaram somente uma vez e 36.569 hectares não queimaram durante a série analisada.

Entre os anos de 2000 e 2013 ocorreu maior concentração de incêndios florestais nas porções norte e centro-sul do PEA. Nas recorrências de duas e três vezes foram encontrados intervalos de no mínimo um ano entre as ocorrências; nas recorrências de cinco vezes, 26% ocorreram em 3 anos consecutivos; para os eventos de seis recorrências, 50% ocorreram em 3 anos e 35% em 4 anos consecutivos; nas de sete vezes, 70% ocorreram em 4 anos consecutivos e nas de oito vezes ocorreram duas sequências de 3 anos e uma de 2 anos consecutivos, com intervalo de 1 ano (Figura 3).

Tabela 2 - Ocorrência e recorrência de incêndios no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013. Fonte: Neves, L. F. S. (2015).

NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	ÁREA (ha)	%
0	36.569	16
1	25.263	11
2	33.719	15
3	42.285	19
4	43.591	20
5	33.096	15
6	8.136	4
7	463	>1
8	46	>1
<b>TOTAL</b>	<b>223.169</b>	<b>100</b>

**DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO  
AMAZÔNIA-CERRADO**

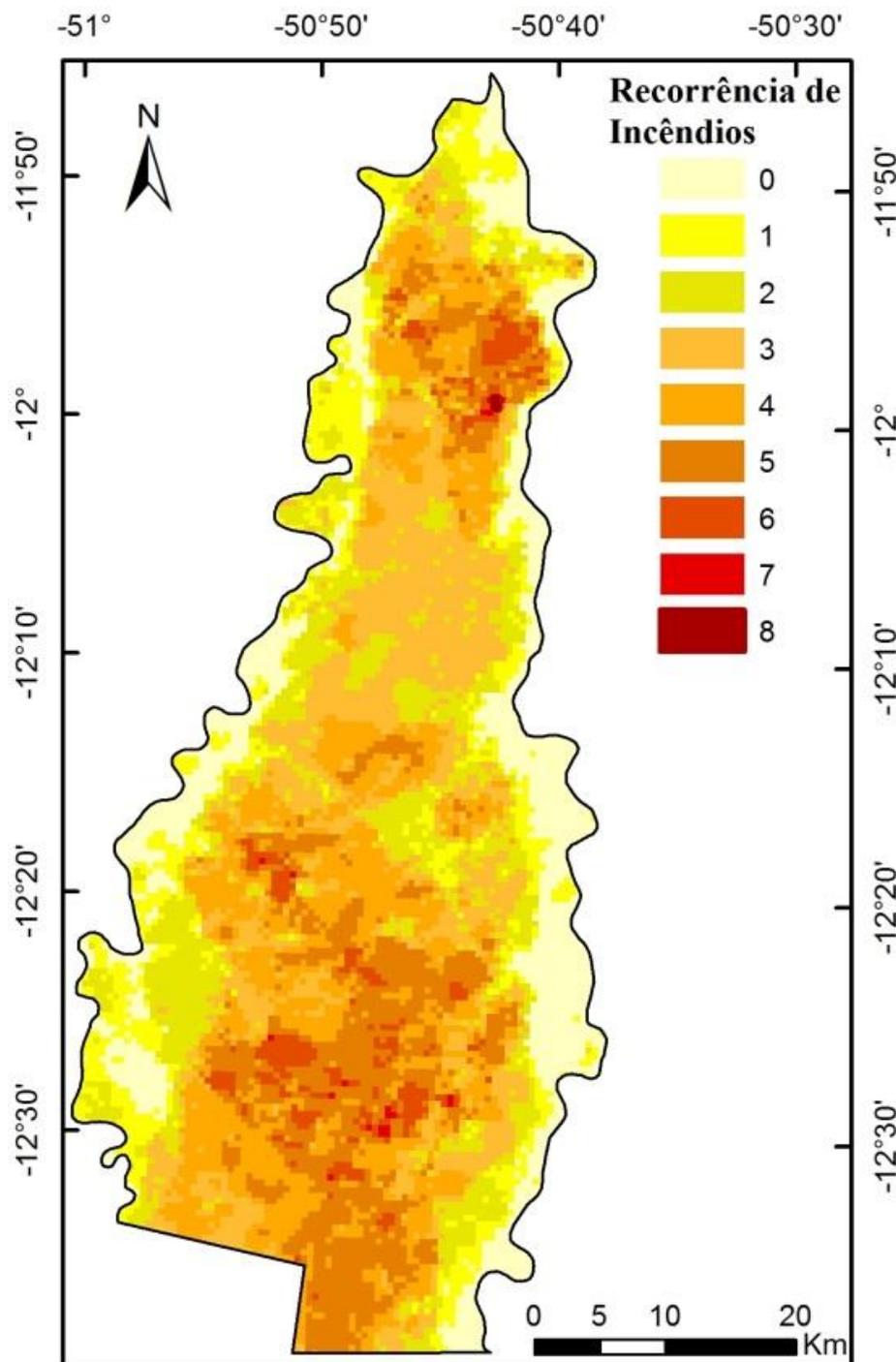


Figura 3 - Ocorrência de incêndios no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 a 2013. Fonte: Neves, L. F. S. (2015).

**3.2. PADRÃO TEMPORAL DE QUEIMADAS E SUA RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO**

Dentre os anos analisados, os que mais apresentaram incêndios foram: 2010, com 186.374 hectares (1.416 polígonos); 2007, com 129.540 hectares (1.250 polígonos) e 2012,

com 108.779 hectares queimados (743 polígonos). Os menores registros de incêndios foram para os anos de 2002, com 511 hectares (10 polígonos); 2004, com 302 hectares (6 polígonos) e 2009, com 94 hectares queimados (4 polígonos) (Figura 4).

**DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO  
AMAZÔNIA-CERRADO**

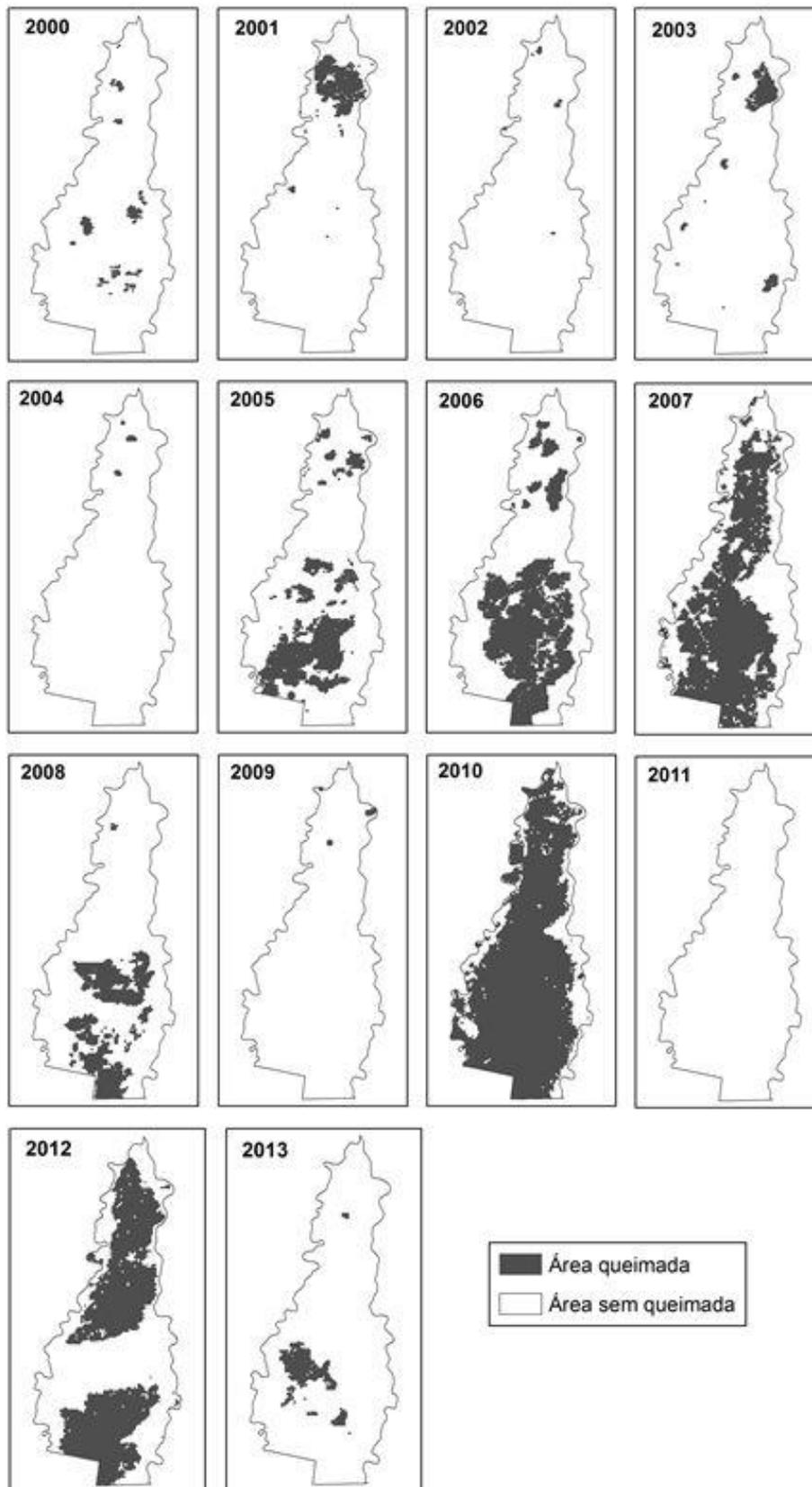


Figura 4 - Área queimada anual no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013. Fonte: Neves, L. F. S. (2015).

### DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

De acordo com dados do produto MCD45, do Sensor MODIS, não foram observados incêndios florestais em 2011. Para confirmar houve avaliação de imagens Landsat 5, cuja resolução espacial é de 30m, para confirmação da informação. Em análise visual minuciosa nas imagens Landsat, não foram observados indícios de cicatrizes de áreas queimadas para este ano, confirmando os resultados observados no produto MCD45.

Os meses de pico de ocorrência de incêndios florestais foram agosto e setembro.

Nos anos de 2000, 2001, 2003 e 2007 mais de 60% dos incêndios ocorreram em agosto; nos anos de 2005, 2006, 2009, 2010, 2012 e 2013 mais de 70% foram em setembro; em 2002 e 2004, mais de 50% ocorreram no mês de julho e no ano de 2008 o pico de incêndios incidiu no mês de outubro, com 99% (Tabela 3). Exceto para o ano de 2007, todos os anos em que a área total queimada do parque foi superior a 20% o pico dos incêndios foi registrado no mês de setembro, no final da estação seca (Tabela 3).

Tabela 3 - Meses de ocorrência, número de polígonos, área e percentual anual da área queimada no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia. Fonte: Neves, L. F. S. (2015).

Anos	Meses de ocorrência	Número de polígonos	Área queimada (ha)	%	Precipitação anual (mm)
2000	mai/jun/jul/ago/set	65	5.318	2	2.191
2001	mai/ago/set	88	15.090	7	1.574
2002	jun/jul/ago/set	10	511	<1	1.307
2003	jun/ago/set	76	8.649	4	1.541
2004	jul/ago/out	6	302	<1	1.426
2005	jun/jul/ago/set/out	254	45.753	21	1.718
2006	jun/jul/ago/set	436	82.806	37	1.563
2007	mai/jul/ago/set/out	1.250	129.540	58	1.428
2008	jun/out	138	38.430	17	1.797
2009	jun/set	4	94	<1	1.613
2010	jun/jul/ago/set	1.416	186.374	84	1.524
2011	-	0	0	0	1.849
2012	jul/ago/set	743	108.779	49	1.524
2013	ago/set	46	11.979	5	1.713
Total		4.532	633.625	-	-

O padrão temporal de incêndios florestais variou, como por exemplo, em alguns anos a precipitação acumulada foi baixa (1.523 mm, em 2012) e a ocorrência de incêndios foi elevada (49%). Entretanto, em outros anos, como em 2002, apesar da baixa precipitação (<1.307 mm) a ocorrência de incêndios foi reduzida (< 1%); e em 2000 a precipitação foi

elevada (2.190 mm) e a ocorrência de incêndios foi baixa (2%) (Figura 5A).

Setembro de 2010 foi o mês com a maior extensão de área queimada (160.386 ha), no qual foi registrada precipitação de aproximadamente 15 mm e outubro de 2004, que apresentou precipitação de 147 mm, foi o mês de menor área queimada (23 ha) (Figura 5B).

**DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO**

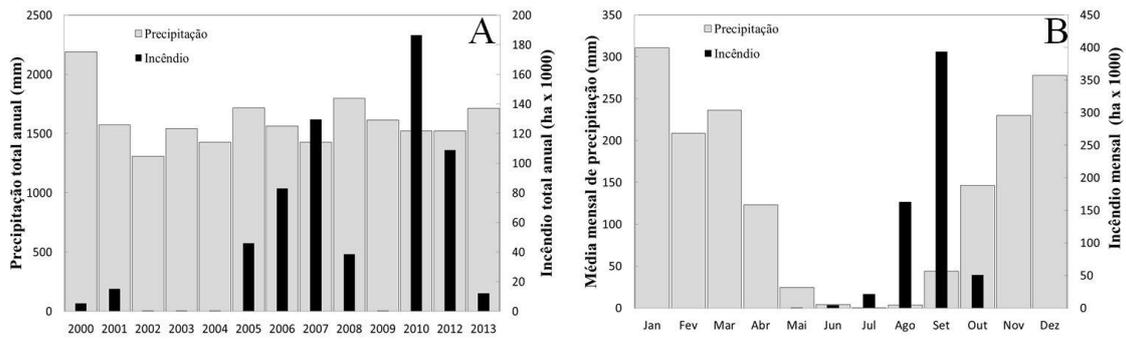


Figura 5 - A) Precipitação e incêndios anuais no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013, exceto 2011 por não apresentar indícios de incêndios; B) Média mensal de precipitação nos 14 (2000 a 2013) anos analisados e incêndios mensais cumulativos. Fonte: Neves, L. F. S. (2015).

Cerca de 55% dos incêndios florestais ocorreram quando a precipitação mensal estava entre 0-25 mm, 28% entre 25-50 mm, 6% entre 50-75 mm, 11% entre 75-100 mm e 0,02% quando a precipitação foi superior a 100 mm. A área queimada aumentou

exponencialmente quando a precipitação mensal foi menor que 150 mm ( $R^2 = 0,94$ ;  $p = 0,005$ ), visto não haver registro de cicatriz de incêndios nos meses com precipitações superiores a 150 mm durante toda a série histórica avaliada (Figura 6).

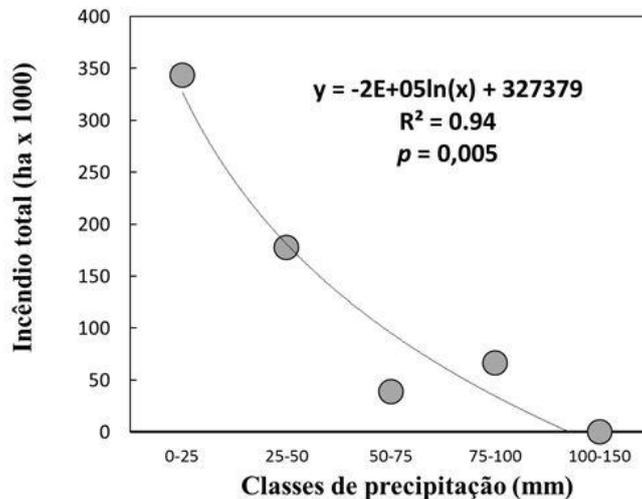


Figura 6 - Relação entre incêndios e a precipitação no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013. Fonte: Neves, L. F. S. (2015).

Relacionando dados de precipitação e área queimada, do período de 2000 a 2013, verificou-se variação entre os meses (maio a outubro) de ocorrência e de picos de incêndios em meses cuja precipitação foi inferior a 100 mm. Nos anos com maior ocorrência de incêndios (2007, 2010 e 2012) houve concentração nos meses de agosto e setembro,

nos quais a precipitação esteve abaixo de 35 mm (Figura 7A).

Os maiores valores negativos (menores que a média) mensais de incêndios ocorreram em janeiro de 2001 e dezembro de 2012 e os valores positivos (maiores que a média) em julho de 2006 e junho de 2009. Ao longo de 2007 ocorreram meses com anomalias negativas de precipitação e positivas de

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

incêndios. Contudo, em 2004 e em 2011 ocorreram longos períodos de persistência de anomalias negativas de precipitação, porém, sem ocorrência de anomalias positivas de incêndios. Os picos de anomalias positivas de

incêndios florestais foram registrados em 2006, 2007, 2008 e 2010. Devido à alta ocorrência de incêndios registrada no mês de maio de 2000, nos anos subsequentes houve baixa ocorrência em relação ao mesmo mês (Figura 7B).

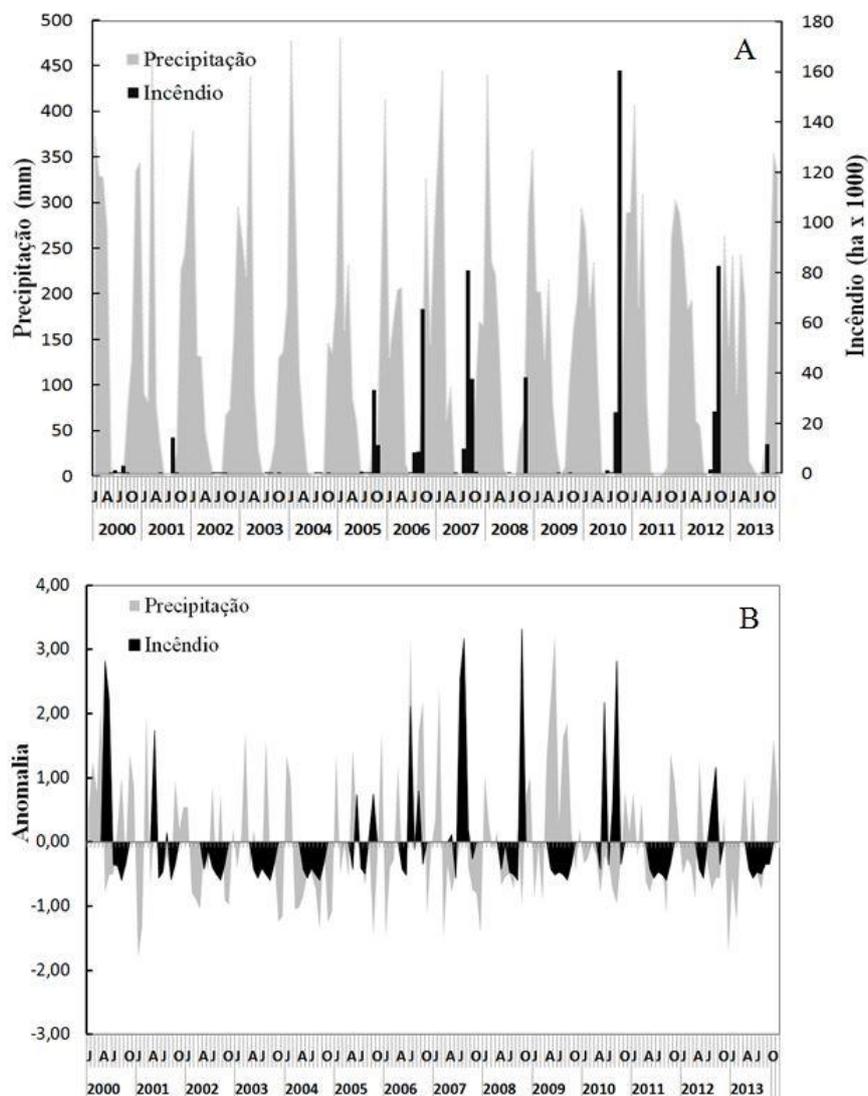


Figura 7 - A) Precipitação e incêndios mensais no Parque Estadual do Araguaia, no Parque Estadual do Araguaia, Mato Grosso, borda sul da Amazônia, entre 2000 e 2013; B) Anomalia de precipitação e queimadas no Parque Estadual do Araguaia entre 2000 a 2013. Fonte: Neves, L. F. S. (2015).

#### 4. DISCUSSÃO

No decorrer de 14 anos, durante a estação seca, os maiores registros de incêndios florestais no PEA ocorreram entre os meses de julho e outubro. No parque normalmente os incêndios originam-se devido à perda de controle de queimadas ocasionadas por pecuaristas, que ateiam fogo nos campos

naturais e pastos para renovação das gramíneas e pastagens, sendo que, ocasionalmente essas queimadas podem surgir também a partir de atividades de pescadores (MARIMON *et al.*, 2012b, p.183). Estes autores observaram ainda que o assunto 'queimadas' é tratado de forma contraditória pelos moradores do PEA, visto que a maioria afirma

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

não queimar a área, mas admite que o fogo é importante para o manejo da pastagem.

A maior frequência de incêndios no PEA foi registrada em áreas menores que 100 hectares, porém incêndios em áreas maiores que 100 hectares ocorreram com baixa frequência, mas representaram maior área afetada no decorrer dos anos investigados. Diversos estudos abrangendo unidades de conservação nos estados brasileiros de Minas Gerais e Mato Grosso, e na região dos Andes peruanos, mostraram que grandes áreas incendiadas (>100 hectares) caracterizam os maiores impactos em termos de área degradada (PEREIRA *et al.*, 2012, p.339; MORTON *et al.*, 2013, p.5; OLIVERAS *et al.*, 2014, p.490). Entretanto, Morton *et al.* (2013, p.5) observaram que o elevado número de incêndios de pequena dimensão não se aplica para áreas da Amazônia brasileira. Neste caso, o formato estreito e longo do PEA, que amplia as divisas e potencializa o efeito de borda (PRIMACK e RODRIGUES, 2001, p.152) desta unidade de conservação pode contribuir com a elevada frequência de incêndios de menor dimensão.

O fato das principais divisas do parque serem dois rios de grande porte pode contribuir para o confinamento do fogo e a ampliação dos mesmos, atingindo áreas maiores. Além disso, o PEA está localizado em uma extensa planície coberta principalmente por vegetação savânica e campos gramíneos sem obstáculos naturais, o que também pode contribuir com a ocorrência e a propagação de incêndios de grandes dimensões, o que causa maiores danos.

O produto MCD45A1 mostrou-se capaz de espacializar claramente a atividade de incêndios no PEA. No entanto, podem ocorrer erros de omissão devido à interferência de nuvens, incêndios de baixa probabilidade de propagação, obscurecimento pela vegetação e tamanho médio dos incêndios menor do que a resolução espacial do sensor (ARAÚJO *et al.*, 2012, p.1937). No presente estudo, os

resultados comprovam que em caso de não ocorrência de fogo, o produto funciona bem.

O pico dos incêndios florestais no PEA apresentou variação entre os anos e concentrou-se entre os meses de julho e outubro. É provável que essa variação nos picos esteja relacionada ao clima ou às atividades antropogênicas que variam entre os anos, tal como observado por Oliveras *et al.*, (2014, p.490) nos Andes peruanos. Na Amazônia, foi observado por Ray *et al.*, (2005, p. 1670) que secas levam a *feedbacks* positivos na incidência de incêndios, visto que secas tendem a aumentar as reservas de matéria orgânica no solo. Neste caso, as secas podem aumentar a taxa de ocorrência de incêndios em relação à anos de não seca em florestas da Amazônia (ARAGÃO *et al.*, 2014, p.925). Assim, o conhecimento da distribuição de incêndios florestais durante o ano é uma informação importante para a prevenção de fogos, pois indica o período de maior ocorrência (PIROMAL *et al.*, 2008, p.81). As concentrações de incêndios no mês de setembro apresentaram as maiores áreas queimadas, exigindo medidas preventivas para o início da estação seca, como queimas controladas previstas no Código Florestal, para redução do material combustível durante o referido período e atenção máxima para os anos em que ocorrem anomalias negativas de precipitação. As medidas preventivas necessitam estar focadas principalmente nas fitofisionomias florestais, cujas espécies normalmente são mais suscetíveis ao fogo (MOREIRA, 2000, p.1026).

Ao longo dos 14 anos de estudo foram registradas no máximo oito recorrências de incêndios florestais no PEA, resultado próximo ao observado por Oliveras *et al.*, (2014, p.491), que registraram sete recorrências em 12 anos em áreas onde ocorre produção agrícola. A principal causa dos incêndios no PEA provavelmente está relacionada às atividades antrópicas, visto que ainda há cerca de 40 famílias residindo no parque e desenvolvendo atividades de pecuária extensiva (MARIMON *et al.*, 2008, p.53). No entanto, no ano de 2011

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

não foram detectadas recorrências de incêndios, possivelmente devido a este ter sido um ano muito chuvoso na Amazônia, ou por não detectar pequenas áreas devido a limitações na resolução espacial do dado (MARENGO *et al.*, 2011, p.3; 2013, p.92).

As áreas com maior recorrência de incêndios florestais encontram-se nas porções norte e centro-sul do PEA, provavelmente em função da maior proximidade geográfica com áreas urbanas, como a sede do município onde o parque está localizado (centro-sul, Novo Santo Antônio) e a sede de um município vizinho (norte, São Félix do Araguaia), que costuma receber grande número de turistas (pesca e praias) no período da seca. França *et al.* (2007, p.85), ao estudarem o Parque Nacional das Emas em Goiás, também observaram alternância entre os anos de incêndios. Os autores registraram a ocorrência de fogos de maior dimensão em intervalos de três anos, provavelmente devido aos anos sem incêndios que promovem maior estoque de biomassa vegetal e, conseqüentemente, maior combustível.

No PEA, em áreas com mais de cinco recorrências, estimou-se que mais de 50% ocorreram em 4 anos consecutivos. Pivello e Coutinho (1992, p.493) destacam que é necessário o intervalo de pelo menos um ano após um incêndio para que ocorra a recuperação de 80% da biomassa em savanas abertas e de 2 anos para recuperação do estrato herbáceo. Os autores citados ainda concluíram que intervalos de 3 a 4 anos entre os incêndios no Cerrado estimulam a reciclagem dos elementos retidos no material vegetal morto e evitam o empobrecimento de nutrientes essenciais. Sendo assim, em termos de gestão e conservação, incêndios em regime quadrienal parecem ser os ideais, visto manter a presença de ervas, arbustos e sub-arbustos (muito importantes para a biodiversidade do Cerrado) e causar menor perda de nutrientes do sistema, quando comparados com os incêndios bienais (OLIVERAS *et al.*, 2012, p.375).

A ocorrência de fogo em regimes intensos e frequente causa danos à fauna e à flora, como redução da camada lenhosa das espécies nativas e redução da biodiversidade. No final dos anos 90, Cochrane *et al.* (1999, p. 1833) e Cochrane (2003, p.916) mostraram que os incêndios causavam mais impactos do que as aberturas de áreas por desmatamento e afetavam cerca de 50% das florestas na Amazônia, sendo que as emissões de carbono causadas pelo fogo equivaliam a 41% de todos os combustíveis fósseis usados na época. Esses efeitos do fogo são particularmente graves nas unidades de conservação, anualmente atingidas por incêndios florestais (BRASIL, 2007, p.57). O Parque Estadual do Araguaia, que é uma unidade de proteção integral, deveria ser contemplado com um eficiente sistema de manejo, controle e monitoramento de incêndios. Considerando a predominância de fitofisionomias savânicas no PEA, o fogo não poderá ser totalmente eliminado do parque, sob o risco de ocorrer uma mudança na estrutura e no mosaico de fisionomias deste complexo ecossistema (MOREIRA, 2000, p.1027; MARIMON *et al.*, 2008, p.68; 2012b, p.194). Por outro lado, apesar das florestas sazonalmente inundáveis (impucas) estarem inseridas em uma matriz dominada por uma vegetação savânica adaptada ao fogo, as espécies destas florestas são sensíveis ao fogo e correm risco de desaparecer se a frequência de incêndios no PEA aumentar (MARACAHIPES *et al.*, 2014, p.266). Neste caso, o controle de incêndios nas impucas deverá ser rigoroso.

Se considerarmos os anos após a criação do PEA, em apenas um deles (2011) não houve registro de incêndio e em metade deles os incêndios atingiram entre 20 e 84% da área total do parque. Ao longo dos 14 anos de estudo em apenas 16% da área do parque não houve registro de incêndios. Estas áreas são mais úmidas devido à proximidade com os rios das Mortes e Araguaia, ajudando a evitar a propagação de incêndios. Entretanto, o poder público precisa adotar um plano mais eficiente para evitar e controlar a entrada do fogo nos

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

fragmentos naturais de florestas dispersos pelo parque, visto que os incêndios têm sido frequentes e recorrentes (MARACAHIPES *et al.*, 2014, p.267), estando em desacordo com a Lei Nacional 9.985 (BRASIL, 2000).

O presente estudo evidenciou maior ocorrência de incêndios nos anos de 2007 e 2010, os quais também foram identificados como anos críticos por Morton *et al.* (2013, p.8) em áreas no sul da Amazônia, por Lemes *et al.* (2014, p.255) no Parque Nacional da Serra da Canastra-MG e por Alves *et al.* (2013, p.756) no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros-GO. Sugerimos que os incêndios mais intensos nesses anos podem ter sido potencializados por eventos de seca, como o registrado em 2007, para a porção leste de Mato Grosso (MARIMON *et al.*, 2012a, p.137) e em 2010, para a Amazônia, o qual foi considerado o ano de seca mais intensa desde quando se tem registros meteorológicos (LEWIS *et al.*, 2011, p.554; MARENGO *et al.*, 2013, p.92), resultando em incêndios de grandes proporções (ARAÚJO *et al.*, 2012, p.1937). Assim, secas mais intensas ou mais prolongadas podem ser ameaças importantes às florestas tropicais, visto que a vegetação pode se tornar cada vez mais vulnerável (LEWIS *et al.*, 2006, p.173; PHILLIPS *et al.*, 2010, p.640).

Por outro lado, a ausência de incêndios florestais no PEA em 2011 pode ser resultado da drástica redução de biomassa vegetal ocorrida no ano anterior, durante o qual 84% da área do parque foi queimada ou devido a este ano ter sido mais chuvoso que a média (MARENGO *et al.*, 2013, p.94). A área inundada nesta região é fortemente associada a chuvas, visto que o lençol freático encontra-se próximo a superfície (LATRUBESSE e STEVAUX, 2006, p.69). Portanto, um ano com maiores chuvas pode ter aumentado a superfície inundada e o período de inundação, influenciando a inflamabilidade da vegeta o nesta região. Em 2012, quase metade da área do parque queimou novamente, provavelmente devido ao acúmulo de biomassa no ano anterior, que não queimou, mantendo-

se um ciclo de anos com incêndios intensos potencializados por eventos de seca seguidos de anos sem incêndios. Neste caso, seguindo o padrão temporal de incêndios florestais no PEA, parece estar próximo a um novo grande incêndio, visto material combustível e pontos de igni o estar prontos para queima, necessitando apenas de condi oes climáticas favoráveis.

No PEA a rela o das áreas anuais incendiadas variou entre os anos, em número e tamanho (ha) de ocorrências e as queimadas mensais estiveram relacionadas   sazonalidade, t pica do Bioma Cerrado. Entre outubro e abril (esta o chuvosa), há um aumento na quantidade de biomassa vegetal, enquanto na esta o seca (maio a setembro), a biomassa torna-se altamente inflamável e suscetível a uma rápida propaga o do fogo (ARAÚJO *et al.*, 2012, p.1938). Resultados similares foram encontrados por Teixeira (2006, p.37), que ao levantar o perfil de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia-RJ identificou os meses de agosto, setembro, julho e outubro como os de maior ocorrência de áreas incendiadas. Rodrigues *et al.* (2007, p.4197), no Parque Indígena de Tumucumaque-PA, constatou a concentra o de incêndios de setembro a novembro e Aragão *et al.* (2008, p.1781) observaram picos de incêndios de julho a setembro na Amazônia.

A quantidade de precipita o diária, mensal e anual   fundamental na compreensão da intensidade e extensão de áreas queimadas, por determinar o déficit de umidade do material combustível, especialmente durante a esta o seca (ARAÚJO *et al.*, 2012, p.1939). Quantificar o número de dias sem chuvas também   imprescindível em trabalhos desta magnitude. No entanto, os dados do satélite TRMM, utilizados no presente estudo referem-se   precipita o total mensal. Assim, as anomalias para incêndios no PEA apresentaram valores maiores em diversos meses, ou seja, os incêndios ocorreram significativamente diferentes da média, enquanto as precipita oes apresentaram padrão negativo alto em dois

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

meses. Outros estudos mostraram relação negativa entre incêndios e precipitação, entre eles, Aragão *et al.* (2008, p.1781) verificaram que os picos de incêndios na Amazônia correspondem ao pico da estação seca e Vasconcelos *et al.* (2013, p.204) observaram que as queimadas no estado Amazonas estão associados não só com as mudanças no uso e cobertura da terra, mas também com o uso do fogo na gestão de áreas desmatadas.

Aragão *et al.* (2008, p.1782) observaram que períodos muito secos causam anomalias de precipitação e estresse hídrico, acarretando aumento de incêndios e transformando as áreas afetadas pelo fogo mais vulneráveis a incêndios recorrentes. Além disso, incêndios ocasionam aumento da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera devido à queima da biomassa. Assim, especialmente em unidades de conservação como o PEA, iniciativas de controle de fogo precisam ser potencializadas em anos com registros de anomalias negativas de precipitação. Araújo *et al.*, (2012, p.1940) relatam que na área abrangida pelo “Arco do Desmatamento”, onde o PEA está inserido, detecções de anomalias de incêndios são duas vezes maiores do que em qualquer outro lugar do planeta e a intensidade do fogo ao longo da transição Amazônia-Cerrado é claramente identificada no produto MCD45A1.

A relação significativa observada entre incêndios florestais e a precipitação aponta para a maior tendência de incêndios em períodos cuja precipitação está mais baixa ( $R^2=0,94$ ,  $p < 0,05$ ), apresentando nível crítico de incêndios quando a precipitação ocorreu inferior a 50 mm. Oliveras *et al.* (2014, p.493) observaram que o papel da precipitação no regime de incêndios é importante, especialmente em escala regional. Assim, as características da vegetação do PEA, dominada por formações campestres e savânicas (MARIMON *et al.*, 2012b, p.194), podem representar risco para a elevada inflamabilidade dessa extensa planície, especialmente no período seco.

Neste contexto, a previsão postulada pelo Banco Mundial (<http://sdwebx.worldbank.org/climateporta>), que projeta um aumento de 2 °C na temperatura do planeta nos próximos anos, poderá representar ameaça para a biodiversidade do PEA, especialmente nos meses mais secos e em anos com anomalias negativas de precipitação. Lemes *et al.* (2014, p.259) ressaltam a necessidade de ampliação dos estudos entre as relações do fogo com o Cerrado, bem como a utilização desses conhecimentos para a elaboração de mapas de risco e definição de estratégias para o manejo e/ou controle do fogo em Unidades de Conservação. As atividades de prevenção e combate aos incêndios florestais e uso controlado do fogo devem fazer parte da estratégia apresentada para o Cerrado. O uso do fogo é permitido em período específico, desde que autorizado pelo órgão ambiental competente, realizado de forma controlada e seguindo um plano pré-elaborado e em observância às normas do Decreto nº 2.661/1998 (BRASIL, 2007).

### 5. CONCLUSÕES

O Parque Estadual do Araguaia, apesar de compor área de elevada importância biológica, vem passando por alta incidência de incêndios florestais ao longo dos anos, colocando em risco sua biodiversidade e recursos hídricos. A situação fundiária indefinida do PEA e a manutenção de moradores dentro de seus limites, somados a anomalias negativas de precipitação, podem estar contribuindo com a elevada incidência de incêndios que normalmente ocorrem nos meses mais secos (julho a outubro) do ano.

Neste estudo, quantificamos que em 14 anos, mais de 630 mil hectares queimaram no PEA, sendo agosto e setembro os meses de pico de incêndios florestais. Apenas uma área entre os Rios das Mortes e Araguaia, correspondendo a 16% da área do parque não sofreram com incêndios no período estudado.

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

Os anos de 2007 e 2010 foram os que apresentaram maiores incêndios, sendo que 58% e 84%, respectivamente, da área do parque queimaram. A recorrência de incêndios no PEA variou de duas a oito vezes, concentrados nas porções norte e centro-sul.

Os resultados deste estudo quantificam a ocorrência e recorrência de incêndios nesta área, possivelmente sendo os causadores de diversos impactos nos estoques de carbono acima do solo pela vegetação e da alteração da composição de espécies, descritas na literatura para o Cerrado em geral e também para esta área. Portanto, com base nas contribuições científicas para o entendimento das dinâmicas da vegetação e do fogo para o PEA, acredita-se que estratégias de gestão integral do fogo devem ser adotadas. Estas ações devem ser compatíveis com as características das diferentes formações vegetais desta área. Por exemplo, observa-se na literatura que as florestas sazonalmente inundáveis (impucas) são sensíveis as queimadas, enquanto a vegetação gramíneo-lenhosa tem certa adaptação ao fogo.

Este estudo também apontou que em anos de extremos climáticos, como 2010 que foi um ano de seca anômala na região, aumentam a susceptibilidade da região a incêndios. Neste ano, 84% da área do parque queimaram.

Apesar de existirem ações para minimizar a ocorrência de incêndios previstas no Código Florestal, assim como recomendações de atividades de educação ambiental com a população local e com turistas, sabe-se que existe uma grande limitação de pessoal, infraestrutura e financiamento dos Governos Federais e Estaduais para tratar a questão dos incêndios florestais no país.

De modo geral, no PEA há a necessidade de planejamento da gestão, desenvolvimento de pesquisas, avaliação, monitoramento, medidas de recuperação das áreas degradadas, manejo e investimentos para que os resultados da gestão sejam mais

efetivos. O aprofundamento do presente estudo, abordando as formações vegetais do parque e sua relação com o fogo, encontra-se em fase de desenvolvimento pelos autores deste trabalho.

### 6. NOTA

Este trabalho é derivado da dissertação de mestrado da primeira autora, apresentado ao programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT).

### 7. AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Proc. 403725/2012-7. B. S. Marimon agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa e L. O. Anderson agradece ao Projeto AMAZONICA (Natural Environment Research Council, Reino Unido, Proc. NE/F005806/1), ao MCTI-PCI (Proc. 302541/2014-4) e ao CNPq (Proc. 458022/2013-6).

### 8. REFERENCIAS

- ALENCAR, A.; ASNER, G. P.; KNAPP, D. E.; ZARIN, D. Temporal variability of forest fires in eastern Amazonia. *Ecological Applications*, v. 21, n. 7, p. 2397-2412, 2011.
- ALVES, M. M.; MATRICARDI, E. A. T.; PEREIRA, R. Dinâmica espaço-temporal do fogo entre 1999 a 2009 no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 16, p. 752-758, 2013.
- ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y. E. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. *Acta Amazônica*, v. 35, n. 4, p. 445 – 456, 2005.
- ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C.; ARAI, E. Avaliação dos dados de chuva mensal para a

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

- região Amazônica oriundos do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) produto 3b43 versões 6 e 7 para o período de 1998 a 2010. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, p. 6743- 6750.
- ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C.; GLOOR, M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; SAATCHI, S.; MALHI, Y.; SHIMABUKURO, Y.; BARLOW, J.; BERENQUER, E.; DUARTE, V. Disentangling the contribution of multiple land covers to fire-mediated carbon emission in Amazonia during the 2010 drought. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 29, n. 10, p. 1739–1753, 2015.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; POULTER, B.; BARLOW, J. B.; ANDERSON, L. O.; MALHI, Y.; SAATCHI, S. et al. Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. **Biological Reviews**, v. 89, n.4, p. 913-931, 2014.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; BARBIER, N.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y.; ANDERSON, L. O. et al. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 363, n. 1498, p. 779-1785, 2008.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, R. M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. 7, p. 1-5, 2007.
- ARAÚJO, F. M.; FERREIRA, L. G.; ARANTES, A. E. Distribution Patterns of Burned Areas in the Brazilian Biomes: An Analysis Based on Satellite Data for the 2002–2010. **Remote Sensing**, v. 7, n. 4, p.1929-1946, 2012.
- BARBOSA, R. I.; FEARNESIDE, P. M. Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do Evento El Niño (1997/98). **Acta Amazonica**, v. 29, n. 4, p. 513-534, 1999.
- BOSCHETTI, L.; ROY, D.; HOFFMANN, A. A.; HUMBER, M. **MODIS collection 5.1 burned area product – MCD45**. User's Guide. Version 3.0.1. 2013.
- BOSCHETTI, L.; ROY, D.; BARBOSA, P.; BOCA, R.; JUSTICE, C. A MODIS assessment of the summer 2007 extent burned in Greece. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, n. 8, p. 2433–2436, 2008.
- BRANDO, P. M.; NEPSTAD, D. C.; BOLKER, B.; CHRISTMAN, M. C.; COE, M.; PUTZ, F. E. Fire-induced tree mortality in a neotropical forest: the roles of bark traits, tree size, wood density and fire behavior. **Global Change Biology**, v. 18, n. 2, p. 630-641, 2012.
- BRASIL, WWF. **Efetividade de gestão das unidades de conservação federais do Brasil**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama, 2007, 96 p.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC**. Brasília, DF, 2000.
- COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. **Nature**, v. 421, p. 913-919, 2003.
- COCHRANE, M. A.; ALENCAR, A.; SCHULZE, M. D.; SOUZA-JUNIOR, C. M.; NEPSTAD, D. C.; LEFEBVRE, P.; DAVIDSON, E. Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. **Science**, v. 284, n. 5421, p.1832-1835, 1999.
- COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN.; TUCCI, C. E. M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa da precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 01, p. 93-99, 2007.
- ESRI. **ArcGis**. Version 9.2. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA. 2007.
- FEARNESIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 113-123, 2005.
- FRANÇA, H.; RAMOS NETO, M. B.; SETZER, A. **O Fogo no Parque Nacional das Emas**. Ministério do Meio Ambiente, 2007, 140p.
- LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. S. Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil Central. **Geociências**, v. 5, n.1, p. 65-73, 2006.
- LEMES, G. P.; MATRICARDI, E. A. T.; COSTA, O. B.; LEAL, F. A. Spatiotemporal assessment of forest fires occurred in the Serra da Canastra

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

- National Park between 1991 and 2011. **Ambiência**, v.10, n. 1, p. 247-266, 2014.
- LEWIS, S. L.; BRANDO, P. M.; PHILLIPS, O. L.; HEIJDEN, G. M. F.; NEPSTAD, D. The 2010 Amazon Drought. **Science**, v. 331, n. 6017, p. 554-555, 2011.
- LEWIS, S. L.; PHILLIPS, O. L.; BAKER, T. R. Impacts of global atmospheric change on tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 21, n. 4, p. 173-174, 2006.
- MARENGO, J. A.; BORMA, L. A.; RODRIGUEZ, D. A.; PINHO, P.; SOARES, W. R.; ALVES, L. M. Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation. **American Journal of Climate Change**, v. 2, n. 2, p. 87-96, 2013.
- MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v.38, n. 12, p. 1-5, 2011.
- MARACAHIPES, L.; MARIMON, B. S.; LENZA, E.; MARIMON-JUNIOR, B.; OLIVEIRA, E. A.; MEWS, H. A.; GOMES, L.; FELDPAUSCH, T. R. Post-fire dynamics of woody vegetation in seasonally flooded forests (impucas) in the Cerrado-Amazonian Forest transition zone. **Flora**, v. 209, p. 260-270, 2014.
- MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; UMETSU, R.; OLIVEIRA-SANTOS, C., *et al.* Monodominance in a forest of *Brosimum rubescens* Taub. (Moraceae): Structure and dynamics of natural regeneration. **Acta Oecologica**, v. 43, p. 134-139, 2012a.
- MARIMON, B. S.; MARIMON JUNIOR, B. H.; MEWS, H. A.; JANCOSKI, H. S.; FRAN CZAK, D. D.; LIMA, H. S. *et al.* Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 181-196, 2012b.
- MARIMON, B.S.; MARIMON-JUNIOR, B.H.; LIMA, H.S.; JANCOSKI, H.S.; FRAN CZAK, D.D.; MEWS, H.A.; MORESCO, M.C. **Pantanal do Araguaia - ambiente e povo: guia de ecoturismo**. Cáceres: UNEMAT, 2008, 95p.
- MARTINI, P. R. Áreas Úmidas da América do Sul Registradas em Imagens de Satélites. In: Silva, J.S.V.; Abdon, M.M. (Eds.). **Geotecnologia no Pantanal**. Campo Grande, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 876-882, 2006.
- MATRICARDI, E. A. T.; SKOLE, D. L.; PEDLOWSKI, M. A.; CHOMENTOWSKI, W. Assessment of forest disturbances by selective logging and forest fires in the Brazilian Amazon using Landsat data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 4, p. 1057-1086, 2013.
- MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra Da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, v.14, n. 2, p. 157-168, 2004.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal**. MMA/FUNATURA/Conservation International/Fund. Biodiversitas/UnB. Brasília-DF. 1999.
- MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 27, n. 4, p.1021-1029, 2000.
- MORTON, D. C.; LE PAGE, Y.; DE FRIES, R.; COLLATZ, G. J.; HURTT, G. C. Understorey fire frequency and the fate of burned forests in southern Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 368, n. 1619, p. 1-8, 2013.
- NEVES, L. F. S. **Dinâmica espaço-temporal de fogo e impactos na cobertura da terra no Parque Estadual Do Araguaia/MT**. 2015. 72 fls. Dissertação do Mestrado em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Cáceres - MT. 2015.
- OLIVERAS, I.; ANDERSON, A. O.; MALHI, Y. Application of remote sensing to understanding fire regimes and biomass burning emissions of the tropical Andes. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 28, n. 4, p. 480-496, 2014.
- 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 savannah. **International Journal of Wildland Fire**, v. 22, p. 368-380, 2012.
- PEREIRA, G.; SILVA, M. E. S.; MORAES, A. C.; CARDOZO, F. S. Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.18, n. 3, p.139-148, 2013.

## DINÂMICA DE FOGO NO PARQUE ESTADUAL DO ARAGUAIA, ZONA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

- PEREIRA, A.A.; PEREIRA, J.A.A.; MORELLI, F.; BARROS, D.A.; ACERBI JUNIOR, F.W. *et al.* Validação de focos de calor utilizados no monitoramento orbital de queimadas por meio de imagens TM. **Cerne**, v.18, n. 2, p. 335-343, 2012.
- PIROMAL, R. A. S.; RIVERA-LOMBARDI, R. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R.; KRUG, T. Use of MODIS data for detection of burned areas in Amazonia. **Acta Amazonica**, v.38, n. 38, p. 77-84, 2008.
- PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, p.487-497, 1992.
- PHILLIPS, O. L.; VAN DER HEIJDEN, G.; LEWIS, S. L.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, G.; ARAGÃO, L. E. O. C.; LLOYD, J. *et al.* Drought-mortality relationships for tropical forests. **New Phytologist**, v. 187, n. 3, p. 631-646, 2010.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Vida, 2001. 328p.
- RAY, D.; NEPSTAD, D.; MOUTINHO, P. Micrometeorological and canopy controls of fire susceptibility in a forested Amazon landscape. **Ecological Applications**, v.15, n. 5, p.1664-1678, 2005.
- RODRIGUES, C. A. G.; HOTT, M. C.; MIRANDA, E. E.; OSHIRO, O. T. Análise da savana e queimadas no Parque Indígena de Tumucumaque (PA) através de imagens de satélite LANDSAT. XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, p. 4195-4202, 2007.
- ROY, D. P.; BOSCHETTI, L. Southern Africa Validation of the MODIS, L3JRC and GlobCarbon Burned Area Products. **IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 47, n. 4, p. 1032 – 1044, 2009.
- SILVESTRINI, R. A.; SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ASSUNÇÃO, R. Simulating fire regimes in the Amazon in response to climate change and deforestation. **Ecological Applications**, v. 21, n. 5, p. 1573-1590, 2011.
- TEIXEIRA, L. N. **Perfil dos Incêndios do Parque Nacional do Itatiaia e entorno**. 2006. 52fls. Monografia do Curso de Especialista em Gestão do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Associação Educacional Dom Bosco. Resende-RJ. 2006.
- TSELA, P.; WESSELS, K.; BOTAI, J.; ARCHIBALD, S.; SWANEPOEL, D.; STEENKAMP, K.; FROST, P. Validation of the Two Standard MODIS Satellite Burned-Area Products and an Empirically-Derived Merged Product in South Africa. **Remote Sensing**, v. 6, p.1275-1293, 2014.
- VASCONCELOS, S. S.; FEARNSIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. A.; DIAS, D. V.; CORREIA, A. W. S. Variability of vegetation fires with rain and deforestation in Brazil's state of Amazonas. **Remote Sensing of Environment**, v. 136, p 199-209, 2013.
- VIANA, L. J.; HACON, S.; CASTRO, H. A.; IGNOTTI, E.; ARTAXO, P.; SALDIVA, P. H.; PONCE DE LEON, A. C. Acute effects of particulate matter and black carbon from seasonal fires on peak expiratory flow of schoolchildren in the Brazilian Amazon. **Plos One**, v. 9, n. 8, p. 1-14, 2014.
- XAVIER, A. F. S.; XAVIER, T. M. B. S. Cálculo de Anomalias na Pesquisa Climática: Usos e Abusos. VIII CONGRESSO DA FLISMET, p. 1-6, 1998.