

Análise da distribuição espaço-temporal dos focos de incêndio no Pantanal (2000-2016)

Wagner Tolone da Silva Ferreira ¹

Letícia Larcher ¹

Angelo Paccelli Cipriano Rabelo ¹

¹Instituto Homem Pantaneiro - IHP

Ladeira José Bonifácio, nº 171, Porto Geral

79300-010 - Corumbá - MS, Brasil

{wagner, leticia}@institutohomempantaneiro.org.br

apcrabelo@uol.com.br

Resumo. Entre os biomas brasileiros, o Pantanal é um dos biomas mais propensos a queimadas pelas características estruturais de suas fitofisionomias, em decorrência de condições climáticas ou provocadas por práticas de manejo inadequadas de queimas em pastagem. O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise espaço-temporal das queimadas no Pantanal entre os anos de 2000 a 2016, para identificar a distribuição espacial e temporal desses eventos, utilizando o estimador de densidade de Kernel. Os resultados reforçam a necessidade de preservação do bioma e atenção frente as queimadas, que tem influenciado no regime hídrico e na biodiversidade do Pantanal. As queimadas ocorrem todos os anos e sua intensidade não segue um padrão, entretanto, estão extremamente ligadas ao regime hídrico da região, sendo menos frequentes no período úmido provocado pelas cheias.

Palavras-chave: queimadas, pantanal, densidade, kernel.

Abstract. Among the Brazilian biomes, the Pantanal is one of the biomes most likely to be burned due to the structural characteristics of its phytophysionomies, as a result of climatic conditions or caused by inadequate management practices of pasture burnings. The objective of this work is to present a spatiotemporal analysis of the fires in the Pantanal between the years 2000 to 2016, to identify the spatial and temporal distribution of these events using the kernel density estimator. The results reinforce the need for preservation of the biome and attention to the fires, which has influenced the water regime and biodiversity of the Pantanal. Burnings occur every year and their intensity does not follow a pattern, however, they are extremely related to the water regime of the region, being less frequent in the humid period caused by the floods.

Keywords: burned, wetland, density, kernel

1. Introdução

Diante do desafio de conservação dos ecossistemas, as queimadas e incêndios florestais estão entre os principais problemas. O fogo está associado não somente ao lançamento de gases do efeito estufa e ao aquecimento global, mas também a inúmeros prejuízos econômicos, sociais e ambientais, como desertificação e desflorestamento (IBAMA, 2013). Com relação à biodiversidade, o excesso de queimadas pode causar impactos na estrutura e composição da vegetação, bem como impactos diretos e indiretos na fauna local (Matos, 2014).

Entre os biomas brasileiros, o Pantanal é o mais propenso a queimadas pelas características estruturais de suas fitofisionomias, em decorrência de condições climáticas ou provocados por práticas de manejo inadequadas de queimadas em pastagem (PCBAP, 1997). Apesar de esta prática ser tradicionalmente empregada no Pantanal por pelo menos 200 anos, por vezes, áreas que possuem gramíneas tenras e umidade de solo para prolongar o crescimento das mesmas (PCBAP, 1997), e, por consequência, não necessitam de manejo, acabam sendo queimadas de forma descontrolada (Rodrigues et al 2002).

Vários são os estudos realizados no pantanal para entender o uso e ocupação da planície pantaneira, nos quais se destacam estudos sobre a cobertura vegetal, fauna e sobre a geomorfologia fluvial (Ponce 1995, Collischonn et al. 2001, Assine et al. 2009, Cordeiro et al. 2010, Silva 2010, Facincani 2011, Zani et al. 2011, Silva et al. 2012). No que refere - se a estudos voltados a análises dos focos de incêndio dá-se destaque ao monitoramento realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o de Gonçalves et al (2006) que em seu trabalho fez a identificação e delimitação das áreas queimadas no Pantanal; o trabalho de Souza Junior et. al. (2006) que utilizou a imagens MODIS para o monitoramento dos focos, e também o trabalho de Mâcedo et. al (2009) que fez uma avaliação das queimadas do Pantanal na região de Corumbá e Ladário no Pantanal do Paraguai. As queimadas são fenômenos comuns no pantanal mato-grossense, que ocorre tanto por ação antrópica como por ação natural.

O histórico de ocupação da planície pantaneira tem alterado de maneira considerável o uso das terras e o estoque de recursos naturais (Swarts, 2000). Na região da BAP, as queimadas são expressivas e causam grandes danos a biodiversidade local. Dada a importância da BAP para a manutenção do bioma Pantanal, é importante compreender a variação sazonal e espacial de queimadas na região, na perspectiva de sinalizar e estabelecer políticas públicas de controle e combate a focos de incêndio (Cardoso et al 2013).

Neste estudo procurou-se analisar os focos de incêndio do bioma pantanal numa série histórica de 17 anos com o uso do sensoriamento remoto e fazer um debate sobre o período de queimadas nesta região (causas e consequências), para identificar a distribuição espacial e temporal desses eventos.

O bioma Pantanal é formado pelo mosaico hídrico de rios que compõem a Bacia do Rio do Prata, a segunda maior planície inundável e uma das maiores áreas úmidas contínuas do planeta (ANA, 2014). A área calculada do Pantanal é de 138.183 km², dos quais 48.865 km² (35,36%) estão no Estado do Mato Grosso (MT) e 89.318 km² (64,64%) no Estado do Mato Grosso do

Sul (MS). Sua importância ecológica é reconhecida pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) como Reserva da Biosfera e sítio de Patrimônio Nacional, pela Constituição Federal Brasileira. Entretanto, os ecossistemas inseridos neste bioma são frágeis e estão constantemente ameaçados por tendências de desenvolvimento econômico (SFB, 2014).

O rico ecossistema do Pantanal depende do fluxo hidrológico dos cursos d'água que o alimentam. A bacia hidrográfica do rio Paraná é a maior contribuinte do sistema da Bacia do Rio da Prata, seguida pela bacia do rio Paraguai, também conhecida como Bacia do Alto Paraguai (BAP). A BAP tem grande importância, pois se divide em 207.249 km² pertencentes ao estado de Mato Grosso do Sul e 188.551 km² no Mato Grosso. A BAP constitui um mosaico hidrológico bem definido, com a ocorrência de dois grandes ecossistemas: o Planalto, caracterizado pelo bioma Cerrado, e a Planície, formando o bioma Pantanal (**Figura 1**).

2. Objetivo

Analisar os focos de incêndio do bioma pantanal numa série histórica de 17 anos com o uso do sensoriamento remoto e geoprocessamento, usando o estimador de densidade de Kernel.

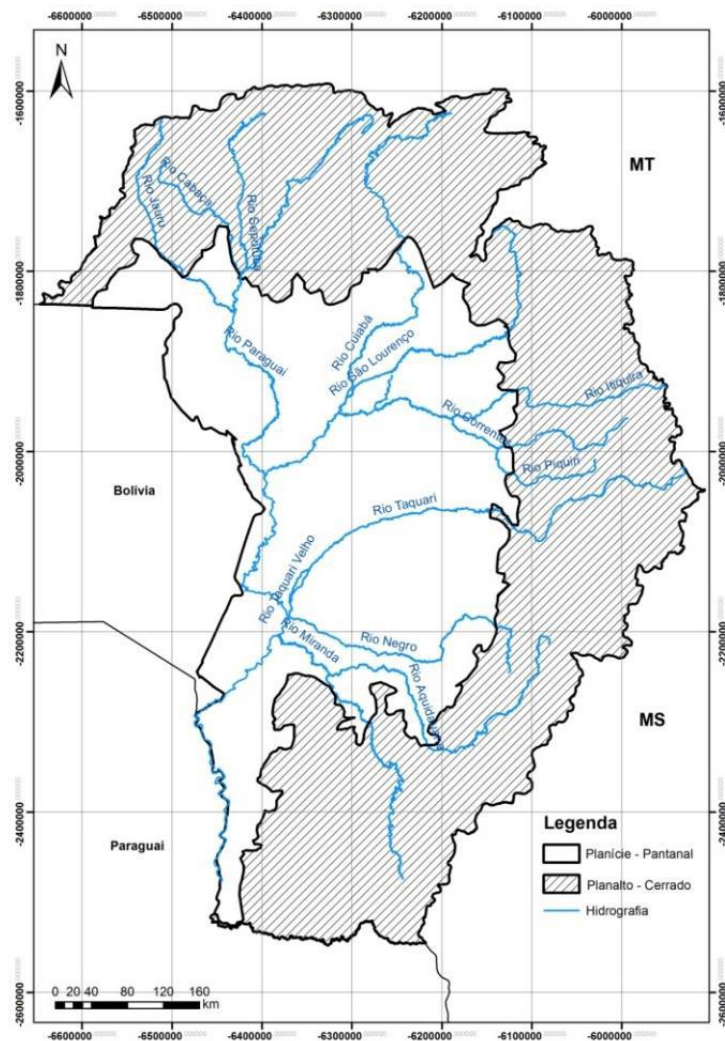


Figura 1. Bacia do Alto Paraguai (BAP) e os ecossistemas: (Planície - Pantanal / Planalto - Cerrado)

3. Material e Métodos

Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizados dados de focos de calor, no formato *shapefile*, da região do pantanal, datadas de 01/01/2000 a 31/12/2016. Foram utilizados dados vetoriais obtidos dos IBGE, ANA e do INPE, para a geração de mapas. O limite do bioma Pantanal usado, foi elaborado o PROBIO (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira) que é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Os dados de focos de calor, utilizados nesta pesquisa, foram provenientes de sensores a bordo dos satélites NOAA – AQUA – TERRA – GOES – METEOSAT – NPP – ATRIS/ESA, computados e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através do Banco de Dados de Queimadas do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

A partir da aquisição dos dados, estes foram tratados em ambiente SIG, sendo modelado e gerado os mapas de densidade de Kernel, feito uma correção de função bidimensional realizando uma contagem de todos os pontos dentro de uma área de influência. Possibilitando assim uma visão qualitativa dos focos na região do Pantanal. O *software* utilizado para o processamento dos dados e interpolação dos focos de calor foi o ArcGIS 10.2 em sua extensão *Spatial Analyst*.

Para melhor representação e análise dos resultados da interpolação, definiu-se 5 classes de densidade: 1) muito baixa (verde escuro), 2) baixa (verde claro), 3) média (amarelo), 4) alta (laranja) e 5) muito alta (vermelho).

Para as análises de relação entre número de focos de incêndio e pluviosidade, foram utilizados dados de pluviosidade mensais para os anos de 2000 a 2013, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET,) através da Estação - Corumbá/MS (83552) e da Estação Nhumirim Nhecolândia/MS (83513) que se encontram no Pantanal. Apesar da estação apresentar-se como operante, não foram fornecidos dados completos para os anos de 2014, 2015 e 2016. Portanto, estes anos não foram utilizados para o cálculo das médias mensais de pluviosidade para o Pantanal.

4. Resultados e discussão

O fogo sempre foi importante para a formação das primeiras sociedades, ainda mais importante para o pantanal, em que a pecuária é a principal atividade desenvolvida na região e o fogo é usado para ampliar ou formar áreas de pastagem. Mas antes da utilização intencional do fogo para manejo de áreas, já havia queimadas na região da BAP e no Pantanal, causadas naturalmente e/ou pelos índios (PCBAP, 1997). A caracterização do padrão de ocorrência de focos proporciona um panorama espacial e temporal que pode facilitar e priorizar ações de combate aos incêndios, uma vez que, por conta da sua extensão e dificuldades de acesso, torna-se difícil realizar o trabalho *in loco*.

A partir da análise dos dados feito, nos últimos 16 anos, foram quantificados cerca de 460 mil focos de calor neste bioma, detectados pelos diversos sensores que monitoram os focos de queimadas em todo o Brasil (**Figura 2**). Os mapas de distribuição dos focos (**Figura 3**), gerados a partir da disponibilização dos dados pelo INPE, revelam o comportamento espacial destes na área de estudo ao longo da série temporal, analisando assim a recorrência dos eventos de fogo. A distribuição dos focos de incêndio no pantanal, entre os anos analisados seguem o mesmo padrão de distribuição, sendo bem distribuído na área de estudo, mesmo nos anos com menor quantidade.

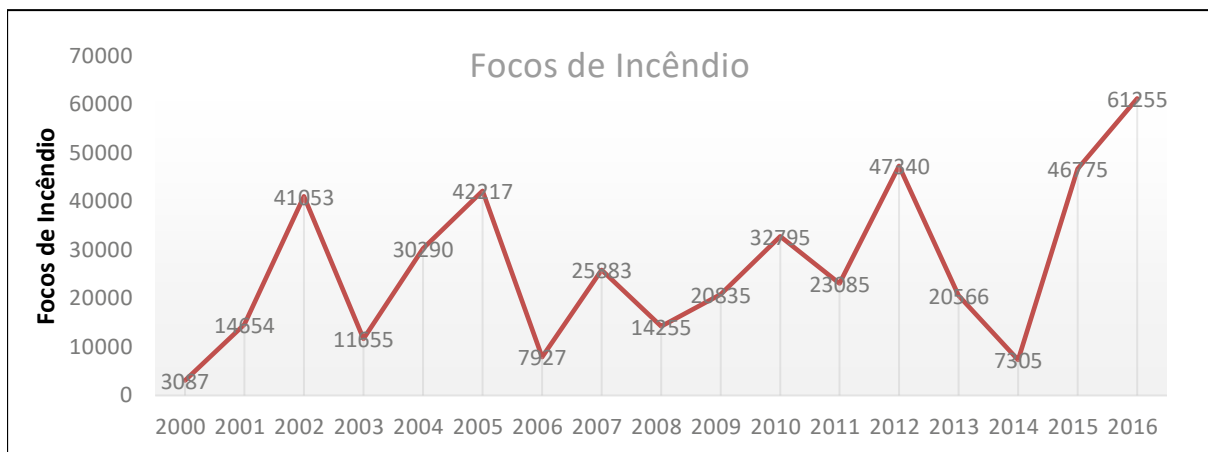
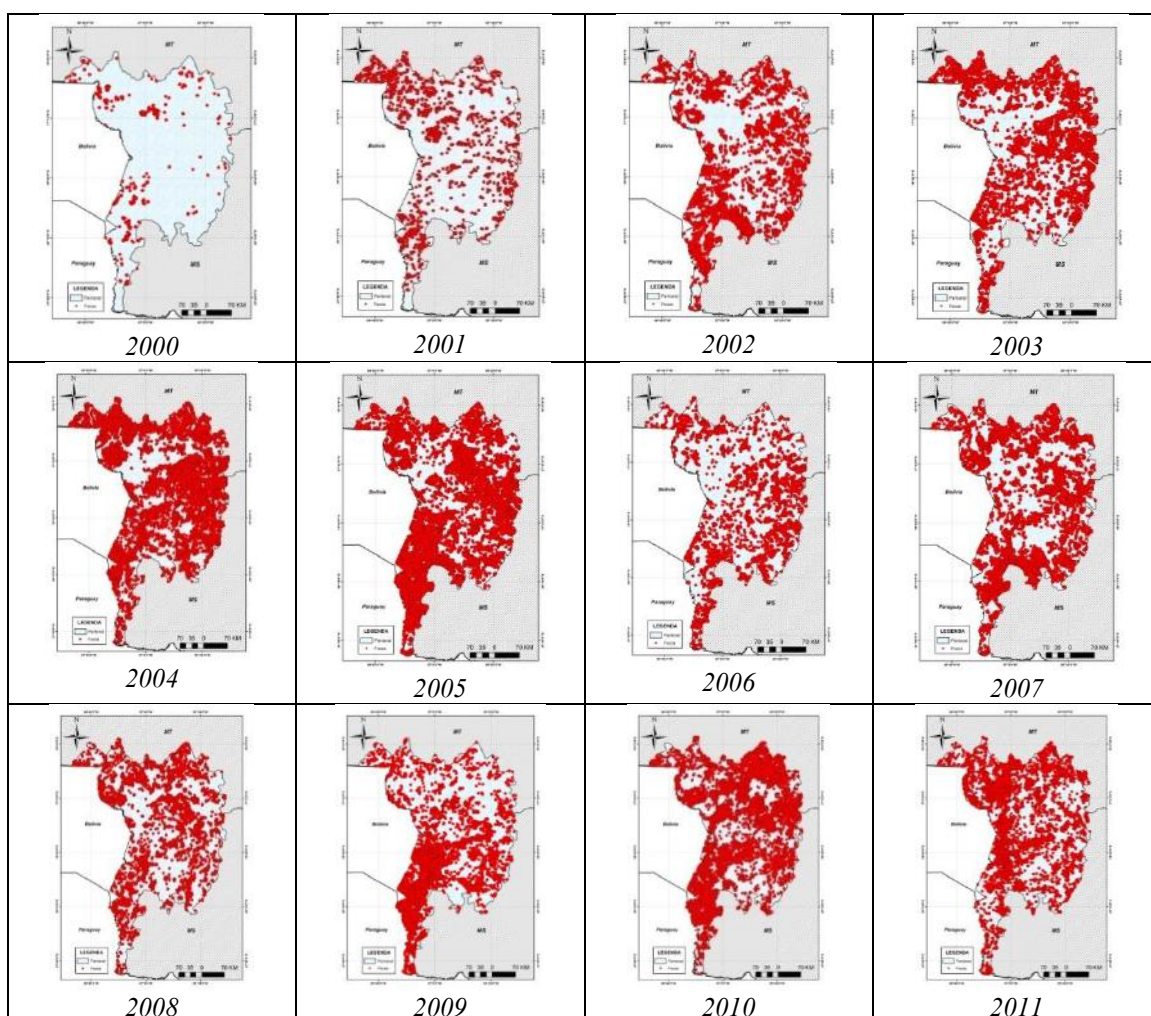


Figura 2. Quantitativo de focos de incêndio por ano no Pantanal (2000 - 2016).



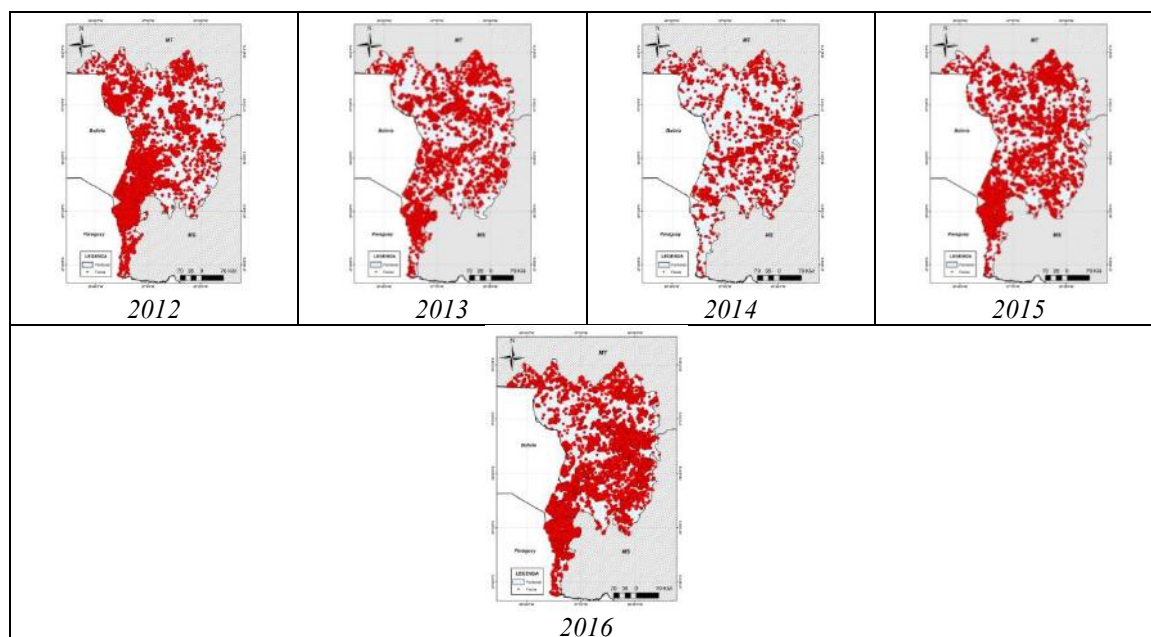


Figura 3. Mapas de distribuição dos focos de incêndio no Pantanal (2000-2016).

A partir da análise feita dos números de focos de incêndio por estado (**Figura 4**), fica evidente que a maioria dos focos se encontram no estado do Mato do Grosso do Sul (MS), levando em consideração que a área territorial do pantanal é maior que no estado de Mato Grosso (MT). Somente no ano de 2010 que o número de focos de incêndio do MT foi maior que no MS, por conta de uma anomalia nos eventos climáticos na região.

Analisando a distribuição temporal e espacial dos focos de incêndio é possível observar que as áreas com maior densidade populacional são susceptíveis a queimadas que ocorrem anualmente. No Brasil, as estatísticas sobre as ocorrências de incêndios florestais mostram que a maior parte dos focos de incêndio são iniciados a partir de fontes relacionadas direta ou indiretamente às atividades humanas (Matos, 2014). Também é possível observar grande ocorrência de focos na região oeste do Pantanal, na divisa entre Brasil e Bolívia. Muitos focos que se originam no país vizinho não são controlados e se alastram até áreas do pantanal brasileiro, que nesta região, são susceptíveis a grandes queimadas. Aparentemente, a incidência de focos de incêndio é maior nas áreas de pantanal de solo arenoso do que em pantanais de solos argilosos (Matos, 2014), o que parece estar relacionado com a topografia e hidrologia da região. Por exemplo, há maior incidência de focos de incêndio em zonas mais altas e secas (Allem e Valls, 1987).

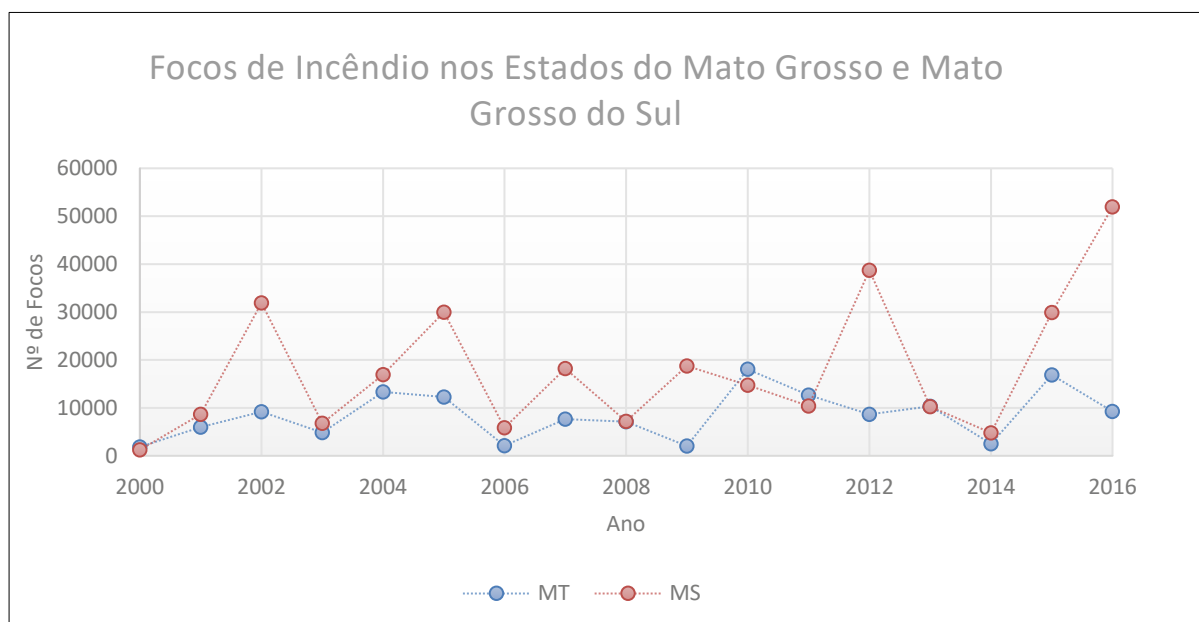


Figura 4. Quantitativo dos focos de incêndios no Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (2000 - 2016)

Os resultados analisados mostram que focos de incêndio ocorrem todos os anos, entretanto, há variação sazonal na ocorrência com maior frequência de focos de incêndio no período de seca do Pantanal e no período onde a média de chuva é menor (**Figura 5**). O mapeamento a partir da densidade e o estudo do levantamento espaço-temporal das queimadas no pantanal é de extrema importância, pois permite fazer a análise de onde o fogo tem ocorrido com maior frequência, qual a intensidade e proporção em que ocorre (**Figura 6**).

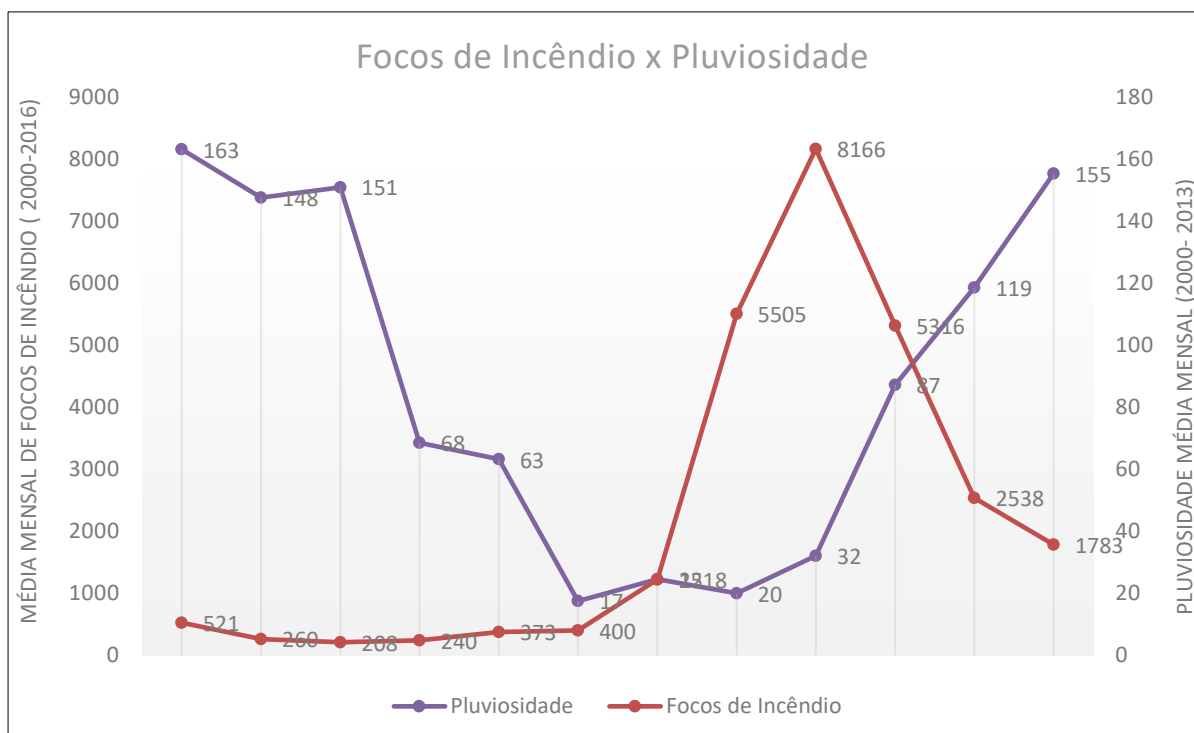
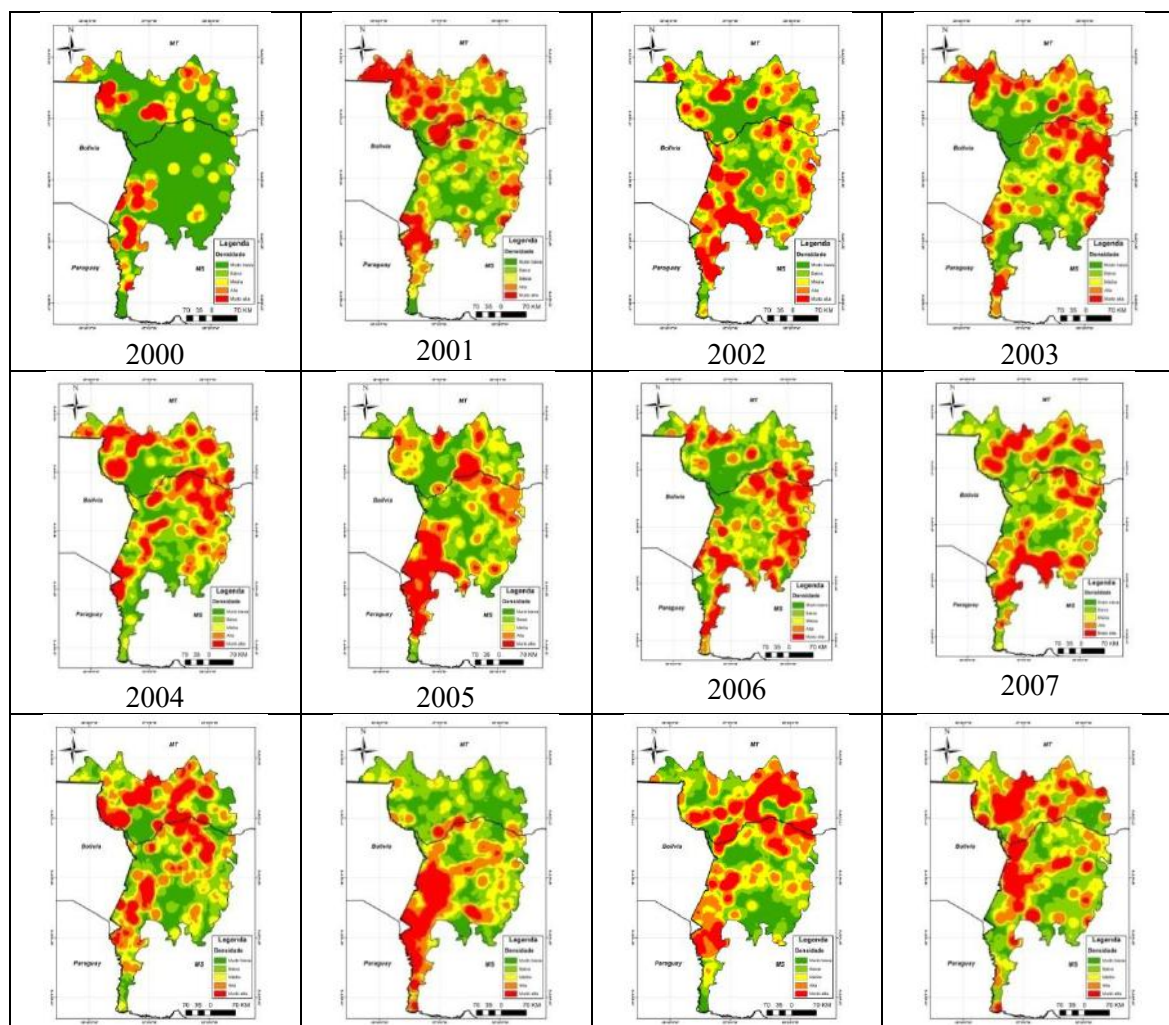


Figura 5. Relação dos focos de incêndio com a pluviosidade.

Em geral, queimadas extensas ocorrem no período seco, uma vez que no período chuvoso grande parte da região encontra-se inundada (PCBAP 1997), o que resulta em mudanças bem mais significativas na estrutura e composição florística da vegetação do que as queimadas ocorridas na época chuvosa (Miranda e Sato 2005). Entretanto, o regime de chuvas tem variado anualmente, o que pode representar variações no período de maior ocorrência dos focos de incêndio (**Figura 6**). Macedo e colaboradores (2009) registraram a diminuição do nível do rio Paraguai, devido à diminuição das precipitações de chuva em sua bacia, o que pode resultar em um conjunto de fatores favoráveis às queimadas nestas regiões.

Outros fatores podem influenciar na dinâmica de distribuição dos focos de incêndio na BAP, como a quantidade de material orgânico, vivo ou morto, acima do solo, capaz de entrar em combustão e o tipo de cobertura vegetal. Por exemplo, uma floresta aberta, com pouca deposição de material no solo, permite maior penetração dos raios solares e do vento, proporcionando aumento da temperatura do combustível e da taxa de evaporação, consequentemente, o potencial de propagação do fogo é maior evaporação (Soares e Batista 2007). Na região da BAP, algumas mudanças no ambiente, em decorrência de ações antrópicas, podem ter influenciado o aumento do número de focos de incêndio. Nas últimas décadas, o processo de ocupação humana e o crescimento das atividades antrópicas na região de Planalto têm alterado de forma drástica o bioma e o fluxo hídrico da Planície pantaneira (PCBAP 1997). A pecuária é a atividade antrópica mais representativa, seguida pela agricultura que tem se expandido principalmente nas áreas de antigas pastagens, ambas atividades associadas ao uso do fogo para o manejo da vegetação.



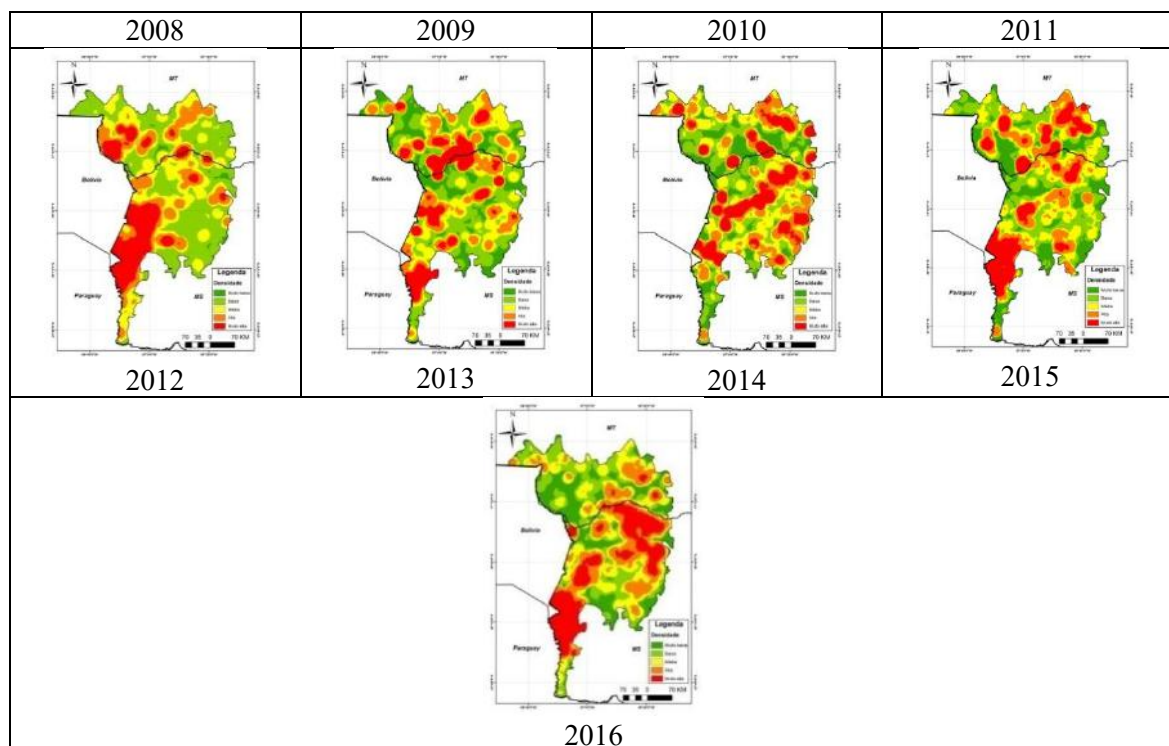


Figura 6. Mapas de densidade dos focos de incêndio do Pantanal (2000-2016).

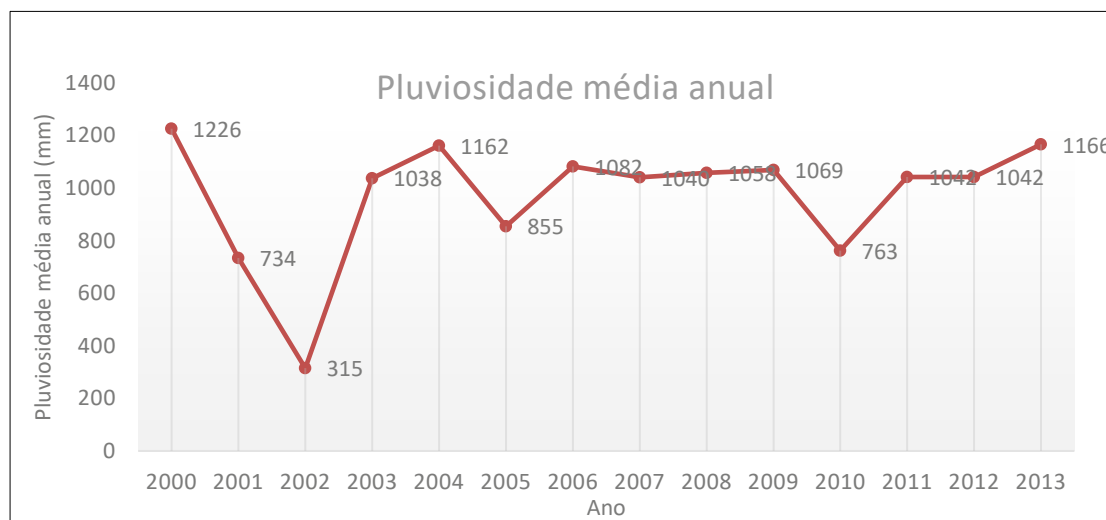


Figura 7. Pluviosidade do Pantanal (2000 - 2013)

Embora os impactos de queimadas recorrentes sobre a biodiversidade não tenham sido suficientemente documentados, a intensificação das queimadas deve ser considerada um fator de susceptibilidade desse ecossistema. Os impactos das queimadas sobre o Pantanal são de longo prazo e por isso as consequências sobre sua fauna e flora são praticamente desconhecidos. A análise da frequência e distribuição dos focos de incêndio demonstram a necessidade de novas investigações sobre seus padrões de ocorrência.

5. Conclusão

Os resultados obtidos reforçam a necessidade de preservação do bioma e atenção frente às queimadas, até mesmo pelo ritmo acelerado de crescimento de desenvolvimento da BAP que, direta ou indiretamente, tem influenciado no regime hídrico e na biodiversidade do Pantanal.

As queimadas ocorrem todos os anos e sua intensidade não segue um padrão, entretanto, estão extremamente ligadas ao regime hídrico da região, sendo menos frequentes no período úmido provocado pelas cheias e a aplicação do estimador de densidade Kernel, possibilitou a análise do espacial e distribuição dos focos de incêndio, gerando informações qualitativas acerca do pantanal, no período estudado. O uso de geotecnologias, técnicas e aplicações de sensoriamento e remoto e geoprocessamento tem se tornado um grande aliado no auxílio e quantificação no monitoramento dos focos, sendo importante para análise das áreas onde ocorrem as queimadas, principalmente nas áreas de difícil acesso como o pantanal.

6. Referências

- Allem, A. C.; Valls, J. F. M. Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense. Brasília: **EMBRAPA-CENARGEN**,. 339 p. 1987.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Rede hidrometeorológico básica**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. ARTIGO 19. Campanha global pela liberdade de expressão. Acesso à informação ambiental. (s/l). (s/d). Disponível em: <<http://artigo19.org/doc/CARTILHAAMBIENTALARTIGO19.pdf>>
- Assine, M. L.; Silva, A. Contrasting fluvial styles of the Paraguay River in the northwestern border of the Pantanal wetland, Brasil, **Geomorphology**, p. 189-199, 2009.
- Cardoso, V. C.; Sousa, S. A.; Biurdes, M. S.; Machado, N. G. **Focos de calor na região centro-oeste no período de 2006 até 2012**. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador/BA. Anais. 2013
- Collischonn, W.; Tucci, C. E.; Clarke, R. T. Further evidence of changes in the hydrological regime of the River Paraguay: part of a wider phenomenon of climate change? **Journal of Hydrology**, 245(1-4): 218-238. 2001.
- Cordeiro, M. B.; Facincani, E. M.; Paranhos Filho, A. C.; Bacani, M. V.; Assine, M. L. Compartimentação geomorfológica do leque fluvial do Rio Negro, borda sudeste da bacia do Pantanal (MS). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, volume 40 (2), 175-183, 2010
- Facincani, E. M.; Bacani, V. M.; Paranhos Filho, A. C.; Cordeiro, M. B.; Santos, R. M. Aplicação de geotecnologias na identificação geomorfológica do leque fluvial do rio Negro, borda sudeste da bacia do Pantanal, MS. In: **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Anais. 2011: 3499-3505
- Gonçalves, D. A.; Júnior, W. C. S.; Morelli, F. Identificação e delimitação de áreas queimadas no Pantanal. **Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.622-627.
- IBAMA – **Instituto Brasileiro do Meio ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. 2013 Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/prevfogo>> Acesso em: 09 de fevereiro de 2017.
- Macedo, H. A.; Silva, A.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J. **Avaliação das queimadas no Pantanal do Paraguai na região de Corumbá e Ladário, MS no período de maio de 2009**. Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 7-11 novembro 2009. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.452-459.
- Matos, N. M. 2015. **Incêndios florestais no bioma pantanal: dinâmica espacial e temporal entre 2003 e 2013**. Universidade de Brasília, Brasília.
- PCBAP. Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – Pantanal. Brasília: **Diagnóstico do Meio Físico e Biótico**. Ministério dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1349 pp., 1997.
- Ponce, M. V. et al. **Impacto Hidrológico e Ambiental da Hidrovia Paraná-Paraguai no Pantanal Matogrossense: Um estudo de referencia**. San Diego State University, Califórnia, 1995.
- Rodrigues, C. A. G.; Crispim, S. M. A.; Filho, J. A. C. **Queimada controlada no Pantanal**. (Documento 35). Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002.
- SFB. **Serviço Florestal Brasileiro**. 2014 Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/os-biomas-e-suas-florestas>> Acesso em: 09 de fevereiro de 2017.
- Silva, E. S. F.; Souza, C. A.; Leandro, G. R. S.; Galbiati, C. Evolução das feições morfológicas do rio Paraguai no Pantanal de Cáceres – Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geomorfologia** v. 13, n. 4, p. 435-442, 2012.

Silva, A. **Geomorfologia do Megaleque do rio Paraguai, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil.** Tese de doutorado (Programa de Pós – Graduação em Geociências e Meio Ambiente – UNESP) Rio Claro – SP, 2010.

Soares, R. V.; Batista, A. C. **Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo.** Curitiba: UFPR, 2007.

Sousa Junior, M. A.; Pardi Lacruz, M. S. Monitoramento de desastres naturais utilizando imagens MODIS - estudo de caso: Pantanal. In: I Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2006, Campo Grande. **Anais 1** Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Campinas; São José dos Campos: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 739-748, 2006.

SWARTS, F. A. **The Pantanal: understanding and preserving the world's largest wetland.** (ed.) 2000

Zani, H.; Assine, M.L. Paleocanais no megaleque do rio Taquari: mapeamento e significado geomorfológico. **Revista Brasileira de Geociências**, volume 41 (1), p.37-43, 2011