

## **Dinâmica espaço-temporal dos focos de calor na sub-região da Nhecolândia, Pantanal-MS**

Emerson Figueiredo Leite<sup>1</sup>

Rogério Rodrigues Faria<sup>2</sup>

<sup>12</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Rua Oscar Trindade de Barros, 740, Serraria

79.200-000, Aquidauana-MS

1emerson.leite@ufms.br

2roger.faria@yahoo.com.br

**Resumo:** Danoso ou benéfico, o fogo é um fenômeno que modifica as mais diversas paisagens. No Pantanal, sua utilização no manejo de pastagem natural é recorrente. O monitoramento deste evento tem sido alavancado a partir do sensoriamento remoto com a detecção dos focos de calor, e sua espacialização em mapas de pontos. Isso permite conhecermos, a partir de técnicas de geoprocessamento e da estatística, seu comportamento espacial e temporal. Desta forma, este artigo apresenta a dinâmica espacial e temporal das ocorrências de focos de calor na sub-região da Nhecolândia, Pantanal de MS. O resultado da análise apresenta informações importantes para o conhecimento do fenômeno bem como pode auxiliar no planejamento ambiental dessa importante sub-região do Pantanal.

**Palavras-Chave:** geoprocessamento, incêndios florestais, pecuária extensiva, fitofisionomia.

**Abstract:** Harmful or charitable, fire is a phenomenon that modify the most diverse landscapes. In Pantanal, its use in the pasture management is recurrent. The monitoring of this event has been leveraged from the remote sensing of hotspot detection and its spatialization in point maps. This enables us to know, through geoprocessing techniques and statistics, its spatial and temporal behavior. Therefore, this article presents the spatial and temporal dynamics of hotspot occurrences on the Nhecolândia subregion, in the Pantanal of MS. The result of the analysis shows important information to understand the phenomenon, as well as it can help the environmental planning of that important Pantanal subregion.

**Keywords:** geoprocessing, forest fires, extensive livestock, phytophysiology.

## 1. Introdução

Entre os diversos instrumentos que podem ser utilizados como auxiliar no preparo da terra, o fogo se destaca mais pelo seu uso ao longo da história e, até mesmo, pela sua participação na evolução do homem que pelo baixo custo de aplicação, tendo em vista a rapidez com que ele executa a sua principal tarefa: eliminar da área de interesse material vegetal indesejável (Ribeiro, 2009).

Soares (1984) destaca que é importante saber onde e quando ocorrem os incêndios. No primeiro caso para se definir as regiões de maior risco e estabelecer prioritariamente para estas regiões, programas mais intensivos de prevenção de incêndios. No segundo caso, para se estruturar os serviços de prevenção e combate dentro de limites economicamente viáveis.

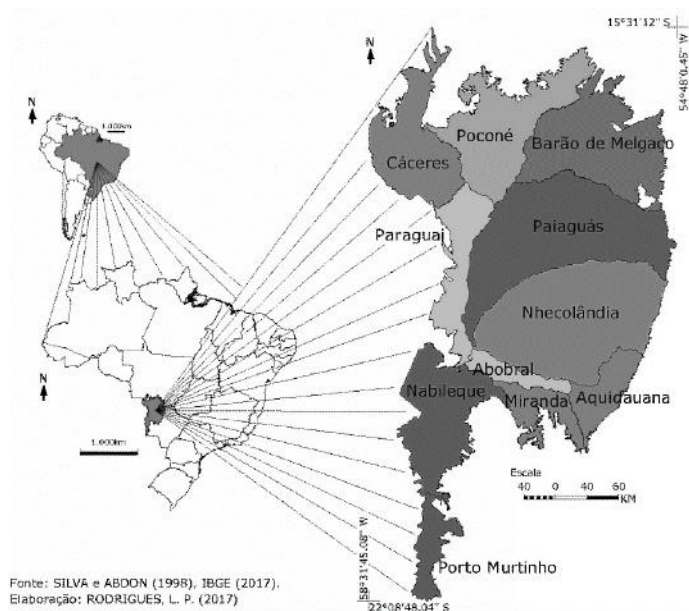
O fogo na paisagem não é sempre prejudicial aos interesses humanos, é um fator ambiental importante em vários ecossistemas terrestres, mesmo muito antes que o homem tentasse seu controle. Ele pode ser um fator limitante como regulador na paisagem (Biondi, 2009). No Pantanal, *p. ex.*, segundo Crispim et. al. (2003) o uso estratégico do fogo apresenta algumas vantagens para as pastagens nativas, melhora a composição botânica das pastagens, a qualidade da forragem, reduz a competição com os arbustos, além de parasitas e doenças endêmicas dos animais.

Historicamente a sub-região da Nhecolândia (**Figura 1**) é uma das mais importantes na criação extensiva do Pantanal em termos de número de rebanhos, com atividade econômica consolidada (Garagorry et. al., 2010). A oferta de recursos naturais é a base do sistema de produção pantaneiro e seu principal fator de sustentabilidade, sendo as forrageiras nativas o suporte principal para a atividade pecuária. A grande variedade de ambientes ocupados por diferentes espécies vegetais (gramíneas, leguminosas e ciperáceas), favorece a pecuária, permitindo maior seletividade de pastejo aos bovinos, embora dificulte o controle sobre o manejo da pastagem (Takashi et. al., 2010).

Pott (1982) *apud* Crispim et. al. (2003) explica que no sistema extensivo como o Pantanal, a utilização do fogo tem sido um instrumento importante para melhorar a qualidade da forragem produzida. A queima é realizada anualmente contudo, sua utilização é feita de forma seletiva e localizada, procurando eliminar ou conter a expansão de espécies indesejáveis e promover o rebrote das forrageiras de baixa aceitabilidade, sendo comumente queimadas as áreas de caronal (*Elyonurus muticus*), de capim fura – bucho (*Paspalum carinatum* e *P. stellatum*), de capim rabo – de – burro (*Andropogon bicornis*) e cerrado ralos.

A extensão espacial da ocorrência de queimadas em áreas tropicais e subtropicais da América do Sul torna o sensoriamento remoto orbital a mais viável e poderosa forma de monitoramento, entendimento e disponibilização de informações espaciais e temporais sobre as ocorrências de queimadas, além de quantificações da área e da biomassa afetadas pelo fogo,

fornecendo uma importante contribuição para o estudo de incêndios no meio ambiente e seus efeitos ecológicos, climáticos, bem como na química da atmosfera (França, 2005; Freitas, 2005).



**Figura 1.** Localização da sub-região da Nhecolândia no contexto dos Pantanaís

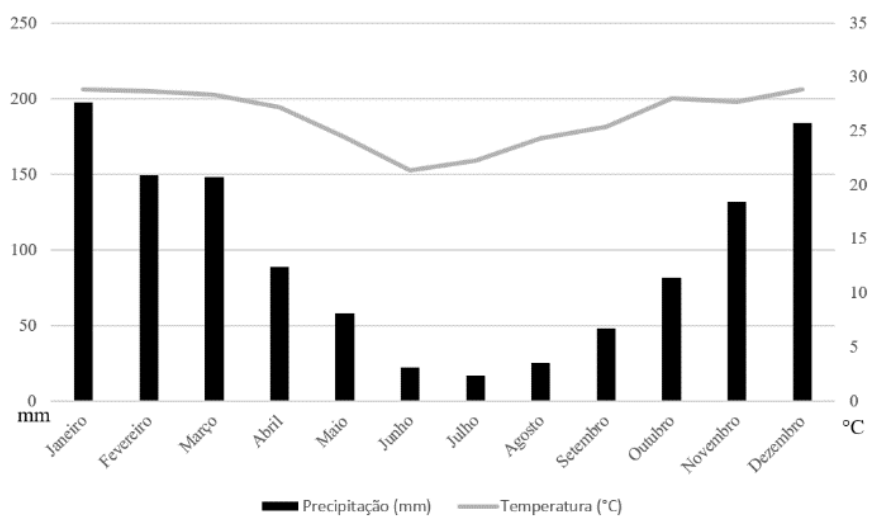
Costa e Brites (2004) esclarecem que as queimadas, provocadas ou acidentais, ocorrem com bastante frequência na região do Pantanal, e que a ocorrência de focos de queimadas, principalmente nos meses caracterizados por baixas quantidades de chuvas, aumenta consideravelmente, tornando difícil a tarefa de acompanhamento, delimitação precisa e controle das regiões atingidas, reforçando a importância desta análise.

## 2. Objetivo

Analisar a dinâmica espacial e temporal das ocorrências de focos de calor sobre a área da sub-região da Nhecolândia, Pantanal de MS, no período de 2007 a 2017.

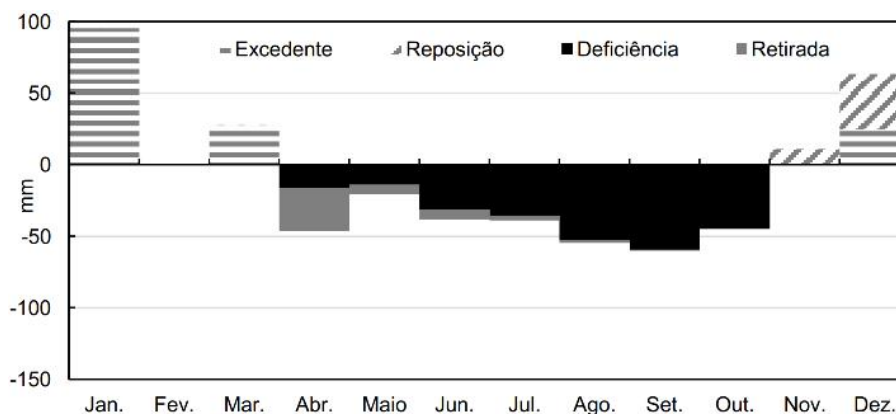
## 3. Materiais e Métodos

Considerou-se para análise do comportamento espaço-temporal dos focos de calor na sub-região da Nhecolândia, os dados climáticos dos trabalhos de Rodela e Queiroz Neto (2006) e Soriano et. al. (2017), dispondo de um climograma (**Figura 2**) das médias mensais de precipitação e temperatura, bem como a caracterização da dinâmica sazonal destas variáveis (**Tabela 1**) e do balanço hídrico (**Figura 3**).



**Figura 02.** Precipitação e temperatura - Fazenda Nhumirim, 1977 a 2005 (Rodela e Queiroz Neto, 2006).

Para comparação dos dados de uso e cobertura da terra, utilizaremos como referência os disponibilizados pelo Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) oriundos do Projeto GeoMS (2011) para o ano de 2007, e análise de imagem do satélite Landsat 8, sensor OLI, órbita/ponto 226/73 e 225/73, de 28/08/2017 e 22/09/2017, respectivamente. Foram utilizadas as bandas do Vermelho, IV Próximo e IV Médio, com os respectivos comprimentos de onda de 0,64 – 0,67  $\mu\text{m}$ , 0,85 – 0,88  $\mu\text{m}$  e 1,57 – 1,65  $\mu\text{m}$ .



**Figura 3.** Balanço Hídrico Climatológico normal a partir de dados médios de precipitação e temperatura de 1977 a 2015, estação Climatológica Nhumirim, sub-região da Nhecolândia, Pantanal/MS (Soriano, 2017).

A atualização do uso e cobertura da terra (**Figura 4**) seguiu a sequência metodológica de obtenção de dados orbitais, mosaico, processamento digital de imagens, correção geométrica, realce, Modelo Linear de Mistura Espectral, aplicação dos índices NDWI (*Normalized Difference Water Index*) e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), segmentação e classificação híbrida de imagem fração solo, NDWI e NDVI. Realizou-se um cruzamento matricial entre os dois produtos para a elaboração do mapa final de uso e cobertura da terra em 2017.

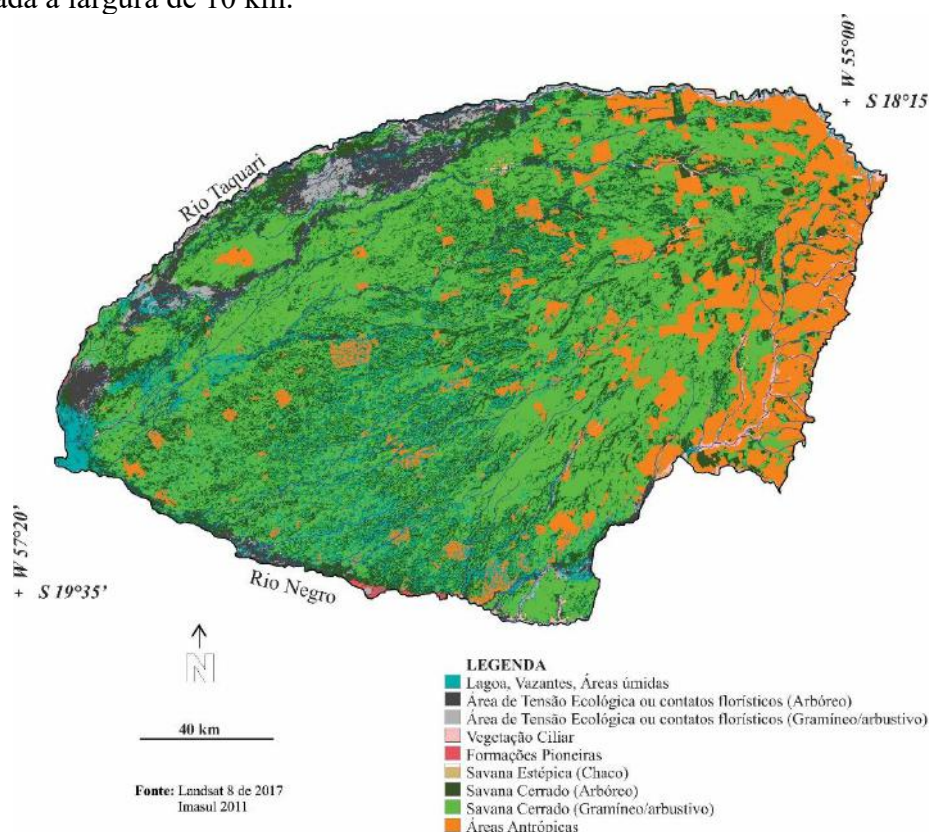
**Tabela 1.** Calendário anual de chuvas/inundação e seca

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Maior quantidade de chuvas			Chuvas Médias		Menos chuvas/ ausência de chuvas			Chuvas médias		Maior quantidade de chuvas	
Cheia/Umidade no solo (pico geralmente em fevereiro)			Final da cheia/ umidade no solo			Seca			Início da cheia/ umidade no solo		

Fonte: Rodela e Queiroz Neto (2006)

Os focos de calor utilizados nesta pesquisa foram obtidos no site do Inpe, disponibilizados em formato *shapefile* pelo projeto Queimadas, através de um banco de dados geográficos *on line*. Optou-se pelos dados dos satélites de referência. Foram analisados dados de focos de calor mês a mês, no período de 01/01/2007 a 31/12/2017. Os dados foram recortados para o limite da sub-região da Nhecolândia.

A esse conjunto de pontos dispostos em diversos planos de informação temático (mapa de pontos) no *software* Spring/INPE aplicou-se a análise Estimador de Densidade por Kernel para determinação do comportamento espacial. Conforme Câmara *et all.* (1996) estimar a intensidade de um padrão de pontos é como estimar uma densidade de probabilidade bivariada. Utiliza-se uma função bivariada, neste aplicativo um Kernel quártico, para se obter uma estimativa da intensidade do padrão de pontos. O que se faz é interpolar um valor de intensidade para cada célula de uma grade, considerando uma função, simétrica, centrada na célula utilizando-se para o cálculo os pontos situados até uma certa distância do centro da célula. Foi adotada a largura de 10 km.



**Figura 4.** Classes de uso e cobertura da terra na sub-região da Nhecolândia

Na análise da variação mensal dos registros de focos de calor, foi construído um gráfico de dispersão com os valores de média e desvio padrão. Ainda, para verificar o padrão de eventos de fogo foram montados histogramas circulares com a distribuição da frequência de focos de calor ocorridos no período analisado. O teste de Rayleigh (Z) calcula a probabilidade da hipótese nula, a qual sugere que os dados são distribuídos de maneira uniforme. Deste modo, um valor de probabilidade abaixo do nível de significância ( $<0.05$ ) indica que os dados não estão distribuídos uniformemente e mostram evidência de uma direção preferida. O mesmo teste ainda calcula a data média de evento de calor e a concentração (r) destes eventos em torno desta média. O comprimento do vetor no gráfico é relacionado com o valor de concentração (variando de 0 a 1), e a seta aponta para o ângulo médio (data média) da distribuição de frequências (Kovach 2004).

#### 4. Resultados e Discussões

Para os autores Rodela e Queiroz Neto (2006) e Soriano et. al. (2017), o clima da Nhecolândia é considerado subúmido megatérmico, como temperaturas do ar geralmente elevadas, de 19 a 28°C, e estação seca de mais de quatro meses/ano, apresentando média pluviométrica em torno de 1200 mm/ano.

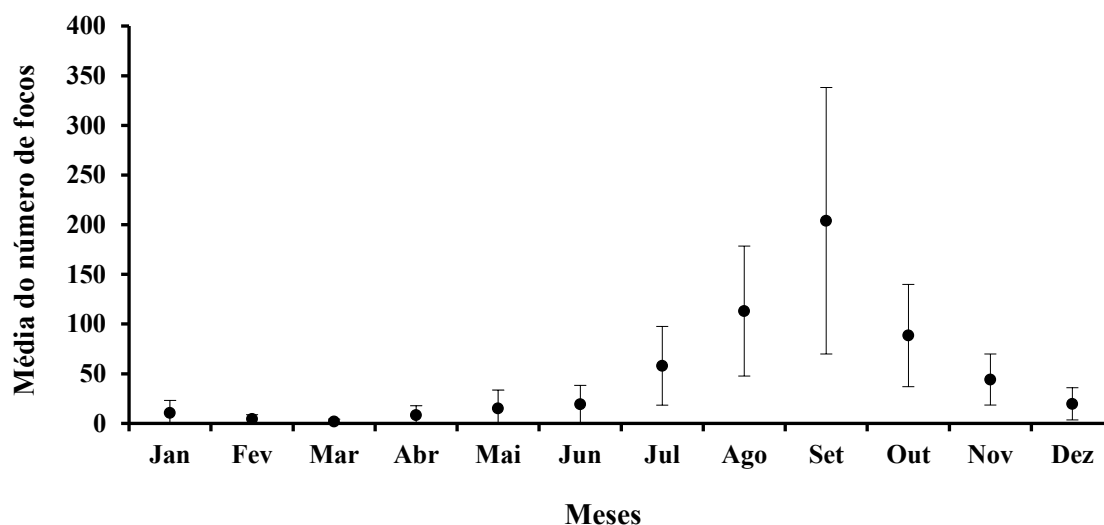
Conforme Rodela e Queiroz Neto (2006) os períodos de maior ou menor pluviosidade podem relacionar-se com os de inundação ou seca da planície pantaneira, de modo que as chuvas têm acarretando uma resposta rápida na umidade do solo e levantando o nível freático na região. Geralmente o período de maior pluviosidade corresponde aos meses de outubro a abril, e o período mais seco, de maio a setembro. Há variabilidade no início da estação chuvosa, que pode se iniciar com quantidades médias de chuvas, geralmente em setembro, ou mesmo em novembro/dezembro. Depois que se inicia a estação chuvosa, ainda podem ocorrer veranicos, geralmente em abril.

No período de novembro a março, o grande volume de precipitação, acumulado de 70% de toda a precipitação média anual, caracteriza a estação de reposição e excedente hídrico na sub-região da Nhecolândia, fator determinante para o baixo número de focos de calor (890), correspondendo a apenas 13% do total.

O número de focos começa a aumentar com o final da cheia e diminuição da pluviosidade na região a partir do mês de abril. Este mês também caracteriza o início do déficit hídrico. Considerando os meses de abril a junho, foram registrados 470 focos de calor (7%).

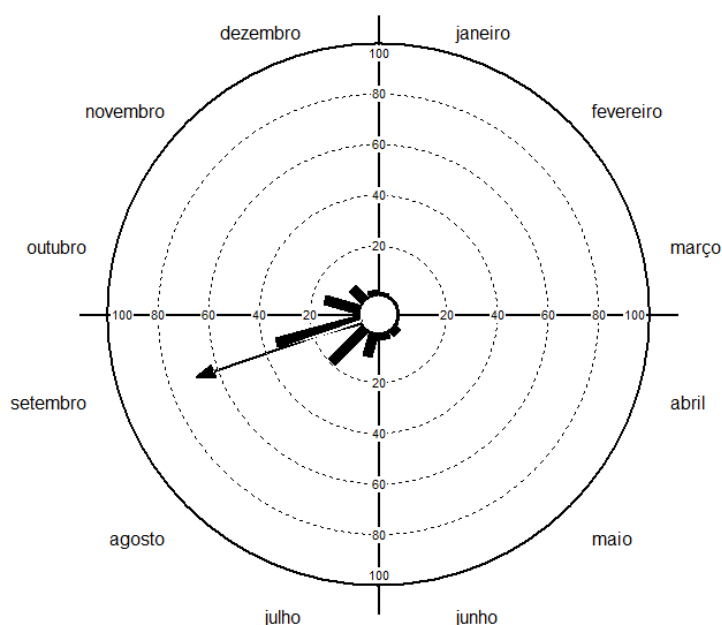
Na análise temporal, a concentração dos focos de calor nessa sub-região do Pantanal ocorre entre os meses de julho a outubro. São características do período pouca ou nenhuma precipitação e alto déficit hídrico. Foram registrados 5100 focos, correspondendo a 70% dos focos detectados no acumulado mensal de 2007 a 2017.

Ao longo do período analisado, constata-se que houveram registros de calor em praticamente todos os meses da série temporal referente aos anos de 2007 a 2017. As médias e desvios padrão dos registros mensais de focos de calor (**Figura 5**) apontam maiores valores para os meses de agosto ( $113,091 \pm 65,40$ ), setembro ( $204 \pm 134,12$ ) e outubro ( $88,455 \pm 51,46$ ) e os menores para fevereiro ( $4,545 \pm 4,25$ ), março ( $2 \pm 2,37$ ) e abril ( $8,364 \pm 9,44$ ) (Figura 1). A variação ao longo da série de 10 anos indica que nos meses com maiores médias e desvios, sobretudo são os meses com os valores máximos de registros de focos de calor.



**Figura 5.** Média e desvios padrão do número de focos de calor mensal entre os anos de 2007 a 2017 na sub-região da Nhecolândia, Pantanal-Sul (n=132).

O teste de Rayleigh (Z) (**Figura 6**) indicou que os eventos de fogo são sazonais, relacionados com a estação seca ( $Z=46,008$ ;  $p<0,0001$ ;  $n=101$ ), mais frequentes nos meses de agosto, setembro e outubro. O valor de sincronia ( $r$ ) foi de 0.68, o que indica uma alta concentração dos eventos de fogo em torno do pico de registros, que foi o mês de setembro. Por fim, a análise circular indicou o dia 26 de setembro como a data média dos eventos de fogo.



**Figura 6.** Histograma circular para os períodos de focos de calor entre os anos de 2007 e 2017, na sub-região da Nhecolândia (n=6459). Os eixos indicam a escala de frequências, as barras indicam a frequência de focos de calor a cada mês, a seta indica a data média de evento de calor, o comprimento da mesma indica o grau de concentração destes eventos.

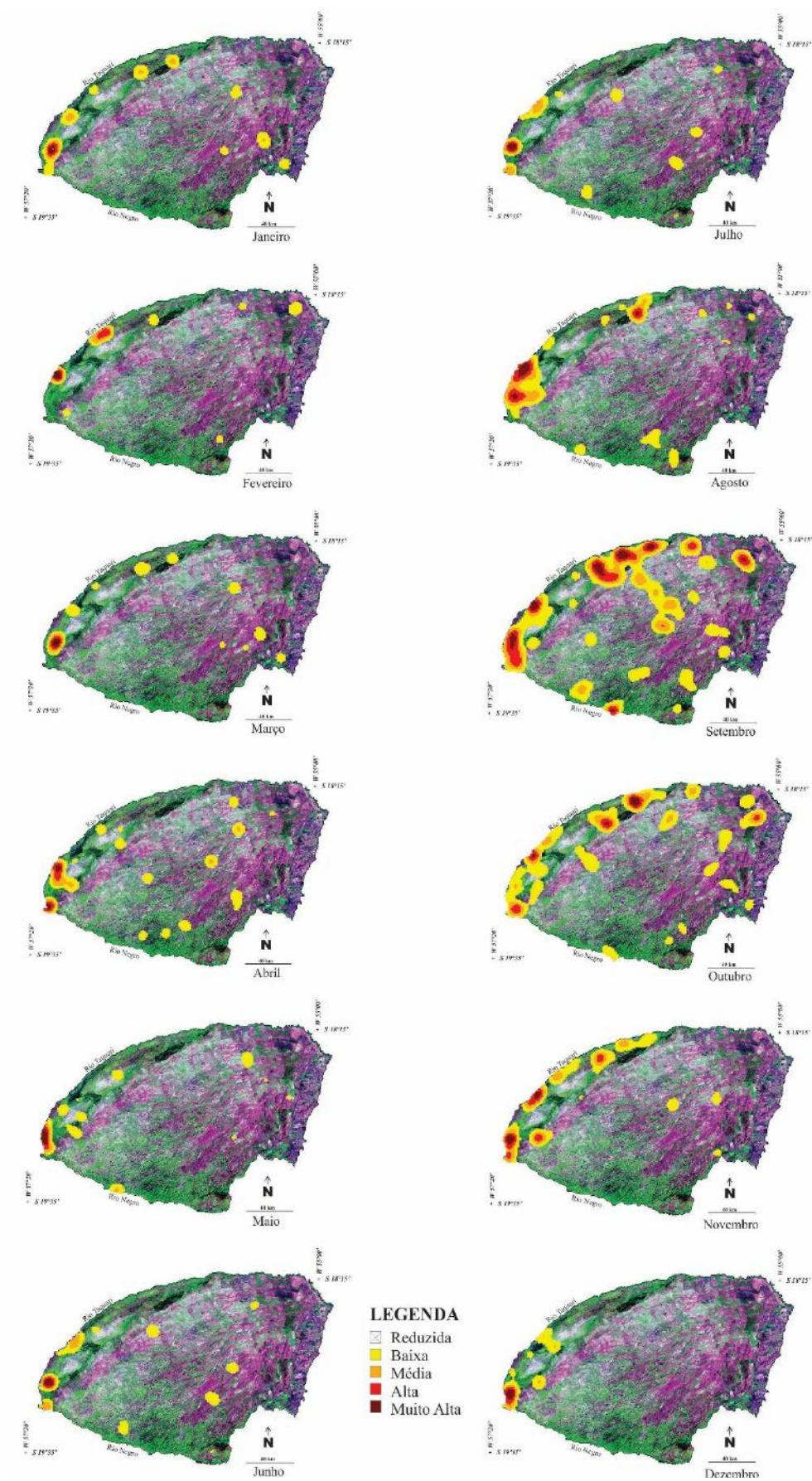


Figura 7. Densidade acumulada de focos de calor, total mensal do período de 2007 a 2017



Em relação ao comportamento espacial (Figura 7) os focos de calor se concentraram durante o período analisado na porção noroeste da Nhecolândia, notadamente em áreas de Savana-Cerrado e de Tensão ecológica. São áreas marcadas pela sazonalidade das cheias consequentes do extravasamento do Rio Taquari. Nestas áreas concentram, mensalmente, as classes de Baixa Densidade de focos a Muito alta. Nos meses de agosto a outubro há áreas com média a alta concentração de focos na porção nordeste, onde destaca-se como componente de uso do solo, áreas de campo e pastagem. Na porção centro-sudoeste da paisagem da Nhecolândia, a densidade de focos é reduzida, região onde concentram-se as lagoas entre cordilheiras com cerrado.

Nas áreas próximas à Serra de Maracaju, na porção leste, transição planalto-planície, onde apresentam longa faixa de ocupação antrópica mais intensa, com substituição das pastagens naturais e vegetação arbórea por pastagem cultivada, a ocorrência de focos de calor é de reduzida a baixa concentração.

## 5. Conclusões e sugestões

Conclui-se que a concentração dos focos no período analisado ocorre na porção noroeste da Nhecolândia, notadamente em áreas de Savana-Cerrado e de Tensão ecológica. Nessa região as cheias regulares ocorrem devido ao extravasamento do Rio Taquari. Há sempre material vegetal acumulado após o período da cheia, de forma que, o uso do fogo para o manejo de áreas pastoris é uma constante, que pode estar associado ao baixo nível tecnológico das propriedades.

Verificou-se a alta relação entre a maior quantidade de focos de calor com o período caracterizado como de déficit hídrico nessa sub-região.

Sugere-se analisar se a manutenção de lagoas mesmo no período seco na porção noroeste da Nhecolândia, nas proximidades do Rio Taquari, faz com que o pecuarista na utilização do fogo para o manejo de pasto, disponha de várias frentes de queima, culminando com maior número de focos de calor. Ainda, estudos que evidenciem a relação número de focos e áreas queimadas contribuiriam ao entendimento do fenômeno no Pantanal.

## 6. Agradecimentos

Apoio financeiro Governo do Estado de Mato Grosso do Sul, FUNDECT/CAPES, Edital 072/2016 Biota-MS Ciência e Biodiversidade.

## 7. Referências

Biondi, Daniela. O fogo e a Paisagem. In. Soares, Ronaldo Viana; Batista, Antônio Carlos; Nunes, José Renato Soares. **Incêndios Florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba, 2009. 246 pag.

Câmara, G; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. "Spring: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun., 1996.

Costa, Thomaz Corrêa e Castro da; Brites, Ricardo Seixas. A influência do Tamanho da Amostra de Referência na Exatidão de Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**. N° 56/02, 2004.

Crispim, S. M. A.; Cardoso, E. L.; Rodrigues, C. A. G.; Barioni Junior, W. Composição Química da Matéria Seca de um Campo de Pastagem Nativa Submetido à Queima, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Embrapa Pecuária Sul, Bagé, v.11, nº3, p. 157-162, 2003.

França, A. D.; Ferreira, J. N. Considerações sobre o uso de satélites na detecção e avaliação de queimadas. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **Anais...Goiânia: INPE**, 2005. p. 3017-3023.

Freitas, S.R.; Longo, K.M.; Dias, M.A.F.; Dias, P.L.S. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos avançados**, v. 19, nº. 53, p. 167-185, 2005.

Garagorry, Fernando Luís; Abreu, Urbano Gomes Pinto de; Filho, Homero Chaib; Barioni, Luis Gustavo. Concentração e movimentação da pecuária de corte no Bioma Pantanal, de 1990 a 2006. 5º Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal. 9 a 12 de Novembro de 2010, Corumbá-MS.

Imasul, Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. Geoprocessamento. 2017. Disponível em: [goo.gl/ejktzb](http://goo.gl/ejktzb) Acesso em: 18 nov. 2016.

Inpe. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Queimadas. Acesso em <https://goo.gl/jk6uFd>. 2018.

Kovach, W.L. **Oriana for Windows, version 2.0**. Kovach Computer Services, Pentraeth, 2004.

Lima, Arniely Emerique de; Carréra, Leonardo da Costa; Silva, Deivison Rodrigues da; Medeiros, Leidiane Ribeiro; Aguiar, Rodrigo Oliveira; Costa, Jamer Andrade da. Avaliação temporal e espacial das ocorrências de focos de calor em relação as estradas e ao desmatamento no município de Anapu, Pará. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR**. INPE/Santos - SP, 8 a 31 de Maio de 2017.

Ribeiro, Carlos Alexandre Damasceno; Borges, Tiago Sperandio; Senna, Rafael Salgado de; Xavier, Alexandre Cândido; Almeida, André Quintão de; Pezzopane, José Ricardo Macedo. Análise exploratória da relação entre focos de calor constatados de forma remota e risco de incêndio calculado. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 de abril de 2009, p. 2967-2974.

Ribeiro, Guido Assunção. A queima controlada no manejo da terra. In. Soares, Ronaldo Viana; Batista, Antonio Carlos; Nunes, José Renato Soares. **Incêndios Florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba, 2009. 246 pag.

Rodela, Luciana Graci; Queiroz Neto, José Pereira de; Estacionalidade do clima no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. **Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.126-135.

Santos, Luciano Conceição dos. Aplicação do estimador de densidade kernel na unida de de conservação do Cerrado para análise de focos de calor no Parque Nacional das Emas em Goiás. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR**. INPE/Santos - SP, 8 a 31 de Maio de 2017.

Soares, Ronaldo Viana. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em 1983. **Brasil Florestal**, N. 58, Abr./Mai./Jun. 1984, p. 31-42.

Soriano, Balbina Maria Araújo; Padovani, Carlos Roberto; Fernandes, Fernando Antônio; Fernandes, Ana Helena B. M. Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos no Pantanal da Nhecolândia, Brasil. **Anais...** Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (20.: 2017; Petrolina, PE; Juazeiro, BA). 2017.

Takahashi, Fábio; Abreu, Urbano Gomes Pinto de; Santos, Sandra Aparecida; Ortega, Enrique. Sustentabilidade do sistema extensivo de produção pecuária no Pantanal. **Anais...** 5º Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal. 9 a 12 de novembro de 2010, Corumbá-MS.