

NOTA TÉCNICA

ESTIAGEM E RISCO DE FOGO NO PANTANAL SUL

Análise preliminar para subsidiar ações de prevenção aos incêndios florestais no bioma

<https://www.sospantanal.org.br/> | Instituto Socioambiental da bacia do Alto Paraguai SOS Pantanal

A reprodução parcial ou total deste material é possível mediante a citação dele como referência bibliográfica.

Responsável técnica: Ananda Santa Rosa de Andrade
Capa: Diego Rugno Arruda

ABRIL/2022

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	4
2.1 Área de estudo	4
2.2 Chuvas	5
2.3 Meteorologia do fogo	6
2.4 Acúmulo de combustível orgânico	8
2.5 Frequência do fogo	8
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	9
3.1 Vulnerabilidade ao fogo	12
3.2 A publicação do decreto nº 15.654/2021	14
3.4 Proposta de ações para prevenção	15
4 CONSIDERAÇÕES	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1 INTRODUÇÃO

O Pantanal, localizado no coração do continente sul-americano, tem características marcantes, dada a cultura do pantaneiro, a beleza das áreas inundadas, o posicionamento de transição entre as zonas equatorial e tropical, e a presença de espécies do Cerrado e do grande Chaco.

Nos últimos anos, este bioma foi assolado por uma grande seca que culminou em diversos impactos socioambientais, como as reduções do fornecimento de água e frutos nativos (Observatório Pantanal, 2021), e o aumento dos incêndios florestais (Leal Filho et al., 2021).

Os incêndios florestais foram catastróficos nos anos de 2019, 2020 e 2021 em razão dos resultados negativos na fauna, flora e na socioeconomia local (Berlinck et al., 2021). Parte disto é explicado pelo acúmulo de combustível orgânico, que é resultado da política de restrição ao fogo (Martins et al., 2021) - salvo casos de queimas controladas com licenças ambientais emitidas. A outra parte, pelo aumento da ocorrência de incêndios criminosos.

O SOS Pantanal, dentro da sua missão de informar, promover e gerar diálogos para a conservação da biodiversidade e dos recursos naturais, está atento para evitar os incêndios no Pantanal, através de diversas ações de fortalecimento ao manejo tradicional e ecológico do fogo, do *advocacy*, da incidência política e da consolidação das brigadas florestais a partir do Programa Brigadas Pantaneiras (BPAN).

No último ano, a instituição viabilizou a capacitação de brigadistas e fez o monitoramento dos focos de calor, da meteorologia e das áreas queimadas. Ainda que estas atividades tenham surtido resultados positivos para coibir os incêndios no bioma pantaneiro¹ e promover uma resposta mais rápida, há uma preocupação sobre uma possível antecipação da seca no ano de 2022 (ECOIA,

¹ Está em vias de publicação um relatório do SOS Pantanal com estes resultados.

2022), já que esta pode propiciar a severidade e intensidade de fogo muito mais elevadas, principalmente se o combustível orgânico² estiver acumulado.

A urgente reorientação das políticas ambientais e da sociedade civil para provocar planos emergenciais de prevenção aos incêndios em 2022 é necessária, a fim de possibilitar ações e atividades em áreas privadas e públicas, como aceiros mecanizados, atividades educativas, rondas policiais, publicação de decretos de proibição de uso do fogo e aumentar a frota especializada do corpo de bombeiro e de brigadistas florestais.

Neste sentido, o objetivo desta nota técnica é avaliar o estabelecimento de uma seca antecipada e da vulnerabilidade no bioma Pantanal quanto aos incêndios, a partir de um estudo de caso na região que abrange parte do Pantanal sul. Especificamente:

- a) Avaliar áreas com maior quantidade de vegetação seca no mês de abril;
- b) Quantificar a área queimada nos anos de 2018 a 2021 e verificar a diferença, em porcentagem, do aumento de área afetada por fogo na região;
- c) Avaliar os resultados do índice de meteorologia de fogo nos meses de abril e maio;
- d) Indicar possíveis ações de prevenção para proteção do Pantanal contra os incêndios.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Área de estudo

A área de análise deste estudo compõe uma região prioritária de atuação do Programa Brigadas Pantaneiras (BPan), localizado no Pantanal sul, especificamente nos municípios de Aquidauana, Miranda e Corumbá, todas no estado do Mato Grosso do Sul.

² Alta quantidade de matéria orgânica acumulada, por exemplo.

A região é um ecótono entre o Cerrado e Pantanal, abriga importantes espécies da fauna e flora e é constituída por áreas privadas (fazendas) e pública (unidades de conservação estaduais). Nos últimos anos, ela foi bastante afetada pelos incêndios florestais. Localização da área na Figura 1.

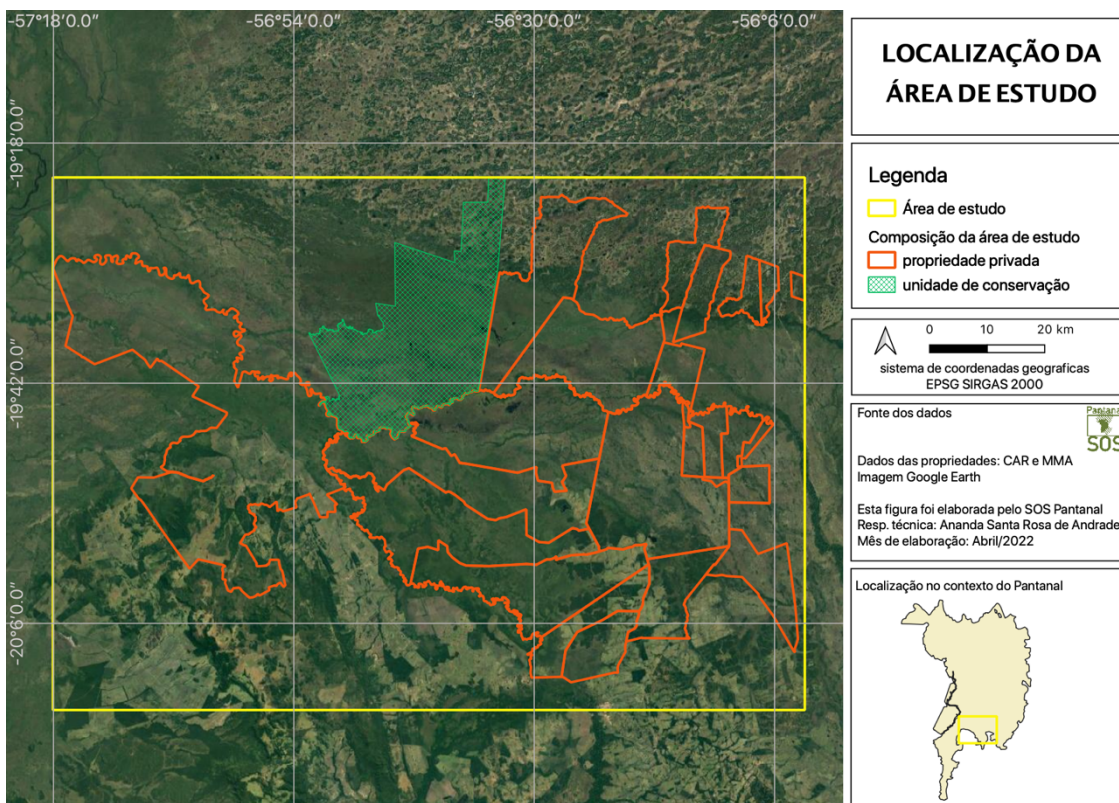


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.
[Elaboração: SOS Pantanal]

2.2 Chuvas

Foram analisados os gráficos, do tipo *boxplot*, com as climatologias de precipitação de 2021 e 2022 (até março) da região 97, a qual abrange parte do Pantanal Sul (Figura 2). Os dados são do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e estão disponíveis em <<http://clima1.cptec.inpe.br/evolucao/pt>>. A avaliação consistiu no entendimento da relação da quantidade total de chuvas mensais de outubro, novembro e dezembro de 2021 e janeiro, fevereiro e março de 2022, em relação à média climatológica de 1981-2010.

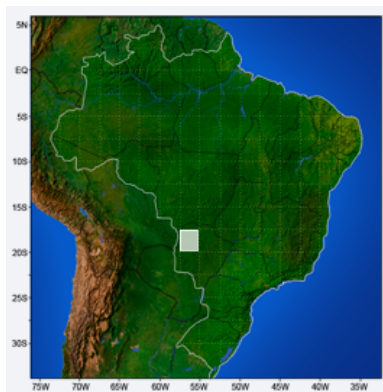


Figura 2. Localização da região 97 (quadrado branco na figura) no contexto do Brasil.
[Fonte: <http://clima1.cptec.inpe.br/evolucao/pt>]

2.3 Meteorologia do fogo

Foi utilizado o sistema do índice meteorológico de fogo (*fire weather index system – FWI*), dados mensais, com resolução espacial de 10km x 10km e disponibilizados pelo NASA Center for Climate Simulation <<https://portal.nccs.nasa.gov/datashare/GlobalFWI/v2.0/fwiCalcs.GEOS-5/Default/GPM.LATE.v5/>>³.

O sistema abrange diversos índices e dados (FFMC, DMC, DC, ISI, BUI e FWI), vide Figura 3, sendo o índice FWI, homônimo ao nome do sistema, o único utilizado neste estudo.

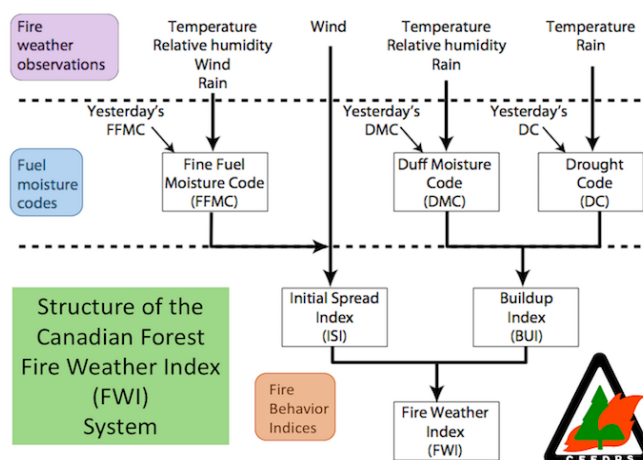


Figura 3. Fluxograma do Sistema FWI com a geração dos diversos códigos e índices

³ Acessado em 07 de março de 2022.

[Fonte: <https://www.nwccg.gov/publications/pms437/cffdrs/fire-weather-index-system>]

O FWI tem uso global e geralmente é utilizado pelo serviço florestal canadense para indicar o risco de fogo (Natural Resources Canada, n.d.) em relação aos dados meteorológicos e à qualidade do combustível orgânico.

Os dados foram recortados para o bioma Pantanal e relacionados para compreender a anomalia do risco de fogo, a partir do *shapefile* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que está na escala 1:250.000 e está em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>⁴.

A anomalia do risco de fogo (Xa) é a relação do dado mensal com o dado mensal histórico; isto é, se o risco de janeiro de 2022, fevereiro de 2022 e março de 2022 estão maiores, menores ou dentro do esperado a partir dos valores encontrados, respectivamente, nos janeiros, fevereiro e marços dos anos de 2015 a 2021. Os dados foram normalizados, conforme Fórmula 1.

$$Xa = \frac{X_{\text{mensal}} - X_{\text{min}}}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}} \quad \text{[Fórmula 1]}$$

Sendo: X_{mensal} , o valor de risco de fogo mensal por pixel; X_{min} , o valor mínimo da série do mês de janeiro ou de fevereiro, 2015 a 2021, por pixel; X_{max} , o valor máximo da série do mês de janeiro ou de fevereiro, de 2015 a 2021, por pixel.

Os resultados foram categorizados em conformidade com o Quadro 1.

Quadro 1. Classificação da anomalia de risco de fogo.

Anomalia mensal de risco de fogo	Valores
Dentro do esperado em relação ao período anterior	De 0 até 0.5 (De 0 até -0.5)
Muito acima do esperado (Muito abaixo do esperado)	De 0.6 até maior ou igual a 1.0 (De -0.6 até menor ou igual a -1.0)

[Elaboração: SOS Pantanal]

⁴ Acessado em 13 de abril de 2022.

2.4 Acúmulo de combustível orgânico

A quantidade de vegetação seca foi compreendida a partir de um modelo linear de mistura espectral (MLME). O MLME teve grande aceitação de gestores e povos tradicionais brasileiros para mapear áreas indicativas de alto acúmulo de combustível orgânico; por consequência, auxiliar na gestão de áreas para manejo, conforme Franke et al. (2018) e Oliveira et al. (2021). Por isto, também foi considerado como um procedimento metodológico deste trabalho.

A modelagem foi realizada com amostras (*endmembers*) para identificar três componentes principais no *pixels* - vegetação verde (RGB – red), vegetação seca (RGB – green) e solo exposto (RGB – blue) – com padrão de resposta espectral em bandas reamostradas para 30m das passagens de 03, 06 e 08 de Abril de 2022 do satélite Sentinel 2 – cenas 21KVU, 21KXU, 21KVT, 21KWT, 21KWU e 21KXT.

2.5 Frequência do fogo

Para avaliar a superfície atingida por fogo nos anos de 2018 a 2021, foram utilizados os dados do sistema ALARMES, que tem resoluções espacial e temporal, respectivamente, de 500m e diária, bem como reproduz o algoritmo BA-NET (Pinto et al., 2020). Os *shapefiles* foram obtidos através de solicitação formal, por e-mail, ao Laboratório de Aplicações de Satélites Ambientais (LASA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); após isto, acumulados anualmente, recortados em relação aos limites da área de estudo (Figura 1) e comparados, percentualmente, as diferenças anuais de detecção de área queimada de 2018 com as detecções de 2021.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

É indubitável o assunto sobre a seca que ocorre no Pantanal nos últimos anos. Diversos cientistas já publicaram sobre esta pauta (e.g. COMASTRI FILHO, 2019; MARENDÓ et al., 2021; LÁZARO et al., 2021; GARCIA et al., 2021; LIBONATI et al.; 2021) e a questão que ainda se reflete para todos (empreendedores, ambientalistas, jornalistas e sociedade civil) é a persistência deste fenômeno neste e nos próximos anos; por consequência, os possíveis impactos e a vulnerabilidade socioambiental.

Quanto a permanência do evento extremo, em outubro e novembro de 2021, a quantidade de chuvas foi bastante abaixo da média (mais próxima dos valores mínimos), sendo em dezembro, o acumulado de chuvas próximo da média. Nos primeiros meses de 2022, a redução das chuvas também foi uma realidade em todos os meses desta análise (Figura 4).

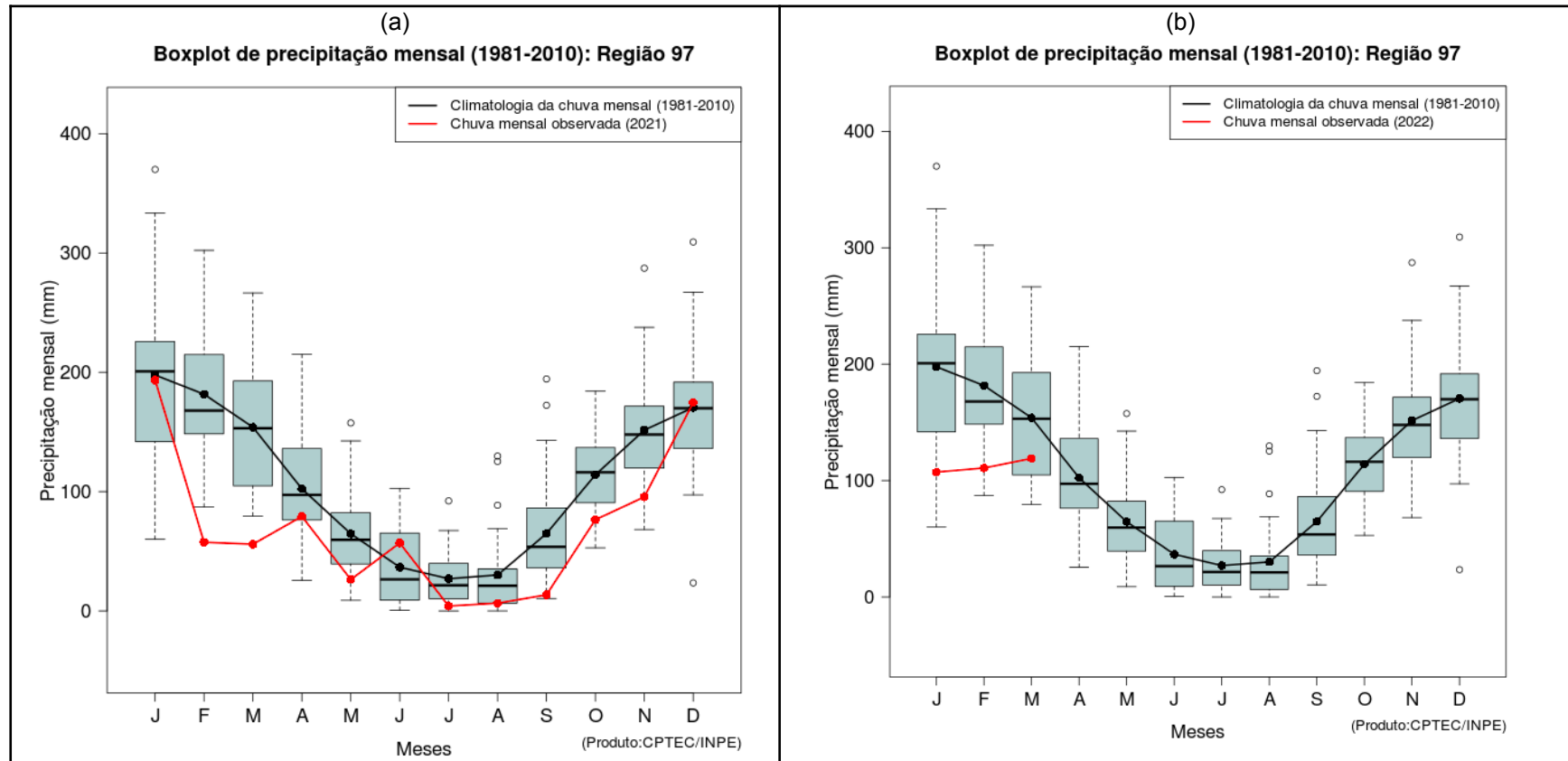


Figura 4. Boxplots de precipitação mensal de 2021 e 2022 comparados com a climatologia mensal de chuvas (1981-2010). Em (a), dados de 2021; em (b) dados de 2022. [Fonte: <http://clima1.cptec.inpe.br/evolucao/pt/>]

Em consenso às respostas encontradas na Figura 4, a anomalia de risco de fogo (Fire Weather Index) também foi muito acima do esperado, nos meses de janeiro e fevereiro de 2022, na região sudeste do Pantanal, em especial onde está localizada a área de estudo (Figura 5).

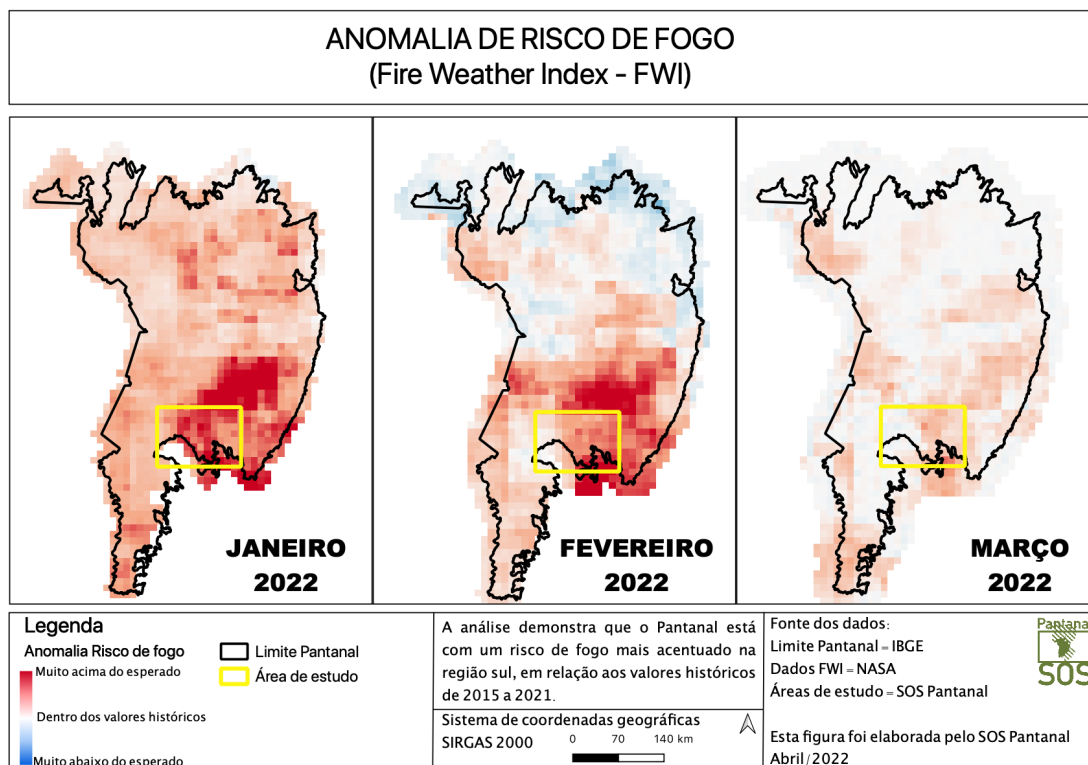


Figura 5. Espacialização da anomalia de risco de fogo nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2022 no bioma Pantanal. Em amarelo, a área de estudo da Nota Técnica [Elaboração: SOS Pantanal]

Apesar do mês de março de 2022 apresentar uma redução da anomalia do risco de fogo e ter valores dentro do esperado (Figura 5), a quantidade de chuvas em março não tiveram a devolutiva adequada para reduzir os estresses hídricos da vegetação e do solo, que estão acumulados desde outubro de 2021 em detrimento da redução dos valores de precipitação⁵. Como um dos resultados, somado à ausência do manejo cultural do fogo pelo pantaneiro, há uma quantidade elevada de vegetação seca na região (Figura 6).

⁵ Vide Figura 4.

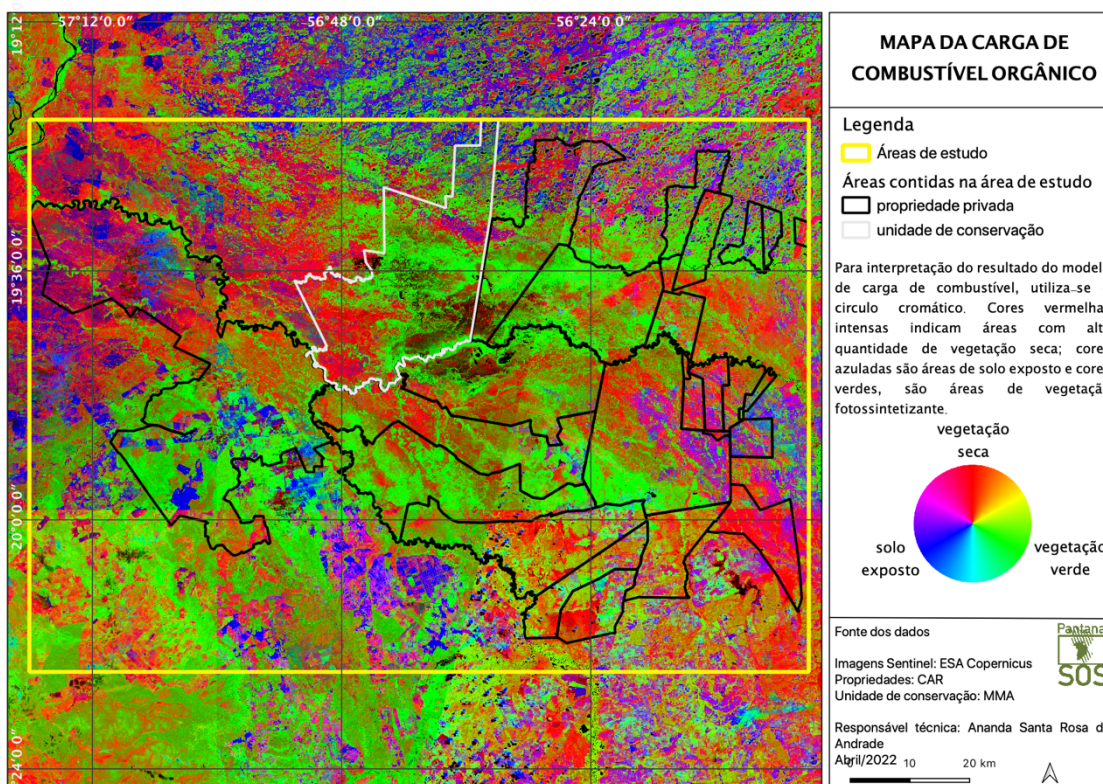


Figura 6. Análise da carga de combustível orgânico na área de estudo. As áreas em vermelho são as que estão com a maior quantidade de vegetação seca acumulada, conforme resposta espectral do modelo. [Elaboração: SOS Pantanal]

Há propriedades com acúmulo de vegetação seca bastante elevada e é preocupante a região noroeste do mapa, pois, em caso de incidência de fogo, pode ocorrer o adentramento das chamas em algumas fazendas.

A recorrência do fogo também pode resultar no aumento de áreas degradadas, já que houve o acometimento de fogo em 2019, 2020 e 2021. Neste sentido, a ocorrência de fogo em 2022 aumenta a vulnerabilidade das áreas.

3.1 Vulnerabilidade ao fogo

O indicativo da seca e da existência de incêndios passados aumentam a vulnerabilidade e a probabilidade da região sofrer com queimadas descontroladas em 2022. Comparando o ano de 2021 com o ano de 2018,

houve um aumento de 96.73% de áreas queimadas na região do estudo, o que é extremamente alarmante (Figura 7 e Quadro 2).

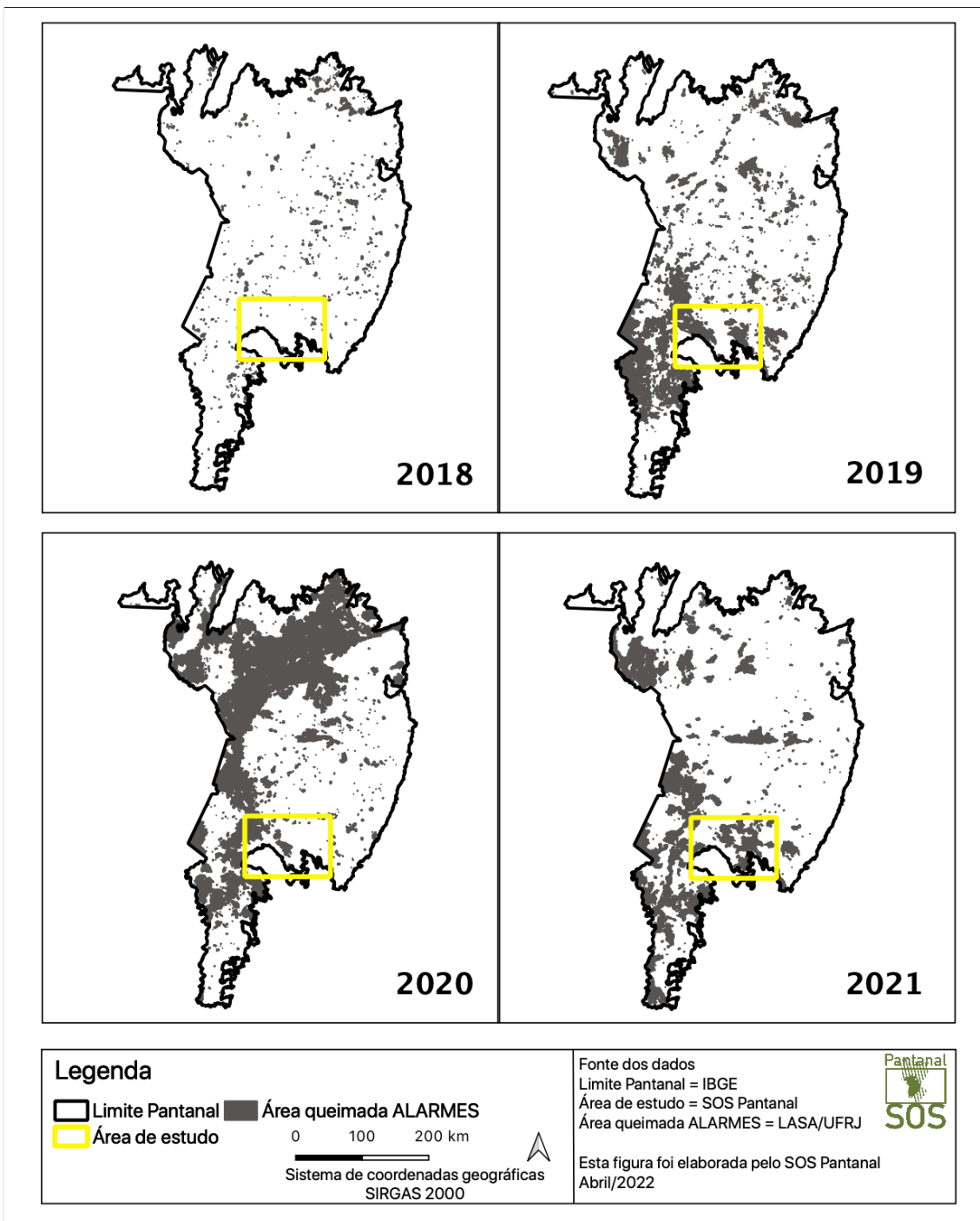


Figura 7. Área queimada no Pantanal, com destaque a área de estudo (em amarelo) no período de 2018 a 2021. Observa-se um aumento considerável, quando comparado ao ano base, 2018. [Elaboração: SOS Pantanal com dados do LASA/UFRF]

Quadro 2. Quantidade de área queimada anual e diferença (em %) de área queimada em relação ao ano de 2018 na área de estudo.

Ano	área queimada (ha)	%dif anual em relação à 2018
2018	8.610	-
2019	240.656	96.42%
2020	151.059	94.30%
2021	263.232	96.73%

Valores em hectares. [Elaboração: SOS Pantanal com subsídio dos dados do LASA/UFRJ].

Algumas das fazendas mais afetadas pelo fogo em 2021, em termos de superfície atingida, buscaram subsídios legais no Decreto nº 15.654 (Mato Grosso do Sul, 2021) para prevenir os incêndios a partir da formulação de Planos de Manejo Integrado de Fogo (PEMIF).

3.2 A publicação do decreto nº 15.654/2021

O decreto do Plano Estadual de Manejo Integrado do Fogo foi um importante instrumento para a normatização e legalização do manejo ecológico do fogo no Mato Grosso do Sul. A norma permite metodologias e técnicas para

“[...] prevenir e melhor se preparar para eventos extremos de seca e queimadas intensas, como os que foram registrados nos anos de 2019 e 2020 em nosso Estado” (IMASUL, 2021).

Com a publicação deste documento, o estado do Mato Grosso do Sul é pioneiro no país para subsidiar legalmente o manejo ecológico do fogo e o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) tem engajado importantes passos para a implementação desta política, especialmente pela abertura de diálogo com a sociedade civil⁶, consulta a pesquisadores especialistas deste tema e inserção [em andamento] de um novo requisito no Sistema IMASUL de Registros e Informações Estratégicas do Meio Ambiente

⁶ Desde janeiro deste ano, o IMASUL concedeu diversos espaços de discussão sobre este decreto à iniciativa privada e ao SOS Pantanal, em especial sobre a elaboração do plano estadual de manejo integrado do fogo, bem como para as reflexões necessárias sobre o manejo do fogo em áreas privadas.

(SIRIEMA) para cadastro e licenciamento dos planos estaduais de manejo integrado do fogo (PEMIF).

Ainda que entendemos que este processo demanda de um tempo para o estado efetivar a execução da normativa, principalmente em razão do decreto necessitar de alguns subsídios técnicos e por ele ter sido publicado no meio da emergência sanitária causada pela pandemia da COVID-19⁷, os resultados descritos neste estudo demonstram que a parte sul do Pantanal pode já estar em estado de emergência, com grande probabilidade de ocorrência de incêndios; portanto, com demanda de ações urgentes e preventivas tanto da sociedade civil como do governo federal e estadual.

3.4 Proposta de ações para prevenção

O Pantanal pode sofrer dois tipos de incêndios: antrópicos descontrolados e naturais descontrolados. Para o tipo natural, a origem é por descargas elétricas oriundas de raios no final da estação seca e início da estação chuvosa. No ano de 2021, inclusive, houve incêndios deste tipo na área de estudo e os resultados foram as cicatrizes detectadas na maioria das propriedades (Quadro 3). O segundo tipo é originado pela ação humana, em especial no período de estiagem.

Para ambos os casos, com a finalidade de evitar a propagação do fogo descontrolado, sugere-se que todas as fazendas façam cursos de capacitação para formação de brigadistas florestais junto ao Corpo de Bombeiros Militares do Mato Grosso do Sul (CBMMS), monitore regularmente as áreas através de dados satelitais, obtenham equipamentos e infraestrutura adequada - para casos de combate imediato - e informe às autoridades competentes se evidenciadas queimadas ilegais nas adjacências das propriedades.

⁷ A qual trouxe consequências, como mudanças de regime de trabalho dos servidores públicos e a redução de servidores em detrimento do acometimento pela doença.

A limpeza das cercas, conforme Art. 43 do Decreto 15.654/2021⁸, são também de responsabilidade dos proprietários e deve ser realizada para auxiliar na redução de vegetação e perda dos cercados. Os aceiros mecanizados de 20 a 40 metros de comprimento tem igual importância em caso de queimadas descontroladas de origem antrópica, já que cada fazenda não tem jurisdição sobre o uso do fogo nas áreas adjacentes. Aceiros desta largura, todavia, demandam de licença de supressão que deve ser providenciada junto ao IMASUL.

Além destas medidas de papel da sociedade civil, há sugestões ao poder público (seja estadual ou federal) de antecipar o período proibitivo de uso do fogo para o mês de maio de 2021, realizar força tarefa para licenciamento de supressão de áreas para confecção de aceiros para coibir o adentramento de fogo em propriedades rurais, realizar campanhas educativas e deflagrar uma operação de prevenção aos incêndios florestais com monitoramento contínuo das queimadas, fiscalização ambiental e rondas com apoio da polícia ambiental (a exemplo da operação APOENA do IBAMA)⁹.

4 CONSIDERAÇÕES

Conforme demonstrado nesta nota técnica, há uma seca antecipada na região do Pantanal sul ocorrendo há, pelo menos, 5 meses (outubro, novembro/2021, dezembro/2021, janeiro/2022 e fevereiro/2022), uma alta concentração de combustível orgânico em algumas áreas e uma preocupante vulnerabilidade na região, também constatada em visitas a campo.

Há meios de evitar este cenário em 2022, a partir de medidas que sejam de interesse comum à toda a sociedade civil pantaneira, assim como do poder

⁸ Disponível em: < https://www.tjms.jus.br/legislacao/public/pdf-legislacoes/decreto_n._15.654.pdf > Acessado em 25 abr. 2022.

⁹ Sobre a operação Apoena: Disponível em < <https://www.ecodebate.com.br/2015/04/14/ibama-deflagra-operacao-de-prevencao-ao-desmatamento-com-o-uso-do-fogo/> > Acesso em 24 Abr. 2022.

público. Medidas como a regulamentação dos Planos de Manejo Integrado do Fogo (decreto nº 15.654 de 2021) e a celeridade em licenças de supressão para confecção de aceiros se fazem cada vez mais necessárias e oportunas, além de alinhadas com a visão do Estado em neutralizar suas emissões até 2030.

O Instituto SOS Pantanal se coloca à disposição para cooperar tecnicamente com o Governo do Estado e com os produtores e comunidades pantaneiras para somar a estas ações e reduzir a probabilidade de ocorrência de incêndios no bioma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERLINCK, C. N. et al. The Pantanal is on fire and only a sustainable agenda can save the largest wetland in the world. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 2021.

CANADA, N. R. **Canadian Wildland Fire Information System | Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System**. Disponível em: <<https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fwi>>. Acesso em 27 de Abr. 2022.

COMASTRI FILHO, José Aníbal et al. Estratégia para a alimentação de animais durante períodos de restrição de pastagens no Pantanal. 2019.

ECO.A. **Redução de chuvas na Bacia do Alto Paraguai é sinal de alerta para o Pantanal**. 2022. Disponível em: <<https://eco.a.org.br/reducao-de-chuvas-na-bacia-do-alto-paraguai-e-sinal-de-alerta-par-a-o-pantanal/>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

FRANKE, Jonas et al. Fuel load mapping in the Brazilian Cerrado in support of integrated fire management. **Remote sensing of environment**, v. 217, p. 221-232, 2018.

GARCIA, Letícia Couto et al. Record-breaking wildfires in the world's largest continuous tropical wetland: integrative fire management is urgently needed for both biodiversity and humans. **Journal of environmental management**, v. 293, p. 112870, 2021.

IMASUL. **Plano Estadual de Manejo Integrado do Fogo é legado para prevenir e combater incêndios em MS**. 2021. Disponível em: <<https://www.imasul.ms.gov.br/plano-estadual-de-manejo-integrado-do-fogo-e-legado->

para-prevenir-e-combater-incendios-em-ms/#:~:text=O%20decreto%20n%C2%BA%2015.654%2C%20que>. Acesso em: 09 abr. 2022.

LÁZARO, Wilkinson Lopes et al. Climate change reflected in one of the largest wetlands in the world: an overview of the Northern Pantanal water regime. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 32, 2020.

LEAL FILHO, Walter et al. Fire in Paradise: Why the Pantanal is burning. **Environmental Science & Policy**, v. 123, p. 31-34, 2021.

LIBONATI, Renata et al. Assessing the role of compound drought and heatwave events on unprecedented 2020 wildfires in the Pantanal. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 1, p. 015005, 2022.

MARENGO, Jose A. et al. Extreme drought in the Brazilian Pantanal in 2019–2020: characterization, causes, and impacts. **Frontiers in Water**, v. 3, p. 13, 2021.

MARTINS, Paula Isla et al. Prioritising areas for wildfire prevention and post-fire restoration in the Brazilian Pantanal. **Ecological Engineering**, v. 176, p. 106517, 2022.

OBSERVATÓRIO DO PANTANAL. **Seca no Pantanal começa causar impactos negativos**. 2021. Disponível em: <<https://observatoriopantanal.org/2021/06/01/seca-no-pantanal-comeca-causar-impactos-negativos/>>.

OLIVEIRA, Ubirajara et al. Modeling fuel loads dynamics and fire spread probability in the Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v. 482, p. 118889, 2021.