

**SISTEMA DE ALERTA DE RISCO DE INCÊNDIO NO PANTANAL COM
PREVISÃO ATÉ 3 DIAS FUTUROS**

**FIRE RISK ALERT SYSTEM IN THE PANTANAL WITH FORECASTS UP TO 3
DAYS IN THE FUTURE**

**SISTEMA DE ALERTA DE RIESGO DE INCENDIO EN EL PANTANAL CON
PREVISIONES HASTA 3 DÍAS**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n9-142>

Data de submissão: 12/08/2025

Data de publicação: 12/09/2025

Marcelo Gonçalves Narciso

Doutorado em Computação Aplicada

E-mail: marcelo.narciso@embrapa.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1175679097609016>

Balbina Maria Araújo Soriano

Doutorado em Agronomia

E-mail: balbina.soriano@embrapa.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9135002824951931>

Bruna Zamith Santos

Mestrado em Ciências da Computação

E-mail: bruna.zamith@hotmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/91754678091611015>

Ricardo Cerri

Doutorado em Ciência da Computação

E-mail: cerri@icmc.usp.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6266519868438512>

RESUMO

No Pantanal, no território nacional, situado nos Estados MS e MT, todos os anos, acontecem diversos focos de incêndios. A seca prolongada, a matéria orgânica seca e faíscas ou fogo podem causar incêndios de variadas proporções. Para ajudar no combate de incêndio no Pantanal, foi desenvolvido um sistema de predição de incêndios, acessado pela web, chamado Saripan. Este sistema, anteriormente, previa o risco de incêndio para cada município da região do pantanal até o dia atual. Porém, em sua nova versão, o sistema agora pode mostrar até 3 dias futuros o risco de incêndio com probabilidade alta de acerto. Isto se deve a um sistema que faz predição de dados climáticos, usando algoritmo de machine learning (aprendizado de máquina), a partir de pelo menos 20 anos de dados climáticos históricos diários. Com estes dados, o sistema aprendeu como os dados climáticos variam no tempo para os municípios da região do Pantanal. Desta forma, com dados climáticos preditos, e usados em cálculo de risco de incêndio, o sistema Saripan poderá predizer para até 3 dias o risco em qualquer município do Pantanal. Este trabalho descreve este sistema, o Saripan, com a função de predizer o risco de incêndio, até 3 dias a contar do dia atual, com boa porcentagem de acertos, em torno de 90%.

Palavras-chave: Incêndio. Sistema de Informação. Predição de Risco. Pantanal.

ABSTRACT

In the Pantanal, located in the states of Mato Grosso do Sul and Mato Grosso, several fires occur every year. Prolonged drought, dry organic matter, and sparks or fire can cause fires of varying magnitude. To aid in firefighting in the Pantanal, a web-based fire prediction system called Saripan was developed. This system previously predicted the fire risk for each municipality in the Pantanal region up to the present day. However, in its new version, the system can now predict fire risk up to three days in the future with a high probability of accuracy. This is thanks to a system that predicts climate data using a machine learning algorithm based on at least 20 years of daily historical climate data. With this data, the system learned how climate data varies over time for the municipalities in the Pantanal region. Thus, using predicted climate data and used to calculate fire risk, the Saripan system can predict fire risk for up to three days in the future in any municipality in the Pantanal. This paper describes this system, Saripan, which predicts fire risk for up to three days from the current day, with a good accuracy rate of around 90%.

Keywords: Fire. Information System. Risk Prediction. Pantanal.

RESUMEN

En el Pantanal, ubicado en los estados de Mato Grosso do Sul y Mato Grosso, Brasil, se producen varios incendios cada año. La sequía prolongada, la materia orgánica seca y las chispas o el fuego pueden provocar incendios de diversa magnitud. Para facilitar la lucha contra incendios en el Pantanal, se desarrolló Saripan, un sistema web de predicción de incendios. Este sistema predecía previamente el riesgo de incendio para cada municipio de la región del Pantanal hasta la fecha. Sin embargo, en su nueva versión, el sistema puede predecir el riesgo de incendio con una alta probabilidad de precisión hasta tres días después. Esto se debe a un sistema que predice datos climáticos mediante un algoritmo de aprendizaje automático basado en al menos 20 años de datos climáticos históricos diarios. Con estos datos, el sistema aprendió cómo varían los datos climáticos a lo largo del tiempo en los municipios de la región del Pantanal. Por lo tanto, utilizando los datos climáticos predichos y utilizados para calcular el riesgo de incendio, Saripan puede predecir el riesgo de incendio con una probabilidad de hasta tres días después en cualquier municipio del Pantanal. Este artículo describe el sistema Saripan, que predice el riesgo de incendio hasta tres días después del día actual, con una precisión cercana al 90 %.

Palabras clave: Incendio. Sistema de Información. Predicción de Riesgos. Pantanal.

1 INTRODUÇÃO

O Pantanal é uma das maiores áreas alagáveis do planeta e um dos biomas mais ricos em biodiversidade do Brasil. Localiza-se na região Centro-Oeste, no Brasil, e é conhecido por suas paisagens únicas, ciclos de cheias e secas e enorme importância ecológica. O Pantanal é uma planície alagável que se situa no Brasil (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), na Bolívia e no Paraguai. O Pantanal se encontra na bacia hidrográfica do Rio Paraguai e é considerado a área úmida continental mais preservada do mundo. Como características principais, o bioma do Pantanal tem elementos do Cerrado, Amazônia e Mata Atlântica, clima Tropical com estação seca e estação chuvosa bem definidas, cheias sazonais que inundam 80% da planície, Campos, savanas, matas ciliares e florestas tropicais, e possui fauna com animais diversos como onça-pintada, jacaré-do-pantanal, capivara, tuiuiú, tamanduá-bandeira, etc. O Pantanal é reconhecido como reserva da biosfera pela UNESCO (2000), patrimônio natural mundial, conta com áreas protegidas, como o Parque Nacional do Pantanal Matogrossense, e abriga terras indígenas e comunidades tradicionais, como ribeirinhos, pescadores e pantaneiros. Apesar de ser relativamente preservado, o Pantanal sofre com incêndios florestais (naturais e criminosos); desmatamento para agropecuária; construção de hidrelétricas e barragens; mudanças climáticas e eventos extremos de seca; contaminação de rios por agrotóxicos.

Com respeito a focos de incêndios, foi desenvolvido um sistema de alerta de risco de incêndio para o Pantanal, lado brasileiro, conhecido por Saripan, disponível em www.cnpaf.embrapa.br/saripan. Esse sistema mostra o risco em função de variáveis climáticas através da fórmula de Monte Alegre ou (FMA). Esta fórmula é função da umidade relativa do ar e precipitação e foi a que melhor descreveu o risco de incêndio, após uma análise com várias outras fórmulas como a de Telycin, FMA modificado, Nesterov e Angstron (Soriano et al., 2016). A proposta do sistema Saripan inicial era dar o resultado para o dia corrente. Porém, quando uma estação meteorológica está com algum problema, ela pode não fornecer os dados do dia, e as estações virtuais, como o sítio da Nasa Power (NASA, 2025), podem fornecer dados climáticos de dias anteriores ao dia atual apenas. Desta forma, alguns municípios poderiam ter suas previsões de risco para um dia ou dois de atraso. Uma forma de resolver este problema foi a construção de um sistema que pudesse predizer os dados climáticos de dias faltantes, até a data atual, para que então a predição do dia atual pudesse ser feita. Além disso, com a predição de dados climáticos de dias após a data corrente, poderia ser viável predizer o risco para dias após o dia atual. Esta predição foi feita, usando-se 20 anos de dados climáticos do passado para treinar o um algoritmo de machine learning a predizer os dados climáticos dos dias faltantes e também dos dias futuros. Este algoritmo de predição e a adição deste algoritmo ao Saripan é descrito neste trabalho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi feita uma pesquisa sobre quais métodos mais conhecidos para o cálculo de risco de incêndio, e os mais citados da literatura foram Fórmula de Monte Alegre ou FMA, Telecyn, Nesterov, Angstron e FMA modificado ou FMA+. Com dados de focos de incêndio e dados climáticos de vários anos no Pantanal, observou-se que o enfoque que mais se aproximou da realidade, em termos de predição de risco de incêndio, foi o FMA, conforme mostrado por (Soriano et al. 2025). Esta fórmula, que depende de dados de umidade relativa do ar e precipitação de dias anteriores ao dia atual, é simples de implementar computacionalmente. Para cada município do Pantanal, é necessário obter dados climáticos diários. As instituições ou sítios que oferecem dados diários que são disponíveis ao público são o INMET (INMET, 2025), o Agritempo (AGRI, 2025) e a estação virtual da Nasa Power (NASA, 2025). Estas instituições oferecem dados diários, em teoria. Porém, caso alguma estação tenha algum problema ou aconteça atraso na divulgação de dados climáticos, a predição de risco de incêndio pode também sofrer atraso.

Para obter dados climáticos dos sítios citados, são usados scripts ou programas que rodam diariamente, durante a madrugada, e obtém os dados das instituições e sites citados anteriormente, INMET, Agritempo e Nasa Power. Os dados, ao serem coletados pelos scripts, são enviados a uma base de dados do sistema web Saripan. Estes dados são usados para o cálculo do risco de incêndio usando o FMA e posteriormente o sistema web Saripan mostra os riscos em um mapa. Os dados de risco podem ser também obtidos em uma tabela, em uma funcionalidade do sistema, e esta pode ser baixada pelo usuário para fins diversos.

O sistema web Saripan foi desenvolvido usando as linguagens PHP (Lourie, 2017) para back-end, e javascript (Flanagan, 2013) para front-end. Html e CSS (Duckett, 2014) são usados para apresentação de páginas do Saripan na web. O sistema de gerenciamento de banco de dados usado foi o MySQL (Duarte, 2019), para conter a base de dados sobre dados climáticos, dados sobre municípios e suas coordenadas, e demais dados importantes para apresentação de páginas e resultados.

Os dados de predição, que são usados pela fórmula de Monte Alegre, ou FMA, são gerados a partir de um sistema de software usando técnicas de machine learning, que aprende a predizer dados futuros de precipitação e umidade relativa do ar, para até 3 dias além da data atual, com dados históricos de 20 anos de cidades do Pantanal. Essas predições têm acurácia em torno de 90%. Este sistema de predição foi feito em python e está descrito em (Santos et al, 2023).

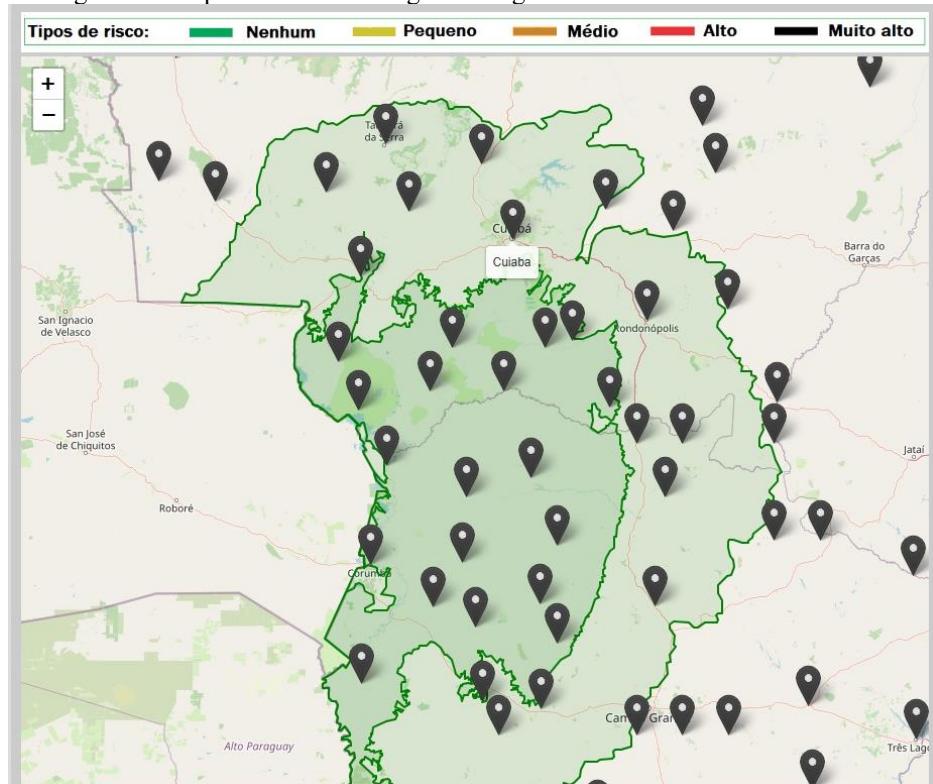
Para mostrar o mapa, o sistema Saripan usa uma API (**Interface de Programação de Aplicações**) de mapa conhecida por Leaflet (Leaflet, 2025). Este software é livre e não tem limites de acessos. Serviços de mapas como Google Maps (GOOGLE, 2025) e Here maps (Here, Technologies,

2025) não são completamente livres e possuem restrições de uso e modelos pagos, especialmente para usos comerciais, em sites, apps ou sistemas. Desta forma, visto que a API de mapas Leaflet atendia aos requisitos do Saripan, foi escolhida para ser a interface de mapas para mostrar graficamente o risco de incêndio no Pantanal.

3 RESULTADOS

O sistema Saripan mostra dados sobre risco de incêndio em um mapa, tal como está ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa do Pantanal e região com gotas indicando o risco de incêndio.

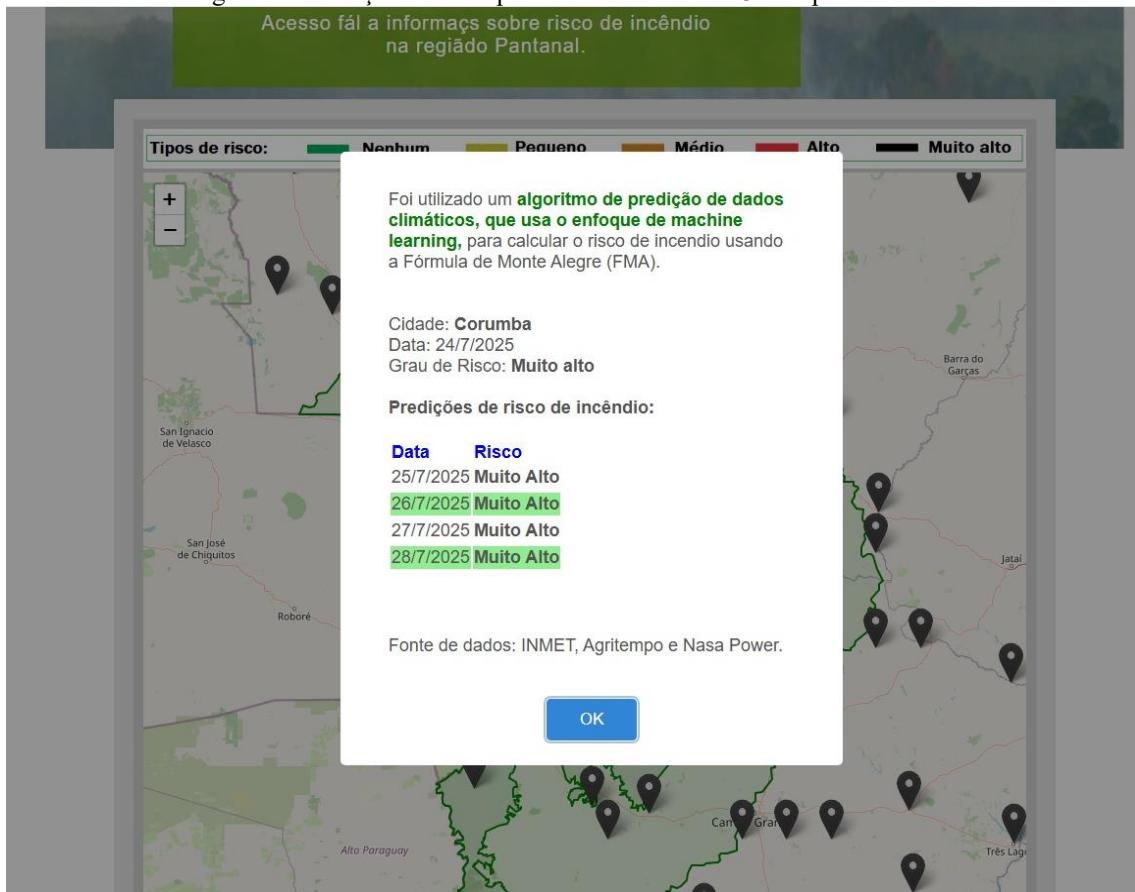


Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

Na Figura 1, que mostra a região do Pantanal brasileiro, cuja cor de fundo é um tom de verde mais escuro e com bordas. Na figura acima, observa-se que as gotas no mapa estão pretas. Isto indica um risco muito alto de incêndio. Na Figura 1, lado superior, observa-se uma escala de gotas, as quais correspondem a diferentes graus de risco de incêndio, que vai do verde (risco nulo) até preto (risco muito alto). Desta forma, facilmente pode-se ver o risco. Ao passar o mouse sobre a gota, pode-se obter o nome do município, para saber onde é o risco. Na Figura 1, pode-se ver a cidade de Cuiabá identificada, ao passar o mouse sobre ela. Quando uma gota, que representa um município, é clicada

duas vezes, aparecerá dados sobre o risco de incêndio. A Figura 2 ilustra os dados de predição para o município de Corumbá.

Figura 2 – Predição de risco para o dia atual e mais 3 dias para o futuro.



Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

A predição ilustrada na Figura 2 é graças ao sistema de predição de dados climáticos, descrito anteriormente. Este sistema foi utilizado para gerar dados (umidade relativa do ar e precipitação) e assim serem usados como entrada para a fórmula de Monte Alegre (FMA), para predizer os riscos de incêndio para datas de até 3 dias futuros, com boa acurácia (em torno de 90%). Este sistema de predição foi feito em linguagem Python (Hiller, 2018). Os dados gerados são enviados para a base de dados do Saripan diariamente. A partir destes dados, o sistema pode mostrar os riscos até 3 dias, conforme ilustrado na Figura 2.

O sistema Saripan contém também outras páginas que possibilitam o usuário a ter acesso a ajuda do sistema, para saber as funcionalidades do sistema, como interpretar os resultados, enviar mensagem para os desenvolvedores, e obter dados climáticos e o risco de incêndio, para cada dia, em uma determinada faixa de tempo, para cada município do Pantanal brasileiro, com a possibilidade de

usar outro método que não seja o FMA. A Figura 3 ilustra o menu do sistema, possibilitando o usuário interagir com as funcionalidades do Saripan.

Figura 3 – Menu do sistema Saripan.



Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

4 CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Desde a primeira versão do Saripan, os dados sobre umidade relativa e temperatura do ar, velocidade do vento e precipitação são obtidos através de sites como o INMET, Agritempo e Nasa Power. Em várias situações, como defeito em uma estação meteorológica, falta de comunicação com a estação, defeito em algum sensor da estação, etc., pode ser que algum dado climático falte para a data mais recente. Neste caso, o sistema preditor de dados climáticos, para os municípios da região do Pantanal, poderá fornecer dados como a temperatura do ar, umidade do ar, precipitação, velocidade do vento, e assim calcular outros índices de risco de incêndio, além de FMA, como Nesterov, Telycin, Angstron e FMA modificado ou FMA+, os quais necessitam também da temperatura do ar e velocidade do vento. Desta forma, o sistema Saripan poderá contornar atrasos de recebimento de dados climáticos e assim fornecer dados sobre risco de incêndio para pelo menos o dia atual.

O sistema Saripan também faz cálculos de outros índices, citados acima, além do FMA, porém não os mostra no mapa, mas em outra aba do sistema. O FMA foi escolhido como fórmula oficial de cálculo do Saripan devido a sua acurácia ser a maior, conforme descrito em (Soriano et. al., 2016). Estes índices, Nesterov, Telycin, Angstron e FMA+ também usam os dados preditos para obter os riscos

de incêndio para o caso de atraso de envio de dados das instituições citadas anteriormente (INMET, Agritempo e Nasa Power).

O sistema preditor pode ser usado em outros sistemas que usam dados climáticos citados anteriormente. Para isso, é preciso ter pelo menos 10 anos de dados históricos sobre as variáveis climáticas de interesse, para serem usados como entrada e assim gerar a predição. O Saripan não tem ainda todas as cidades cobertas com predição, mas com o tempo, todas as cidades do Pantanal e outras de MT e MS estarão também cobertas com predição até 3 dias. O levantamento de dados históricos precisos é um processo que demora um tempo, bem como o treinamento para gerar a predição, mas vale a pena usar este preditos. Mais informações podem ser vistas em (Santos, 2023).

REFERÊNCIAS

- AGRI. Agritempo. Disponível em <https://www.agritempo.gov.br/>. Acessado em: Ago, 2025.
- DUARTE, Adriana. *MySQL: guia prático*. São Paulo: Novatec, 2019.
- DUCKETT, Jon. *HTML e CSS: projete e construa websites*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2014.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <https://portal.inmet.gov.br/>. Acessado em: Ago, 2025.
- FLANAGAN, David. *JavaScript: o guia definitivo*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- GOOGLE. *Google Maps*. Disponível em: <https://maps.google.com>. Acessado em: Ago, 2025.
- HERE TECHNOLOGIES. *HERE WeGo Maps*. Disponível em: <https://wego.here.com>. Acessado em: Ago, 2025.
- HILLER, Fábio. *Python para desenvolvedores*. São Paulo: Casa do Código, 2018.
- LEAFLET. An open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps. Disponível em <https://leafletjs.com/examples/quick-start/>. Acessado em: Ago, 2025.
- LOURIÉ, David Sklar. *Aprendendo PHP*. 5. ed. São Paulo: Novatec, 2017.
- NASA. NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER). Disponível em <https://power.larc.nasa.gov>. Acessado em: Ago, 2025.
- SANTOS, B. Z.; SORIANO, B. M. A.; NARCISO, M. G.; SILVA, D. F.; CERRI, R. A new time series framework for forest fire risk forecasting and classification. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS (IJCNN), 2023, Queensland, Australia. **Proceedings**. Illinois: International Neural Network Society, 2023.
URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10191502>
- SORIANO, B. M. A.; Daniel, O.; SANTOS, S. A. Eficiência de Índices de Risco de Incêndios para o Pantanal Sul-Mato-Grossense. *Revista Ciência Floresta*, v. 25, n 4, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509820231>.
URL: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/issue/view/791>
- UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Disponível em: <https://www.unesco.org/>. Acessado em: Ago, 2025.