



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



Riscos de ocorrência de incêndios florestais na região da nascente do Rio Paraguai com base em índices climáticos

*Bruno Henrique Casavecchia¹; Leandro Jorge de Souza Alves¹; Adilson Pacheco de Souza²;
Diego Martins Stangerlin³*

¹ Engenheiro Florestal, Pós-Graduando em Ciências Ambientais, Instituto de Ciências Humanas, Naturais e Sociais - ICNHS, UFMT, Campus Universitário de Sinop. E-mail: brunohcasavecchiaef@gmail.com; leandrojsa193@gmail.com

³ Eng. Agrícola, Prof. Adjunto II, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais - ICAA, UFMT, Campus de Sinop. E-mail: adilsonpacheco@ufmt.br

Eng. Florestal, Professor Adjunto II, ICAA, UFMT, Campus de Sinop. E-mail: diego_stangerlin@yahoo.com.br

RESUMO: Objetivou-se nesse trabalho avaliar as probabilidades de ocorrência de incêndios florestais na região do Alto Paraguai (nascente do Pantanal) por meio de metodologias indicativas baseadas em variáveis meteorológicas. Foram avaliados os dados climáticos de 40 anos (1961 à 2010) de duas estações meteorológicas convencionais do BDMEP/INMET instaladas na região Central do Estado de Mato Grosso, denominadas: Cáceres (16,07° S e 56,45° W) e Diamantino (14,40° S e 57,69° W). Foram analisadas as variações da temperatura do ar (máxima, média e mínima), umidade relativa do ar (UR), precipitação (P) e insolação, que permitiram caracterizar o clima das duas estações, e ainda, aplicar os métodos da Formula de Monte Alegre (FMA) e as relações entre precipitação e evaporação potencial (EVAP – radiação no topo da atmosfera em equivalente de evaporação – mm dia⁻¹) (P-EVAP e EVAP/P). Observaram-se diferenças climáticas significativas entre as duas estações (Cáceres e Diamantino), com temperaturas médias mensais variando de 22,15 a 27,14°C e de 22,44 a 26,41°C; UR variando de 64,86 a 83,04% e de 59,33 a 84,88%, ambas em agosto e fevereiro, respectivamente; e precipitações médias anuais de 1220 e 1993 mm, respectivamente, com estações chuvosas de outubro a março. As metodologias avaliadas tendem a indicar maiores riscos de ocorrência de incêndios entre julho e setembro, em função do acúmulo de dias secos (ausência de precipitações e baixa umidade do ar). A região de Diamantino apresentou maior número de dias classificados com risco “alto” ou “muito alto” entre os meses de junho e agosto, independentemente da metodologia. As relações entre P e EVAP podem ser consideradas como uma boa ferramenta a ser aplicada em programas de combate e prevenção de incêndios florestais, pois demandam medidas de rotina apenas da precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: proteção florestal, impactos ambientais, séries temporais

Risks of forest fires occurred while the Paraguay River rising in the region based on climatic indices

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the probability of occurrence of forest fires in the Paraguay River Watershed region (the Pantanal springhead) through indicative methodologies based on meteorological variables. Evaluated the climatic data of 40 years (1961 to 2010) from two conventional weather stations of BDMEP/INMET installed in the Central region of State of Mato Grosso, called: Cáceres (16.07° S and 56.45° W) and Diamantino (14.40 S and W 57.69°). Were analyzed the changes in air temperature (maximum, average and minimum), relative humidity (RH), precipitation (P) and insolation, which allowed to characterize the climate of the two stations, and also apply the methods of Formula Monte Alegre (FMA) and the relationship between precipitation and potential evaporation (EVAP - radiation at the top atmosphere equivalent to evaporation - mm d⁻¹) (P-

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

EVAP and EVAP/P). There were significant differences in climate between the two stations (Cáceres and Diamantino), with average monthly temperatures ranging from 22.15 to 27.14 °C and 22.44 to 26.41 °C; relative humidity ranging from 64.86 to 83.04% and from 59.33 to 84.88%, both in August and February, respectively; and average annual rainfall of 1220 mm and 1993, respectively, with rainy season from October to March. The methodologies evaluated tend to indicate higher risks of fires between July and September, due to the accumulation of dry days (absence of rainfall and low humidity). The Diamantino region had the greatest number of days with risk ranked "high" or "very high" between the months of June and August, regardless of the methodology. The relations between P and EVAP can be considered as a good indicative to be applied in combat and forest fire prevention programs, as they demand routine measures only precipitation.

KEY WORDS: forest protection, environmental impacts, time series

INTRODUÇÃO

O Pantanal, uma das maiores planícies de sedimentação do mundo, ocupa grande parte do centro oeste brasileiro (189.000 km²) e está localizada entre os paralelos 16 e 22° S e os meridianos 55 e 58° W. As maiores contribuições hídricas são da bacia hidrográfica do Rio Paraguai com 107.400 km² e seus afluentes São Lourenço, Miranda e Taquari. A Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai tem como base a cota de 200m acima do nível do mar e, conforme o Dicionário Geográfico do IBGE, dos quais 63% em Mato Grosso do Sul e 37% em Mato Grosso.

A região do Alto Paraguai vem sofrendo grande interferência antrópica influenciada principalmente pela expansão da agricultura pecuária e do extrativismo. Associados às políticas públicas e às variáveis socioeconômicas, que dirigiram os processos de ocupação da região, historicamente ocorreram diferentes dinâmicas de uso e ocupação do solo, que por sua vez alteraram as características climáticas e fisiográficas regionais (SOUZA et al., 2013).

Dentre os meios iniciais de ocupação das áreas eram adotados como técnica de limpeza, o uso do fogo devido a sua facilidade de aplicação e baixo custo. Todavia, o fogo pode ser caracterizado como um dos principais meios de degradação ambiental em função do alto poder de destruição e principalmente pela velocidade de avanço (atingindo grandes áreas em curto intervalo de tempo). Por conseguinte, quando aplicado sem controle, devem ser compreendidas como ameaça potencial as florestas, propriedades rurais, áreas urbanas aos animais e aos seres humanos, e que de forma indireta, como um dos principais contribuintes a emissão de gases de efeito estufa.

A ocorrência de incêndios é dependente de diversos fatores, como tipologia florestal da região, quantidade de material combustível no solo de origem tanto da própria massa florestal como importado pelo vento de outras regiões, características topográficas e as características meteorológicas (umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade e direção dos ventos, evapotranspiração, precipitação e radiação solar). Contudo, para que um incêndio ocorra, não basta somente que esses fatores sejam favoráveis, também é necessário uma fonte de ignição para o processo de combustão (NUNES, 2006).

A adoção de indicativos de ocorrência de incêndios florestais pode ser considerada como uma ferramenta importante para o planejamento de programas de mitigação e controle, visto que, com a definição das épocas com maior probabilidade de ocorrência de incêndio, os esforços públicos e/ou privados podem ser concentrados nessas épocas e assim propiciando maiores taxas de sucesso.

Objetivou-se avaliar o comportamento de três metodologias indicativas do risco de ocorrência de incêndios florestais baseados em dados meteorológicos simplificados (temperatura do ar, evaporação e precipitação), para a região da nascente do Rio Paraguai (Pantanal).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados pertencem a uma Normal Climatologia (1961-2010) que foram obtidos através das estações meteorológicas convencionais dos municípios mato-grossenses de Cáceres-MT (latitude -16,07°S longitude -56,45°W) e Diamantino-MT (latitude -14,40°S longitude -57,69°W). Os dados foram coletados no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET - <http://www.inmet.gov.br>) através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Foram avaliadas as metodologias propostas por Monte Alegre (FMA) (1), Precipitação – Evapotranspiração (P – EVAP) e Evapotranspiração/Precipitação (EVAP/P), aplicadas através de planilhas eletrônicas do Microsoft Excel. As metodologias que são acumulativas tiveram seus valores diários somados com os valores antecedentes respeitando as suas restrições. Realizou-se análises por ano e calculou-se as médias dos percentuais de dias para cada classe de perigo.

A fórmula de Monte Alegre utiliza de forma direta a umidade relativa do ar, medida às 13h00min, e indiretamente, à precipitação diária (SOARES, 1972b). Por ser acumulativo no que se refere à umidade relativa, o índice está sujeito a restrições de precipitação (Tabela 1).

$$FMA = \sum_{i=1}^n (100 / H_i) \quad (1)$$

em que: FMA = Fórmula de Monte Alegre; H = umidade relativa do ar (%), medida às 13h00min; n = número de dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm.

O índice acumulativo P-EVAP, proposto por Sampaio (1991), relaciona a diferença entre a precipitação (P) e a evaporação (EVAP), ambas medidas diariamente, em mm. O índice utilizou as restrições do índice de Nesterov (Tabela 1), sugerido pelo autor.

$$P - EVAP = \sum_{i=1}^n P - EVAP \quad (2)$$

em que: P = somatório da precipitação no dia em mm; Evap = evaporação no dia em mm.

O índice EVAP/P (SAMPAIO, 1991) também é acumulativo e relaciona a divisão da evaporação pela precipitação, ambas obtidas em mm dia⁻¹. Para sua obtenção são utilizadas as restrições apresentadas na Tabela 5.

$$EVAP/P = \sum_{i=1}^n \frac{EVAP}{P} \quad (3)$$

A principal vantagem dos indicativos supracitados é a simplicidade, pois utilizam apenas duas variáveis meteorológicas de fácil obtenção (umidade relativa do ar e/ou precipitação/evaporação).

Tabela 1. Restrições das funções cumulativas dos índices de perigo em função da chuva diária.

Chuva do dia (mm)		FMA
$\leq 2,4$		Nenhuma
2,5 a 4,9		Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9		Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9		Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
$> 12,9$		Interromper o cálculo (FMA = 0) e recomeçar a somatória no dia seguinte.
Chuva do dia (mm)		P - EVAP
$\leq 2,0$		Nenhuma
2,1 a 5,0		Abater 25 % no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia.
5,1 a 8,0		Abater 50 % no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia.
8,1 a 10,0		Abandonar a somatória anterior e recomeçar novo cálculo, isto é, G = (d.t) do dia.
$> 10,0$		Interromper o cálculo (G=0), recomeçando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar.
Chuva do dia (mm)		P/EVAP
$< 1,0$		Não entra no cálculo
1,0-15,0		Dividir a EVAP/P da véspera pela chuva do dia
> 15		Interromper o cálculo, e recomeçar no dia seguinte ou quando a chuva cessar. No dia da chuva EVAP/P=0,00

A interpretação do grau de perigo estimado pelas metodologias é realizada por meio de uma escala de periculosidade (Tabela 2).

Tabela 2. Escala de perigo da Fórmula de Monte Alegre.

Valor de	Valor de P-EVAP	Valor de EVAP/P	Grau de
$< 1,0$	> 0	0	Nulo
1,1 a 3,0	0 a -10	0 a 40	Pequeno
3,1 a 8,0	-10 a -20	40 a 80	Médio
8,1 a 20,0	-20 a -50	80 a 200	Alto
$> 20,0$	< -50	< 200	Muito alto

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as médias dos valores acumulados nos anos de 1961 à 2010, da metodologias de indicação de perigo de incêndio de Monte Alegre (FMA), para as estações de Cáceres e Diamantino-MT, que representam a região do Alto Paraguai. Nota-se que os meses que apresentam os maiores valores dos índices ocorrem nos meses da estação seca da região (abril, maio, junho, julho, agosto e setembro). Nesses meses, a umidade relativa do ar apresenta os menores valores anuais. Esses resultados corroboram com os resultados encontrados por Souza et al. (2012), que em estudo para toda a região Norte e Noroeste do Mato Grosso, observaram relações inversas ao comportamento anual da umidade relativa do ar. Por conseguinte, observa-se que para ambas cidades, a eficiência da predição do índice depende da confiabilidade na obtenção da umidade relativa do ar e que menores valores de umidade relativa do ar ocorreram em dias que apresentaram maiores valores de temperatura média diária, permitindo assim, correlações diretas com essa variável.

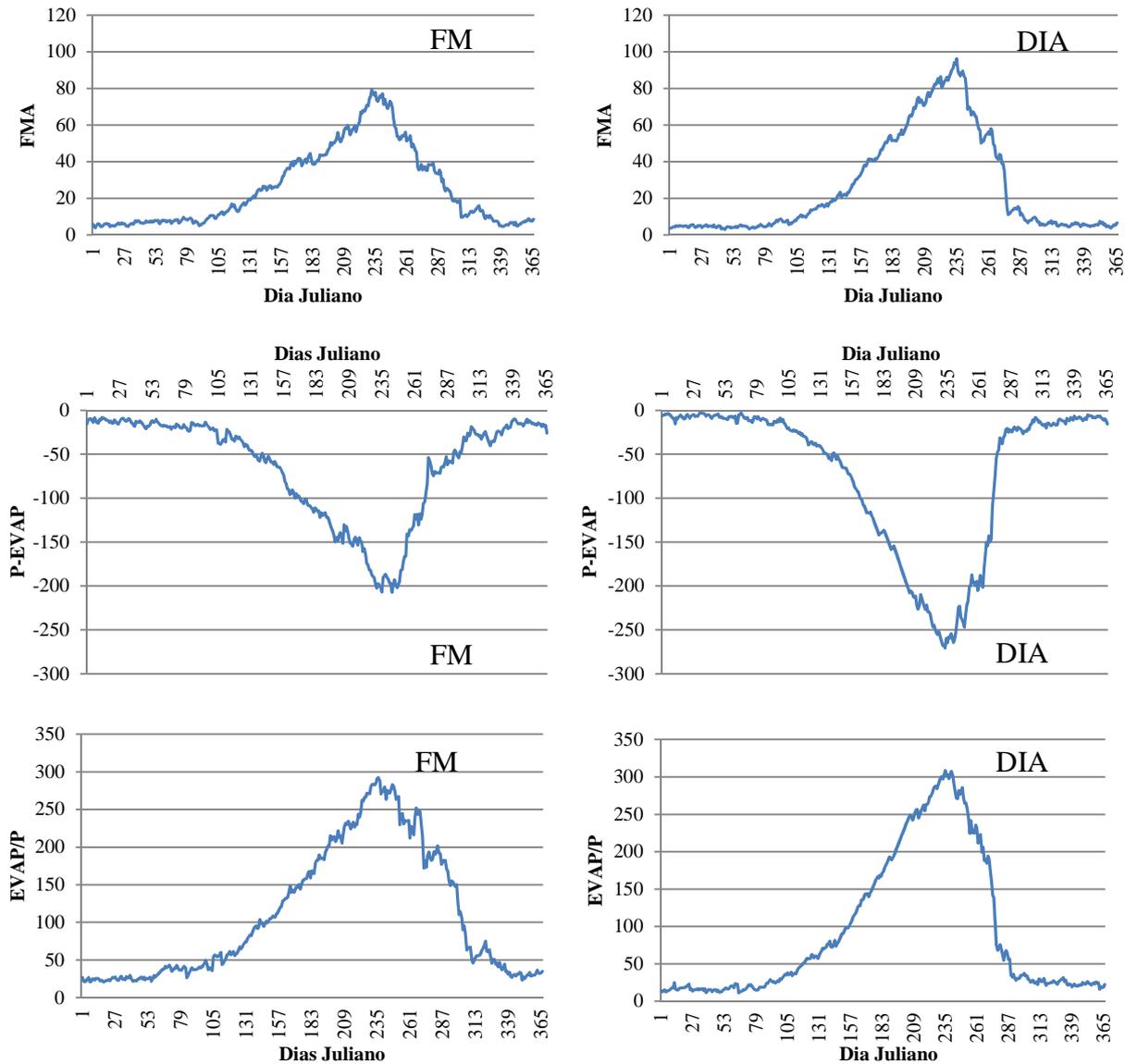


Figura 1. Médias diárias dos índices de perigo de incêndios para o período de 1961 à 2010, nas EMC's Cáceres (CAC) e Diamantino (DIA), no estado de Mato Grosso.

Os maiores valores de FMA entre as cidades apresentou uma diferença de valores de aproximadamente 20, esse fato se justifica em função da baixa umidade relativa, todavia, para Cáceres ocorre menores valores numéricos em função da UR maior quando comparado com Diamantino, decorrentes da superfície alagada e conseqüentemente a evapotranspiração. Para a relação P-EVAP, nota-se comportamento inverso a FMA e P/EVAP, em função da propriedade cumulativa negativa na época seca, ou seja, para a utilização desse indicativo a referência deve ser considerada pelos picos negativos. Por conseguinte, para condições de precipitações próximas de zero, maior serão os valores cumulativos de EVAP/P.

Para FMA, existe uma condição desejável para o comportamento do número de dias previstos nas classes de perigo de ocorrência de incêndios (Tabela 3), visto que segue uma tendência crescente da classe nulo para muito alto até os meses de seca onde as condições climáticas são favoráveis para ocorrência de incêndios, destacando os meses de junho, julho, agosto e setembro, e depois segue comportamento decrescente até o término do ano quando volta ocorrer chuvas na região. A

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

metodologia de P-EVAP também apresentou comportamento desejável destacando sua sensibilidade em demonstrar os dias com classificação nula na época da chuva, pois nesta metodologia a maioria dos dias dos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro tiveram a como classificação de risco de incêndio nulo, isso pela intensidade das chuvas que ocorrerem principalmente nesta época do ano. Para a metodologia de EVAP/P evidenciou-se que as classes de perigo propostas necessitam de ajustes para que consiga prescrever com maior precisão as épocas em que o grau de perigo de ocorrência de incêndios seja nulo ou pequeno.

Tabela 3. Percentuais de ocorrência das classes de perigo de incêndios no período de 1961 à 2010 para diferentes índices, nas EMC's Cáceres e Diamantino, Mato Grosso.

Cáceres-MT						Diamantino-MT					
FMA											
Mês	Classes de Perigo					Classes de Perigo					
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	
Jan	21	25	28	22	3	25	30	27	14	4	
Fev	18	22	27	26	7	26	28	26	16	3	
Mar	15	22	27	27	9	23	26	27	22	3	
Abr	9	16	24	30	20	12	18	25	29	15	
Mai	4	9	15	27	44	5	9	16	30	42	
Jun	2	6	8	19	65	1	4	6	12	77	
Jul	3	6	10	15	67	1	3	5	10	80	
Ago	1	4	6	10	79	2	3	5	10	80	
Set	6	10	14	20	51	7	11	16	19	47	
Out	10	16	21	22	30	15	21	25	27	13	
Nov	13	18	25	29	15	21	25	28	20	5	
Dez	19	23	28	25	5	24	28	28	17	4	

P-EVAP											
Mês	Classes de Perigo					Classes de Perigo					
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	
Jan	37	19	18	23	4	47	22	16	11	3	
Fev	33	21	19	21	6	48	23	15	12	3	
Mar	29	20	15	25	11	40	24	15	17	3	
Abr	21	19	17	28	15	24	21	15	27	14	
Mai	10	11	11	28	40	7	11	11	28	42	
Jun	5	5	5	14	70	1	3	3	13	79	
Jul	5	5	5	13	73	1	2	2	5	90	
Ago	3	3	4	9	81	3	3	3	7	85	
Set	8	9	10	18	55	9	9	10	15	57	
Out	15	12	14	25	34	22	19	20	24	15	
Nov	22	15	17	27	18	33	22	18	21	6	
Dez	32	23	17	20	8	44	23	16	12	4	

EVAP/P											
Mês	Classes de Perigo					Classes de Perigo					
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	
Jan	17	60	19	4	0	21	67	9	2	0	
Fev	16	61	17	5	0	23	67	8	2	0	
Mar	11	55	19	15	0	19	66	13	2	0	
Abr	7	52	24	15	2	10	53	26	12	0	
Mai	3	26	24	42	5	4	33	26	35	3	
Jun	1	14	14	46	25	1	11	17	51	21	
Jul	2	11	10	27	50	1	5	7	32	55	
Ago	1	10	8	23	57	2	10	5	14	69	
Set	4	21	12	15	49	6	27	12	14	41	
Out	7	33	17	17	26	12	54	21	7	5	
Nov	10	46	21	19	4	17	61	15	7	0	
Dez	15	56	18	10	1	20	67	9	1	2	



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia
23 a 28 de agosto de 2015
Lavras – MG – Brasil
Agrometeorologia no século 21:
O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



CONCLUSÕES

Os índices de probabilidade ocorrência de incêndios FMA e P-EVAP demonstraram bom desempenho para predizer as tendências de incêndios na região do Alto Paraguai, principalmente por a região apresentar duas épocas distintas de chuva e seca, se mostrando assim uma grande ferramenta a ser aplicada em programas de combate e prevenção de incêndios florestais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Especificação de um sistema computacional integrado de controle de incêndios florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 201-211, 2006.

SAMPAIO, O. B. **Estudo comparativo de índices, para previsão de incêndios florestais, na região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais**. 1991. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

SOARES, R. V. Índices de perigo de incêndio. **Floresta**, Curitiba, v. 3, n. 3, p.19-40, 1972b.

SOUZA, A. P.; CASAVECCHIA, B. H.; STANGERLIN, D. M. Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense. **Scientia Plena**, Recife, v. 8, n.5, p. 1-14, 2012.