

# Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense

A. P. Souza; B. H. Casavecchia; D. M. Stangerlin

*Universidade Federal de Mato Grosso, 78.557-267, Sinop-MT, Brasil*

*(Recebido em 11 de novembro de 2011; aceito em 03 de maio de 2012)*

O Estado de Mato Grosso é considerado uma fronteira agrícola importante para o Brasil, todavia apresenta elevados índices de focos de calor com grande variabilidade espacial, que causam com prejuízos econômicos, paisagísticos e ecológicos. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os desempenhos dos índices de risco de incêndios obtidos pela Fórmula de Monte Alegre (FMA) e Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA+) nos municípios de Campo Novo dos Parecis, Cotriguaçu, Juara, Juína, Nova Maringá, Nova Ubitatã, Novo Mundo, Sinop e Sorriso, no Estado de Mato Grosso, Brasil. Para tanto, foram empregados dados diários da temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação pluvial obtidos em estações meteorológicas automáticas administradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Na avaliação das duas metodologias utilizaram-se os valores da umidade relativa do ar medida as 13:00h e a mínima diária. Foram propostas correlações entre o número de focos de calor registrados pelo sistema NOAA/AVHRR e o número de dias no mês classificados com risco alto e muito alto ( $FMA > 8,1$  e  $FMA+ > 14,1$ ). Os meses de julho e agosto apresentaram acima de 90% dos dias classificados como muito críticos (risco muito alto). O índice FMA+ com a velocidade do vento e a umidade relativa as 13:00h possibilitou superestimativas inferiores a 1,0 foco de calor por mês, com ajustamentos de 98,69% e um desempenho geral de 86,44%, sendo a metodologia mais recomendada para avaliação dos riscos de incêndios nas regiões Norte e Noroeste do Estado de Mato Grosso.

Palavras-chave: Fórmula de Monte Alegre; focos de calor; umidade relativa; velocidade do vento; indicativos estatísticos

The State of Mato Grosso is considered an important agricultural frontier in Brazil and has high rates and a large spatial variability of hotspots, with economic, ecological and landscape losses. Evaluated the performance of risk indices of forest fire obtained by Formula Monte Alegre (FMA) and Formula Monte Alegre Amended (FMA+) in the municipalities of Campo Novo dos Parecis, Cotriguaçu, Juara, Juína, Nova Maringá, Nova Ubitatã, Novo Mundo, Sinop and Sorriso, in Mato Grosso, Brazil. The daily data of air temperature, relative humidity, wind speed and rainfall obtained from automatic weather stations managed by the National Institute of Meteorology. In evaluating the two methods we used the values of relative humidity measured at 13:00h and minimum daily value. Proposed correlations between the number of hotspots recorded by the system NOAA/AVHRR and the number of days in months classified as high risk and very high ( $FMA > 8.1$  and  $FMA+ > 14.1$ ). The months of July and August were above 90% of days classified as very critical (very high risk). The index FMA+ with the wind speed and relative humidity at 13:00 h possible overestimation of less than 1.0 hotspot month, with adjustments for 98.69% and an overall performance of 86.44%, the method most recommended to assess the risk of fire in the North and Northwest of the State of Mato Grosso.

Keywords: Monte Alegre's Formula; hot spot; relative humidity; wind speed; statistical indicative

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento das atividades econômicas e industriais em conjunto com a busca por melhorias na qualidade de vida em países em desenvolvimento, tem aumentado à demanda energética e suscitado a necessidade de fontes alternativas, que minimizem os impactos ambientais. Nesse contexto, a alternativa utilizada por agentes de proteção dos recursos naturais é a adoção de técnicas e medidas de prevenção contra eventos que ocorram naturalmente ou por ações antrópicas e que necessitem de políticas específicas e adequadas para o planejamento de distribuição dos recursos.

Nos últimos anos, os debates envolvendo os incêndios têm aumentado significativamente, pois existe uma grande preocupação em decorrência do lançamento de CO<sub>2</sub> e outros gases na atmosfera, que são resíduos da combustão da vegetação. O Brasil, em geral, pode ser considerado como um dos maiores contribuintes em emissões de CO<sub>2</sub>, decorrentes de

queimadas das florestas, principalmente a amazônica [1, 2, 3, 4, 5]. Para [6] os incêndios florestais, em âmbito global, podem causar severas perdas à biodiversidade, ao ciclo hidrológico e ao ciclo do carbono na atmosfera, gerando prejuízos econômicos, paisagísticos e ecológicos, atingindo unidades de conservação, áreas de preservação, fazendas, margens de estradas, proximidades de aglomerados urbanos e áreas de reflorestamento, entre outras localidades [7].

Dentro desse cenário, o estado de Mato Grosso se destaca como uma fronteira agrícola importante no Brasil e apresenta elevados números de focos de calor ao longo do ano e com grande variabilidade espacial. Pelo fato de possuir três ecossistemas principais: pantanal (10% da área), o cerrado (40% da área) e a floresta amazônica (50% da área)[1], necessita de monitoramentos específicos principalmente no período de seca (abril a outubro), onde ocorrem a elevação dos registros de focos de incêndios [8, 9, 10].

A ocorrência e propagação dos incêndios em vegetação estão associadas às condições meteorológicas, sendo que a intensidade e a velocidade de avanço estão diretamente ligadas principalmente às características físicas e químicas do material combustível [11, 12, 13, 14]. Esse conjunto de informações é importante para a elaboração de programas de prevenção e de combate aos incêndios em vegetações, determinando os períodos de maior probabilidade de ocorrências e facilitando a adoção de medidas de prevenção, a estimativa da logística para o combate e de danos causados pelo fogo ao ambiente.

Pela grande frequência de incêndios ocorridos e os grandes prejuízos causados para as populações locais e para o meio ambiente, foi desenvolvida em 1972 uma metodologia simples que permite inferir sobre os riscos da ocorrência de incêndios florestais [11]. A Fórmula de Monte Alegre (desenvolvida através de dados meteorológicos e de ocorrência de incêndios da Fazenda Monte Alegre, município de Telêmaco Borba, PR, entre 1965 e 1971) tem sido usada, desde então, por várias empresas e instituições florestais brasileiras para auxiliar no estabelecimento de zonas de risco, permitindo melhorar o planejamento das atividades de prevenção e combate, definição da estação de incêndios e, permissão de queimas controladas em períodos com menores riscos [13].

A estrutura dos índices de perigo de incêndio é baseada na variação de alguns fatores determinantes do grau de perigo, distinguidos em dois tipos: os de caráter permanente (material combustível e relevo) e as variáveis (condições meteorológicas). Os fatores de caráter permanente não são apropriados para a determinação do grau de perigo de ocorrência de incêndios, pois, não apresentam variação em curto prazo e devem ser aplicados em índices mais complexos, que estimam a velocidade de propagação e o potencial de danos dos incêndios. Recentemente, foram propostas adaptações com o objetivo de permitir a avaliação do potencial de propagação do incêndio e não somente a sua ocorrência [12, 13, 14], com base nas condições atmosféricas do dia ou de uma seqüência de dias. Por conseguinte, o incremento da velocidade do vento, avaliação dos valores horários e/ou mínimos e máximos, que por sua vez, podem ser obtidos com facilidade por meio dos sistemas automáticos de aquisição e armazenamento de dados meteorológicos, pode propiciar resultados mais eficientes no indicativo de riscos de incêndios.

Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar o índice de riscos de incêndios florestais mediante o emprego da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da sua versão modificada (FMA<sup>+</sup>) com aplicação de dados da umidade relativa do ar mínima diária e das 13:00h e analisar suas correlações com os focos de calor registrados pelo satélite NOAA 15, para a região norte e noroeste do Estado de Mato Grosso.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido para municípios (Figura 1) representativos das micro-regiões amazônicas do Zoneamento Sócio-Econômico e Ecológico do Estado de Mato Grosso. Os dados meteorológicos foram coletados nas estações meteorológicas automáticas (EMA's) da Rede Nacional de Monitoramento do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), cujas identificações são apresentadas na Tabela 1.

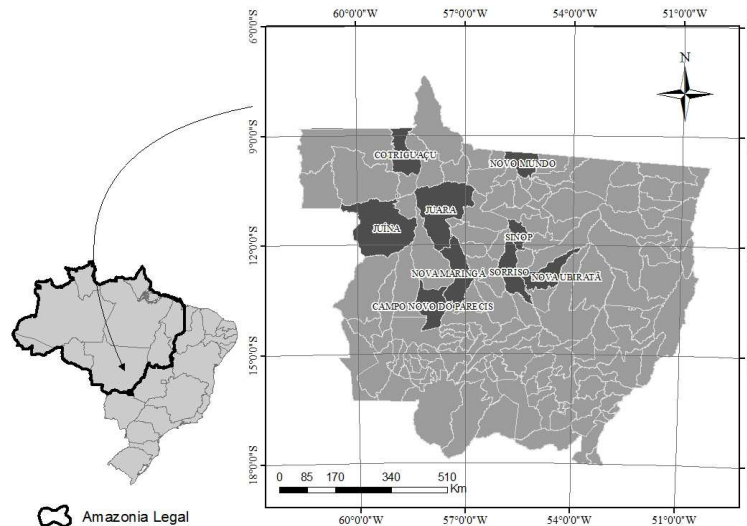


Figura 1: Municípios escolhidos para a avaliação dos índices de ocorrência de incêndios.

Tabela 1: Dados locais das estações meteorológicas instaladas nos municípios da região norte e médionorte do estado de Mato Grosso.

Cidade	Código	Início da Operação	Latitude	Longitude	Altitude
Campo Novo dos Parecís	A905	12/12/2002	-13,7833°	-57,8333°	570
Cotriguaçu	A919	27/05/2007	-9,9061°	-58,5719°	261
Juara	A914	02/11/2006	-11,2803°	-57,5267°	260
Juína	A920	01/12/2006	-11,375°	-58,775°	374
Nova Maringá	A928	17/04/2008	-13,0386°	-57,0922°	353
Nova Ubiratã	A929	13/04/2008	-13,4111°	-54,7522°	518
Novo Mundo	A927	29/02/2008	-12,5219°	-58,2314°	431
Sinop	A917	29/10/2006	-11,9822°	-55,5658°	371
Sorriso	A904	16/12/2002	-12,5452°	-55,7113°	380

A FMA é especialmente indicada para regiões onde a umidade relativa, ao invés da temperatura do ar, é o fator principal de perigo de incêndio. Essa condição é observada principalmente onde a estação de incêndio ocorre no inverno e início da primavera, como na maior parte do território brasileiro [16]. Em cada município supracitado, foram empregadas as propostas da FMA para obtenção dos índices de ocorrência de incêndios [11, 13, 14]. Estruturalmente, são equações simples que requerem apenas uma variável (equação 1) e duas variáveis (equação 2) e ambas são corrigidas pela variação das precipitações pluviais (número de dias sem chuvas), para expressar um índice acumulativo.

$$FMA = \sum_{n=1}^n \frac{100}{H} \quad (01)$$

$$FMA^+ = \sum_{n=1}^n \frac{100}{H} e^{0,04V} \quad (02)$$

em que: H é a umidade relativa do ar (%); V é a velocidade do vento ( $m s^{-1}$ ); n é o número de dias do intervalo (dependente do comportamento das precipitações pluviais).

O símbolo de somatória indica que o grau de perigo de incêndio é determinado não só pelo perigo que apresenta em um único dia, mas sim pelo acúmulo do efeito de dias desfavoráveis. Isto porque quanto mais dias críticos houver, mais seco se tornará o material florestal e mais favoráveis se tornarão as condições atmosféricas para o surgimento e propagação de grandes incêndios. Outro aspecto é que a utilização da umidade relativa de maneira inversa é dada pela relação inversamente proporcional desta com a ocorrência de incêndios (correlação negativa).

Portanto, quanto maior a umidade relativa do ar menor será o grau de perigo de incêndio e por este motivo se toma o inverso da umidade na fórmula.

Para as duas metodologias supracitadas foram avaliadas a aplicação da umidade relativa do ar medida as 13:00h [33] e a mínima diária e a velocidade do vento medida as 13:00h locais. A utilização da umidade relativa das 13:00h se justifica pela proximidade deste momento com o instante de maior déficit de saturação de vapor d'água na massa de ar, visto que, existe uma relação inversa e exponencial da pressão de vapor d'água com a temperatura do ar. Como se trata de um índice acumulativo estabeleceram-se os seguintes critérios [13, 14].

*Tabela 2: Modificação no cálculo da FMA e FMA<sup>+</sup> de acordo com a precipitação.*

<b>Chuva diária (mm)</b>	<b>Modificação no Cálculo</b>
≤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), recomeçando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar

Com base nos valores acumulados das cidades da região norte e noroeste do Estado de Mato Grosso, os mesmos foram distribuídos, por frequência, dentro de uma escala de classificação de perigo (Tabela 3) [13] partindo das premissas de que, o número de dias previstos em cada classe de perigo apresenta uma relação inversa com a classe de perigo.

*Tabela 3: Classificação do grau de perigo de incêndios com base na variação de FMA e FMA<sup>+</sup>*

<b>Valor de FMA</b>	<b>Valor da</b>	<b>Grau de Perigo</b>
≤ 1,0	≤ 3,0	Nulo
1,1 a 3,0	3,1 a 8,0	Pequeno
3,1 a 8,0	8,1 a 14,0	Médio
8,1 a 20,0	14,1 a 24,0	Alto
>20,0	> 24,0	Muito alto

Para avaliar a eficiência dos índices de FMA e FMA<sup>+</sup> na estimativa de focos de calor, foram propostas correlações com número de dias no mês que apresentavam valores dos índices abaixo da classe média e o total mensal de focos de calor obtidos, na plataforma do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do sistema NOAA/AVHRR (National Oceanic and Atmospheric Administration/Advanced Very High Resolution Radiometer), registrados em cada município entre 2007 e 2011, sendo empregado apenas os valores mensais de 2011 para validação das equações.

Foram empregados na avaliação da performance das equações de estimativa mensal de focos de incêndios, os indicativos estatísticos MBE (erro absoluto médio), RMSE (raiz quadrada do quadrado médio do erro), índice de ajustamento “d” de Willmott [17] e coeficiente de desempenho (dado pelo produto entre o coeficiente de correlação e o índice de ajustamento).

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)}{N} \quad (03)$$

$$RMSE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (04)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (05)$$

em que:  $P_i$  - representa os valores estimados;  $O_i$  - os valores medidos;  $N$  - número de observações,  $|P_i - \bar{O}|$  - valor absoluto da diferença  $P_i - \bar{O}$ ; e  $|O_i - \bar{O}|$  - valor absoluto da diferença  $O_i - \bar{O}$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização das condições térmicas e presença de vapor d'água na atmosfera são fundamentais para nortear a evolução anual dos riscos de incêndios numa determinada região. Em geral, as regiões Norte e Noroeste do estado de Mato Grosso apresentam um clima classificado como tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas: chuvosa de outubro a abril e seca de maio a setembro, com temperaturas médias anuais em torno de 24,0 °C e precipitação pluvial anual entre 1850 e 2400 mm, que propiciam variações da umidade relativa do ar entre 80 e 35% para os períodos chuvosos e secos, respectivamente. As duas regiões supracitadas apresentam como padrões de vegetação a floresta amazônica, cerrado e uma faixa de transição Cerrado - Amazônia [28].

A região de Nova Maringá e Sinop se enquadra na segunda classe de vegetação e os municípios de Campo Novo dos Parecis, Nova Ubiratã e Sorriso apresentam-se com vegetação predominantemente de Cerrado. Esses locais apresentam diferenças climáticas, principalmente no padrão de precipitação pluvial, que segundo o Serviço Geológico do Brasil e a Agência Nacional de Águas [32], acumulam ao longo do ano 1800 mm (Campo Novo dos Parecis, Nova Ubiratã e Sorriso), 1900 mm (Nova Maringá e Sinop), 2000 mm (Juara e Juína) e 2100 mm (Cotriguaçu) e 2200 mm (Novo Mundo).

Nesse contexto, a região de Sinop apresenta as maiores oscilações de temperatura do ar, umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento, demonstradas na (Figura 2). As temperaturas anuais oscilaram entre 37,4 e 9,5° C ao longo dos três anos de medidas, com amplitudes térmicas diárias máximas de 20,5°C em setembro/2008, com maiores valores no inverno e primavera.

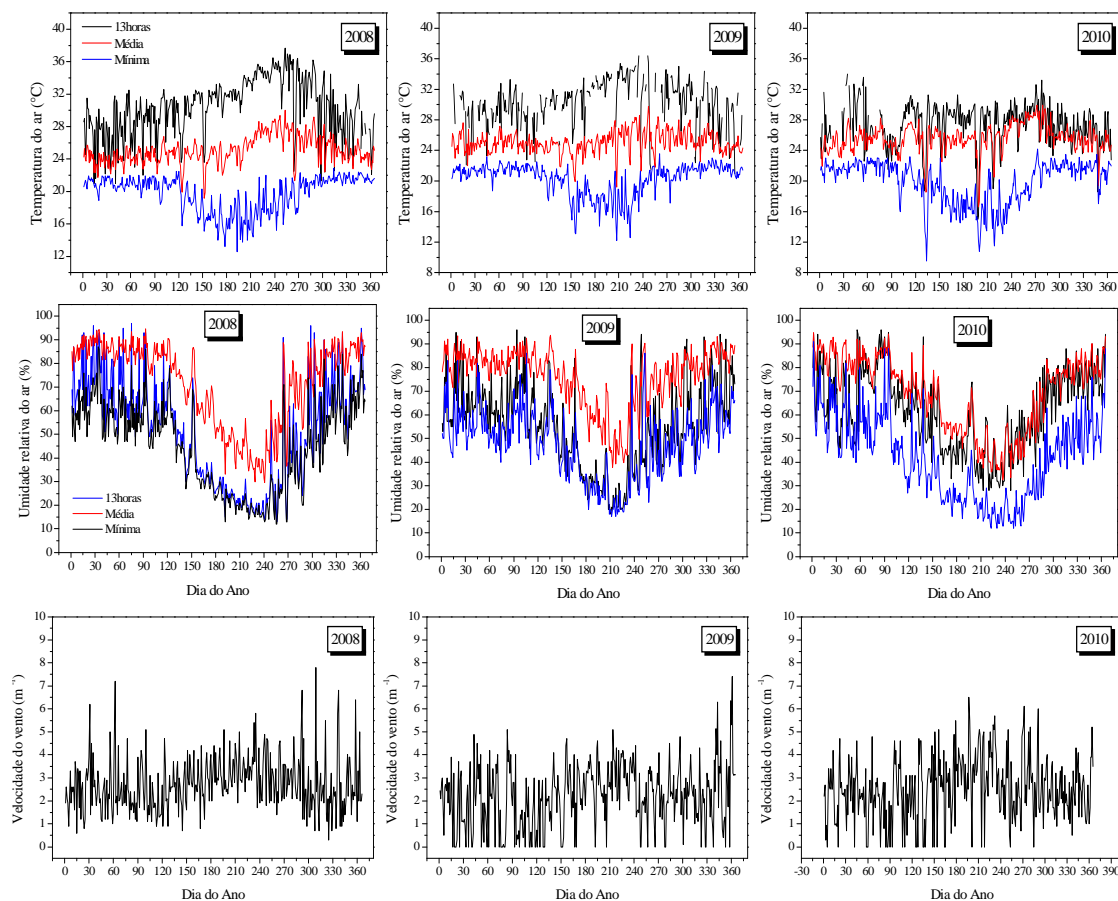


Figura 2: Evolução anual da temperatura do ar máxima, média e mínima, umidade relativa do ar média, mínima e das 13:00h e da velocidade do vento as 13:00h, no município de Sinop, MT, entre 01/01/2008 e 31/12/2010.

Normalmente nos meses mais chuvosos, as temperaturas médias são menores em relação aos outros meses, pois pode ocorrer uma defasagem entre temperatura do ar e precipitação pluvial devido a partição da energia solar disponível entre calor latente (evaporação) e calor sensível [21]. Comparando com regiões de mesma latitude e/ou com o mesmo padrão de vegetação, [22] observaram médias estacionais da temperatura do ar variando de 25,6 a 27,8°C, com uma temperatura média anual na floresta de transição de 26,4°C na região de Sinop, enquanto que na Floresta Tropical em Manaus e Marabá, ocorreram variações entre 24,5 e 26,6°C e em Ji-Paraná as temperaturas médias variaram entre 22,1 e 25,7°C [23].

Na evolução diária da umidade relativa do ar, existe uma dependência exponencial entre a temperatura do ar e quantidade de vapor d'água na massa de ar sujeita a esta temperatura, traduzida pela pressão de saturação de vapor d'água na massa de ar, por conseguinte, os comportamentos são inversamente proporcionais, quando a temperatura do ar aumenta a umidade do ar pode diminuir, caso ocorra pequena variação de vapor d'água [18, 19]. Segundo [20, 22], a hora do dia tem uma influência importante nos níveis de umidade relativa. Nas primeiras horas da manhã, as temperaturas estão mais baixas e os níveis de umidade relativa mais altos; por volta do meio dia local, o saldo de radiação se torna máximo e com a sua elevação a temperatura do ar também aumenta, e conseqüentemente, a umidade relativa começa a diminuir. No meio da tarde, as temperaturas estão em seu valor máximo e a umidade relativa atinge seu valor mínimo.

Dentro do regime pluviométrico regional, o município de Sinop apresenta as maiores oscilações por ser caracterizado como uma região de transição Cerrado-Amazônia, com uma extensão territorial de 3193 km<sup>2</sup> e uma altitude média de 384 m, tendo como principais atividades econômicas os setores madeireiro e agropecuário, que sujeita a região a uma das taxas mais altas de desmatamento [23]. Nos anos de 2008, 2009 e 2010 (Figura 3) foram

acumulados 2072; 1889,0 e 1819,9 mm, sendo que apenas janeiro respondeu por 12,79; 14,24 e 20,99% e dezembro por 12,69; 18,95 e 12,42%, respectivamente. Foram observados totais anuais de 2267,8; 2057,6 e 1836,6 mm (Juara); 2451,0; 1891,0 e 1931,0 mm (Juína); 2008,2; 1895,2 e 2002,0 mm (Nova Maringá); 1643,8; 1359,8 e 1882,2 mm (Nova Ubiratã); 2150,2; 2169,8; 221,4 mm (Novo Mundo) e 1534,4; 1936,6; 1740,4 mm (Sorriso), para 2008, 2009 e 2010, respectivamente.

A média de precipitação para a bacia Amazônica é de 5,9 mm dia<sup>-1</sup> ou aproximadamente 2154 mm ano<sup>-1</sup> [24]. Outros trabalhos demonstraram que a média anual de precipitação na Amazônia Brasileira é inferior a 2000 mm na parte sul e leste e pode atingir 3000mm no extremo norte [25]. As características climatológicas da floresta de transição são similares à precipitação de floresta tropical e do cerrado, todavia, ocorre uma redução de aproximadamente 200mm quando comparada com a floresta umida e um aumento de 500mm quando comparado com o cerrado [26, 27].

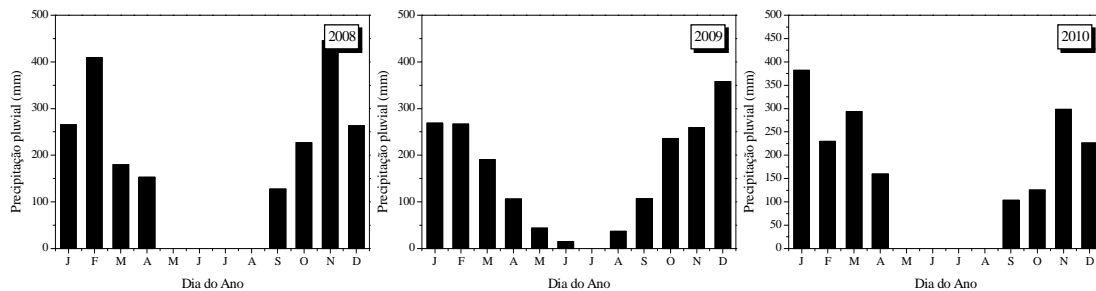


Figura 3: Evolução anual das precipitações pluviométricas acumuladas no município de Sinop, MT, entre 01/01/2008 e 31/12/2010.

A Figura 4 apresenta os índices de perigo de incêndios acumulados ao longo do ano para as duas metodologias avaliadas e com variação da umidade relativa do ar mínima e medida as 13:00h, para o município de Sinop, MT, que apresentou os maiores valores de FMA e FMA+ ao longo do período estudado. Em geral, observa-se uma tendência inversa ao comportamento anual da umidade relativa do ar e indica que a eficiência da predição do índice depende da confiabilidade na obtenção da umidade relativa do ar e que a utilização do valor mínimo diário pode substituir o valor monitorado as 13:00h, pois na região os maiores valores do déficit de saturação de vapor d'água ocorrem entre as 12:00 e 14:00h, traduzindo em valores de UR mínimos. Os menores valores de UR ocorreram em dias que apresentaram maiores valores de temperatura média diária, o que permite ainda correlações diretas com essa variável. Nota-se que entre os meses de dezembro e março, a maioria dos dias não apresentaram perigo para ocorrência de incêndios, coincidindo com o período de verão (maiores níveis pluviométricos regionais). Já no período seco ocorreu um aumento linear (em função de ser um índice acumulativo) em todas as metodologias avaliadas. Os valores máximos observados foram de 420,08; 809,57; 472,46 e 878,39 para FMA e FMA+ obtidos com UR 13:00h e UR mínima diária, respectivamente. Esses valores corroboram com os encontrados na literatura [5, 6, 7, 8, 12, 14, 15]. [31] afirmaram a necessidade de um melhor refinamento/adaptação do FMA, uma vez que o mesmo demonstra-se relativamente elevado ao longo de todo o ano.

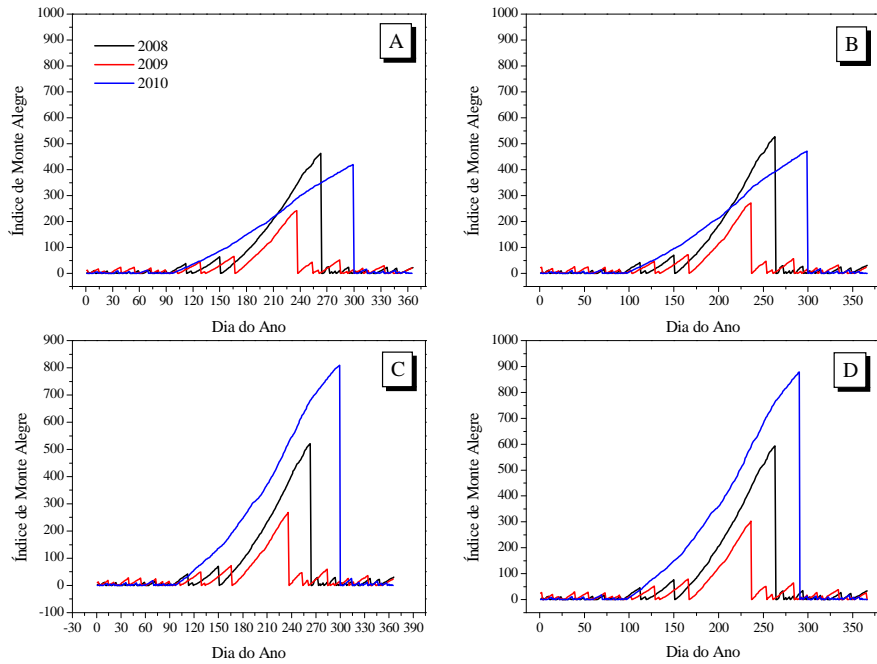


Figura 4: Evolução anual dos índices FMA obtidos com umidade relativa do ar medida as 13:00h (a) e mínima (b) e dos índices FMA+ com umidade relativa do ar medida as 13:00h (c) e mínima (d), para Sinop, MT, entre 2008 e 2010.

O índice FMA+ emprega a velocidade do vento em uma função exponencial, indicando uma acentuação do valor obtido a medida em que aumenta a altura de medida, visto que, quanto mais próximo da superfície, em decorrência do aumento do atrito, ocorrem menores deslocamentos da massa de ar [18, 19]. Para os nove municípios avaliados, os meses de julho e agosto apresentaram acima de 90% dos dias classificados como muito críticos (risco muito alto), ou seja, com valores de FMA > 20 (Tabela 3).



Tabela 3: Percentuais de ocorrência das classes de perigo de incêndios indicadas pelos índices FMA obtido com a umidade relativa medida as 13:00h, para nove municípios do Estado de Mato Grosso.

Meses	Classes de Perigo					Classes de Perigo					Classes de Perigo				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	<i>Campo Novo dos Parecis</i>					<i>Cotriguaçu</i>					<i>Juara</i>				
Jan	4,8	9,7	22,6	43,5	19,4	16,1	16,1	7,5	10,8	49,5	26,9	18,3	35,5	18,3	1,1
Fev	12,3	17,5	29,8	22,8	17,5	12,9	15,3	5,9	0,0	65,9	27,1	18,8	23,5	24,7	5,9
Mar	20,0	28,0	28,0	20,0	4,0	8,6	10,8	14,0	0,0	66,7	28,0	29,0	28,0	15,1	0,0
Abr	8,0	4,0	16,0	52,0	20,0	6,7	10,0	12,2	4,4	66,7	7,8	12,2	16,7	33,3	30,0
Mai	4,3	8,7	17,4	34,8	34,8	4,3	8,6	18,3	15,1	53,8	3,2	4,3	7,5	2,2	82,8
Jun	0,0	2,3	6,8	15,9	75,0	0,0	0,0	0,0	4,4	95,6	2,2	2,2	5,6	16,7	73,3
Jul	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Ago	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	1,1	2,2	2,2	3,2	91,4	1,1	2,2	0,0	0,0	96,8
Set	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	3,3	3,3	5,6	22,2	65,6	0,0	0,0	3,3	6,7	90,0
Out	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	8,6	10,8	16,1	26,9	37,6	14,0	11,8	20,4	22,6	31,2
Nov	1,8	3,6	1,8	0,0	92,7	13,3	14,4	15,6	21,1	35,6	24,4	17,8	25,6	20,0	12,2
Dez	10,9	10,9	16,4	41,8	20,0	8,6	6,5	12,9	5,4	66,7	30,1	29,0	30,1	10,8	0,0
	<i>Juína</i>					<i>Nova Maringá</i>					<i>Nova Ubitatã</i>				
Jan	24,7	23,7	29,0	21,5	1,1	29,0	25,8	24,2	19,4	1,6	50,0	27,8	16,7	5,6	0,0
Fev	25,9	20,0	23,5	29,4	1,2	26,8	17,9	26,8	28,6	0,0	19,0	23,8	33,3	23,8	0,0
Mar	29,0	37,6	21,5	11,8	0,0	27,0	30,2	30,2	12,7	0,0	28,3	28,3	28,3	15,2	0,0
Abr	7,8	13,3	25,6	24,4	28,9	6,8	13,5	17,6	32,4	29,7	18,5	25,9	18,5	33,3	3,7
Mai	3,2	2,2	5,4	23,7	65,6	8,1	14,5	17,7	17,1	42,6	2,2	4,4	15,6	33,3	44,4
Jun	2,2	6,7	7,8	15,6	67,8	2,2	5,6	14,4	25,6	52,2	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Jul	0,0	0,0	0,0	2,2	97,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Ago	1,1	2,2	0,0	0,0	96,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Set	2,2	1,1	5,6	6,7	84,4	14,7	17,6	5,9	0,0	61,8	5,0	6,7	10,0	16,7	61,7
Out	10,8	17,2	31,2	16,1	24,7	16,1	22,6	40,3	8,1	12,9	13,0	13,0	23,9	26,1	23,9
Nov	26,7	24,4	18,9	28,9	1,1	27,8	34,4	32,2	4,4	1,1	27,1	25,9	35,3	11,8	0,0
Dez	33,3	37,6	25,8	3,2	0,0	33,3	24,7	32,3	9,7	0,0	25,3	23,0	26,4	21,8	3,4
	<i>Novo Mundo</i>					<i>Sinop</i>					<i>Sorriso</i>				
Jan	27,4	30,6	27,4	14,5	0,0	52,4	23,4	16,1	4,8	3,2	17,7	14,5	17,7	33,9	16,1
Fev	32,1	26,8	35,7	5,4	0,0	39,8	20,4	13,3	17,7	8,8	21,9	21,9	28,1	25,0	3,1
Mar	31,2	35,5	24,7	8,6	0,0	38,7	22,6	19,4	13,7	5,6	25,8	22,6	35,5	16,1	0,0
Abr	11,1	12,2	26,7	34,4	15,6	20,8	17,5	15,0	16,7	30,0	12,5	12,5	27,1	33,3	14,6
Mai	3,3	3,3	5,6	27,8	60,0	7,3	7,3	8,9	9,7	66,9	6,8	6,8	15,3	40,7	30,5
Jun	1,1	4,4	12,2	25,6	56,7	2,5	4,2	5,0	6,7	81,7	1,7	3,3	5,0	11,7	78,3
Jul	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Ago	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,8	3,2	3,2	2,4	90,3	1,5	1,5	2,9	2,9	91,2
Set	5,6	5,6	5,6	7,8	75,6	11,1	6,7	6,7	15,6	63,3	3,3	3,3	6,7	17,8	68,9
Out	15,0	18,8	26,3	26,3	13,8	22,6	21,8	15,3	5,6	34,7	18,7	22,7	24,0	21,3	13,3
Nov	20,0	26,7	33,3	20,0	0,0	28,3	17,5	17,5	17,5	19,2	30,0	30,0	28,3	11,7	0,0
Dez	36,1	27,9	18,0	18,0	0,0	30,6	24,2	18,5	16,1	10,5	29,0	29,0	22,6	17,7	1,6

Classes de perigo: I – nulo; II – pequeno; III – médio; IV – alto; e V – muito alto.

Nas regiões de Campo Novo dos Parecis e Nova Ubitatã, para os anos avaliados, observou-se um prolongamento dessas classes de risco em até 60 dias. Verificou-se que a partir do mês de maio 69,6; 68,9; 85,0; 89,7; 59,6; 77,7; 87,8; 76,6; e 71,2% dos dias foram classificados como críticos (entre 20 e 27 dias), para os municípios de Campo Novo dos Parecis, Cotriguaçu, Juara, Juína, Nova Maringá, Nova Ubitatã, Novo Mundo, Sinop e Sorriso, respectivamente. Esses resultados, em conjunto com a variação dos elementos meteorológicos (Figura 2) denotam que no período de estiagem com a diminuição da umidade relativa do ar, aumentam os riscos de incêndios florestais, pois valores inferiores a 50% produzem riscos eminentes de fogo e quando estes ocorrem com umidade relativa do ar abaixo de 30% são muito difíceis de combater, pois podem adquirir grandes intensidades [29, 30].

Segundo [14], a distribuição de FMA é uma condição não desejável para o comportamento do número de dias previstos, por não seguir uma tendência decrescente, da classe nulo para muito alto, esperada para o comportamento dessa variável, o que pode indicar que FMA encontra-se desajustada para a região, enquanto que, a distribuição decrescente observada para

FMA+ se torna mais interessante para o comportamento do número de dias previstos. Esse comportamento foi observado para a maioria dos municípios avaliados. Na avaliação de FMA+ > 24, ou seja, indicação de risco muito alto (Tabela 4) observou-se no mês de julho que os 31 dias do mês apresentaram esse indicativo de risco, com exceção apenas de Juína (95,7% ou 29 dias). Essa metodologia permitiu diminuir os percentuais dos meses de maio, agosto e setembro para classes de risco superiores ao médio.

Tabela 4: Percentuais de ocorrência das classes de perigo de incêndios indicadas pelos índices FMA<sup>+</sup> obtido com a umidade relativa medida as 13:00h, para nove municípios do Estado de Mato Grosso.

Meses	Classes de Perigo					Classes de Perigo					Classes de Perigo				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
	<i>Campo Novo dos Parecis</i>					<i>Cotriguaçu</i>					<i>Juara</i>				
Jan	14,5	19,4	25,8	27,4	12,9	32,3	6,5	6,5	7,5	47,3	41,9	33,3	16,1	8,6	0,0
Fev	27,6	27,6	19,0	8,6	17,2	28,2	5,9	0,0	0,0	65,9	43,5	24,7	16,5	11,8	3,5
Mar	48,0	28,0	16,0	8,0	0,0	19,4	12,9	1,1	0,0	66,7	54,8	29,0	10,8	5,4	0,0
Abr	12,5	16,7	33,3	25,0	12,5	16,7	11,1	5,6	0,0	66,7	17,8	16,7	17,8	23,3	24,4
Mai	13,0	17,4	17,4	26,1	26,1	12,9	14,0	11,8	10,8	50,5	6,5	6,5	4,3	0,0	82,8
Jun	2,3	6,8	6,8	11,4	72,7	0,0	0,0	0,0	5,6	94,4	4,4	5,6	5,6	14,4	70,0
Jul	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Ago	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	3,2	2,2	3,2	0,0	91,4	2,2	1,1	0,0	0,0	96,8
Set	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	5,6	6,7	7,8	18,9	61,1	0,0	2,2	3,3	5,6	88,9
Out	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	17,2	18,3	11,8	19,4	33,3	24,7	21,5	16,1	8,6	29,0
Nov	3,6	3,6	0,0	0,0	92,7	27,8	15,6	10,0	15,6	31,1	41,1	23,3	17,8	6,7	11,1
Dez	14,8	16,7	20,4	33,3	14,8	14,0	11,8	6,5	1,1	66,7	57,0	32,3	6,5	4,3	0,0
	<i>Juína</i>					<i>Nova Maringá</i>					<i>Nova Ubiratã</i>				
Jan	46,2	29,7	14,3	9,9	0,0	51,6	27,4	11,3	9,7	0,0	73,7	21,1	5,3	0,0	0,0
Fev	44,7	24,7	17,6	12,9	0,0	44,6	25,0	21,4	8,9	0,0	40,9	27,3	31,8	0,0	0,0
Mar	62,4	25,8	10,8	1,1	0,0	56,5	25,8	14,5	3,2	0,0	52,1	29,2	14,6	4,2	0,0
Abr	20,0	23,3	14,4	16,7	25,6	20,3	14,9	16,2	21,6	27,0	38,5	19,2	15,4	26,9	0,0
Mai	45,2	30,1	14,0	10,8	0,0	21,0	17,7	16,1	32,3	62,9	8,2	14,3	14,3	22,4	40,8
Jun	6,7	7,8	10,0	8,9	66,7	5,6	14,4	11,1	20,0	48,9	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Jul	0,0	0,0	0,0	4,3	95,7	0,0	0,0	0,0	1,1	98,9	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Ago	3,2	0,0	0,0	0,0	96,8	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	3,1	0,0	0,0	0,0	96,9
Set	3,3	5,6	3,3	5,6	82,2	29,4	5,9	2,9	0,0	61,8	10,0	8,3	10,0	11,7	60,0
Out	31,2	30,1	19,4	8,6	10,8	24,7	25,8	25,8	18,3	5,4	24,7	20,4	15,1	17,2	22,6
Nov	50,0	18,9	15,6	15,6	0,0	60,0	33,3	5,6	1,1	0,0	51,2	34,5	9,5	4,8	0,0
Dez	67,7	26,9	5,4	0,0	0,0	57,0	32,3	10,8	0,0	0,0	37,5	28,4	17,0	15,9	1,1
	<i>Novo Mundo</i>					<i>Sinop</i>					<i>Sorriso</i>				
Jan	58,1	25,8	12,9	3,2	0,0	58,1	26,9	9,7	4,3	1,1	30,6	19,4	17,7	17,7	14,5
Fev	54,5	38,2	7,3	0,0	0,0	49,4	23,5	11,8	12,9	2,4	37,5	28,1	21,9	9,4	3,1
Mar	62,4	26,9	7,5	3,2	0,0	48,4	23,7	21,5	6,5	0,0	48,4	29,0	19,4	3,2	0,0
Abr	22,2	24,4	22,2	15,6	15,6	26,7	16,7	14,4	17,8	24,4	25,0	22,9	16,7	27,1	8,3
Mai	7,5	6,5	9,7	20,4	55,9	6,5	8,6	7,5	9,7	67,7	12,9	16,1	21,0	22,6	27,4
Jun	5,6	11,1	10,0	17,8	55,6	2,2	4,4	4,4	6,7	82,2	3,3	5,0	5,0	10,0	76,7
Jul	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Ago	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	1,1	2,2	2,2	2,2	92,5	5,1	5,1	5,1	0,0	84,7
Set	10,0	5,6	5,6	3,3	75,6	8,9	6,7	7,8	6,7	70,0	6,1	8,5	9,8	14,6	61,0
Out	26,6	30,4	15,2	15,2	12,7	25,8	18,3	8,6	5,4	41,9	37,3	25,3	13,3	12,0	12,0
Nov	45,0	31,7	18,3	5,0	0,0	34,4	20,0	22,2	17,8	5,6	59,3	22,0	15,3	3,4	0,0
Dez	58,1	21,0	11,3	9,7	0,0	36,3	25,3	14,3	17,6	6,6	54,8	25,8	11,3	8,1	0,0

Classes de perigo: I – nulo; II – pequeno; III – médio; IV – alto; e V – muito alto.

Para o Estado de Mato Grosso, a aplicação dos índices supracitados apresentou ótimos resultados na predição de riscos de incêndios, visto que o maior número de focos de calor ocorrem nos meses de agosto, setembro e outubro (Figura 5). Já na região de Sinop, ocorreram focos regulares e com a mesma intensidade entre junho e outubro (entre 13 e 20 casos), com pico em setembro de 2007 (76 casos). Cabe destacar, que apesar dos meses de julho e agosto apresentarem a maioria dos dias classificados com grau de perigo muito alto e apresentar valores de FMA+ extremo, o número de focos registrados no Estado de Mato Grosso foram de

863, 1.733, 1.362 e 2.297 (julho) e 9.956, 3.885, 1.410 e 9.485 (agosto), para os anos de 2007, 2008, 2009 e 2010, respectivamente. Especificamente no município de Sinop, foram registrados 9, 19, 4 e 15 (julho) e 19, 18, 0 e 3 (agosto), para os mesmos anos supracitados.

A diminuição do número de ocorrências em 2008 e 2009 (Figura 5) registradas pelo sistema NOAA/AVHRR, tanto no estado como em Sinop, deve-se a um incentivo governamental do Estado para a diminuição do número de queimadas dentro os quatro anos avaliados. Nesse sentido, observa-se a forte influência antrópica na ocorrência de queimadas e incêndios florestais, pois mesmo em condições extremamente adversas observadas nos meses de julho, agosto e setembro, houve redução do número de focos de calor. Tal constatação corrobora pela atribuição as causas humanas de 95% das ocorrências de incêndios florestais e apenas 5% atribuídas as causas naturais [16].

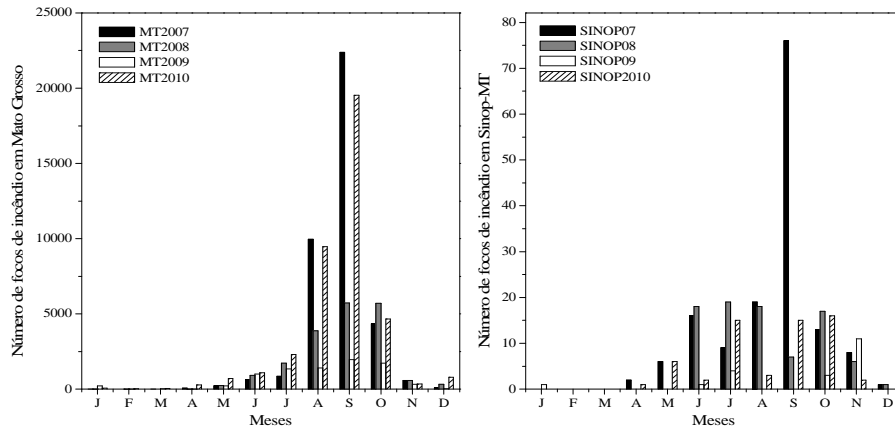


Figura 5: Número de focos de incêndios, no período de 2007 a 2010, em Sinop, MT.

Para a avaliação do comportamento dos índices FMA e FMA+ com as variações de medidas da umidade relativa, foram obtidas equações exponenciais para toda a região (nove municípios avaliados) que permitem a estimativa do número de focos de calor (NOAA/AVHRR) em função do número de dias com FMA > 8,1 e FMA+ > 14,1, ou seja, dias com indicativos de riscos Alto e Muito Alto. Os maiores coeficientes de determinação ( $r^2$ ) foram obtidos em correlações com FMA+ (Figura 6), principalmente, quando empregou-se a UR medida as 13:00h (0,77). Nota-se, que o aumento o número de dias considerados com risco acima de alto possibilita aumento nos desvios para o número de focos de calor, em função da grande variabilidade na ocorrência destes nos meses de julho, agosto e setembro nos anos avaliados. Neste caso, existe um residual de 1,24; 2,82; 5,91 e 3,49 focos de calor quando o mês apresentar apenas dias classificados com risco nulo, pequeno e médio. Esse fato decorre do registro de focos de calor mesmo no período chuvoso (novembro e dezembro) para todo o Estado (567, 578, 325 e 344, entre 2007 e 2010, respectivamente).

Para a avaliação do desempenho foram empregados dados monitorados pelo sistema NOAA/AVHRR e o número de dias estimados com FMA > 8,1 e FMA+ > 14,1 até setembro de 2011. Nesse caso, observa-se que o emprego do índice FMA+, que incrementa a velocidade do vento e a umidade relativa as 13:00h possibilita superestimativas de 0,61 focos de calor (Tabela 5), com ajustamentos de 98,69% e um desempenho geral de 86,44%, sendo a metodologia mais recomendada para avaliação dos riscos de incêndios nas regiões Norte e Noroeste do Estado de Mato Grosso.

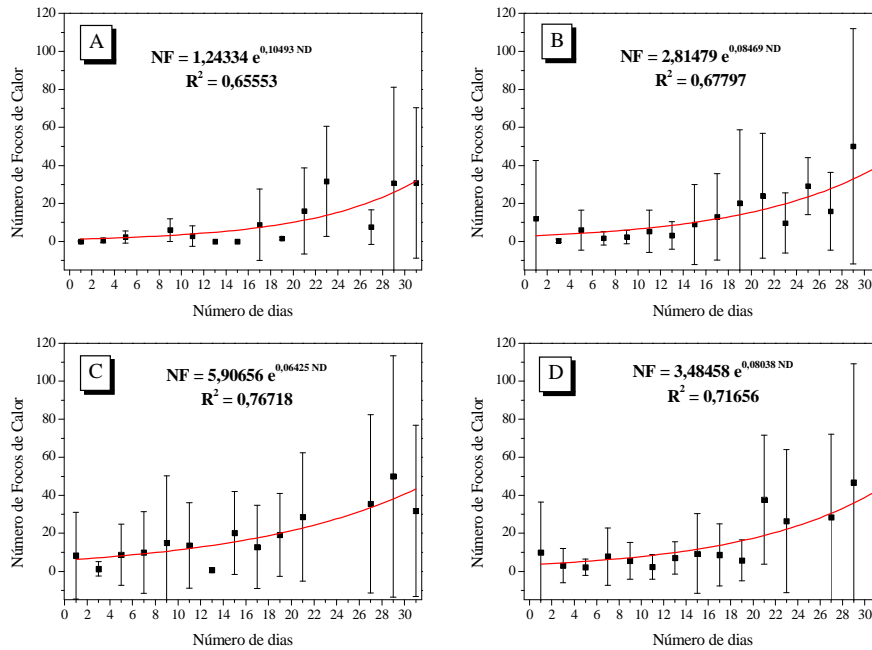


Figura 6: Correlações entre número de focos de calor e número de dias mensais classificados com  $FMA > 8,1$  e  $FMA > 14,1$ , considerando os valores de  $FMA$  obtidos com umidade relativa do ar medida as 13:00h (a) e mínima (b) e para os índices  $FMA+$  com umidade relativa do ar medida as 13:00h (c) e mínima (d), para Sinop, MT, entre 2008 e 2010.

Para o município de Mundo Novo, especificamente, foi estabelecido um calendário com quatro níveis de alerta aos riscos de incêndios florestais e que podem ser adotados nos outros municípios avaliados [29]. Nesse sentido, segue: i) no período chuvoso não há a necessidade de alerta (novembro a março); ii) no mês de abril, no qual as chuvas se apresentam em menores frequências, propicia um nível de alerta moderado; iii) O terceiro nível exige alerta máximo e abrange os meses de maio a agosto. Compreende o período de estiagem, no qual ocorrem os incêndios; iv) mês de setembro, em que as chuvas recomeçam, mas podem atrasar, sendo recomendado o nível de alerta máximo até o início do período chuvoso, que pode iniciar na primeira ou segunda quinzena do mês.

Tabela 5: Indicativos de desempenho das equações exponenciais de estimativa do número de focos de calor em função do número de dias mensais com  $FMA$  e  $FMA+$  classificados com risco superior a Alto.

Correlação	Umidade relativa do ar considerada	MBE	RMSE	D	c
Nº Focos x Nº dias com $FMA > 8,1$	13h	-6,11	53,43	0,9878	79,96
Nº Focos x Nº dias com $FMA > 8,1$	mínima	4,14	52,73	0,9867	81,24
Nº Focos x Nº dias com $FMA+ > 14,1$	13h	0,61	53,34	0,9869	86,44
Nº Focos x Nº dias com $FMA+ > 14,1$	mínima	0,41	53,29	0,7166	83,61

Vale ressaltar que a análise das condições de risco de incêndio, com base apenas em elementos meteorológicos, não devem ser relacionadas com a obrigatoriedade de ocorrência do evento e sim apenas na prospecção de um cenário climático propício para a ocorrência e devem ser consideradas em conjunto com as características do material combustível (quantidade, características físicas e químicas, arranjos e umidade), topografia (elevação, exposição e inclinação) e o uso e ocupação do solo [13, 14, 15, 29, 30 e 31].

#### 4. CONCLUSÃO

As regiões Norte e Noroeste do Estado de Mato Grosso apresentam padrões com elevadas frequências de ocorrência de incêndios nos meses de julho, agosto, setembro e outubro (estação seca). Os índices de Monte Alegre e de Monte Alegre Alterado possibilitam bons desempenhos para estimativa dos focos de calor detectados através de imagens NOAA/AVHRR.

A utilização da velocidade do vento (FMA+) e da umidade relativa do ar medida 13:00h propiciam melhores correlações com a quantidade mensal de focos de calor registradas nas duas regiões avaliadas e devem ser adotadas como referência para estabelecer planos de ação e mitigação.

Nas duas regiões, as principais atividades econômicas são o setor madeireiro e agropecuário e vinculam-se a uma forte ação antrópica para o avanço das explorações dos recursos naturais e das fronteiras agropecuárias, através do uso do fogo.

#### 5. AGRADECIMENTOS

A Coordenação Geral de Agrometeorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na pessoa do Dr. Alaor Moacyr Dall'Antonia Jr., pela disponibilização dos dados meteorológicos das estações automáticas e convencionais da região Norte e Noroeste do Estado de Mato Grosso para o Grupo de Pesquisa Engenharia para Agricultura Sustentável da UFMT Campus Sinop.

- 
1. FEARNSSIDE, P.M. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. *Oecologia Brasiliensis* 13 (4): 609-618 (2009).
  2. FEARNSSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia brasileira: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazônica* 36 (3): 395-400 (2006).
  3. FEARNSSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. *Megadiversidade* 1 (1): 113-123 (2005).
  4. MARGULIS, S. *Causas do desmatamento na Amazônia brasileira*. 1 ed. Brasília: Banco Mundial, (2003) 100p.
  5. SANTOS, J.F.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. *Floresta* 36 (1): 93-1000 (2006).
  6. SILVA, J.C.; FIEDLER, N.C.; RIBEIRO, G.A.; SILVA JÚNIOR, M.C. Avaliação de brigadas de incêndios florestais em unidades de conservação. *Revista Árvore* 27 (1): 95-101 (2003).
  7. FIEDLER, N.C.; MERLO, A.M.; MEDEIROS, M.B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. *Ciência Florestal* 16 (2): XXX-XXX (2006).
  8. FEARNSSIDE, P.M. Deforestation control in Mato Grosso: a new model for slowing the loss of Brazil's Amazon forest. *Ambio* 32 (5): 343-345 (2003).
  9. KAZADI, S.N.; YOSHIKAWA, S. Deforestation dynamics in Mato Grosso, Central-Est Brazil using GIS and NOAA/AVHRR data. In: ASPRS Annual Conference, 2009. *Anais...* Baltimore-Maryland, 1: 9-13 (2009).
  10. SORIANO, B.M.A.; PELLEGRIN, L.A. *Monitoramento do número de focos de calor e variáveis meteorológicas observados em 2007 no Pantanal*. Corumbá: Embrapa Pantanal, (2007) 3p. Comunicado Técnico, 64.
  11. SOARES, R.V.; PAEZ, G. Uma nova formula para determinar o grau de perigo de incêndios florestais na região Centro-Paranaense. *Floresta* 4 (2): 58-67 (1973).
  12. NUNES, J.R.S.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. Especificação de um sistema computacional integrado de controle de incêndios florestais. *Floresta* 36 (2): 201-212 (2006).
  13. NUNES, J.R.S. FMA+ - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o Estado do Paraná – Brasil. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2005. 150p.
  14. NUNES, J.R.S.; FIER, I.S.N.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. Desempenho da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre Alterada no Distrito Florestal de Monte Alegre. *Floresta* 40 (2): 319-326 (2010).

15. TORRES, F.T.P.; RIBEIRO, G.A.; MARTINS, S.V.; LIMA, G.S. Relações entre incêndios em vegetação e elementos meteorológicos na cidade de Juiz de Fora, MG. *Revista Brasileira de Meteorologia* 24 (4): 379-389 (2009).
16. SOARES, R.V. *Incêndios florestais: Controle e uso do fogo*. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (1985) 213p.
17. SOUZA, A.P.; ESCOBEDO, J.F.; GOMES, E.N.; DAL PAI, A. Estimativa da radiação global incidente em superfícies inclinadas por modelos isotrópicos e índice de claridade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45 (4): 339-350 (2010).
18. PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. *Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Livraria e editora Agropecuária, (2002) 478p.
19. VAREJÃO-SILVA, M.A. *Meteorologia e Climatologia*. Brasília: INMET, (2005) 552p.
20. NUNES, J.R.S.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. Estimativa da umidade relativa das 13:00h, com base nos dados das 9:00h e das 15:00h, para o Estado do Paraná. *Floresta* 35 (2): 247-258 (2005).
21. LADO, L.R.; SPAROVEK, G.; TORRADO, P.V.; DOURADO NETO, D.; VÁZQUEZ, F.M. Modelling air temperature for the state of São Paulo, Brazil. *Scientia Agrícola* 64 (5): 460-467 (2007).
22. BARDIN, L.; PEDRO JUNIOR, M.J.; MORAES, J.F.L. Estimativa das temperaturas máximas e mínimas do ar para a região do Circuito das frutas, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 14 (6): 618-624 (2010).
23. CULF, A.D., ESTEVES, J.L., MARQUES FILHO, A.O., OCHA, H.R. Radiation, temperature and humidity over forest and pasture in Amazonia. In: *Amazonian Deforestation and Climate*. (eds Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.). J.M. Wiley and Sons, New York (1996) p.175-191.
24. VILANI, M.T.; SANCHES, L.; NOGUEIRA, J.S.; PRIANTE FILHO, N. Sazonalidade da radiação, temperatura e umidade em uma floresta de transição Amazônia Cerrado. *Revista Brasileira de Meteorologia* 21 (3b): 119-131 (2006).
25. DIAS, C.A.A. *Procedimentos de medição e aquisição de dados de uma torre micrometeorológica em Sinop-MT*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Física Ambda Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Cuiabá, 2007. 89 f.
26. MARENGO, J.A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. *Theoretical and Applied Climatology* 78 (1): 79-96 (2004).
27. LIEBMANN, B.; MARENGO, J.A. Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon Basin. *Journal of Climate* 14: 4308-4318 (2001).
28. VOURLITIS, G.L.; PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M.M.; NOGUEIRA, J.S.; CASEIRO, F. CAMPELO JR.; J.H. Seasonal variations in evapotranspiration of a transitional tropical Forest of Mato Grosso, Brasil. *Water Resources Research* 38 (6): 3001-30011 (2002).
29. RIBEIRO, L.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C.; SILVA, I.C. Análise do perigo de incêndios florestais em um município da Amazônia Mato-Grossense, Brasil. *Floresta* 41 (2): 257-270 (2011).
30. SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. *Controle de incêndios florestais: o problema do fogo na floresta e meteorologia aplicada aos incêndios florestais*. Brasília, ABEAS, Módulo 2, (2002) 120p.
31. DEPPE, F.; PAULA, E.V.; MENEGHETTE, C.R.; VOSGERAU, J. Comparação de índice de risco de incêndio florestal com focos de calor no Estado do Paraná. *Floresta* 34 (2): 119-126 (2004).
32. SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL\_ MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil: Estado do Mato Grosso – isoietas anuais médias do período de 1977 a 2006*. Brasília: CPRM e ANA, 2009. (Base cartográfica digital, escala 1:1.000.000). Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas\\_Totais\\_1977\\_2006\\_MT.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_1977_2006_MT.pdf). Acesso em: 30 out. 2011.
33. NUNES, J.R.S.; SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. Estimativa da umidade relativa das 13:00h com base nos dados das 09:00 e das 15:00h, para o Estado do Paraná. *Floresta* 35 (2): 247-258 (2005).