



# UTILIZAÇÃO DA FMA E DA FMA<sup>+</sup> COMO INSTRUMENTO DE MEDIDA DE RISCO DE FOGO NOS MUNICÍPIOS QUE FORMAM O PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA - SERGIPE.

Benjamin, L.A. White<sup>1,2</sup>

Adauto, S. Ribeiro<sup>3</sup>

(1) Biólogo, Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe (2) Bolsista DAAD (3) Professor Departamento de Biologia - Universidade Federal de Sergipe E - mail: benjmk@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

Os incêndios constituem uma das maiores ameaças aos reflorestamentos e florestas nativas do planeta, causando bilhões de dólares em prejuízo. No Brasil, a busca de novas fronteiras agrícolas ou pastoris, contribuiu significativamente para a ocorrência de grandes incêndios, provocando danos irreparáveis ao meio ambiente.

A falta de fiscalização torna a prática de queimadas como uma das principais causas dos incêndios florestais. Agricultores ou pecuaristas, que, sem tomar as devidas precauções, utilizam o fogo como forma de manejo agropastoril e acabam por perder o seu controle. O fogo descontrolado acaba invadindo outros territórios iniciando assim um incêndio.

Para atender a demanda contínua de informações ambientais no Brasil, o sensoriamento remoto por satélites surge como a principal ferramenta disponível (IBAMA, 2007). Dentre os principais produtos de determinação via satélite, a detecção do fogo em vegetação se destaca por ser amplamente difundida e aplicada operacionalmente no monitoramento de áreas de interesse. Para isso, são aproveitados os dados de satélites com sensores que identificam a temperatura da superfície terrestre. Quando a temperatura detectada pelo satélite num determinado local é maior que uma média pré-determinada, este local é considerado como um foco de calor. (SETZER *et al.*, 004)

Diariamente, o Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (INPE) disponibiliza pela Internet os dados com as coordenadas dos focos de calor detectados em todo o país, obtidos através de diferentes satélites e sensores como os NOAA/AVHRR - 12,14 e 16, GOES - 12, EOS/MODIS TERRA e AQUA, e DMSP (IBAMA, 2007).

Comumente os focos de calor detectados pelo INPE são devido a pequenas queimadas realizada por agricultores, que devido a falta de medidas de precaução utilizadas pelos mesmos, e devido a determinadas condições climáticas favoráveis, acabam perdendo o controle do fogo, representando assim um risco para as áreas de conservação localizadas nas proximidades.

Os índices de perigo de ocorrência de incêndios são dados, em números, que indicam se existem condições favoráveis para ocorrência e facilidade de propagação de incêndios florestais, baseado em dados climáticos como umidade relativa do ar, pluviosidade, temperatura, etc. Seus índices de perigo irão variar de acordo com as condições atmosféricas do dia ou de uma seqüência de dias. São importantes, pois permitem a previsão das condições de risco, o que possibilita a adoção de medidas preventivas mais eficazes e econômicas. Segundo CHENEY (1968), os índices de perigo de incêndios florestais fornecem uma resposta em 80% dos casos, o que é suficiente para o planejamento eficiente do controle de incêndios. Os índices são importantes, pois permite a previsão das condições de risco, o que possibilita a adoção de medidas preventivas mais eficazes e econômicas. Segundo o mesmo autor, dentre as diversas utilidades e aplicações dos índices de perigo de incêndio pode-se destacar: o conhecimento do grau de risco, o planejamento do controle de incêndios, a permissão para queimas, o estabelecimento de zonas de perigo, a previsão do comportamento do fogo, a advertência pública do grau de perigo, etc.

Desenvolvida em 1972 com base em dados da região central do Estado do Paraná, a Fórmula de Monte Alegre (FMA) constitui um índice de ocorrência de incêndios que se utiliza de duas variáveis: uma de forma direta, a umidade relativa do ar medida às 13h00min e outra de forma indireta, a precipitação diária (SOARES, 1972). A Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA<sup>+</sup>), desenvolvida no ano de 2005, constitui um aprimoramento da FMA original, onde é adicionada a variável "velocidade do vento" medida às 13:00h. Ambas as fórmulas somam o valor obtido no dia com o valor do dia anterior criando uma seqüência cumulativa de valores (NUNES, 2005). Suas equações básicas são as seguintes: <p/>

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

$$FMA^+ = \sum_{i=1}^n (100/H_i) \times e^{0.04v}$$

Onde: FMA = Fórmula de Monte Alegre; FMA<sup>+</sup> = Fórmula de Monte Alegre Alterada, H<sub>i</sub> = umidade rela-

tiva do ar (%), medida às 13:00h; n = número de dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm; e = base dos logaritmos naturais; v = velocidade do vento em m/s medida às 13:00h (NUNES, 2005).

Por serem acumulativos no que se referem à umidade relativa, ambos os índices estão sujeitos a restrições de precipitação. Se a precipitação diária for menor ou igual a 2,4mm não ocorre nenhuma modificação no cálculo. Precipitações entre 2,5 a 4,9mm deve - se abater 30% da FMA do dia anterior. Se choveu entre 5,0 e 9,9mm deve - se abater 60%. Entre 10,0 e 12,9 abater 80%. E se a precipitação exceder 12,9mm deve - se interromper o cálculo e recomeçar a somatória no dia seguinte (NUNES, 2005).

A interpretação do grau de perigo estimado pela Fórmula de Monte Alegre e pela Fórmula de Monte Alegre Alterada é feita por meio de uma escala. Para a FMA, valores menores ou iguais a 1,0 o grau de perigo é nulo; de 1,1 a 3,0 pequeno; de 3,1 a 8 médio; de 8,1 a 20,0 alto; e valores maiores que 20,0 o grau de perigo é considerado como muito alto (SOARES,1972). Para a FMA<sup>+</sup>, as classes de perigo são as mesmas, entretanto variam de acordo com seus valores: valores menores ou iguais a 3,0 o grau de perigo é nulo; de 3,1 a 8,0 pequeno; de 8,1 a 14,0 médio; de 14,1 a 24,0 alto; e valores maiores que 24,0 o grau de perigo é considerado como muito alto (NUNES, 2005).

Segundo NUNES (2005), a velocidade do vento é uma variável meteorológica que possui grande influência na propagação de um incêndio florestal, e a sua inclusão na Fórmula de Monte Alegre pode torná - la mais eficiente.

A freqüente ocorrência de incêndios florestais dentro do Parque Nacional Serra de Itabaiana, comumente originada devido a queimadas descontroladas realizada por agricultores no seu entorno, e a conseqüente perda tanto da biodiversidade quanto de locais passíveis ao ecoturismo, é um fator preocupante, já que o mesmo contribui para a preservação do Parque e para o desenvolvimento sustentado das populações locais. A busca de um índice que possa alertar, com eficiência, as autoridades competentes quanto à probabilidade de que ocorra um incêndio dentro do PARNA ao longo do ano, tornando - os competentes para realizar medidas necessárias de precaução, constitui um trabalho necessário de suma importância.

## OBJETIVOS

Este estudo tem por objetivo verificar se a Fórmula de Monte Alegre e a Formula de Monte Alegre Alterada são índices eficientes para determinar a ocorrência de fogo dentro da vegetação dos municípios que compõem o Parque Nacional Serra de Itabaiana-Sergipe.

## MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Nacional da Serra de Itabaiana está entre as latitudes e longitudes aproximadas de 10°40'52" Sul e 37°25'15" Oeste. Fica às margens da BR 235 e abrange os municípios de Areia Branca, Itabaiana, Laranjeiras, Itaporanga D'ajuda e Campo do Brito. Sua área total é de 7966ha e é formada por um complexo de Serras seqüenciais:

Cajueiro, Comprida e Itabaiana (CARVALHO & VILAR, 2005).

Está situado na zona de transição entre o litoral de Sergipe e a vegetação de "agreste", uma caatinga nordestina mitigada. Esta posição geográfica lhe garante características especiais que favorecem a existência de diversos tipos vegetacionais a depender do solo do qual se encontram.

A Plataforma de Coleta de Dados Automática "GBarbosa-UFS", instalada em Maio de 2008, está localizada dentro do município de Itabaiana, no Buffer Interno do Parque Nacional Serra de Itabaiana entre as latitudes e longitudes aproximadas de 10°40'55" Sul e 37°24'47" Oeste, sendo a estação meteorológica mais próxima da área de estudo. Os dados de precipitação, umidade relativa do ar e velocidade do vento obtidos nesta estação foram catalogados diariamente durante o período de 20/05/2008 a 20/05/2009 totalizando 366 dias de informações. Estes dados foram aplicados à Fórmula de Monte Alegre e à Fórmula de Monte Alegre Alterada, obtendo - se assim, o grau de perigo diário, para o período de estudo, de acordo com a fórmula utilizada. O valor da FMA e da FMA<sup>+</sup> obtido foi correlacionado, através do teste de correlação de Pearson (BROWER & ZAR, 1997), com a quantidade de focos de calor diário, para o mesmo período, obtidos via internet pelo site do INPE, dentro dos municípios que compreendem a área do Parque Nacional Serra de Itabaiana: Areia Branca, Itabaiana, Laranjeiras, Itaporanga D'ajuda e Campo do Brito.

## RESULTADOS

Segundo dados do INPE, foram detectados 54 focos de calor durante o período de estudo dentro dos municípios de Areia Branca, Itabaiana, Laranjeiras, Itaporanga D'ajuda e Campo do Brito: Janeiro (18), Fevereiro (7), Março (9), Abril (1) Maio (0), Junho (1), Julho (0), Agosto (0), Setembro (0), Outubro (4), Novembro (4), Dezembro (10).

O valor do perigo de ocorrência de incêndio de acordo com a FMA variou de 0,0 a 127,12 e para a FMA<sup>+</sup> de 0,0 a 153,11. Ambas as fórmulas apresentaram respectivamente as seguintes médias ao longo do período de estudo: FMA = 23,51 e FMA<sup>+</sup> = 27,35. Média esta classificada dentro do grau de perigo "Muito Alto".

De acordo com a FMA, durante o período de estudo, 20 dias foram classificados na categoria de risco "Nulo", dias estes, em que não foi detectado nenhum foco de calor pelo INPE, resultando numa probabilidade de ocorrência de fogo dentro da vegetação de 0,0%. A categoria "Pequeno" ocorreu em 35 dias ao longo do ano e foram detectados dois focos de calor, representando uma probabilidade de 5,71%. Classificados na categoria "Médio" estavam 115 dias nos quais foram detectados nove focos de calor, representando uma probabilidade de 7,83%. A categoria "Alto" esteve presente durante 74 dias nos quais foram detectados cinco focos de calor, 6,76%. E 122 dias foram classificados como de risco "Muito Alto" nos quais ocorreram 38 focos de calor, resultando uma probabilidade de 31,15%.

Já de acordo com a FMA<sup>+</sup>, foram registrados 46 dias classificados como dentro da categoria de risco "Nulo", dias estes em que foram detectados dois focos, resultando na probabilidade de incêndio de 4,35%. A categoria "Pequeno"

esteve presente em 109 dias ao longo do ano, período no qual foram detectados sete focos de calor, resultando numa probabilidade de 6,42%. 61 dias foram classificados dentro da categoria “Médio” e foram detectados cinco focos de calor, resultando em uma probabilidade de ocorrência de fogo na vegetação de 8,19%. Dentro da categoria “Alto” foram detectados dois focos de calor ao longo de 28 dias, ou seja probabilidade de 7,14%. Na categoria “Muito Alto” foram detectados 38 focos de calor durante 122 dias, o que resultou numa probabilidade de 31,15%.

Tanto a FMA como a FMA<sup>+</sup> classificaram 122 dias como sendo de risco “Muito Alto”, dias estes em que ocorreram a maior quantidade de focos de incêndios, 70,37% do total. SOARES (1998), durante seu estudo no distrito federal de Monte Alegre no período de 1988 a 1995, cita que 87% dos incêndios ocorreram em dias que a FMA indicava grau de perigo Muito Alto. Já NUNES (2006), utilizando a FMA<sup>+</sup>, verificou uma tendência de os incêndios se concentrarem nas classes de perigo Alto e Muito Alto, variando de 80 a 90% se for considerado o somatório dessas duas classes.

Foi - se efetuado o teste de correlação de Pearson (BROWER & ZAR, 1997) entre a quantidade de focos de calor e o perigo de ocorrência segundo a Fórmula de Monte Alegre, e, em seguida, foi aplicado o teste “t Student” para verificar a significância da correlação. O resultado demonstrou ser significativo: ( $r = 0,21$ ;  $gl = 364$ ;  $p < 0,001$ ). Os mesmos testes foram realizados para a Fórmula de Monte Alegre Modificada: ( $r = 0,20$ ;  $gl = 364$ ;  $p < 0,001$ ), também demonstrando ser uma correlação significativa.

Estes dados corroboram os resultados encontrados por SOARES (1998), para a FMA, em que afirma que o modelo manteve eficiência comprovada na previsão do grau de perigo de incêndio no Distrito Florestal de Monte Alegre, região central do estado do Paraná. Assim como também estudos de SILVA *et al.*, (2001) que chegaram à conclusão de que a Fórmula de Monte Alegre fornece uma boa indicação dos meses mais críticos para ocorrência de incêndios.

Apesar da correlação ligeiramente menor entre a FMA<sup>+</sup> e a quantidade de focos de calor, o estudo também demonstrou a eficiência deste novo índice. Segundo NUNES (2006), baseada na distribuição de incêndios ocorridos, nas áreas queimadas e na área queimada média para as classes de perigo, existe uma relação direta entre essas variáveis e as classes de perigo segundo a FMA<sup>+</sup>. Portanto, supõe - se que caso a variável área queimada (ha) fosse levada em conta, a FMA<sup>+</sup> teria uma melhor eficiência que a FMA.

## CONCLUSÃO

No geral, tanto para a FMA como para a FMA<sup>+</sup>, a probabilidade de ocorrência de fogo na vegetação é menor que 8,2% em todas as categorias de perigo, com exceção para a categoria “Muito Alto” em que a probabilidade de ocorrência é maior que 30%. Portanto recomenda - se maior estado de alerta das entidades responsáveis pelo controle de incêndios durante tais dias, em especial nos meses de Dezembro e Janeiro.

A FMA demonstrou ser ligeiramente mais significativa do que a FMA<sup>+</sup> com relação à ocorrência de fogo dentro dos municípios que formam o Parque Nacional Serra de Itabiana, segundo dados do INPE.

A Fórmula de Monte Alegre Alterada consiste em uma nova metodologia de medição do grau de perigo de ocorrência de incêndios baseada na inclusão da variável velocidade do vento na pré - existente Fórmula de Monte Alegre. Devido a seu recente desenvolvimento, existem poucos dados na literatura a respeito de sua eficácia.

Com os dados obtidos através deste estudo, chegou - se à conclusão de que tanto a FMA quanto a FMA<sup>+</sup> são bons indicativos para determinar o perigo de ocorrência de fogo na vegetação dos municípios estudados.

Devido a maior facilidade de cálculo, recomenda - se a utilização da FMA, para determinar o perigo de ocorrência de fogo na vegetação por diferentes entidades, inclusive pelo corpo de bombeiros do estado, que poderá coordenar suas ações de acordo com o grau de perigo.

Agradecimento: À Bolsa do DAAD concedida ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- Brower, J.E., Zar, J.H & Von Ende C.N. **Field & laboratory methods for general ecology**. 4<sup>a</sup>ed. W.C. Brown Publishers, Iowa. 1997.
- Cheney, N. P. Predicting fire behavior with fire danger tables. **Australian Forestry**. v. 32, n<sup>o</sup>. 2, 1968.
- IBAMA / PREVFOGO SEDE DIVISÃO DE PREVENÇÃO E COMBATE-DPC. **Relatório de Ocorrências de Incêndios em Unidades de Conservação Federais 2006**. 2007.
- Nunes, J. R. S. **FMA<sup>+</sup> - Um Novo Índice de Perigo de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná -Brasil**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Paraná-Sector de Ciências Agrárias. 2005.
- Nunes, J. R. S. **FMA<sup>+</sup> - Um Novo Índice de Perigo de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná, Brasil**. **Floresta**, PR, v. 36, n. 1, 2006.
- Setzer, A. W.; Pereira, J. A. R.; Maurano, L. E. Visão atual do sistema de monitoramento de fogo na América do Sul. In: Santos, J. R.; Disperatti, A. A. (Ed.) **Aplicações de geotecnologias em engenharia florestal**. Curitiba: Gabardo, 2004.
- Silva, J. C.; Fiedler, N. C.; Silva, G.F. Uso da Fórmula de Monte Alegre na determinação dos períodos críticos de ocorrência de incêndios florestais na área de proteção ambiental do Gama Cabeça - de - Veado, Brasília-DF. **Brasil Florestal**, n<sup>o</sup>. 72. 2001.
- Soares, R. V. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro paranaense, Brasil**. (Dissertação de Mestrado). Turrialba, Costa Rica, CATIE/IICA. 1972.
- Soares, R. V. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre” índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **Cerne**, v. 04, n. 1, 1998.