

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 113

ISSN 1981-7215  
Dezembro, 2011

## **Proposta de Método para Seleção de Indicador de Risco de Incêndio por Região**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 113**

## **Proposta de Método para Seleção de Indicador de Risco de Incêndio por Região**

Marcelo Gonçalves Narciso  
Balbina Maria Araújo Soriano  
Omar Daniel  
Fernando Attique Máximo

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Pantanal**

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS

Caixa Postal 109

Fone: (67) 3234-5800

Fax: (67) 3234-5815

Home page: [www.cpap.embrapa.br](http://www.cpap.embrapa.br)

E-mail: [sac@cpap.embrapa.br](mailto:sac@cpap.embrapa.br)

**Comitê Local de Publicações:**

Presidente: *Suzana Maria de Salis*

Membros: *Ana Maria Dantas Maio*

*André Steffens Moraes*

*Vanderlei Doniseti Acassio dos Reis*

*Viviane de Oliveira Solano*

Secretária: *Eliane Mary P. de Arruda*

Supervisora editorial: *Suzana Maria de Salis*

Normalização bibliográfica: *Viviane de Oliveira Solano*

Tratamento de ilustrações: *Eliane Mary P. de Arruda*

Foto da capa: *Sandra Aparecida Santos*

Editoração eletrônica: *Eliane Mary P. Arruda*

Disponibilização na home page: *Marilisi Jorge da Cunha*

**1ª edição**

1ª impressão (2011): formato digital

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte  
Constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Pantanal

Proposta de método para seleção de indicador de risco de incêndio por região [recurso eletrônico]/ Marcelo Narciso Gonçalves... [et al]. - Dados eletrônicos - . Corumbá : Embrapa Pantanal, 2011.  
13 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7215; 113).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: < <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP113.pdf>>

Título da página da Web (acesso em 30 dez. 2011).

1. Queimada. 2. Fogo. 3. Incêndio. I. Narciso, Marcelo Gonçalves. II. Soriano, Balbina Maria Araujo. III. Daniel, Omar. IV. Máximo, Fernando Attique. V. Série. VI. Embrapa Pantanal.

CDD 628.922 (21. ed.)

© Embrapa 2011

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	5
<b>Abstract</b> .....	6
<b>Introdução</b> .....	7
<b>Material e Métodos</b> .....	7
<b>Resultados e Discussão</b> .....	9
<b>Conclusão</b> .....	13
<b>Referências</b> .....	13

# Proposta de Método para Seleção de Indicador de Risco de Incêndio por Região

---

*Marcelo Gonçalves Narciso<sup>1</sup>*  
*Balbina Maria Araujo Soriano<sup>2</sup>*  
*Omar Daniel<sup>3</sup>*  
*Fernando Attique Máximo<sup>4</sup>*

## Resumo

Descreve-se um método que, a partir de dados diários de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, temperatura de ponto de orvalho, precipitação, insolação e quantidade de focos de incêndio, determina qual o melhor método a ser usado, entre cinco, para o cálculo de risco de incêndio na região em questão. A partir dos métodos: Fórmula de Monte Alegre (FMA), FMA Modificado (FMA<sup>+</sup>), Nesterov, Telicyn e Angstron, o sistema seleciona o que melhor prediz o risco de incêndio, além de, quando possível, determinar um fator para melhorar o resultado à região alvo, utilizando análise estatística dos erros. Os resultados do método podem sair em html ou em arquivo csv (comma separated values).

Palavras-chave: risco de incêndio, sistema de informação, melhor índice.

---

<sup>1</sup> Agrônomo, Dr, Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000, Sto Antônio de Goiás, GO. narciso@cnpaf.embrapa.br

<sup>2</sup> Meteorologista, Dra, Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, 79320-900, Corumbá, MS. balbina@cpap.embrapa.br

<sup>3</sup> Engenheiro Florestal, Dr, Universidade Federal da Grande Dourados/Faculdade de Ciências Agrárias, Caixa Postal 533, 79804-970, Dourados, MS. omardaniel@ufgd.edu.br

<sup>4</sup> Graduado em Matemática Aplicada e Computacional, Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, 13083-886, Campinas, SP. fernando@cnptia.embrapa.br

# Proposed Method for Selecting Indicator Fire Risk by Region

---

## Abstract

*This paper describes a method that choose the best method to calculate the fire risk index for region, among: FMA, FMA<sup>+</sup>, Nesterov, Telicyn and Angstron. The inputs of this system are temperature and moisture from the air, wind velocity, dew point temperature, rainfall, solar radiation and fire focus number. The selection of the best index is made by statistical analysis of errors and by multiply the best equation by additional equation. With the best method, the system try to improve the result adding an equation (adjustment factor) to the method. The results of this system can be html format or csv (comma separated values) file.*

*Index terms: fire risk; information system; best index.*

## Introdução

A determinação do risco de incêndio de áreas de vegetação é uma informação importante para auxiliar as práticas de manejo com o uso do fogo. O risco de incêndio está associado às condições meteorológicas que têm influência direta no vigor e umidade da vegetação e, portanto, na sua inflamabilidade. A maior parte dos índices de risco utiliza parâmetros meteorológicos, principalmente precipitação, umidade relativa e temperatura do ar para determinar as condições da vegetação, pois medidas diretas de umidade de vegetação são complexas e requerem custosas amostragens espaciais.

O estabelecimento e acompanhamento periódico de índices de risco de incêndios em grandes regiões permitem estabelecer as zonas potencialmente propícias à ocorrência de incêndios, permitindo a tomada de medidas preventivas. Assim, podem ser minimizados os impactos causados pelas queimadas que provocam aumento das concentrações de gases de efeito estufa e aerossóis, promovendo mudanças na atmosfera e provavelmente no clima do planeta; gerando distúrbios econômicos; influenciando na saúde da população humana e na fauna em geral; provocando a formação de camadas de fumaça, poluição ou ainda, acidentes e outras perdas.

Muitos trabalhos têm sido descritos na literatura sobre índice de risco de incêndio, como pode ser visto em (VOLPATO, 2002). Porém, cada um destes se adapta muito bem em certas condições, mas nem sempre se adapta a outras (NUNES et al., 2005). Assim, para cada região existe um índice de risco melhor ou que descreve melhor o comportamento dos focos de incêndio da região. Pode-se melhorar o índice de risco de incêndio adicionando um fator de correção, o que o torna mais apropriado para uma dada região ou condição de contorno diferente da qual o índice original foi desenvolvido.

Este trabalho tem por objetivo descrever um sistema de informação que seleciona o melhor método para cálculo de risco de incêndio por região, dentre cinco dos mais conhecidos na literatura: Fórmula de Monte Alegre (FMA), Fórmula de Monte Alegre Modificada (FMA+), Nesterov, Telicyn e Angstron (NUNES et al., 2005) e (VOLPATO, 2002). Além de selecionar o melhor índice para a região alvo, o sistema também propõe um fator de ajuste com a finalidade de melhorar ainda mais os resultados.

## Material e Métodos

Os dados utilizados foram compostos por uma série de dados climáticos (precipitação pluvial, temperatura e umidade do ar) da sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-mato-grossense, estação de Climatológica de Nhumirim, de 2004 a 2008, bem como focos de incêndio ocorridos neste período, segundo fontes do INPE (INPE, 2011).

Os índices de risco de incêndio FMA, FMA+, Nesterov, Telicyn e Angstron conforme (NUNES et al., 2005) foram calculados em um sistema disponível em [www.pantanal.cnptia.embr.br/sad.html](http://www.pantanal.cnptia.embr.br/sad.html).

A entrada de dados no sistema foi feita por meio de arquivo do tipo CSV (comma separated values) ou “\_.csv\_”, assim estruturado: data, temperatura, umidade relativa, temperatura de ponto de orvalho, precipitação pluvial, ponto de orvalho, velocidade do vento, insolação e focos de incêndio na sub-região considerada. Após ler este arquivo, o sistema calculou o risco de incêndio usando todos os métodos descritos anteriormente, apresentando os resultados em formato HTML ou arquivo “\_.csv\_”.

Analisando o formulário de saída, definiu-se como o melhor índice de risco de incêndio aquele que previu riscos nas classes “alto” ou “muito alto” coincidentes com a ocorrência real de focos de incêndios. Vale a pena mencionar que cada método descreve o risco de incêndio, em cada dia, como “sem risco”, “pequeno”, “médio”, “alto” e “muito alto” ou similar a estes padrões. O sistema mostra a estatística do desempenho de cada método e propõe um fator de ajuste, descrito a seguir.

Este fator de ajuste é justificado pelo fato de se comparar métodos cumulativos (FMA, FMA+ e Nesterov), que contabilizam dados climáticos de dias anteriores e os não cumulativos (Telicyn e Angstron). O fator de ajuste referido acima é uma exponencial do tipo  $\exp(A.x)$  inserido na fórmula como:

Melhor método\* $\exp(A.x)$ .

O valor de **A** é a variável a ser determinada e **x** pode ser qualquer atributo (velocidade do vento, insolação, etc). Para este trabalho, foi escolhido como **x** a velocidade do vento, por esta ajudar no processo de espalhamento do calor e contribuir para propagação de incêndio. O objetivo foi fazer com que o valor de **A** fosse tal que conduzisse o resultado do risco de incêndio a ser igual a “alto” e “muito alto” na ocorrência de um foco de incêndio. Para exemplificar, suponha que o índice FMA tenha sido o de melhor desempenho e que o fator de ajuste obtido tivesse apresentado o valor  $A=0,03$ . Assim, o resultado ajustado para o dia “i” e **x** igual a velocidade do vento (vv) é igual a:

$$FMA_i = (100 / UR_i) * \exp(0,03 * vv), \text{ onde UR} = \text{umidade relativa do ar.}$$

As considerações feitas para a interpretação do grau de perigo estimado pelo FMA, conforme o valor obtido, contabilizando o ajuste, continuam as mesmas (SOARES, 1972).

É importante mencionar que este cálculo com base na constante **A** obtida vale apenas para a região alvo onde os dados climáticos foram coletados. O valor de **A** pode ser obtido a partir de um conjunto de dados no qual o método normal, sem o ajuste, tenha se equivocado (classificou como “sem risco” dado que ocorreu foco de incêndio). Para exemplificar, supondo que do dia 1 até o dia 6 (sendo este o dia que ocorreu um foco de incêndio e este não tenha sido previsto) seja feita a somatória normal do método de FMA com os fatores de ajuste (doravante chamado de FMAa). De acordo com a interpretação do grau de perigo, o valor do somatório tem que ser pelo menos 8,1 no sexto dia, dia do foco de incêndio (8,1 a 20 é considerado alto e acima de 20 muito alto, segundo Soares, 1972), conforme cálculo a seguir, supondo **x** a velocidade do vento (vv):

$$FMA_a = S_1 * (100/UR_1) * \exp(A.vv_1) + S_2 * (100/UR_2) * \exp(A.vv_2) + S_3 * (100/UR_3) * \exp(A.vv_3) + S_4 * (100/UR_4) * \exp(A.vv_4) + S_5 * (100/UR_5) * \exp(A.vv_5) + S_6 * (100/UR_6) * \exp(A.vv_6) = 8,1$$

Sendo:  $S_1, S_2, \dots, S_6$  frações de 0 a 1, em função da precipitação, conforme a lei de formação da função do índice FMA do primeiro ao sexto dia deste exemplo.

Uma exponencial  $\exp(x)$  pode ser descrita como uma série (TIZZIOTTI, 2010) do tipo:

$$\exp(x) = 1 + x + x^2/2! + x^3/3! + \dots + x^n/n!$$

Para este estudo de caso, supõe-se que o valor de (A.vv) seja próximo de zero ou pequeno (0.1, por exemplo), para que o fator de ajuste não altere significativamente o resultado, e assim  $\exp(A.vv)$  seja levemente maior que 1. Desta forma,  $\exp(A.vv)$  pode ser aproximada a uma série de potências e esta pode ser aproximada para:

$$\exp(x) = 1 + x + x^2/2! \quad \text{com erro igual a } x^3/3! + \dots + x^n/n!$$

Assim, substituindo a expressão  $\exp(A.vv)$  por  $(1 + A.vv + A.vv^2/2)$ , tem-se que:

$$FMA_a = S_1 * (100/UR_1) * [1 + A.vv_1 + A.vv_1^2/2] + \dots + S_6 * (100/UR_6) * [1 + A.vv_6 + A.vv_6^2/2] = 8,1 \quad (1)$$

A equação (1) pode ser reescrita como:

$$FMA_a = A^2 * [S_1 * (100/UR_1) * vv_1^2/2 + \dots + S_6 * (100/UR_6) * vv_6^2/2] + [S_1 * (100/UR_1) * vv_1 + \dots + S_6 * (100/UR_6) * vv_6] * A + [S_1 * (100/UR_1) + \dots + S_6 * (100/UR_6)] = 8,1 \quad (2)$$

Observe que a equação acima é polinômio de grau 2, facilmente resolvida pela fórmula de Bhaskara (TIZZIOTTI, 2010). De forma geral, a equação (2), para **n** dias, é escrita como:

$$FMA_a = A^2 * [S_1 * (100/UR_1) * vv_1^2/2 + \dots + S_n * (100/UR_n) * vv_n^2/2] + [S_1 * (100/UR_1) * vv_1 + \dots + S_n * (100/UR_n) * vv_n] * A + [S_1 * (100/UR_1) + \dots + S_n * (100/UR_n)] = 8,1$$

Este cálculo é feito, preferencialmente, entre uma precipitação que leva a zerar o cálculo do índice de risco em questão e o dia em que ocorre um foco de incêndio e o índice não o classifica como “alto” ou muito alto” (o índice de risco não classifica corretamente e assim o ajuste fará o índice a classificar corretamente). Caso não aconteça precipitação 60 dias antes do erro de classificação, então um outro dia inicial para o cálculo é escolhido. O número máximo de dias pode ser alterado (de 60 para 40, por exemplo). Estas considerações valem para os métodos cumulativos (FMA, FMA+, Nesterov). Para os métodos diários, não cumulativos, o cálculo é mais simples. Para cada dia que houver foco de incêndio e o resultado do método for “sem risco” ou “pequeno” ou “médio”, elabora-se uma equação, isto é:



$S1 \cdot \exp(A \cdot vv) = r$ ,  $S1$  e  $r$  (2.5 para o índice de Angstron e 5.1 para Telecyn) são conhecidos.

Assim:  $A \cdot vv = \ln(r/S1)$ ,  $\ln = \log$  na base  $e=2,7172\dots$

Observe que muitos são os valores calculados para  $A$ . Ao final dos cálculos, é feita uma média de todos os valores de  $A$  calculados.

O leitor pode propor outra forma de fator de ajuste do cálculo, mais simples do que a apresentada, desde que este tenha validade para todo o conjunto de dados. Além disso, caso o usuário não tenha os valores de velocidade do vento, mas tenha uma outra variável medida e esta de alguma forma possa influenciar no resultado do índice, então esta pode ser utilizada para obter o fator de ajuste.

Postas as considerações acima, procurou-se deixar claro que o sistema descrito seleciona o método que melhor descreve o risco de incêndio na região alvo e procura melhorar seus resultados por meio de um fator de ajuste.

O sistema proposto foi elaborado usando-se as linguagens JavaScript e PHP. A linguagem JavaScript é executada na máquina do usuário e é usada para fins de apresentação de formulário e verificação de correto preenchimento dos dados de entrada. A linguagem PHP é executada no servidor web e é utilizada para ler os dados do arquivo passado pelo usuário, realizar todos os cálculos necessários, apresentar os valores fornecidos pelos métodos (escolha do melhor método e cálculo do fator de ajuste) e apresentar o resultado em formato HTML ou CSV.

Este sistema foi feito para ser usado nos navegadores Mozilla Firefox, Safari e Google Chrome. Uma versão para Internet Explorer está sendo preparada.

## Resultados e Discussão

A página [www.pantanal.cnptia.embrapa.br/sad.htm](http://www.pantanal.cnptia.embrapa.br/sad.htm) é a porta de entrada de vários sistemas, incluindo o discutido neste trabalho, ou seja, “Verificação do melhor índice de risco de incêndio”. Ao se cadastrar no sistema, o usuário terá uma senha para então ter acesso aos seguintes sistemas: “Alerta – Risco de Incêndio” (NARCISO et al., 2009), “Análise Econômica”, “Curva de Crescimento de Cavalos e Bezerros”, “Indicadores de Pastagens”, “Indicadores Sociais”, “Verificação do melhor índice de risco de incêndio” e “Simulação para melhorar índice de risco de incêndio”.

Cada um destes sistemas tem uma função dentro do contexto do ambiente do Pantanal. Porém, alguns destes podem ser usados em qualquer situação (outros ambientes), tais como os sistemas “Indicadores Sociais”, “Curva de Crescimento de Cavalos e Bezerros” (NARCISO; SANTOS, 2009), “Verificação do melhor índice de risco de incêndio e Simulação para melhorar índice de risco de incêndio”.

Para o caso deste trabalho, o sistema a ser focado é sobre a verificação do melhor índice de incêndio, isto é, dentre as cinco metodologias de análise de risco de incêndio consideradas, o sistema apresenta resultados de cada um, mostra as estatísticas de erros e acertos e determina o melhor sistema, além de propor um fator de ajuste para este. A Figura 1 ilustra os sistemas disponíveis, ao acessar a página relativa aos sistemas sobre o Pantanal.

Ao acessar a opção “Verificação do melhor índice de risco de incêndio”, é pedido um arquivo de entrada do tipo “\_csv\_” e também o formato de saída. Uma “Ajuda/Help” também aparece para explicar como deve ser o conteúdo do arquivo de entrada em formato CSV, para que os cálculos possam ser feitos corretamente. Dados como data (dia, mês e ano), temperatura e umidade do ar, precipitação, ponto de orvalho, velocidade do vento, insolação e quantidade de focos de incêndio devem ser contemplados no arquivo “\_csv\_” de entrada. Assim, o usuário pode analisar qual dos cinco métodos melhor se adapta à sua região.



Figura 1. Página de acesso aos sistemas relativos à região do Pantanal (www.pantanal.cnptia.embrapa.br/sad.htm).

A Figura 2 ilustra a página de opções, destacando a “Verificação do melhor índice de risco de incêndio”.

## Escolha uma das funcionalidades abaixo

- Alerta-Risco de Incêndio
- Análise Econômica
- Curva de Crescimento de Cavalos e Bezerros
- Indicadores Sociais
- Verificação do melhor índice de risco de incêndio
- Simulação para melhorar índice de risco de incêndio

Entre com o arquivo CSV:  Nenhum arq...lecionado

Escolha a saída:

[Ajuda/Help](#)

Figura 2. Página de opções destacando a “Verificação do melhor índice de risco de incêndio”.

A Figura 2 também ilustra a escolha de parâmetros para cálculo. Quando o usuário escolhe a opção de “Verificação do melhor índice de risco de incêndio”, aparece um pequeno formulário de preenchimento de dados para entrada do sistema (arquivo de entrada e formato de saída). O formato dos dados no arquivo de entrada pode ser visto na opção “Ajuda/Help”, bem como um exemplo de como usar o sistema. Após ativar a opção “OK” (submeter os dados), aparecem os dados de entrada e os valores respectivos dos resultados dos cinco métodos citados neste artigo. Assim, o usuário pode ver qual é o melhor índice a ser usado, visto que terá uma estatística sobre os erros quanto à previsão de focos de incêndio e desta forma basta escolher o índice que errou menos. Sobre este índice que errou menos será mostrado o valor de **A**, para o fator de ajuste. Caso o leitor queira saber o desempenho deste índice, poderá usar a opção “Simulação para melhorar índice de risco de incêndio”. Esta opção permite simulações de valores e também de variáveis (**x** poderá ser velocidade do vento, insolação, temperatura do ar, umidade do ar ou outra variável que o usuário tiver disponível). Para usar esta simulação, o sistema fornece um formulário para escolha de um dos cinco métodos, o valor de **A** para o fator de ajuste, o formato de saída e o arquivo `_csv_` de entrada, tal como o sistema “Verificação do melhor índice de risco de incêndio”. Após isso, o sistema mostra os resultados diários, conforme índice escolhido e fato de ajuste e também a estatística de erro. A Figura 3 ilustra a entrada deste sistema.

## Escolha uma das funcionalidades abaixo

Alerta-Risco de Incêndio  
 Análise Econômica  
 Curva de Crescimento de Cavalos e Bezerros  
 Indicadores Sociais  
 Verificação do melhor índice de risco de incêndio  
 Simulação para melhorar índice de risco de incêndio

Entre com o arquivo CSV:

Insira um valor para A:

Escolha o índice:

Escolha a saída:

[Ajuda/Help](#)

**Figura 3.** Página de opções destacando a opção “Simulação para melhorar índice de risco de incêndio”.

Após verificar o comportamento de todos os índices, conforme o que cada um previu relativo a focos de incêndio, o sistema “Verificação do melhor índice de risco de incêndio” seleciona o que mais se aproximou da previsão correta. Para o caso da sub-região da Nhecolândia, o melhor resultado foi aquele produzido pelo método de Nesterov (acertou mais os focos de incêndio, ver Tabela 1). O método FMA também teve um bom índice de acertos, na média, para esta sub-região. Na Tabela 1 pode-se verificar a quantidade de erros, que também é fornecida pelo sistema.

**Tabela 1.** Número de erros por método a partir de dados de 318 dias com focos de incêndio (INPE, 2011) entre 2004 e 2008.

	FMA	FMA <sup>+</sup>	Nesterov	Telicyn	Angstron
Erro 1	40	73	15	71	269
Erro 2	11	35	6	51	269

Na Tabela 1, o Erro 1 é quando o método obtém valor igual a “médio”, “pequeno” e “sem risco” em vez de “alto” ou “muito alto” quando um foco de incêndio ocorreu em um dado dia e o Erro 2 é igual aos valores “pequeno” e “sem risco” em vez de “alto” ou “muito alto” quando em um determinado dia ocorreu foco de incêndio.

Dos 318 dias com focos de incêndio foi observado que Nesterov obteve a menor quantidade de erros (15/318 ou 4,72% para o Erro 1 e 6/318 ou 1,89% para o Erro 2). Um pequeno ajuste na fórmula de Nesterov daria uma melhor confiabilidade a este índice para esta sub-região.

As Tabelas 2 e 3 ilustram a saída de dados na qual contém um trecho ou parte dos resultados obtidos. O resultado completo consiste em todos os valores obtidos para cada índice, a estatística de erro e também o valor de **A** para o fator de ajuste. Para o caso deste conjunto de dados (estação Nhumirim), o fator de ajuste foi  $\exp(0,08 \cdot vv)$ . Assim, para  $A=0,08$ , o risco 1 passou a ser 11 e o risco 2 passou a ser 5. O usuário poderá comprovar isso ao executar o sistema ilustrado na Figura 3 (Simulação para melhorar índice de risco de incêndio).

**Tabela 2.** Saída HTML de parte de resultado do risco de incêndio conforme os dados de entrada.

Focos de incêndio	Insolação	FMA	Perigo/Risco	FMA+	Perigo/Risco	Nesterov	Perigo/Risco	Telecyn	Perigo/Risco	Angstron	Perigo/Risco
0	0	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	3.92	Com Risco
0	0	1.18	Pequeno	1.62	Sem Risco	133.49	Sem Risco	0	Sem Risco	4.33	Com Risco
0	0	2.26	Pequeno	2.74	Sem Risco	194.58	Sem Risco	1.41	Sem Risco	4.75	Com Risco
0	0	1.73	Pequeno	1.94	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	3.65	Com Risco
0	0	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	3.19	Com Risco
0	0	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	4.05	Com Risco
0	0	1.56	Pequeno	1.69	Sem Risco	532.75	Medio	1.5	Sem Risco	2.73	Com Risco
0	0	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	2.68	Com Risco
0	0	1.32	Pequeno	1.43	Sem Risco	342.82	Pequeno	0	Sem Risco	3.37	Com Risco
2	8.9	2.91	Pequeno	3.15	Pequeno	862.02	Medio	1.49	Sem Risco	2.74	Com Risco

**Tabela 3.** Saída CSV de parte do resultado do risco de incêndio conforme os dados de entrada.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Dia	Mes	Ano	Temperatu	UR em %	Precipitaca	Velocidade	Focos de In	Insolacao	FMA	Perigo/Ris	FMA+	Perigo/Ris	Nesterov	Perigo/Ris	Telecyn
9	1	2004	29.5	80	24	2	0	0	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0
10	1	2004	33.3	69	0	2	0	0	0.145	Pequeno	1.57	Sem Risco	527.33	Medio	1.52
11	1	2004	31.5	71	0.8	1	0	0	0.286	Pequeno	3.04	Pequeno	948.97	Medio	3.02
12	1	2004	33.5	61	0	4	0	0	0.45	Medio	4.96	Pequeno	1623.88	Grande Risco	4.55
13	1	2004	33.7	64	0	2	0	0	0.606	Medio	6.65	Pequeno	2257.63	Grande Risco	6.07
14	1	2004	32.7	55	0	2	0	0	0.788	Medio	8.62	Medio	2984.44	Grande Risco	7.59
15	1	2004	32.9	69	0	4	0	0	0.933	Alto	10.32	Medio	3493.89	Grande Risco	9.11
16	1	2004	34.1	44	0	4	0	0	0.116	Alto	12.99	Medio	4513.91	Altissimo	10.64
17	1	2004	35.3	50	0	6	0	0	0.136	Alto	15.53	Alto	5521.49	Altissimo	12.19
18	1	2004	36.1	49	0	2	0	0	0.1564	Alto	17.74	Alto	6619.77	Altissimo	13.74
19	1	2004	24.9	55	0	6	0	0	0.1746	Alto	20.05	Alto	6972.13	Altissimo	15.14
20	1	2004	34.7	56	0	2	0	0	0.1925	Alto	21.98	Alto	7815.3	Altissimo	16.68
21	1	2004	32.7	62	0	6	0	0	0.2086	Muito Alto	24.03	Muito Alto	8429.05	Altissimo	18.19
22	1	2004	30.1	74	7.6	2	0	0	0.969	Alto	11.08	Medio	4548.04	Altissimo	0
23	1	2004	34.1	59	0	2	0	0	0.1138	Alto	12.92	Medio	5294.84	Altissimo	1.53
24	1	2004	35.1	53	0	4	0	0	0.1327	Alto	15.13	Alto	6226.26	Altissimo	3.08
25	1	2004	34.5	59	0	4	0	0	0.1496	Alto	17.12	Alto	6998.8	Altissimo	4.62
26	1	2004	25.9	60	0	2	0	0	0.1663	Alto	18.93	Alto	7344.52	Altissimo	6.03
27	1	2004	37.3	49	0	2	0	0	0.1867	Alto	21.14	Alto	8556.13	Altissimo	7.6
28	1	2004	36.3	53	0	2	0	0	0.2056	Muito Alto	23.18	Alto	9585.09	Altissimo	9.16
29	1	2004	32.7	66	0	2	0	0	0.2208	Muito Alto	24.82	Muito Alto	10134.24	Altissimo	10.68
30	1	2004	34.1	66	0	4	0	0	0.236	Muito Alto	26.6	Muito Alto	10753.54	Altissimo	12.21
31	1	2004	27.8	80	18.8	4	0	0	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0
1	2	2004	26.2	85	6	8	0	0	0.118	Pequeno	1.62	Sem Risco	133.49	Sem Risco	0
2	2	2004	26	93	0	1	0	0	0.226	Pequeno	2.74	Sem Risco	194.58	Sem Risco	1.41
3	2	2004	29.5	78	11	2	0	0	0.173	Pequeno	1.94	Sem Risco	0	Sem Risco	0
4	2	2004	31.1	72	26	2	0	0	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0
5	2	2004	28	83	31.2	1	0	0	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0	Sem Risco	0

UR = umidade relativa

Este sistema para escolha do melhor método e possível melhoria nos resultados por meio de um fator de ajuste é simples de usar, contando ainda com uma Ajuda/Help que orienta como inserir os dados de entrada por meio de arquivo CSV. Além disso, o método é software livre e posteriormente poderá ser obtido por meio de contato com a Embrapa Pantanal (balbina@cpap.embrapa.br) ou com a Embrapa Arroz e Feijão (narciso@cnpaf.embrapa.br).

## Conclusão

Os cinco índices para cálculo de risco de incêndio considerados neste trabalho foram desenvolvidos para determinadas regiões e condições específicas e englobam poucas variáveis climáticas tais como temperatura e umidade do ar, temperatura do ponto de orvalho (Telecyn) e velocidade do vento (FMA<sup>+</sup>). Estes índices não conseguem 100% de sucesso em previsões, como pode ser visto em (NUNES et al., 2005) e também como foi mostrado neste trabalho. Assim, para melhorar o rendimento destes índices, foi proposto um fator de ajuste em função da velocidade do vento, visto que esta contribui no processo de espalhamento de calor. Com este fator, que é calculado conforme as condições climáticas da região em estudo, se pode melhorar o índice que mais se adaptou àquele conjunto de dados de uma determinada região.

## Referências

- INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Queimadas**: monitoramento de focos. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/bduc.html>>. Acesso em: 12 ago. 2011.
- NARCISO, M. G.; SANTOS, S. A. Sistema de informação para a análise da curva de crescimento de bezerras e cavalos. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16., Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2009. SIMPEP. CD ROM.
- NARCISO, M. G.; SORIANO, B. M. A.; SANTOS, S. A.; DANIEL, O. Utilização de sistema de informação de dados climáticos para cálculo de índices de risco de incêndio para a sub-região da Nhecolândia. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16., Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2009. SIMPEP. CD ROM.
- NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais. In: SEMINÁRIO DE ATUALIDADES EM PROTEÇÃO FLORESTAL, 2., Blumenau. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 2005. p.1-12.
- SOARES, R. V. **Determinação de um índice de perigo de incêndios para a região centro-paranaense, Brasil.** 1972. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro Tropical de Ensino e Investigação, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA, Turrialba. Disponível em: <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2943P/A2943P.PDF>>. Acesso em 11 out. 2011.
- TIZZIOTTI, J. G. **Matemática.** São Paulo: Editora Ática, 2010.176 p.
- VOLPATO, M. M. L. **Imagens AVHRR-NOAA para determinação do potencial de incêndios em pastagens.** 2002. 97 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.



---

*Pantanal*