

COMPARAÇÃO ENTRE QUATRO ÍNDICES NA DETERMINAÇÃO DO GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIOS NO MUNICÍPIO DE RIO BRANCO DO SUL – PR *

RONALDO VIANA SOARES
Curso de Engenharia Florestal-UFPR

SUMMARY

This research was carried out in the county of Rio Branco do Sul, State of Paraná, with the objective of identifying the most efficient forest fire danger index for the region. Meteorological data were collected from the "Fazenda Brejal" station, located at Trombini Forestry Company. Data of forest fire occurrences were collected in Rio Branco do Sul and neighboring counties of Almirante Tamandaré and Colombo, from May 1979 to December 1982. The compared forest fire danger indexes were Angstrom, Nesterov, Telicyn, and Monte Alegre formulas. During the observation period 31 forest fires were recorded, 11 in Rio Branco do Sul, 3 in Almirante Tamandaré, and 17 in Colombo. Considering only the data from Rio Branco do Sul, the Monte Alegre formula was the most efficient, with a much better performance than the other indexes. Including the data from the other counties, MA formula was still the first choice, but its performance was not much better than the Telicyn index. The Angstrom formula was the most inefficient index, indicating forest fire danger only in 4 out of 31 days of fire occurrence.

1. INTRODUÇÃO

O plantio de grandes extensões de florestas, visando o reflorestamento de áreas exploradas ou o florestamento de áreas de campo, exige dos técnicos florestais o estabelecimento de sistemas de proteção que assegurem o desenvolvimento das árvores, sem sofrer a ação dos agentes que lhes podem causar danos.

A proteção florestal é portanto uma parte de fundamental importância dentro do contexto geral da silvicultura. E, dentro do setor de proteção, os incêndios florestais ocupam um dos primeiros lugares em ordem de importância, devido ao seu alto potencial de risco para a grande maioria das florestas de todo o mundo.

A tendência atual da proteção contra incêndios é dedicar maior atenção aos setores de prevenção e pré-supressão do fogo. Isto porque é muito mais vantajoso, sob todos os aspectos, evitar um incêndio ou mesmo atacá-lo imediatamente após seu início do que combatê-lo posteriormente, já com alta intensidade e rápida propagação.

A prevenção dos incêndios, para ser eficiente e economicamente viável, necessita de informações seguras sobre várias condicionantes do potencial de risco do local. Uma das condicionantes mais importantes é o conhecimento do grau de perigo de ocorrência dos incêndios durante todos os dias do ano, a fim de acionar o sistema de proteção apenas quando necessário. Isto pode ser feito através do cálculo diário de um índice de perigo de incêndio devidamente adaptado para o local da floresta.

O objetivo deste trabalho é selecionar o índice de perigo de incêndios mais eficiente para as condições do município de Rio Branco do Sul, região onde grandes plantações de florestas têm sido estabelecidas nos últimos anos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Segundo COUNTRYMAN², perigo de incêndio é o potencial de danos pelo fogo. Índices de perigo de incêndio, por sua vez, são números que indicam a probabilidade de ocorrer um incêndio, assim como a facilidade do mesmo se propagar, de acordo com as condições meteorológicas do dia ou de uma seqüência de dias⁵.

Os estudos para o desenvolvimento de índices de perigo de incêndios, isto é, a tentativa de expressar através de números ou escalas o grau de probabilidade de ocorrência de incêndios, tiveram início no começo do século⁶. De lá para cá, pesquisadores de vários países têm procurado aperfeiçoar os índices existentes ou desenvolver outros, sempre no sentido de obter maior eficiência na previsão do grau de perigo de incêndio nas regiões cobertas por florestas.

*Trabalho apresentado no 5º. Congresso Florestal Brasileiro, realizado em Recife, de 23 a 28 de novembro de 1986.

TELICYN⁷, em 1971, desenvolveu um índice logarítmico que mostrou ser mais eficiente, para algumas regiões, do que o índice de Nesterov, o mais utilizado na União Soviética e demais países do Leste Europeu. O CANADIAN FORESTRY SERVICE¹, em 1970, desenvolveu um novo índice de perigo para ser usado em todo o Canadá. DEEMING *et al.*³, em 1972, estabeleceram um sistema único de predição do perigo de incêndios para os Estados Unidos, em substituição aos oito diferentes índices usados até então. SOARES⁶, em 1972, desenvolveu um índice para a região centro-paranaense que se mostrou mais eficiente do que os outros que vinham sendo usados para estimar o risco de ocorrência de incêndio no local. LEMOS & GAMA⁴, em 1978, testaram vários índices de perigo de incêndio, visando determinar o mais eficiente para a região de Brasília, onde o fogo é um fator limitante no desenvolvimento das florestas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do estudo

Os dados meteorológicos necessários à pesquisa foram coletados na Estação Meteorológica da Fazenda Brejal, de propriedade da Trombini Florestal, localizada em Rio Brando do Sul, município do primeiro planalto paranaense. O clima local, segundo a classificação de Koppen pertence ao tipo Cfb, isto é, temperado úmido com chuvas durante todo o ano e verão fresco. A precipitação local situa-se entre 1.400 e 1.500 mm por ano e, apesar de não haver uma estação seca bem definida, observa-se uma redução das chuvas entre maio e agosto.

Os registros de incêndios foram coletados no município de Rio Branco do Sul, através da Trombini Florestal e do Corpo de Bombeiro de Curitiba, que possui uma equipe treinada em combate a incêndios florestais e atende os municípios vizinhos. Foram também coletados através do Corpo de Bombeiros de Curitiba, dados de ocorrência de incêndios nos municípios limítrofes de Almirante Tamandaré e Colombo, situados dentro dos limites de segurança dos índices de perigo de incêndios.

3.2. Índices utilizados

Foram utilizados na pesquisa os quatro seguintes índices de perigo de incêndios:

- i) Índice de Angström — determina o grau de perigo de incêndios através da equação:

$$B = 5H - 0,1 (T-27)$$

sendo,

H = umidade relativa do ar em proporção;

T = temperatura do ar em °C;

- ii) Índices de Nesterov — índice acumulativo que determina o grau de perigo de incêndios através da equação:

$$G = \sum_{n=1}^n (d.t)$$

sendo,

n = número de dias sem chuva;

d = déficit de saturação do ar em mb;

t = temperatura de ar em °C;

- iii) Índice de Telicyn — também acumulativo, utiliza a seguinte equação:

$$I = \sum_{n=1}^n \log (T - PO)$$

sendo,

n = número de dias sem chuva;

T = temperatura do ar em °C;

PO = ponto de orvalho em °C.

- iv) Fórmula de Monte Alegre — Também acumulativo, determina o grau de perigo através da equação:

$$FMA = \sum_{n=1}^n \frac{100}{H}$$

sendo,

n = número de dias sem chuva;

H = umidade relativa do ar em %.

Todos os dados meteorológicos usados nos cálculos dos índices foram coletados às 13 horas. As alterações nos cálculos das somatórias dos índices acumulativos, devidas à precipitação, foram feitas de acordo com as tabelas de restrições de cada um deles.

3.3. Comparação dos índices

Os índices de perigo de incêndios foram calculados diariamente, através das quatro fórmulas, durante o período de maio de 1979 a dezembro de 1982, através de um programa de computador desenvolvido pelo Centro de Computação do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

Como os índices acumulativos apresentam escalas diferentes, os valores que eles apresentaram nos dias de ocorrência dos incêndios foram convertidos em porcentagens dos valores máximos obtidos durante o período de observação. Assim se obteve a eficiência de cada um em uma escala única e foi possível compará-los diretamente entre si. Os índices foram ordenados de acordo com suas eficiências em cada ocorrência de incêndio e comparados através do teste não-paramétrico de Friedman:

$$\chi^2 = \frac{12}{r \cdot t(t+1)} \sum p^2 - 3r(t+1)$$

sendo,

r = número de repetições;

t = número de tratamentos;

p = soma das posições para cada tratamento.

A distribuição em que se baseia o teste é aproximadamente a de Qui-quadrado e a verificação da existência de diferença significativa se faz através da tabela de χ^2 , com (t - 1) graus de liberdade.

O índice de Angstron, por não ser acumulativo e apresentar escala inversa, quanto menor o índice maior o perigo, não pode ser comparado com os demais pela metodologia apresentada acima. A comparação foi feita posteriormente, baseando-se nos valores dos mesmos nos dias em que ocorreram incêndios, isto é, se eles indicavam ou não a existência de perigo de fogo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de coleta de dados, 1º de maio de 1979 a 31 de dezembro de 1982, foram registrados 31 incêndios florestais na região, sendo 11 em Rio Branco do Sul, 3 em Almirante Tamandaré e 17 em Colombo. Os valores dos índices calculados nesses dias que ocorreram os incên-

dios constituíram os dados básicos para as comparações entre eles.

4.1. Comparação entre os índices acumulativos

Esta comparação foi feita em duas etapas, isto é, utilizando os dados de ocorrência de incêndios apenas de Rio Branco do Sul e utilizando os registros de todos os três municípios em conjunto.

4.1.1. Comparação com os dados de Rio Branco do Sul

Os valores máximos apresentados pelos três índices durante o período de observação foram 32,33 para Telicyn, 62, 73 para FMA e 11.847 para Nesterov. Dividindo-se os valores calculados nos dias de ocorrência de incêndios pelos respectivos valores máximos obteve-se a porcentagem de eficiência de cada um deles. Ordenando-se os valores assim obtidos foi montada a Tabela 1, onde aparecem os índices com as suas respectivas posições em termos de eficiência.

TABELA 1. POSIÇÕES OCUPADAS PELOS ÍNDICES DE ACORDO COM O GRAU DE EFICIÊNCIA NA DETECÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS REGISTRADOS EM RIO BRANCO DO SUL

Data de ocorrência	Índices		
	Nesterov	Telicyn	FMA
17/11/79	3	1	2
06/08/81	3	1	2
21/08/81	2	3	1
10/09/81	2	3	1
12/09/81	2	3	1
15/09/81	2	3	1
16/05/81	2	3	1
17/09/81	2	3	1
19/09/81	2	3	1
24/10/81	3	2	1
29/01/82	3	2	1

Analisando-se os dados da Tabela 1 observa-se que a FMA foi mais eficiente na detecção dos incêndios em 82% das ocorrências. Os índices de Telicyn foi mais eficiente em 18% das ocorrências, mas em compensação ocupou o 3º lugar em 64% das vezes.

Aplicando-se o teste de Friedman, encontrou-se um valor calculado de $\chi^2 = 11,09$, que comparado ao valor tabelado (5,99), incidou diferença significativa entre os índices ao nível de

95% de probabilidade. Apesar dos testes não-paramétricos não permitirem comparação de médias, a grande superioridade da FMA permite indicá-la como a mais eficiente.

4.1.2. Comparação com os dados dos três municípios

Utilizando-se a mesma metodologia citada anteriormente foram montadas as tabelas de eficiência dos índices para os municípios de Almirante Tamandaré (Tabela 2) e Colombo (Tabela 3).

TABELA 2. POSIÇÕES OCUPADAS PELOS ÍNDICES DE ACORDO COM O GRAU DE EFICIÊNCIA NA DETECÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS REGISTRADOS EM ALMIRANTE TAMANDARÉ			
Data de ocorrência	Índices		
	Nesterov	Telicyn	FMA
14/05/81	3	1	2
05/08/81	3	1	2
11/09/81	2	3	1

TABELA 3. POSIÇÕES OCUPADAS PELOS ÍNDICES DE ACORDO COM O GRAU DE EFICIÊNCIA NA DETECÇÃO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS REGISTRADOS EM COLOMBO			
Data de ocorrência	Índices		
	Nesterov	Telicyn	FMA
04/07/79	2	3	1
22/07/79	2	3	1
04/08/79	1	3	2
19/05/80	1	2	3
28/05/80	1,5*	3	1,5*
07/09/80	2	3	1
12/05/81	3	1	2
18/06/81	3	2	1
26/06/81	3	1	2
29/02/81	3	1	2
01/07/81	3	1	2
16/07/81	3	1	2
31/07/81	3	1	2
07/08/81	3	1	2
20/09/81	1,5*	3	1,5*
26/08/82	2	3	1
12/09/82	2	3	1

*Empate entre os dois índices

Analisando-se os dados das Tabelas 1, 2 e 3 em conjunto observa-se que a FMA foi mais eficiente na detecção dos incêndios em 55% das ocorrências, Telicyn em 35% e Nesterov em apenas 10%.

Aplicando-se o teste de Friedman a todos os dados em conjunto encontrou-se um valor de $\chi^2 = 12,96$, que comparado ao valor tabelado (5,99), também indicou diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade. Embora a diferença de eficiência entre os dois melhores índices aqui não tenha sido tão grande quanto à observada em Rio Brando do Sul isoladamente, ainda assim pode-se considerar a FMA como a mais indicada para uso na região.

LEMOS & GAMA⁴ chegaram a resultados semelhantes quando compararam estes mesmos índices para a região de Brasília. A única diferença é que no trabalho deles o segundo índice mais eficiente, depois da FMA, foi Nesterov ao invés de Telicyn.

4.2. Comparação do índice de Angstron com os demais

O índice de Angstron apresenta uma escala binária, isto é, apenas indica se há ou não perigo de incêndios, enquanto os outros apresentam escala múltipla, desde nenhum até risco muito alto. Portanto, para fazer uma comparação entre eles foi montada uma tabela (Tabela 4) onde são mostrados os dias (de ocorrência de incêndios) em que os índices indicam se há ou não perigo de incêndios.

TABELA 4. EFICIÊNCIA DOS ÍNDICES NA DETECÇÃO DE INCÊNDIOS NOS DIAS EM QUE FORAM REGISTRADAS AS OCORRÊNCIAS								
Condições do dia	Índices							
	Angstron		Nesterov		Telicyn		FMA	
	Dias	%	Dias	%	Dias	%	Dias	%
Há algum nível de perigo	4	13	30	97	28	90	31	100
Não há perigo	27	87	1	3	3	10	0	0

Analisando-se a Tabela 4 observa-se que o índice de Angstron indicou haver perigo em apenas 4 dos 31 dias em que ocorreram os incêndios, isto é, conseguiu detectar apenas 13% das ocorrências, demonstrando ser o menos eficiente para a região. A FMA, também através desta comparação, mostrou ser a mais eficiente.

A indicação da FMA como o melhor índice na detecção dos incêndios florestais da região tem ainda como vantagem a sua simplicidade de cálculo e a utilização direta de apenas uma variável, a umidade relativa do ar. Isto vem de encontro aos anseios de TURNER⁵, que considera ideal quando um simples parâmetro climático, reque-rendo pouca manipulação, pode estimar o grau de perigo de uma região.

5. CONCLUSÕES

1) Considerando apenas as ocorrências de incêndios florestais no município de Rio Branco do Sul, a Fórmula de Monte Alegre foi o índice mais eficiente na estimativa do grau de perigo.

ii) Incorporando-se as ocorrências de incêndios registradas nos municípios de Almirante Tamandaré e Colombo, a Fórmula de Monte Alegre continuou sendo mais eficiente.

iii) O índice de Angstron, indicando perigo apenas em 4 dos 31 dias em que ocorreram incêndios, foi o menos eficiente para a região pesquisada.

6. RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido no município de Rio Branco do Sul, situado no primeiro planalto paranaense, com a finalidade de identificar o índice mais eficiente na determinação do grau de perigo de incêndios florestais na região. Os dados meteorológicos foram coletados na Estação Meteorológica da Fazenda Brejal, de propriedade da Trombini Florestal. Os dados de ocorrência de incêndios foram coletados em Rio Branco do Sul e também nos municípios limítrofes de Almirante Tamandaré e Colombo, no período de maio de 1979 a dezembro de 1982. Os índices de perigo de incêndio testados foram os de Angstron, Nesterov, Telicyn e Monte Alegre. Durante o período de observação foram registrados 11 incêndios em Rio Branco do Sul 3 em Almirante Tamandaré e 17 em Colombo. Conside-

rando apenas os dados de Rio Branco do Sul, a fórmula de Monte Alegre foi a mais eficiente, com desempenho muito superior aos demais índices. Incluindo-se os dados dos outros municípios a FMA ainda foi melhor, mas seu desempenho foi pouco superior ao do índice de Telicyn. O índice de Angstron foi o menos eficiente, indicando perigo em apenas 4 dos 31 dias em que ocorreram incêndios.

7. LITERATURA CITADA

1. CANADIAN FORESTRY SERVICE. *Canadian forest fire weather index*. Ottawa, 1970. 25 p.
2. COUNTRYMAN, C. M. Rating fire danger by the multiple basic index system. *Journal of Forestry*, 64(8): 531-36, 1966.
3. DEEMING, J. E.; LANCASTER, J. W.; FOSBERG, M. A.; FURMAN, R. W.; SCHROEDER, M. J. National fire-danger rating system. *U.S. For. Serv. Res. Paper RM-84*, 1972. 165 p.
4. LEMOS, J. M. & GAMA, M. P. Estudo comparativo de índices de periculosidade de incêndios no Distrito Federal - Brasília. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., Manaus, 1978. *Anais*, São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1978. p. 336-338.
5. SOARES, R. V. Índices de perigo de incêndio. *Floresta*, 3(3): 19-40, 1972.
6. ———. *Determinação de um Índice de perigo de incêndio para a região centro-paranaense, Brasil*. Turrialba, 1972. 72 p. Tese. Mestrado. Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas.
7. TELICYN, G. P. Logarithmic index of fire weather danger for forests. *Forestry Abstracts*, 32(3): 515, 1971.
8. TURNER, J. A. Hour of sunshine and fire season severity over Vancouver forest district. *Forestry Chronicle*, 46(2): 106-111, 1970.