

Utilização de sistema de informação de dados climáticos para cálculo de índices de risco de incêndio para a sub-região da Nhecolândia

Marcelo Gonçalves Narciso¹
Balbina Maria Araújo Soriano²
Omar Daniel³
Sandra Aparecida Santos⁴

¹Embrapa Informática Agropecuária/Arroz e Feijão (CNPTIA/CNPAF/EMBRAPA)
Caixa Postal 6041 – 13.083-970 – Campinas – SP – Brasil
Rodovia GO-462, km 12, Zona Rural 75375, Sto Antônio de Goiás – GO
narciso@cnpaf.embrapa.br

^{2 e 4}Embrapa Pantanal (CPAP/EMBRAPA)
Caixa Postal 109 - 79320-900 - Corumbá, MS- Brasil
balbina@cpap.embrapa.br; sasantos@cpap.embrapa.br

³ Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
Caixa Postal 533 - 79804-970 - Dourados, MS- Brasil

Resumo. Este artigo descreve a utilização de sistema de informação de dados climáticos para cálculo de índices de risco de incêndio. Esta análise foi feita inicialmente para a sub-região da Nhecolândia-MS. O sistema possibilitou cálculos rápidos e precisos de diferentes métodos, e a análise poderá ser expandida para outras regiões do Pantanal tão logo se tenham as variáveis climáticas destas regiões no banco de dados do sistema.

Palavras-chave: risco de incêndio, sistema de informação, banco de dados.

Abstract. This article describes the use of information system of data climatic for calculation of fire risk indices. This analysis was made initially for the sub-region of the Nhecolândia-MS. The system made possible precision and fast calculations of different methods, and the analysis could be expanded for other regions of the Pantanal as soon these climatic data of these regions will be in data base of the system.

Key-words: fire risk, information system, database.

1. Introdução

A determinação do risco de incêndio de áreas de vegetação do Pantanal 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 de índices de risco de incêndios, durante certo tempo, em grandes regiões, permitem estabelecer as zonas potencialmente mais perigosas ou propícias à ocorrência de incêndios, intensificando as medidas preventivas e advertindo o grau de perigo. Assim podem ser minimizados os impactos causados pelas queimadas, que provocam aumento das concentrações de gases de efeito estufa e aerossóis, causando mudanças na atmosfera e provavelmente no clima do planeta, como também problemas na economia e na saúde da população local. Além disso, podem resultar na formação de camadas de fumaça, causando poluição em nível regional e local.

Os índices de perigo de incêndios florestais dividem-se em não cumulativos e cumulativos. Os índices não cumulativos são aqueles que se baseiam inteiramente nas condições correntes do dia, isto é, não há acumulação de dados de dias anteriores, sendo o mais divulgado o índice de risco de Angström (Funceme, 2009), que é baseado fundamentalmente na temperatura e na umidade relativa do ar, ambos medidos diariamente às 13:00 horas.

Os índices cumulativos são aqueles que empregam efeitos passados do tempo, tais como, o índice logarítmico de Telicyn (Volpato, 2002; Funceme, 2009) que tem como variáveis as temperaturas do ar e do ponto de orvalho, as quais são medidas às 13:00 horas; o índice de Nesterov (Volpato, 2002; Funceme, 2009) que tem como variáveis a temperatura e o déficit de saturação do ar, ambos medidos diariamente às 13:00 horas; a Fórmula de Monte Alegre (Soares; Paez, 1973) que tem como variáveis a precipitação pluviométrica e a umidade relativa do ar, medida às 13 horas; a Fórmula de Monte Alegre Modificada que tem como variáveis a precipitação pluviométrica e a umidade relativa do ar e velocidade do vento, medida às 13 horas (Nunes; Soares; Batista, 2005).

O uso destes índices, quando corretamente calculados nos fornecem boa noção do grau de perigo de incêndio que determinado dia ou a época pode apresentar, mas não há dúvida de que é necessário realizar pesquisas visando a sua melhor adaptação às condições de cada região.

Este trabalho visa mostrar um sistema de apoio à decisão sobre risco de incêndio na sub-região de Nhecolândia a partir de dados climáticos que estão contidos em um sistema de informação (banco de dados) sobre o Pantanal (Pantanal, 2009).

2. Material e Métodos

Este estudo foi realizado a partir de dados climáticos obtidos na Estação Climatológica da Fazenda Nhumirim de 2004 a 2008. Estes foram inseridos num sistema de informação (banco de dados) de apoio a decisão sobre aspectos de sustentabilidade do Pantanal (www.pantanal.cnptia.embrapa.br). Em (Narciso, 2008) podem ser vistos detalhes deste

sistema. No sistema de informação constam dados de precipitação pluviométrica diária, temperatura e umidade do ar e velocidade do vento às 14 horas (horário padrão das estações meteorológicas convencionais brasileiras).

O Sistema de informação e apoio a decisão foi modelado e implementado no SGBD MYSQL (Suehring, 2007) e a interface de navegação para consulta aos dados pela Internet foi feita usando-se apenas a linguagem PHP (Welling; Thomson, 2006) em conjunto com HTML e JavaScript. Para a navegação nas páginas de acesso ao banco de dados do sistema, foi usada a biblioteca qooxdoo.

Qooxdoo é uma biblioteca JavaScript que possibilita a criação de ambientes para web similares aos atuais sistemas desktop existentes. Esta biblioteca trabalha com o método de desenvolvimento chamado AJAX (Asleson; Schutta, 2005), um acrônimo para *Asynchronous Javascript And XML*, o qual possibilita a atualização do web site navegado sem se fazer necessário o recarregamento completo da página na qual estará o resultado da consulta solicitada e, assim, obtém-se uma resposta mais rápida. Este método está sendo utilizado por grandes corporações como, por exemplo, o GOOGLE (Carmona, 2008), o qual utiliza AJAX no serviço de e-mail chamado GMAIL. As **Figuras 1 e 2** ilustram o sistema de banco de dados e apoio à decisão para risco de incêndio.

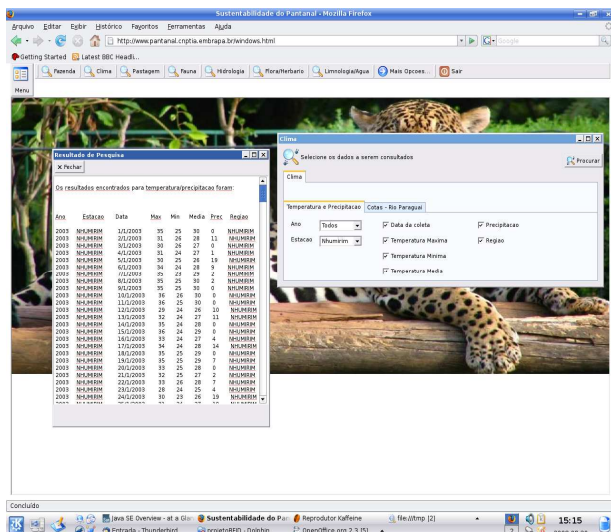


Figura 1. Aba sobre Fauna para opções do banco de dados.

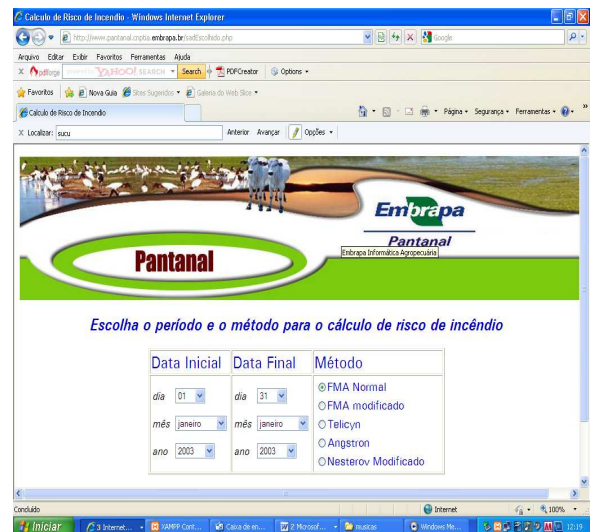


Figura 2. Entrada para o sistema de alerta de risco de incêndio.

As fórmulas dos cinco métodos utilizados são descritas a seguir:

2.1. Fórmula de Monte Alegre (FMA)

Desenvolvido através de dados da região central do Estado do Paraná, este índice, também acumulativo, tem como única variável à umidade relativa do ar, medida às 13 horas. A sua equação básica é a seguinte (Soares; Paez, 1973):

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

As variáveis da fórmula são:

H_i = umidade relativa do ar (%) em um dado dia i .

n = número de dias sem chuva

Sendo acumulativo, o índice está sujeito às restrições de precipitação, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 1. Regras para cálculo de FMA

Chuva do dia (em mm)	Modificação no cálculo
$\leq 2,4$	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
$> 12,9$	Interromper o cálculo (FMA = 0) e recomeçar a somatória no dia seguinte.

A interpretação do grau de perigo estimado pela FMA é feita por meio da seguinte escala:

Tabela 2. Regras para avaliação do Grau de Perigo conforme valor de FMA

Valor de FMA	Grau de Perigo
$\leq 1,0$	Nulo
1,1 a 3,0	Pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
$> 20,0$	Muito alto

Com esta regra de cálculo, os valores de risco de incêndio são calculados diariamente, desde que se tenham os dados de precipitação e umidade relativa do ar. Um exemplo de resultados deste método está na seção 3 (Resultados).

2.2. Fórmula de Monte Alegre modificada (FMA+)

Desenvolvido por meio de dados da região central do Estado do Paraná (Nunes; Soares; Batista, 2005), este índice, também acumulativo, tem como variáveis a umidade relativa do ar e a velocidade do vento medidas às 13 horas.

A sua equação básica é a seguinte:

$$FMA = \sum_{i=1}^n (100/H_i) \cdot e^{(0,04)v}$$

As variáveis da fórmula são:

H_i = umidade relativa do ar (%) em um dado dia i .

n = número de dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm

v = velocidade do vento em m/s

e = base dos logaritmos naturais (2,718282)

Sendo acumulativo, o índice está sujeito às restrições de precipitação, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 3. Regras para cálculo de FMA modificado

Chuva do dia (em mm)	Modificação no cálculo
≤ 2,4	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
> 12,9	Interromper o cálculo (FMA = 0) e recomençar a somatória no dia seguinte.

A interpretação do grau de perigo estimado pela FMA+ e feita pela seguinte escala:

Tabela 4. Regras para avaliação do Grau de Perigo conforme valor de FMA

Valor de FMA+	Grau de Perigo
≤ 3,0	Nulo
3,1 a 8,0	Pequeno
8,1 a 14,0	Médio
14,1 a 24,0	Alto
> 24,0	Muito alto

Com esta regra de cálculo, os valores de risco de incêndio são calculados diariamente, desde que se tenham os dados de precipitação e umidade relativa do ar e velocidade do vento. Um exemplo de resultados deste método está na seção 3 (Resultados).

2.3. Telicyn (I)

Este índice tem como variáveis as temperaturas do ar e do ponto de orvalho, ambas medidas às 13 horas. O índice é acumulativo, isto é seu valor aumenta gradativamente, como realmente acontece com as condições de risco de incêndio, até que a ocorrência de uma chuva o reduza a zero, recomençando novo ciclo de cálculos (Volpato, 2002; Funceme, 2009).

$$I = \sum_{i=1}^n \log(t_i - r_i)$$

As variáveis da fórmula são:

t_i = temperatura do ar em °C em um dado dia i .

r_i = temperatura do ponto de orvalho em °C em um dado dia i .

\log = logaritmo na base 10

n = número de dias do intervalo a ser medido.

O índice apresenta a seguinte restrição: sempre que ocorrer uma precipitação igual ou superior a 2,5 mm, abandonar a somatória e recomençar o cálculo no dia seguinte, ou quando a chuva cessar. No(s) dia(s) de chuva o índice é igual a zero.

A interpretação do grau de perigo é feita por meio da escala abaixo:

Tabela 5. Regras para avaliação do Grau de Perigo conforme valor de I

Valor de I	Grau de Perigo
≤ 2	Nenhum
2,1 a 3,5	Pequeno
3,6 a 5,0	Médio
$> 5,0$	Alto

Um exemplo de valores sobre este índice estará na seção 3 (Resultados).

2.4. Angstrom (Ia)

Este índice baseia-se fundamentalmente na temperatura e umidade relativa do ar, ambas medidas às 13 horas (Volpato, 2002; Funceme, 2009):

$$Ia = (H/20) + [(27-t)/10]$$

As variáveis da fórmula são:

H = umidade relativa do ar em %

t = temperatura do ar em °C

Sempre que o valor de **Ia** for menor do que 2,5 haverá risco de incêndio, isto é, as condições atmosféricas do dia estarão favoráveis à ocorrência de incêndios.

2.5. Nesterov (G)

Desenvolvido na URSS e aperfeiçoado na Polônia, este índice tem como variáveis a temperatura e o déficit de saturação do ar, ambos medidos às 13 horas. O índice de Nesterov, que também é acumulativo (Volpato, 2002; Funceme, 2009):

$$G = \sum_{i=1}^n (d_i \cdot t_i)$$

As variáveis da fórmula são:

d = déficit de saturação do ar em milibares

t = temperatura do ar em °C

n = número de dias do intervalo considerado

O déficit de saturação do ar, por sua vez, é igual à diferença entre a pressão máxima de vapor d'água e a pressão real de vapor d'água, podendo ser calculado por meio da seguinte expressão:

$$d = E(1 - H/100)$$

As variáveis da fórmula são:

E = pressão máxima de vapor d'água em milibares

H = umidade relativa do ar em %

No índice de Nesterov, a continuidade da somatória é limitada pela ocorrência de uma série de restrições na tabela abaixo:

Tabela 6. Regras para avaliação do índice de Nesterov (G)

Chuva do dia (em mm)	Modificação no cálculo
≤ 2,0	Nenhuma
2,1 a 5,0	Abater 25 % no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia.
5,1 a 8,0	Abater 50 % no valor de G calculado na véspera e somar (d.t) do dia.
8,1 a 10,0	Abandonar a somatória anterior e recomeçar novo cálculo, isto é, G = (d.t) do dia.
> 10,0	Interromper o cálculo (G = 0), recomeçando a somatória no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

A interpretação do grau de risco estimado pelo índice é feita através de uma escala de perigo apresentado abaixo:

Tabela 7. Regras para avaliação do Grau de Perigo conforme valor de G

Valor de G	Grau de Perigo
≤ 300	Nenhum risco
301 a 500	Risco pequeno
501 a 1000	Risco médio
1001 a 4000	Grande risco
> 4000	Altíssimo risco

Um exemplo de valores sobre este índice estará na seção 3 (Resultados)

3. Resultados e Discussão

Os cinco índices foram programados neste trabalho em ambiente web e futuramente podem ser acessados desde que o usuário esteja cadastrado no sistema de banco de dados do Pantanal. Um exemplo de cálculo para o índice feito no período de 01/06/2004 a 18/06/2004 consta nas **Figuras 3, 4, 5, 6 e 7.**

	1	6	2004	75	0	2	1.33	15.9	Alto
	2	6	2004	78	7.2	6	1.28	9.71	Médio
	3	6	2004	66	5.5	2	1.52	5.85	Pequeno
	4	6	2004	75	0	2	1.33	7.78	Pequeno
	5	6	2004	53	0	0	1.89	9.67	Médio
	6	6	2004	59	0	0	1.69	11.36	Médio
	7	6	2004	44	0	2	2.27	14.77	Alto
	8	6	2004	54	0	1	1.85	17.3	Alto
	9	6	2004	54	0	6	1.85	24.35	Muito Alto
	10	6	2004	66	0	8	1.52	35.62	Muito Alto
	11	6	2004	89	0	8	1.12	50.6	Muito Alto
	12	6	2004	59	8.6	4	1.69	25.74	Muito Alto
	13	6	2004	47	0.6	1	2.13	29	Muito Alto
	14	6	2004	51	0	0	1.96	30.96	Muito Alto
	15	6	2004	46	0	4	2.17	38.88	Muito Alto
	16	6	2004	46	0	8	2.17	56.54	Muito Alto
	17	6	2004	43	0	6	2.33	74.83	Muito Alto
	18	6	2004	47	0	2	2.13	83.37	Muito Alto

Figura 3. Índice de periculosidade de incêndio obtido pelo método FMA, no período de 1/06 a 18/06/2004, sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS.

Localizar:	sucu	Anterior	Avançar	Opções		
1	6	2004	0	24.8	20.1	4.3
2	6	2004	7.2	23.7	19.7	0
3	6	2004	5.5	23.4	16.6	0
4	6	2004	0	21.8	17.2	0.66
5	6	2004	0	26.7	16.4	1.68
6	6	2004	0	29.7	20.8	2.62
7	6	2004	0	28.4	15	3.75
8	6	2004	0	27.8	17.6	4.76
9	6	2004	0	29.6	19.3	5.77
10	6	2004	0	29.3	22.3	6.62
11	6	2004	0	18.2	16.4	6.87
12	6	2004	8.6	17	8.9	0
13	6	2004	0.6	19.4	7.8	1.06
14	6	2004	0	25.4	14.5	2.1
15	6	2004	0	29.5	16.7	3.21
16	6	2004	0	30.5	17.6	4.32
17	6	2004	0	30.7	16.7	5.47
18	6	2004	0	31.3	18.6	6.57

Figura 4. Índice de periculosidade de incêndio obtido pelo método FMA modificado, no período de 1/06 a 18/06/2004, sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS.

Localizar:	sucu	Anterior	Avançar	Opções		
1	6	2004	75	0	1.33	9.76
2	6	2004	78	7.2	1.28	5.18
3	6	2004	66	5.5	1.52	3.59
4	6	2004	75	0	1.33	4.92
5	6	2004	53	0	1.89	6.81
6	6	2004	59	0	1.69	8.5
7	6	2004	44	0	2.27	10.77
8	6	2004	54	0	1.85	12.62
9	6	2004	54	0	1.85	14.47
10	6	2004	66	0	1.52	15.99
11	6	2004	89	0	1.12	17.11
12	6	2004	59	8.6	1.69	8.53
13	6	2004	47	0.6	2.13	10.66
14	6	2004	51	0	1.96	12.62
15	6	2004	46	0	2.17	14.79
16	6	2004	46	0	2.17	16.96
17	6	2004	43	0	2.33	19.29
18	6	2004	47	0	2.13	21.42

Figura 5. Índice de periculosidade de incêndio obtido pelo método Telicyn, no período de 1/06 a 18/06/2004, sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS.

1	6	2004	0	24.8	75	1820.66	Alto
2	6	2004	7.2	23.7	78	1062.92	Alto
3	6	2004	5.5	23.4	66	760.13	Medio
4	6	2004	0	21.8	75	902.28	Medio
5	6	2004	0	26.7	53	1341.28	Alto
6	6	2004	0	29.7	59	1848.43	Alto
7	6	2004	0	28.4	44	2462.89	Alto
8	6	2004	0	27.8	54	2940.01	Alto
9	6	2004	0	29.6	54	3503.84	Alto
10	6	2004	0	29.3	66	3909.3	Alto
11	6	2004	0	18.2	89	3951.09	Alto
12	6	2004	8.6	17	59	134.88	Sem Risco
13	6	2004	0.6	19.4	47	366.2	Pequeno
14	6	2004	0	25.4	51	769.4	Medio
15	6	2004	0	29.5	46	1425.27	Alto
16	6	2004	0	30.5	46	2143.4	Alto
17	6	2004	0	30.7	43	2915.16	Alto
18	6	2004	0	31.3	47	3672.21	Alto

Figura 6. Índice de periculosidade de incêndio obtido pelo método Angstrom, no período de 1/06 a 18/06/2004, sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS.

1	6	2004	75	24.8	3.97	Com Risco
2	6	2004	78	23.7	4.23	Com Risco
3	6	2004	66	23.4	3.66	Com Risco
4	6	2004	75	21.8	4.27	Com Risco
5	6	2004	53	26.7	2.68	Com Risco
6	6	2004	59	29.7	2.68	Com Risco
7	6	2004	44	28.4	2.06	Sem Risco
8	6	2004	54	27.8	2.62	Com Risco
9	6	2004	54	29.6	2.44	Sem Risco
10	6	2004	66	29.3	3.07	Com Risco
11	6	2004	89	18.2	5.33	Com Risco
12	6	2004	59	17	3.95	Com Risco
13	6	2004	47	19.4	3.11	Com Risco
14	6	2004	51	25.4	2.71	Com Risco
15	6	2004	46	29.5	2.05	Sem Risco
16	6	2004	46	30.5	1.95	Sem Risco
17	6	2004	43	30.7	1.78	Sem Risco
18	6	2004	47	31.3	1.92	Sem Risco

Figura 7. Índice de periculosidade de incêndio obtido pelo método Nesterov, no período de 1/06 a 18/06/2004, sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS.

Este sistema de apoio à decisão é parte integrante do sistema de banco de dados sobre indicadores do Pantanal, que pode ser visto em (Narciso, 2008). Sendo este sistema desenvolvido com software livre (banco de dados MySQL, Linguagem PHP, servidor web Apache, Framework QooXdo). Estas ferramentas podem ser vistas em uma breve análise em (Narciso, 2008). Todas as fórmulas usadas neste sistema foram descritas na secção 2 deste trabalho. Outros métodos estão sendo desenvolvidos e futuramente serão inseridos neste sistema.

Sobre a análise de risco de incêndio, por enquanto está para a região de Nhecolândia, mas isto será expandido com o tempo. Cada uma das maneiras de cálculo de risco de incêndio tem suas vantagens e desvantagens descritas na literatura (Nunes, 2005) e o usuário poderá usar qualquer uma delas para suas análises.

4. Conclusões

Este trabalho focou o uso do banco de dados climáticos para calcular índices de risco de incêndio de maneira rápida e precisa. Esta análise poderá ser expandida para outras sub-regiões do Pantanal tão logo se tenham os dados destas regiões no banco de dados do sistema.

5. Referências

- Asleson, R.; Schutta, N. T. **“Foundation of Ajax”**. Ed Apress, Minnesota, USA. 2005.
- Carmona, T. **“Google”**. Editora Digerati Books, São Paulo. 2008.
- Funceme. Site disponível em <http://www.funceme.br/DEPAM/previna/explicacao.htm>. Acesso em: 19 ago. 2009.
- Narciso, M G. Sistema de Apoio a Decisão e Banco de Dados Sobre Indicadores Biofísicos e Sócio-econômicos do Pantanal. **Anais do Congresso III COMPSULMT**, Rondonópolis, 2008.
- 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.
- Pantanal. Site disponível em www.pantanal.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 19 ago. 2009.
- Welling, L.; Thomson, L. (2006) **“PHP e MySQL: Desenvolvimento Web”**. Editora Campus, São Paulo.
- Soares, R.V; Paez, G. Uma nova fórmula para determinar o grau de perigo de incêndios florestais na região Centro-Paranaense. **Revista Floresta, Curitiba**, v. 3, n. 4, p.15-25, 1973.
- Suehring, S. **“MySQL - a Bíblia”**. Editora Campus, São Paulo. 2007.
- Volpato, M. M. L. **Imagens AVHRR-NOAA para determinação do potencial de incêndios em pastagens**. Tese de Doutorado. Unicamp, Campinas, 2002.