

## MONITORAMENTO DE INCÊNDIOS E DO ESTADO DA VEGETAÇÃO ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE IMAGENS NOAA/AVHRR

FLAVIO DEPPE<sup>1</sup>  
EDUARDO VEDOR DE PAULA<sup>1</sup>  
JOSÉ EDUARDO PRATES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico SIMEPAR  
Centro Politécnico da UFPR  
Caixa Postal 19100 – 81531-990 – Curitiba - PR, Brasil  
deppe@simepar.br

<sup>2</sup>SEPIN/MCT  
Esplanada dos Ministérios, Bl. E, 3º Andar, Sala 305  
70.067-900 – Brasília – DF, Brasil  
jeprates@mct.gov.br

**Abstract.** With the aim of planning actions in order to fight against fires in the State of Paraná, in 1988 was established the State Planning for Prevention and Fight of Forest Fires (PREVIFLOR), under the management of the State Coordination of Paraná Civil Defense Office (CEDEC). In order to produce information for the PREVIFLOR, the Technology Institute SIMEPAR developed the project called Monitoring Fire and Vegetation Status through the Use of Satellite Data (SAMIFS). This is an original project due to the ability to produce near real time information with high temporal resolution and reasonable spatial resolution. It also has a regional coverage. The near real time information about transforming hot spot information into fire occurrence is vital to the decision makers and planners in charge of firefights.

**Keywords:** remote sensing, vegetation index, hot spots, GIS.

### 1. Introdução

Com o intuito de planejar ações de combate a incêndios no estado do Paraná foi criado, em 1998, o PREVIFLOR (Plano Estadual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais do Estado do Paraná), sob a coordenação da Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná (CEDEC). Para fornecer informações para o referido plano, o SIMEPAR desenvolveu o Sistema de Monitoramento de Incêndios e do Estado da Vegetação por Satélite (SAMIFS), o qual possui caráter inovador em função de fornecer informações em tempo quase real, alta resolução temporal e considerável resolução espacial, além do aspecto de abrangência regional.

Os incêndios podem ser considerados como desastres ambientais devastadores. De acordo com informações do projeto PROARCO, até 10.000 km<sup>2</sup> de vegetação são destruídos por ano na Europa e até 100.000 km<sup>2</sup> nos EUA e Rússia. No caso do Brasil, em 1988 foram registrados 40.000 km<sup>2</sup> de áreas queimadas, sendo que 9.254 km<sup>2</sup> corresponderam a incêndios florestais (Brazil Country Management Unit & Latin América and Caribbean Regional Office, 1998). Os incêndios além de causarem a morte de pessoas e perdas econômicas, afetam processos de extinção de espécies (fauna e flora), são responsáveis pela perda de cobertura vegetal (o que aumenta a erosão do solo), afetam o clima global através da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, além de outras conseqüências. Foi estimado que incêndios serão causadores da redução de até metade da área florestal até 2030 (Kührt, 2001).

O SAMIFS foi concebido como um sistema de informações, tendo como objetivo fornecer dados e informações referentes não somente focos de calor, mas a incêndios e subsídios para a tomada de decisão e suporte logístico ao combate de incêndios.

O sistema possui três etapas distintas, ou seja: (a) Etapa 1 - zoneamento de risco de incêndio; (b) Etapa 2 - monitoramento por sensoriamento remoto de parâmetros geofísicos da superfície e condições de perigo de incêndio; (c) Etapa 3 - plano estratégico de combate imediato a incêndios.

A Etapa 1 encontra-se operacional desde 1999, correspondendo a uma página Web, com atualização diária referente ao Risco de Incêndio Florestal (RIF) (Zaicovski et al., 2000). Nesta são disponibilizadas informações relativas ao Risco de Incêndio Florestal (RIF), o qual é calculado a partir de dados da rede telemétrica de estações meteorológicas do SIMEPAR.

O objeto deste trabalho de pesquisa refere-se a Etapa 2, onde são monitorados diariamente (alta resolução temporal) por meio de imagens os focos de calor e o estado da vegetação para o Estado do Paraná (em tempo quase real). As imagens são obtidas a partir dos satélites da série NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*).

Em relação a Etapa 3, o sistema integra por meio de um SIG (Sistema de Informações Geográficas) as informações derivadas do sensoriamento remoto, informações do RIF, bem como os dados logísticos e administrativos, tais como: (a) infra-estrutura de recursos humanos e materiais das unidades de combate ao incêndio e, (b) malha viária principal e secundária do estado do Paraná.

## 2. Metodologia e Procedimentos

O Sistema de Monitoramento de Incêndios e do Estado da Vegetação por Satélite encontra-se dividido em quatro fases, devidamente ilustradas no fluxograma representado na Figura 1.

Com relação a Fase 1, o sistema de recepção de imagens NOAA/AVHRR, instalado no SIMEPAR, recebe imagens no formato HRPT (*High Resolution Picture Transmission*) em tempo real e com resolução espacial máxima (1,1 km).

Em função das características de construção das órbitas, cada satélite pode apresentar mais de 4 (quatro) passagens diárias. A **Tabela 1** lista os intervalos de horários de passagens, sendo que os mesmos foram computados a partir das passagens dos dias 15 de Janeiro/2002, 15 de março/2002, 15 de maio/2002, 15 de Julho/2002 e 15 de Setembro/2002, limitadas a 4 (quatro) passagens diárias. Salienta-se que as passagens do satélite NOAA-16 (não inseridas na Tabela 1), ocorrem no início da tarde. Sendo assim, é possível obter no mínimo 3 (três) imagens diárias com elevados ângulos de elevação dos satélites com relação ao local de aquisição (antena de recepção). Isto reduz problemas de irradiação solar e distorções geométricas.

Desta forma, a partir do conjunto de imagens diárias, são produzidos dados e informações quase em tempo real referente a focos de calor e estado da vegetação, para a tomada de decisão no combate a incêndios.

Satélite	Manhã		Tarde	
	1ª Passagem	2ª Passagem	1ª Passagem	2ª Passagem
NOAA-12	3:16 - 4:13	4:53 - 5:53	16:14 - 16:37	17:53 - 18:59
NOAA-14	4:31 - 5:19	6:05 - 7:01	16:57 - 17:49	18:35 - 19:31
NOAA-15	5:42 - 6:57	7:01 - 8:40	18:06 - 19:25	19:44 - 21:03

Tabela 1 Intervalos de horários de captura de imagens dos satélites NOAA-12, NOAA-14 e NOAA-15 (hora local)

Os satélites da série NOAA/AVHRR descrevem uma órbita polar com altitude de 850 km, 98o de inclinação, completando uma volta ao redor da Terra em 102 minutos. A medida

que o satélite avança em sua órbita quase perpendicular ao Equador, uma faixa de aproximadamente 2.700 km de largura é imageada. Uma descrição detalhada sobre a série de satélites NOAA e sobre o sensor AVHRR pode ser encontrada na página da NOAA ([www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)).

Ainda na Fase 1 é realizado o pré-processamento das imagens corresponde à leitura primária dos dados brutos recebidos dos satélites, o registro, a navegação e a correção geométrica. A imagem pré-processada resultante é transferida automaticamente via FTP (*File Transfer Protocol*) para a máquina na qual é executada a fase seguinte.

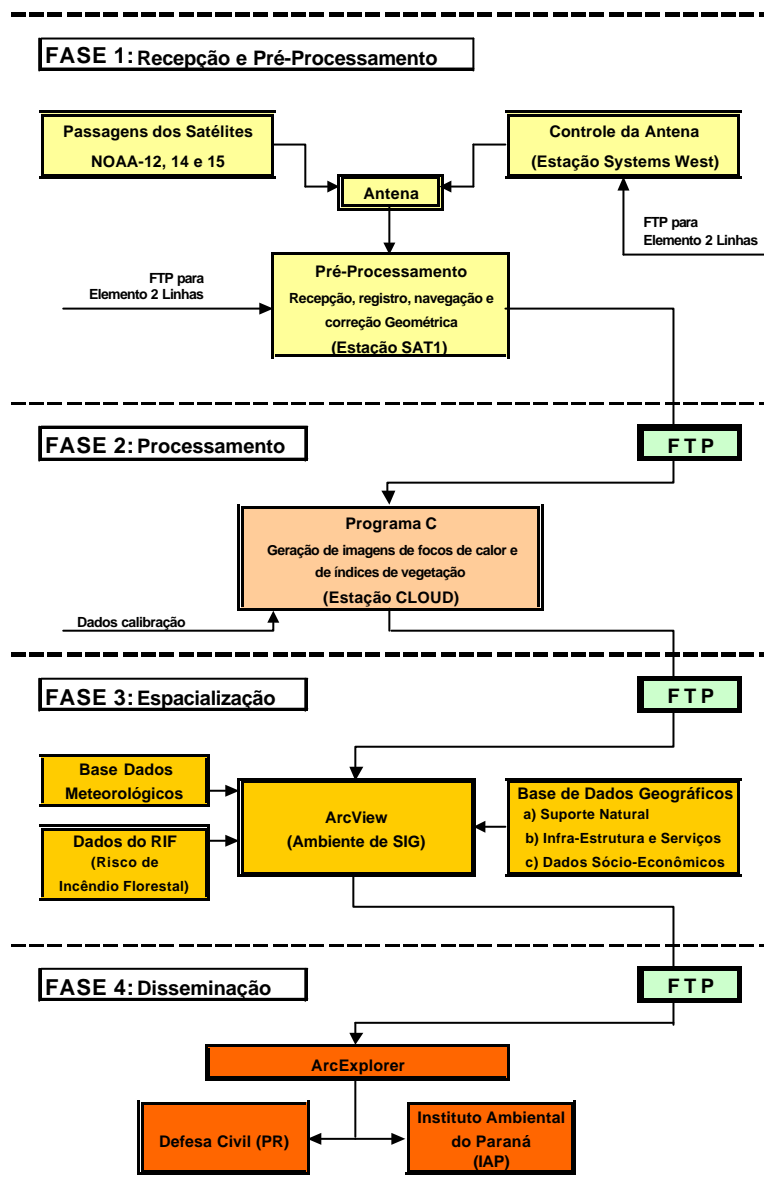


Figura 1 Fluxograma do sistema de monitoramento de incêndios e do estado da vegetação por satélite.

Na Fase 2 é efetivado o processamento das imagens por meio da execução de um programa em linguagem de programação C. Tal processamento compreende calibração,

detecção de nuvens, controle de qualidade e correção atmosférica. Posteriormente é realizado o cálculo dos parâmetros geofísicos (temperatura de brilho, radiância e fator de radiância).

Imagens transformadas em parâmetros físicos são então utilizadas como dados de entrada para a detecção de focos de calor e cálculo de índice de vegetação (estado da vegetação). Foram implementados seis métodos para detecção de focos de calor e todos se constituem em métodos de limiares pré-determinados e de aplicação contextual. A descrição dos algoritmos dos métodos denominados Arino, Kennedy, Kaufman, Randriambelo, Minko e Nasa (Justice), podem ser encontrados em Arino et al., 1993, Kennedy et al., 1993, Randriambelo et al., 1998, Minko et al., 1998 e Justice et al., 1996.

O índice de vegetação utilizado corresponde ao Índice SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), em função do mesmo permitir a correção, mesmo que parcialmente, das interferências espectrais e de brilho advindas do sistema solo/substrato Huete (1988).

A Fase 3 abrange a visualização das imagens de índice de vegetação e a especialização dos focos de calor em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), baseado no software ArcView GIS 3.2 e sua extensão Spatial Analyst 2.0. A execução desta fase é realizada totalmente de forma manual, desde a transferência das imagens processadas (Fase 2) para o ambiente SIG, até a execução de procedimentos de visualização. Isto é realizado a partir da utilização de composições de diferentes camadas de informação disponíveis na base de dados do SIMEPAR.

As informações disponíveis no Banco de Dados Geográficos do SIMEPAR, bem como o modelo conceitual do SIG-SIMEPAR, estão representados esquematicamente na **Figura 2**.

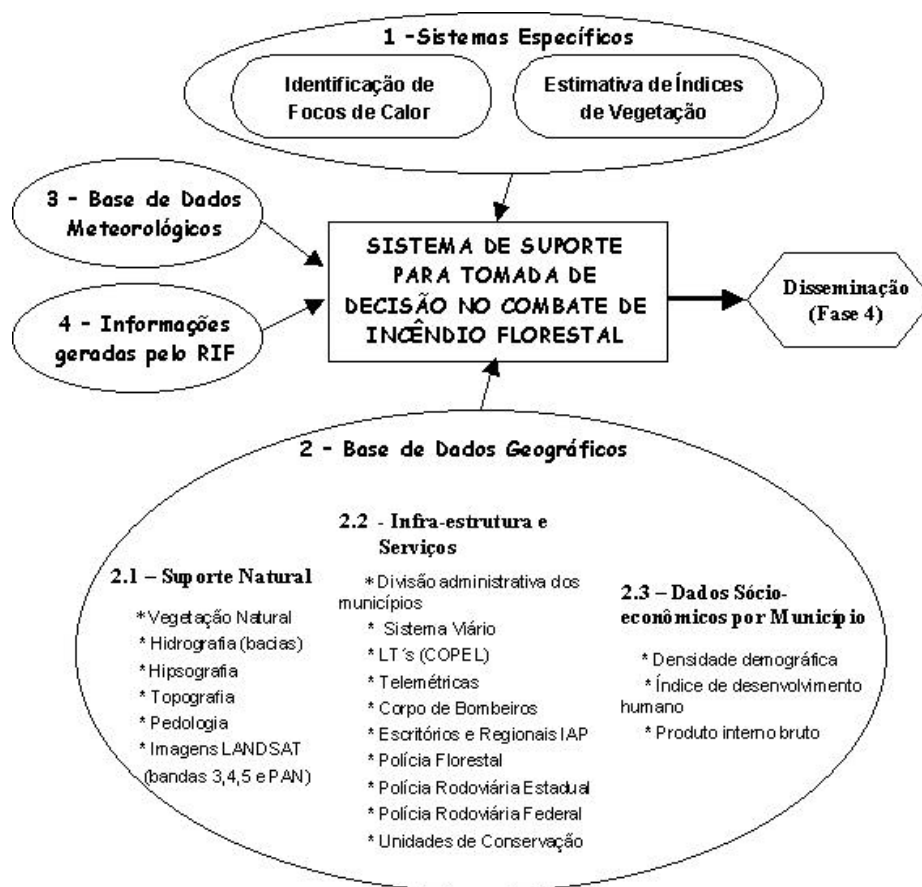


Figura 2 Modelo conceitual do SIG-SIMEPAR

A Fase 4 refere-se a disseminação das informações. Neste projeto foi utilizado o software ArcExplorer, o qual além de ser de domínio público, é desenvolvido pela mesma empresa (ESRI) que produz o software ArcView. Sendo assim, garantindo a compatibilidade dos arquivos processados.

Para esta disseminação será produzido diariamente um conjunto de arquivos, os quais serão disponibilizados através de FTP para os possíveis usuários.

### 3. Resultados

No ambiente ArcView se encontram as opções de acesso aos dados e demais ferramentas. O procedimento consiste em primeiro lugar, na verificação de ocorrência de focos de calor a partir da imagem NOAA/AVHRR da última passagem do satélite. Caso tenha ocorrido a detecção, a etapa seguinte consiste na eliminação, por meio do cruzamento de informações, dos focos identificados como alarme falso. A estratégia de ações e procedimentos seguintes dependerão em grande parte do sucesso desta operação.

Na **Figura 3** é apresentado um cruzamento de informações onde se visualiza a localização de um foco de calor, sobreposto ao índice de vegetação, à malha viária principal do Paraná e à localização de Grupamentos do Corpo de Bombeiros, conforme legenda. Ao selecionar-se um determinado foco, suas coordenadas geográficas (latitude e longitude) e outros dados serão apresentados em uma janela de diálogo auxiliar. Quanto menor o valor do índice de vegetação, o qual se encontra na escala do lado esquerdo da **Figura 3**, maior será o estado combustibilidade da vegetação.

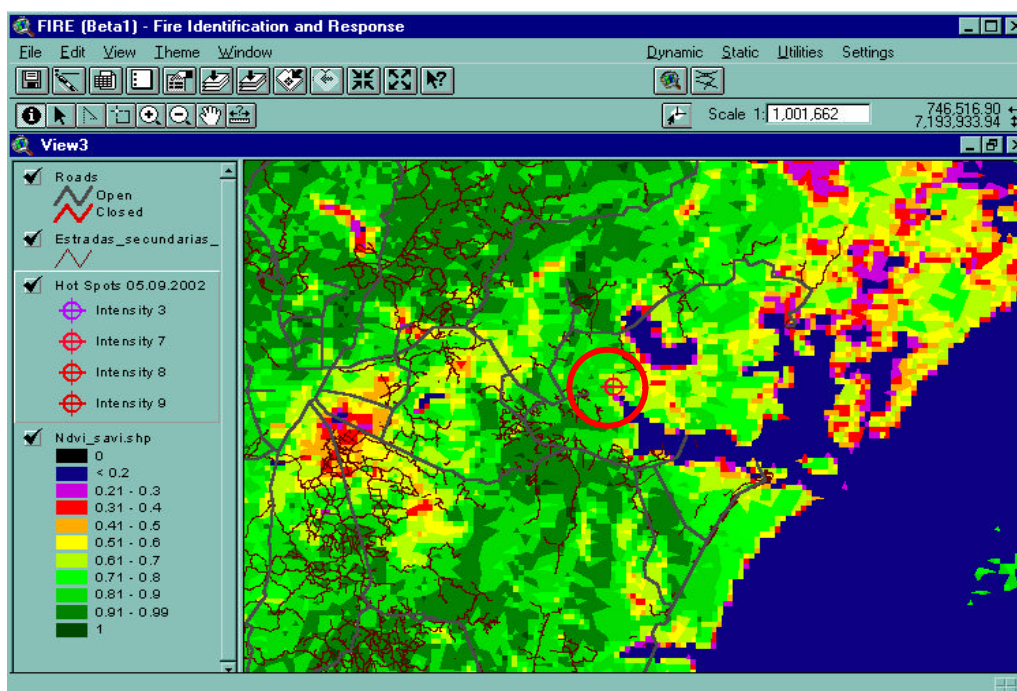


Figura 3 Tela com sobreposição de temas e janela de diálogo

Além das visualizações dos focos de calor e do índice de vegetação, o SIG do SIMEPAR permite o cruzamento dessas informações com dados fisiográficos e logísticos que evidentemente servem de suporte para definição de estratégias e planos de ação para o combate imediato ao incêndio.

Os dados fisiográficos abrangem a rede hidrográfica, as unidades de conservação ambiental e imagens LANDSAT-TM que cobrem o estado do Paraná, bem como as bases de relevo e de cobertura vegetal, tendo estas últimas resolução espacial de um quilômetro. Os dados logísticos, por sua vez, consistem em mapas da malha viária principal e secundária do Estado, e informações sobre recursos humanos e materiais disponíveis nas unidades dos organismos estaduais e federais que estão envolvidos na preservação dos recursos naturais.

Na **Figura 4** está sendo visualizado um foco de calor localizado na região litorânea, com a utilização do recurso de “zoom”. Recurso este que torna possível a visualização aproximada do entorno de uma área com provável ocorrência de incêndio. Nesta tela foram carregadas, além do foco de calor (em destaque) a malha viária primária (em amarelo), a secundária (em marrom) e a Imagem LANDSAT-TM com resolução espacial de 30 metros.

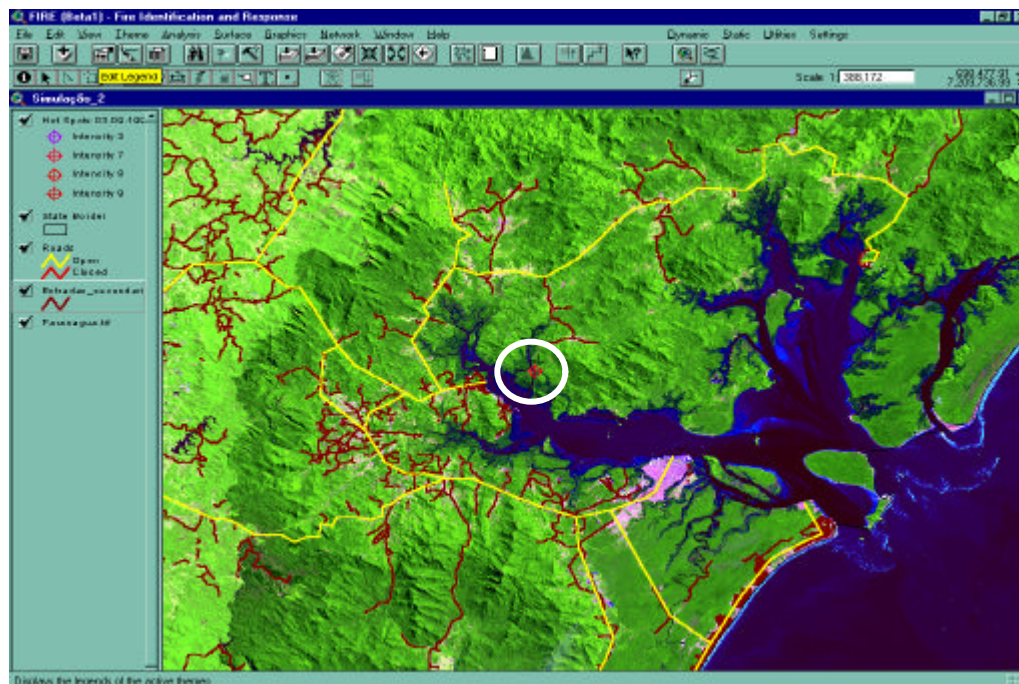


Figura 4 Tela com um foco de calor destacado, malha viária primária e secundária e imagem LANDSAT-TM

Como está descrito na metodologia o usuário irá efetuar diariamente FTP das informações geradas em ambiente ArcView. Sequencialmente tais informações serão carregadas no software ArcExplorer 2.0, conforme ilustra a **Figura 6**. Na referida figura são visualizadas a localização de focos de calor, índice de vegetação e máscara com o contorno do Estado do Paraná.

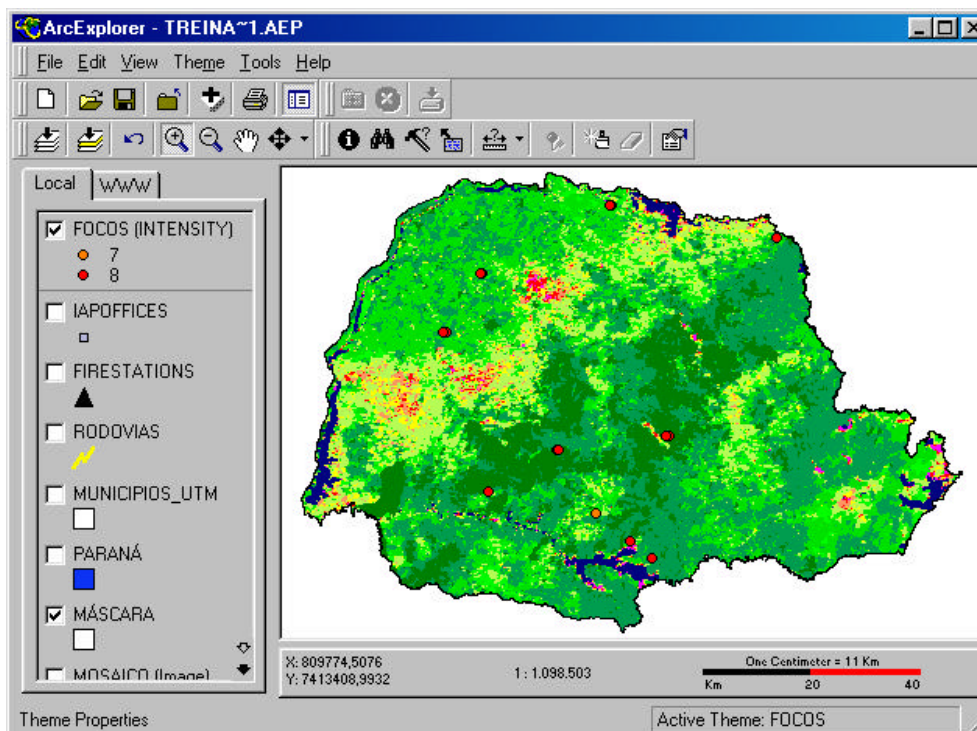


Figura 6 Disseminação das informações via ArcExplorer 1.1

### 3. Conclusões

O Sistema de Monitoramento de Incêndios e do Estado da Vegetação por Satélite, possui incorporadas ferramentas para o suporte a tomada de decisão para o combate a incêndios, a partir da possibilidade de cruzar e compor informações em diferentes *layers* para a geração de informações estratégicas. Isto ampliou significativamente a abrangência das informações disponíveis a partir de dados do sistema de Risco de Incêndio Florestal (RIF) em dois aspectos: (a) base de dados logísticos e (b) dados de sensoriamento remoto (focos de calor e índice de vegetação). A base de dados logísticos fornece dados georreferenciados que servem como suporte à definição de estratégias de ação para o combate de incêndios florestais. Os dados de sensoriamento remoto fornecem informações diárias e em tempo quase real sobre a ocorrência e localização de focos de calor, bem como índice de vegetação que, combinadas ao conjunto de informações geofísicas disponíveis na base de dados do sistema, reduzem significativamente o risco de falso alarme.

Sendo assim, o sistema desenvolvido, além de atender as demandas do PREVIFLOR (Plano Estadual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais do Estado do Paraná), apresenta caráter inovador devido ao fato de fornecer informações em tempo quase real, de alta resolução temporal e considerável resolução espacial, além do aspecto de abrangência regional.

Desenvolvimentos futuros deverão incluir a análise e validação dos algoritmos utilizados para a extração dos focos de calor, especificamente para o contexto do Estado do Paraná. Salienta-se que a metodologia utilizada poderá ser facilmente adaptada para outras regiões do país.

### 3. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Engenheiro Florestal Jackson Luiz Vosgerau (IAP) e ao Major Sérgio Gonçalves de Oliveira (CEDEC), pelo apoio e sugestões na formatação do trabalho, bem como pela disponibilização de dados logísticos do Estado do Paraná.

### Referências

- Arino, O.; Melinolte, L.; Calabresi, G. Fire, cloud, land, water: the Ionia AVHRR CD-Browser of ESRIN. EOQ 41, ESA, ESTEC, Noordwijk. 1993.
- Brazil Country Management Unit & Latin América and Caribbean Regional Office. Amazon Emergency Fire Prevention and Control Project PROARCO, 1998. Document of The World Bank, n. 18365 BR.
- Hastings, D. A.; Emery, W. J.; Weaver, R. L.; Fischer, W. J.; Ramsay, J.W. *Eds.*, North American NOAA Polar Orbiter Users Group, First Meeting, Boulder, Colorado, 1987. *Proceedings*. NOAA National Geophysical Data Center.
- Huete, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, v.25, p. 295-309, 1988.
- Justice, C. O.; Kendall, J. D.; Dowty, P. R.; Sholes, R. J. Satellite remote sensing of fires during the safari campaign using NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer data. *Journal of Geophysical Research*, v.101, p. 22.851-23.863, 1996.
- Kennedy, P. J.; Belward, A. S.; Gregoire, J. M. An improved approach to fire monitoring in West Africa using AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 15, p. 2235-2255, 1993.
- Kührt, E., Knollenberg, J., Mertens, V. An automatic early warning system for forest fires. Burns and fire disasters. *Anais*. 2001. v. 14, n. 3.
- Minko, N. P.; Abushenko, N. A.; Koshelev, V. V. Forest fire detection in East Siberia forests using AVHRR/NOAA data. *SPIE Proceedings*. 1998. p. 192-200.
- Randriambelo, T.; Baldy, S.; Bessafi, M.; Petit, M.; Despinoy, M. An improved detection and characterization of active fires and smoke plumes in south-eastern Africa and Mandagascar. *International Journal of Remote Sensing*, v.19, p. 2623-2638, 1998.
- Zaicovski, M. B.; Guetter, A. K.; Quadro, M. F. L de. Sistema de Monitoramento e Previsão Climática para o Risco de Incêndio Florestal (RIF) no Paraná. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, 2000. *Anais*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000.