

# **IMEDIAÇÕES DE PELOTAS: 1-10 DE MARÇO DE 2005. DETECÇÃO DE FOCOS DE INCÊNDIO ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO REMOTO.**

Aline Schneider Falck<sup>1</sup>; Paulo Roberto Pelufo Foster<sup>2</sup>

Grupo PET Meteorologia

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

<sup>1</sup>Discente do Curso de Meteorologia, Bolsista

<sup>2</sup>Docente da Faculdade de Meteorologia – Tutor

## **RESUMO**

Estudos indicam que os incêndios introduzem uma grande quantidade de gases e aerossóis na atmosfera. Como os focos de calor são indicadores de queimadas, este artigo apresenta dados que demonstram a capacidade dos satélites ambientais em auxiliar na análise da distribuição espacial e temporal na região de estudo. Pelos resultados obtidos a utilização de monitoramento de queimadas por satélite, pode servir como auxílio à defesa civil, corpo de bombeiros e unidades de saúde. Concluiu-se, ainda, que é possível monitorar os locais onde estão ocorrendo as queimadas e evitar desastres, principalmente os decorrentes da falta de visibilidade e da poluição.

## **1. INTRODUÇÃO**

A ocorrência de fogo nos diversos ecossistemas da terra e seus efeitos no meio ambiente têm sido objeto de freqüente discussão no meio científico. Essa preocupação decorre da necessidade de identificar-se o impacto ambiental do uso do fogo na conversão dos diversos tipos de cobertura vegetal em terras agrícolas. O aumento da freqüência de incêndios, naturais ou antrópicos, provoca um período de cobertura vegetal mais curto,

altera o estoque de nutrientes e a produtividade primária local, resultando na diminuição de biomassa sobre grandes áreas.

De acordo com CRUTZEN et al. (1979) os incêndios introduzem uma grande quantidade de gases na atmosfera, tais como: o monóxido de carbono, o hidrogênio molecular, o metano, o óxido nitroso, o óxido nítrico, o dióxido de hidrogênio, os clorofluorocarbonos, os compostos hidrocarbônicos, além de outros gases originados em reações secundárias.

Como exemplo, podem ser citadas as reações fotoquímicas nas quais podem participar monóxido de carbono, metano, óxidos de nitrogênio, compostos hidrocarbônicos que podem modificar o balanço regional e sazonal de ozônio e hidroxilas, alterando o potencial de óxi-redução da atmosfera e, conseqüentemente, uma variedade de outras reações atmosféricas (CRUTZEN et al. (1979); GREENBERG et al. (1984)) As queimadas também são uma fonte abundante de aerossóis de várias dimensões.

Segundo BROWN et al. (2004), os focos de calor oriundos da análise de dados de satélites têm sido excelentes indicadores de onde, quando e com quais freqüências relativas as queimadas estão acontecendo.

A extensão espacial da ocorrência de queimadas em áreas tropicais e subtropicais da América do Sul torna o sensoriamento remoto por satélites a mais viável forma de monitoramento destes eventos. No Brasil, a detecção de focos de queimadas na região de cerrado e floresta tropical, usando o radiômetro AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), com resolução aproximada 1,1 km x 1,1 km no nadir e a bordo da série de satélites NOAA, foi desenvolvida por PEREIRA (1988) e implantada de forma operacional no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por SETZER e PEREIRA (1991).

Atualmente, o INPE, fornece informações sobre focos de calor na América do Sul via página na Internet (<http://www.cptec.inpe.br/queimadas>), Esta página oferece informações de cinco satélites (NOAA-12, NOAA-16, GOES-12, Terra-MODIS, Aqua-MODIS). Este conjunto de informações acoplado com o fácil acesso via Internet permite a divulgação ampla para vários segmentos da sociedade, além da comunidade científica.

Em nosso estudo, a análise de focos de calor oriundos desta página, foi um meio importante para ajudar a sociedade a entender a poluição que cobriu a região de Pelotas e arredores no início de março de 2005.

Como os focos de calor são indicadores de queimadas e necessitam ser validados como qualquer outro indicador, este artigo tem como objetivo apresentar dados que demonstram a capacidade dos satélites em auxiliar na análise da distribuição espacial e sua evolução na região de estudo.

Mais recentemente, o sensor MODerat-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) vem sendo utilizado na detecção de focos de incêndio na vegetação. Sensores MODIS encontram-se a bordo dos satélites TERRA e AQUA, lançados em 18 de dezembro de 1999 e 4 de maio de 2002, respectivamente, e circulam em torno do globo terrestre 16 vezes ao dia de pólo a pólo, produzindo duas imagens globais diárias.

Os sensores MODIS obtêm medidas em 36 bandas espectrais (0,41 – 14mm), com três diferentes resoluções espaciais (250m, 500m e 1km).

Atualmente a detecção de focos de queimadas incorpora produtos derivados dos sensores AVHRR (NOAA), VAS (GOES) e do MODIS (TERRA e AQUA), cobrindo quase a totalidade da América do Sul. Esse sistema detecta e divulga anualmente um número superior a trezentos mil focos de calor.

As fontes emissoras associadas às queimadas emitem gases e partículas a temperaturas maiores do que àquelas da atmosfera do ambiente, transportando estes materiais verticalmente para cima. Um dos fatores determinantes para altura final em que estes materiais são injetados na atmosfera é a estabilidade termodinâmica. Outro fator é a interação entre a fumaça e o ambiente, através de turbilhões que injetam e misturam o ar ambiente frio para dentro da pluma de fumaça, o que provoca uma diluição da fumaça, e, conseqüentemente, reduzindo a flutuação.

De um modo geral os incêndios injetam material dentro da própria camada limite atmosférica (CLA), podendo algumas vezes, conseguem injetar a fumaça diretamente na baixa e média troposfera (3 a 10 km de altura). Esta mistura turbulenta da camada limite

diurna, também transporta verticalmente estes materiais, tendendo a homogeneizá-los por toda a camada de mistura. Na direção horizontal, a advecção pelo vento domina o transporte, arrastando os materiais na direção do fluxo da atmosfera dentro da CLA. A mistura que ocorre no topo da camada limite atmosférica associada aos processos convectivos úmidos são suficientes para transportar estes materiais para a troposfera, rompendo a estabilidade no topo da CLA.

Como exemplos, podem ser citados os sistemas convectivos rasos e não-precipitantes e os sistemas convectivos profundos e precipitantes. Os sistemas convectivos rasos e não-precipitantes se formam no topo da CLA e atuam no transporte dos gases e partículas para a baixa troposfera, ajudando na dispersão dos poluentes. Por outro lado, os sistemas convectivos profundos e precipitantes atuam de formas distintas dependendo da natureza higroscópica dos traçadores.

Por exemplo, o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e o monóxido de carbono (CO), possuem baixa capacidade higroscópica, e conseqüentemente são transportados pelas correntes ascendentes até o topo da nuvem na alta troposfera onde são liberados ao ambiente. Uma vez na troposfera, o transporte destes poluentes se dá de forma mais eficiente devido às velocidades maiores do fluxo de ar, transportando-os para regiões distantes dos locais de emissão, transformando o problema de uma escala menor (local) para uma maior (continental ou global).

Além deste aspecto, processos de remoção de poluentes da atmosfera são mais eficientes dentro da camada limite atmosférica, de modo que, uma vez transportados para a alta troposfera, a vida média do  $\text{CO}_2$  e do CO pode aumentar. Por outro lado, as partículas de fumaça podem atuar como núcleos de condensação de água formando gotas de chuva, que, quando precipitam, são então removidos da atmosfera, pelo processo denominado remoção úmida.

Os sistemas convectivos induzem também a formação de correntes descendentes que trazem parcelas de ar da média troposfera para a CLP, diluindo e esfriando a atmosfera

local. As interações de camadas de ar com a superfície terrestre induzem também a remoção de material, num processo denominado deposição seca.

A Figura 1 ilustra os principais mecanismos de redistribuição de emissões de queimadas na atmosfera.

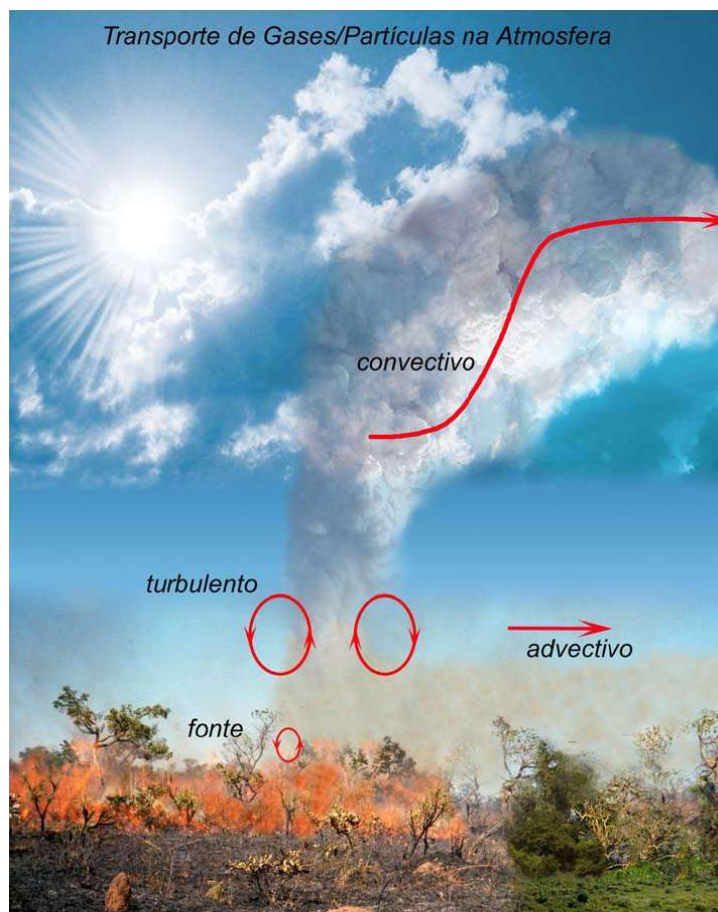


Figura 1 – Ilustração dos principais mecanismos físicos de redistribuição de emissões de queimadas na atmosfera.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A detecção de focos de queimadas utilizando dados de satélites fornece uma valiosa informação sobre a distribuição espacial e temporal das mesmas. Entretanto, elas representam apenas uma amostra do total de focos que realmente ocorreu. Isto é decorrência de que:

- a. as queimadas que ocorrem em horários diferentes daqueles das passagens dos satélites nem sempre são detectados;
- b. frentes de fogo menores do que 50 metros não são detectadas;
- c. a presença de nuvens no momento da passagem do satélite pode impedir a detecção de focos de incêndio.

Outra limitação dos métodos de detecção de queimadas ativas é a impossibilidade de se conhecer, de forma direta, o tamanho da área atingida pelo fogo.

De acordo com EVA (2000), as queimadas grandes podem durar várias horas, ou mesmo dias, e a detecção da frente de fogo provavelmente vai subestimar o tamanho das queimadas. Inversamente, as queimadas pequenas, da ordem de dezenas de metros quadrados, podem conduzir a super estimativas de áreas. Observa-se na parte superior desta figura que toda área em cinza já foi queimada e não foi detectada, e além disso, possivelmente ela seria maior ainda, caso a frente de fogo tivesse avançado mais.

Para minimizar este problema EVA e LAMBIN (1998), FRANÇA (2000) e FULLER (2000) sugerem que a calibração dos focos de fogo devem ser obtidas a partir de dados de sensores de alta resolução, utilizando análise de regressão.

Neste trabalho foram utilizados dados obtidos por satélites de órbita polar e órbita geoestacionária (Tabela 1) cuja área de cobertura contempla a região de estudo, delimitada pelas coordenadas: 53º-52º oeste e 31º-32º sul (Figura 2), sobre a Zona Sul do estado do Rio Grande do Sul.

TABELA 1 - Características orbitais dos satélites utilizados neste estudo.

<b>SATÉLITE</b>	<b>SENSOR</b>	<b>ÓRBITA</b>	<b>PASSAGEM</b>
NOAA-12	AVHRR	Polar	09 e 21TMG
NOAA-16	AVHRR	Polar	17 TMG
ACQUA e TERRA	MODIS-01	Polar	01 e 05 TMG
GOES-12	VAS	Geoestacionária	-

Embora a detecção de focos de queimadas utilizando dados de satélites forneça uma valiosa informação sobre a distribuição espacial e temporal elas representam apenas uma amostra do total de focos que realmente ocorreu.

Metodologicamente, considera-se que existe um foco de calor se ele ainda persiste durante os horários das passagens dos satélites e se as frentes de fogo são maiores do que 50 metros, pois caso contrário poderá não ser detectada.

Outro fator limitante da detecção é a existência de nuvens no momento da passagem do satélite, pois podem impedir a detecção de focos de incêndio. Por exemplo, os focos de calor detectados pelo satélite NOAA 12 são obtidos por passagens realizadas durante o início da manhã ou no final da tarde e início da noite. Estes focos de calor detectados representam queimadas ativas ou em fase de extinção.

O número de focos obtidos pela passagem do final da tarde e início da noite representam o melhor modo de estimar as queimadas ocorridas no dia.

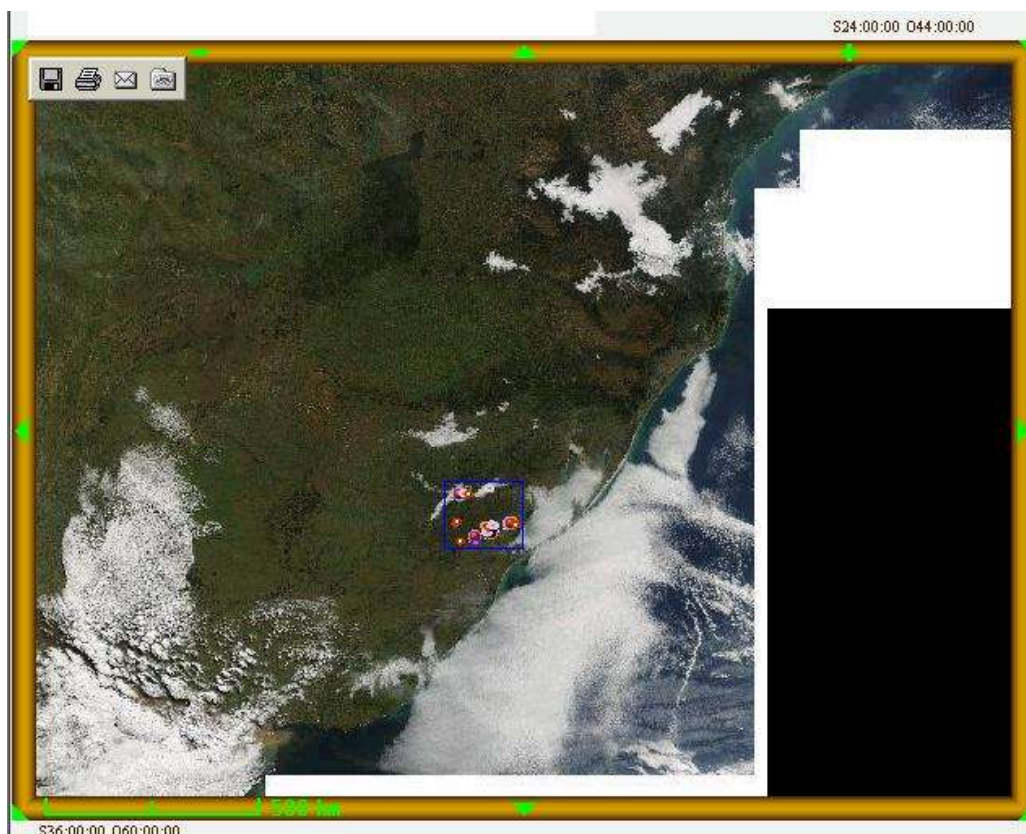


Figura 2 – Localização da área de estudo (retângulo azul).

Os focos de calor detectados em posições adjacentes ou coincidentes aos focos detectados pelas passagens efetuadas durante a madrugada podem representar queimadas que não se extinguiram durante toda a noite e, em consequência, serão monitorados de forma individualizada, em função do risco potencial que representam. Engloba focos de calor detectados por passagens realizadas durante o período da madrugada pelo satélite NOAA 14. Os focos de calor detectados representam queimadas ativas, que por sua intensidade ainda não se extinguiram, representando um risco potencial de transformar-se em incêndios, caso continuem ativas.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Como pode ser visto nas Figuras 3 e 4, durante o período considerado (1-10 de março de 2005) foram detectados 57 focos de incêndio (indicados pelos pontos coloridos na Figura 3) localizados na região de estudo. A intensidade máxima ocorreu no dia cinco de março onde foram detectados 14 focos, em sua maioria, próximos à zona urbana de Pelotas (região da Lagoa Pequena) e no Monte Bonito (zona rural).

A grande maioria dos focos foram detectados pelo sensor MODIS instalados a bordo dos Satélites AQUA e TERRA (Figuras 3 e 5). Outra característica importante a salientar é que a grande maioria dos focos foi detectada no período da tarde.



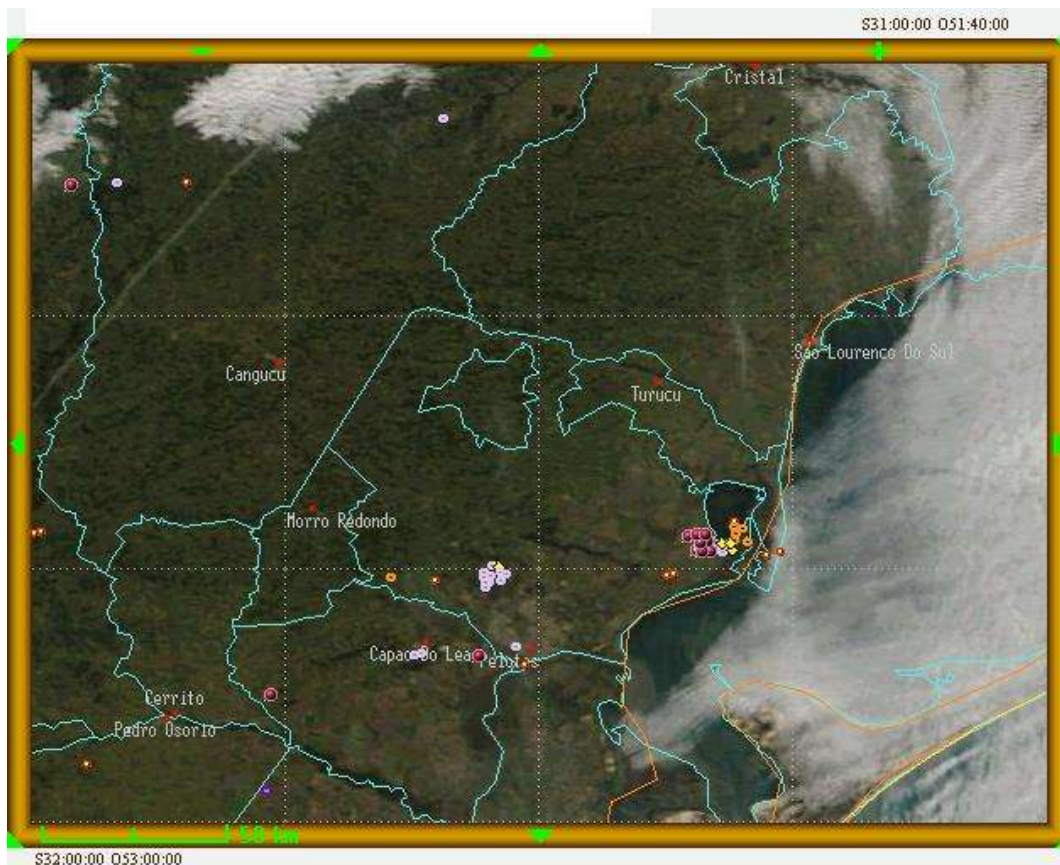


Figura 3 - Área de estudo com a localização de focos de incêndio detectados.

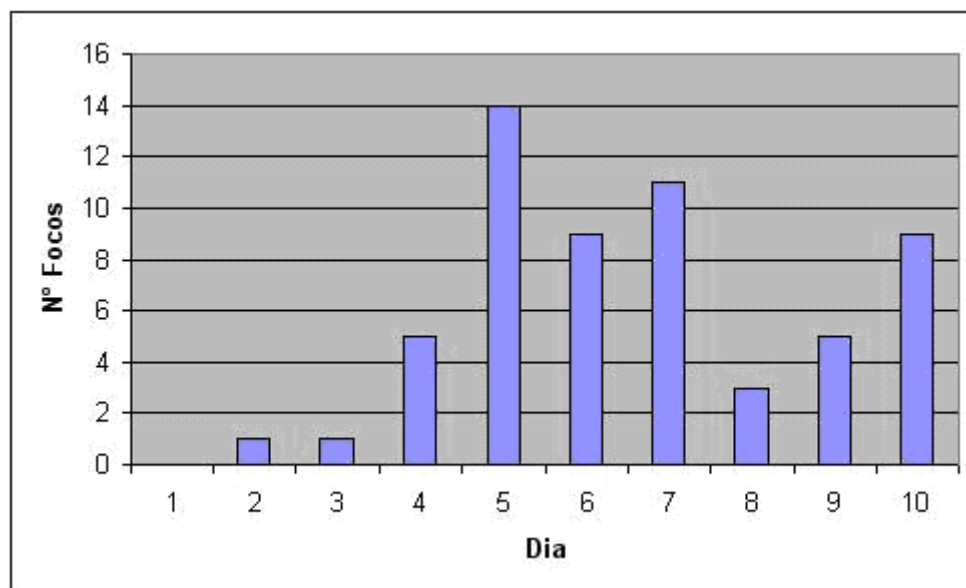


Figura 4 - Número de focos detectados em cada dia do período estudado.

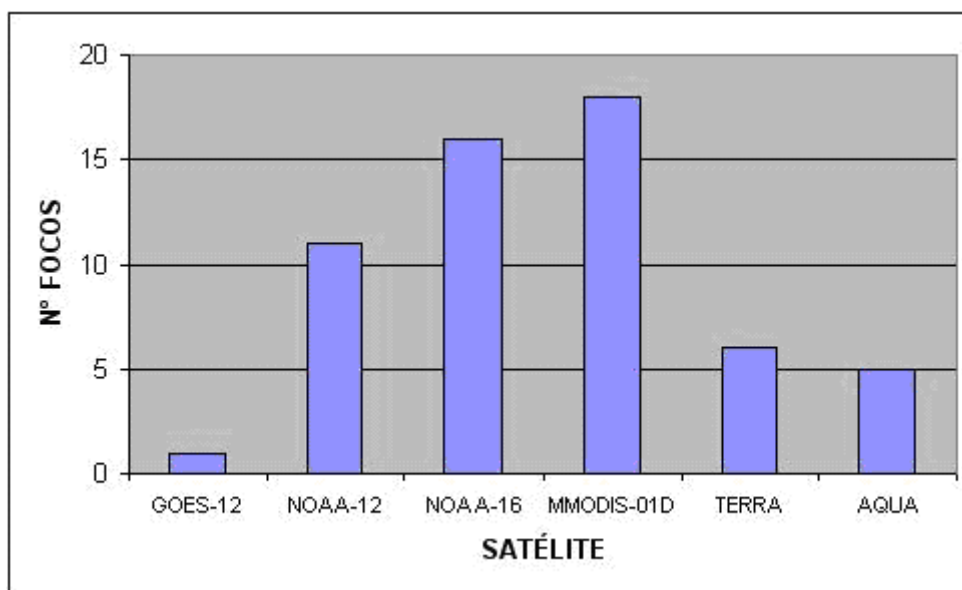


Figura 5 - Número de focos detectados por cada um dos satélites.

Durante o período de estudo (1-10 de março de 2005) as ocorrências de incêndios movimentou as guarnições do Corpo de Bombeiro de Pelotas (CBPel). Além de Pelotas, o CBPel atua em outros quatorze municípios da Zona Sul

Por exemplo, no dia quatro de março um incêndio no banhado que margeia a rodovia BR-392, que liga os municípios de Pelotas e Rio Grande, fez com que os motoristas tivessem problemas para trafegar na BR-392. Na saída de Pelotas com destino a Rio Grande, a cortina de fumaça provocada pelo fogo, diminuiu sensivelmente a visibilidade. Vale lembrar que este incêndio se prolongou por quase uma semana, porque o fogo aconteceu no meio do banhado, dificultando aos bombeiros o acesso ao local para controlar as chamas.

Na tarde do dia sete, Pelotas voltou a ficar encoberta pela fumaça dos incêndios, com focos espalhados em diferentes pontos da cidade. Durante este dia, o número de chamadas obrigou o CBPel a montar uma guarnição extra, utilizando policiais do serviço administrativo. Neste dia uma cortina escura de fumaça se formou sobre Pelotas por causa do vento que soprava na região.

No dia 10 de março, aconteceram quatro incêndios na zona urbana, um na zona rural e outro no município de Morro Redondo.

A análise dos dados mostrou que aproximadamente 71% dos focos de incêndios detectados sobre a área de estudo estavam localizados no município de Pelotas (Figura 6), o que é facilmente explicado pela falta de ocorrência de precipitação nos cinco dias anteriores aos eventos e devido ao tipo de vegetação existente no local (campos e vegetação de banhado). Como essa vegetação encontrava-se em condições de fácil combustão, a falta de precipitação associada a radiação solar foram suficientes para iniciar a combustão. Também foi detectado um número representativo de focos de incêndio nos municípios de Capão do Leão e Pedro Osório.

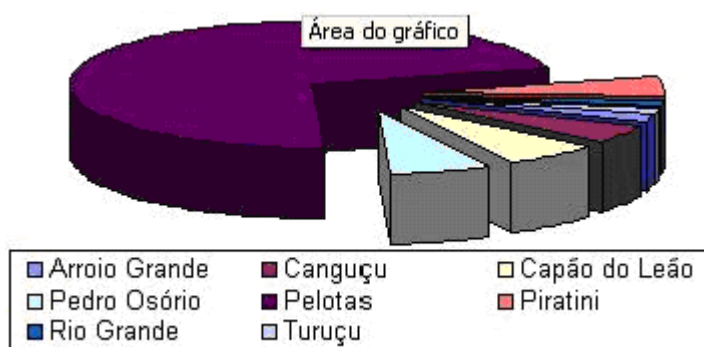


Figura 4 - Percentagem de focos detectados por cada município.

#### 4. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, a utilização de monitoramento de queimadas por satélite é extremamente viável, podendo servir como uma ferramenta de auxílio a defesa civil, corpo de bombeiros e a área de meio ambiente e proteção ambiental.

Este tipo de trabalho mostra que é possível monitorar os locais onde estão ocorrendo as queimadas e evitar desastres, principalmente os decorrentes da falta de visibilidade e da poluição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWM, I. F.; SELHORST, D. Detecção de queimadas na região de Madre de Dios, Acre e Pando (MAP). Parte III, **Jornal A Gazeta**, 11 de setembro, 2004, p. 02.
- BROWM, I. F. A fumaça: de onde vem? **Jornal Página 20**, Rio Branco, 14 de setembro, p. 14, 2004a.
- CRUTZEN, P.J. et al. Biomass burning as a source of atmospheric gases CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, CH<sub>3</sub>Cl and COS. **Nature**, 1979, 282, p. 253-256.
- EVA, H. **Monitoring of tropical vegetation fires and their impact on land cover using remote sensing techniques**. Dissertação (Doctorale) – Université Catholique de Louvain, Faculté des Sciences Louvain, Louvain, França, 2000.
- EVA, H; E.F. LAMBIM. Burn area mapping in Central Africa using ATSR data. **International Journal of Remote Sensing**, Dundee, 1998, 19, p. 3473-3497.
- FRANÇA, H. **Metodologia de identificação e quantificação de áreas queimadas no Cerrado com imagens AVHRR/NOAA**. Tese – Instituto de Biociências / USP. São Paulo, 2000.
- FULLER, D.O. Satellite remote sensing of biomass burning with optical and thermal sensors. **Progress in Physical Geography**, New York, 2000, 74, p. 362-376.
- GREENBERG, J. P. et al. Hydrocarbon and carbon monoxide emission from biomass burnings in Brasil. **Journal of Geophysical Research**, Washington, 1984, 89, n. D1.
- PEREIRA, M.C. **Detecção, monitoramento, e análise de alguns efeitos ambientais de queimadas na Amazônia através da utilização de imagens dos satélites NOAA e LANDSAT e dados de aeronave**. Dissertação, São José dos Campos, SP: INPE, 1988.
- SETZER, A.W.; M.C.PEREIRA. Operational detection of fires in Brazil with NOAA/AVHRR. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 24., Rio de Janeiro, 1991. **Proceedings ...** Ann Arbor, ERIM, 1991, v.2.

---

Aline Schneider Falck ([asfalck@yahoo.com.br](mailto:asfalck@yahoo.com.br))

Bolsista, Discente do Curso de Graduação em Meteorologia

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Campus Universitário s/n° - Capão do Leão – Caixa Postal 354

96010-900 Pelotas - RS

Paulo R P Foster ([pfoster@ufpel.edu.br](mailto:pfoster@ufpel.edu.br))

Docente da Faculdade de Meteorologia – Tutor do Grupo PET Meteorologia

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Campus Universitário s/n° - Capão do Leão – Caixa Postal 354

96010-900 Pelotas – RS