

MONITORAMENTO E ANÁLISE DE FOCOS DE CALOR NA PORÇÃO NORDESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL NO PERÍODO DE 2003-2006 UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO

Thiago Bazzan¹
Manoel de Araújo Sousa Júnior²
María Silvia Pardi Lacruz²
Waterloo Pereira Filho¹

1. Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil
thiogobaz@yahoo.com.br , waterloopf@gmail.com

2. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Centro Regional Sul (CRS) – Santa Maria - RS, Brasil - manoel.sousa@crs.inpe.br, silvia.pardi.lacruz@crs.inpe.br

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é utilizar técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para a identificação, monitoramento e análise de focos de calor ocorridos na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, no período de 2003 e 2006. A área de estudo corresponde à cena de imageamento do *CBERS-2* com órbita-ponto 157-132, que abrange 8.294 km². Os dados de focos de calor foram detectados pelo sensor *MODIS* a bordo do satélite *AQUA* e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Para a análise do uso do solo e cobertura vegetal foram utilizadas estatísticas agrícolas e imagens de satélite. A espacialização das relações dos focos de calor com o uso do solo foi realizada no aplicativo *SPRING 4.3*. Os resultados mostram que foram registrados 189 focos de calor concentrados principalmente nos meses de agosto, setembro e novembro. Foram definidos três períodos de ocorrência de focos de calor associados ao uso do solo. O primeiro período corresponde aos meses de janeiro a abril onde foram detectados 19 focos que ocorrem em áreas de florestas com uso do solo associado a pequenas lavouras. O segundo período corresponde aos meses de julho a setembro que ocorrem em áreas de campo com uso do solo associado às pastagens onde foram registrados 84 focos. O terceiro período corresponde aos meses de outubro a dezembro em áreas de florestas com uso do solo para pequenas lavouras onde foram detectados 864 focos. Dessa forma, os períodos mais críticos e com maiores suscetibilidades para a ocorrência de queimadas estão entre os meses de julho e dezembro. A relação entre a ocorrência de focos de calor e tipos de uso do solo e cobertura vegetal utilizando geotecnologias mostraram um grande potencial para a obtenção de resultados de forma rápida e eficiente.

ABSTRACT

The ~~main objective of this preset~~ paper ~~is to apply~~ ~~has the purpose of applying~~ ~~geoprocessing~~ and remote ~~sensing~~ ~~remote sensing~~ techniques in order to identify, ~~to~~ monitor, and to analyze the ~~fires~~ ~~heat focuses~~ occurred in the northeast region of the state of Rio Grande do Sul during the period comprised between 2003 and 2006. The study area corresponds to the ~~imaging scene of the~~ ~~CBERS~~ – 2 ~~scene path/row~~ ~~, with orbit point~~ 157-132, which embraces 8.294 km². The ~~heat focuses~~ ~~fires~~ data have been detected by the MODIS sensor of the AQUA satellite and then they were made available by the National Institute of Space Researches. ~~Satellite images and~~ ~~Agricultural statistics and satellite images~~ have been applied in order to accomplish the ~~land use and land cover of the study area~~ ~~analysis of use of the soil and vegetal covering~~. The ~~spacing and the relationships~~ ~~spatialization of the relations~~ between the ~~fires~~ ~~heat focuses~~ and the ~~land use/land cover types~~ ~~of the soil~~ have been accomplished through the *SPRING 4.3* applicative. The results show that most of the 189 ~~fires~~ ~~heat focuses~~ registered are concentrated in the months of August, September, and November. Three periods of ~~fires~~ ~~heat focuses~~ occurrence associated to the ~~land use~~ ~~use of the soil~~ ~~hh~~ have been determined. The first period

corresponds to the months of January and April where 19 ~~fires focuses~~ have been detected and they have also been found to occur in forest areas with the ~~uses of the soil being~~ associated to small farmings. The second period corresponds to the months of July and September where 84 ~~fires focuses~~ have been registered. The ~~fires focuses~~ occurred in field areas where the ~~land use of the soil~~ was associated to ~~the~~ pastures. The third period corresponds to the months of October and December with 84 ~~fires focuses~~ being detected. The ~~fires focuses~~ have been detected in forest areas where the ~~land use of the soil~~ was related to small farmings. Thus, the most critical periods and with highest susceptibility to the burnings occurrence are located between July and December. The relationship between the ~~fires heat focuses occurrence~~ and the ~~land use/land cover~~ types ~~of use of the soil and vegetal covering~~ by applying geotechnologies have shown a great potential for the acquirement of results in a fast and effective way.

Keywords: ~~FiresHeat focuses~~; Monitoring; ~~Soil useLand use/Land cover~~

1. INTRODUÇÃO

A evolução dos sistemas sensores e o interesse científico pelas mudanças climáticas representam um aporte tecnológico e um arcabouço teórico para entender os fenômenos de origem natural ou antrópica~~o~~ que agem sobre a superfície terrestre. Sensores de detecção remota como o *MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)* disponibilizam imagens para diversas finalidades, entre elas, a detecção de focos de calor em tempo quase real, sendo possível fazer o monitoramento de queimadas em escala regional e local.

Os focos de calor detectados pelo sensor *MODIS* indicam a existência de fogo em um *pixel* (menor elemento de resolução de uma imagem). A relação entre foco de calor e queimada não é direta, já que um foco de calor pode corresponder a uma queimada ou a várias queimadas dentro de um mesmo *pixel*. Por outro lado, uma queimada muito extensa é detectada por um grupo de *pixels* vizinhos, resultando em vários focos de calor associados a uma única queimada. Os diferentes satélites utilizados para a detecção de focos de calor podem detectar uma frente de fogo com aproximadamente 30 metros de extensão e 1 metro de largura, nos casos de satélites de órbita polar como o *TERRA* e o *AQUA* (INPE, 2007).

O uso do fogo em florestas e demais formas de vegetação natural é proibido segundo o Artigo 28 da Lei 9.519 que institui o Código Florestal Estadual do Rio Grande do Sul, que está em vigor desde 21 de janeiro de 1992. Isso mostra a importância do monitoramento, identificação e análise dos focos de calor, servindo como subsídio para a atuação dos órgãos públicos responsáveis pela fiscalização e controle de queimadas.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é utilizar técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para a identificação, monitoramento e

análise de focos de calor ocorridos na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, no período de 2003 e a 2006.

A área de estudo corresponde à cena de imageamento do *CBERS-2* (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) identificada com a órbita-ponto 157-132, que abrange uma área de 8.294 km² localizada entre as coordenadas geográficas de latitude 28° 05' e 29° 05' e longitude 50° 10' e 51° 30' (Figura 1).

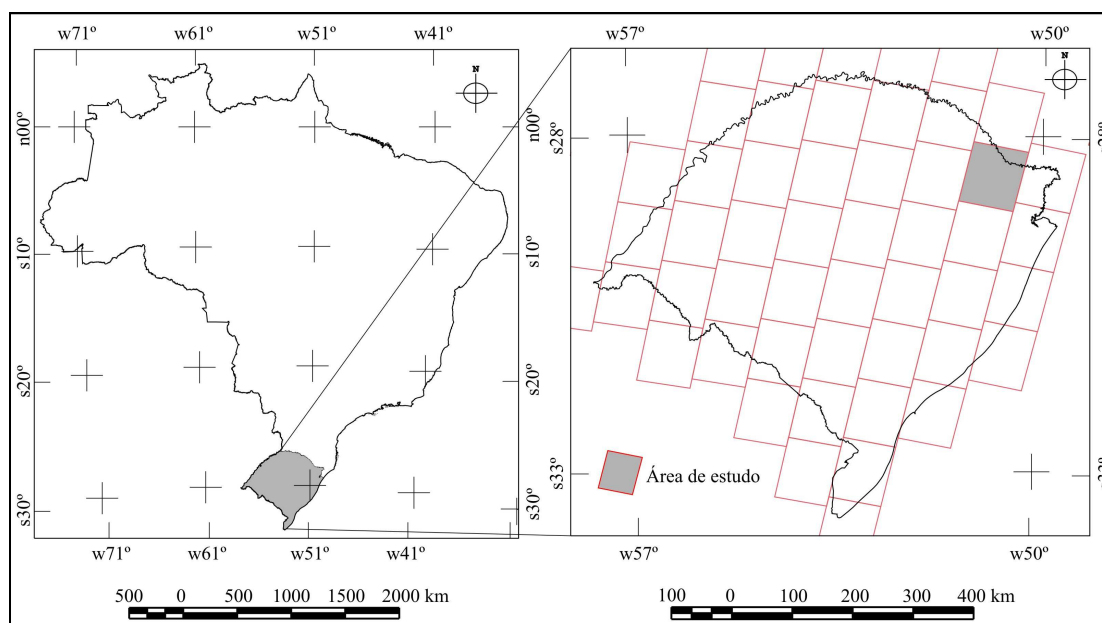


Figura 1: Localização da área de estudo - órbita-ponto 157/132 do satélite CBERS-2.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de focos de calor foram processados e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e podem ser obtidos no endereço eletrônico: <http://paraguay.cptec.inpe.br/produto/queimadas>. Estes dados estão disponíveis para *download* diariamente três horas após sua detecção. A importação dos focos de calor para o banco de dados foi realizada a partir da conversão dos dados em formato de texto para *Dbase* utilizando uma planilha eletrônica.

Os focos de calor utilizados neste trabalho foram obtidos pelo sensor *MODIS* (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) a bordo do satélite *AQUA* com horário de passagem às 13:30 horas, resolução espacial de 1000 metros e período de revisita de 1 a 2 dias (BATISTELLA *et al*, 2004).

Os limites dos municípios presentes na área de estudo foram definidos a partir da malha digital disponibilizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005). Para a caracterização dos municípios foram utilizadas as informações de uso e

cobertura da terra provenientes do Censo Agropecuário (1996) e Pesquisa Agrícola Municipal (2006).

O mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal foi realizado a partir da segmentação e classificação digital da imagem do satélite *CBERS-2* ~~de (data da aquisição da imagem 06/09/2006)~~ com resolução espacial de 20 metros. Para a classificação da imagem utilizou-se um algoritmo de classificação supervisionado baseado na distância de *Battacharya* e foram definidas 5 classes de interesse, sendo elas: campo, florestas, lavouras, água e urbana.

A espacialização das relações de uso do solo e cobertura vegetal com os focos de calor foi realizada no SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) - versão 4.3, *software* gratuito desenvolvido pelo INPE e disponibilizado no endereço (<http://www.dpi.inpe.br/spring/>).

3. RESULTADOS

3.1. ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR

A área de estudo apresentou as maiores ocorrências de queimadas no período entre 2003 e 2006 para todo o estado do Rio Grande do Sul. Entre os anos de 2003 e 2006 foram registrados 189 focos de calor na área de estudo. O ano que apresentou a maior quantidade de focos de calor foi 2003 com 72 ocorrências, e a menor ocorrência de focos de calor foi em 2005 com 25 focos detectados (Figura 23).

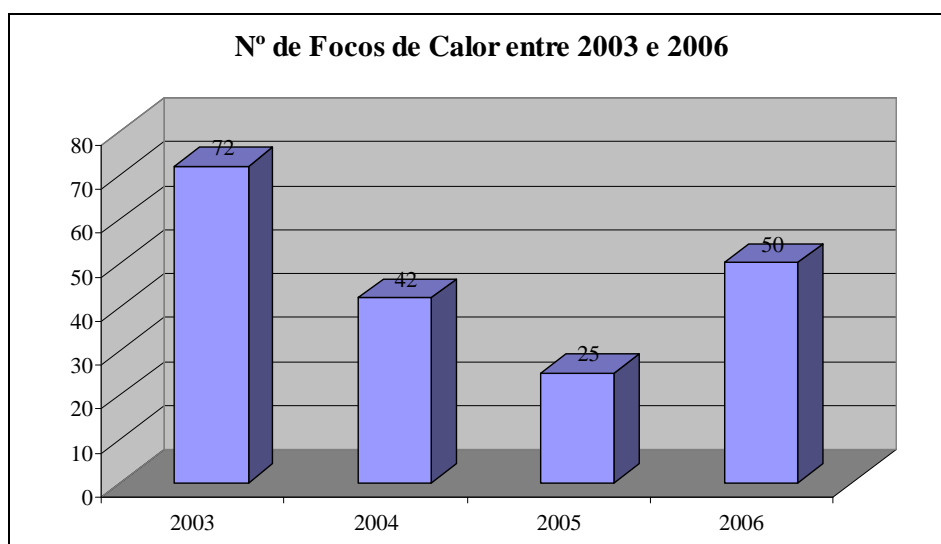


Figura 23: Total anual de focos de calor na área de estudo.

A distribuição mensal dos focos de calor mostra que nos meses de agosto, setembro e novembro são registrados os maiores números de focos de calor (Figura 34).

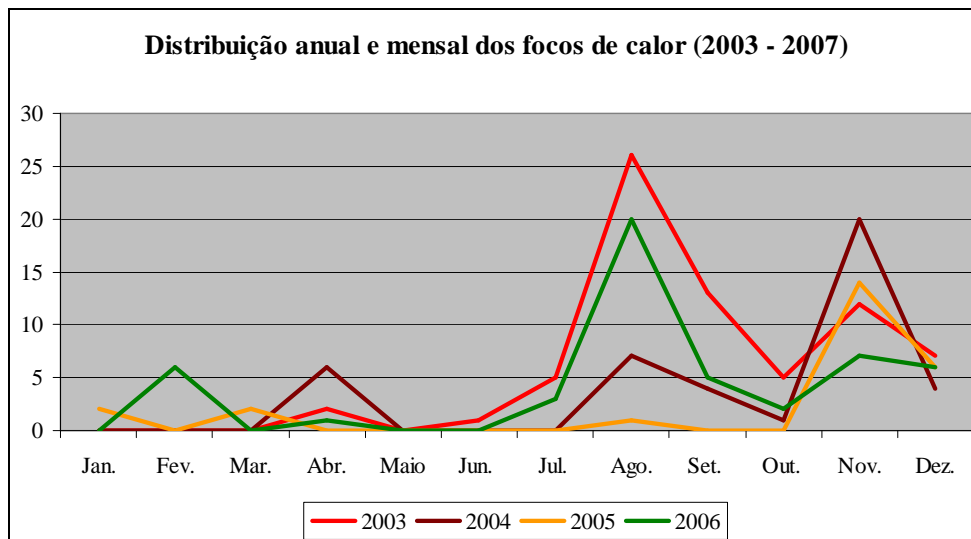


Figura 34: Distribuição anual e mensal dos focos de calor na área de estudo.

Fazem parte desta área os municípios de Antônio Prado, Bom Jesus, Campestre da Serra, Caxias do Sul, Ipê, Jaquirana, Monte Alegre dos Campos, Muitos Capões, Nova Pádua, São Francisco de Paula, São Marcos e Vacaria (Figura 54).

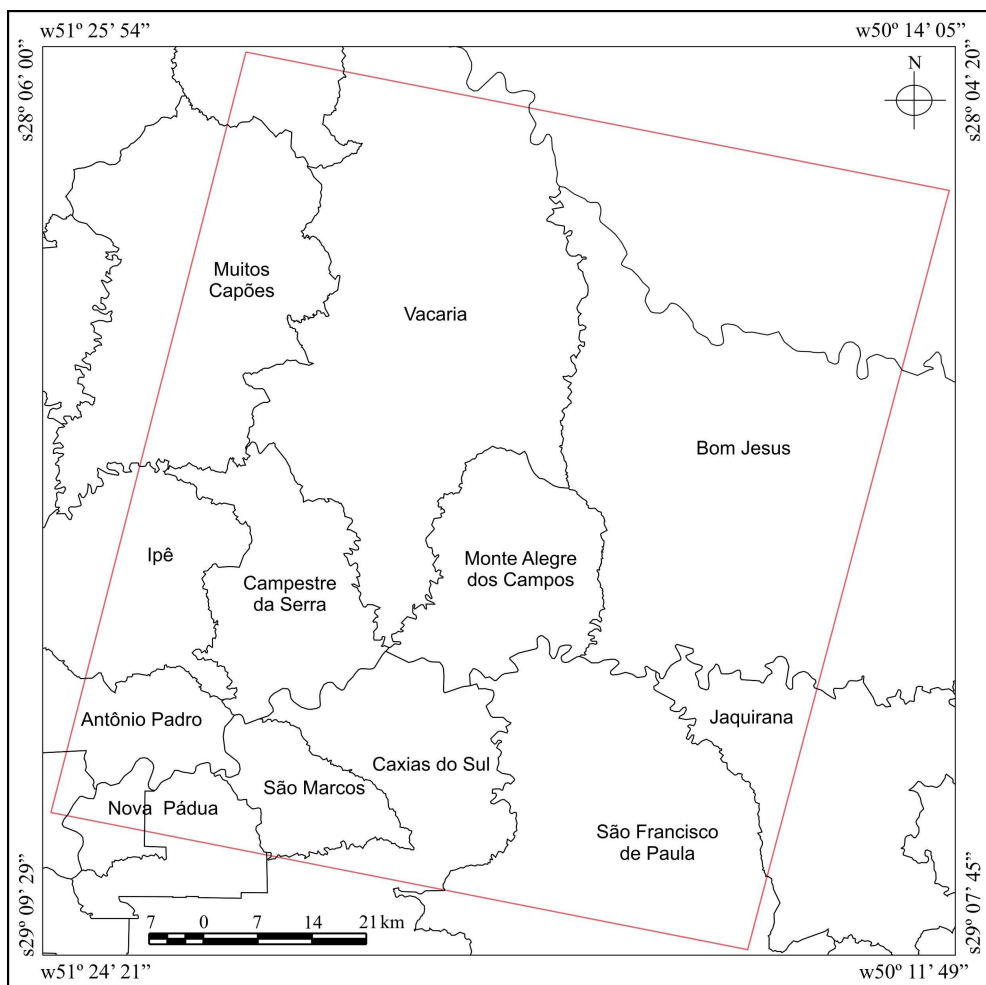


Figura 45: Municípios abrangidos pela cena do CBERS-2 órbita-ponto 157-132.

Os municípios que atingiram o maior número de focos de calor entre 2003 e 2006 foram São Francisco de Paula e Bom Jesus com 59 e 42 registros, respectivamente. Também se destacam pela ocorrência de focos de calor os municípios de Caxias do Sul com 25 focos e Monte Alegre dos Campos com 20 focos. A Tabela 1 apresenta a relação dos municípios presentes na área de estudo que registraram focos de calor entre 2003 e 2006.

Tabela 1: Municípios com focos de calor entre 2003 e 2006

	2003	2004	2005	2006	Total
S. F. de Paula	17	15	5	22	59
Bom Jesus	21	8	2	11	42
Caxias do Sul	8	3	4	10	25
Monte Alegre	5	4	8	3	20
Vacaria	8	2	1	2	13
Campestre da Serra	3	4	-	-	7
Ipê	2	1	2	1	6
Jaquirana	4	1	-	1	6
São Marcos	2	3	-	-	5
Antônio Prado	-	1	2	-	3
Nova Padua	-	-	1	-	2
Muitos Capões	1	-	-	-	1

3.23. USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

As estatísticas agrícolas sobre o uso das terras mostram que de uma forma geral a exploração agrícola nos municípios está associada a áreas de pastagens seguidas de florestas e lavouras, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 65.

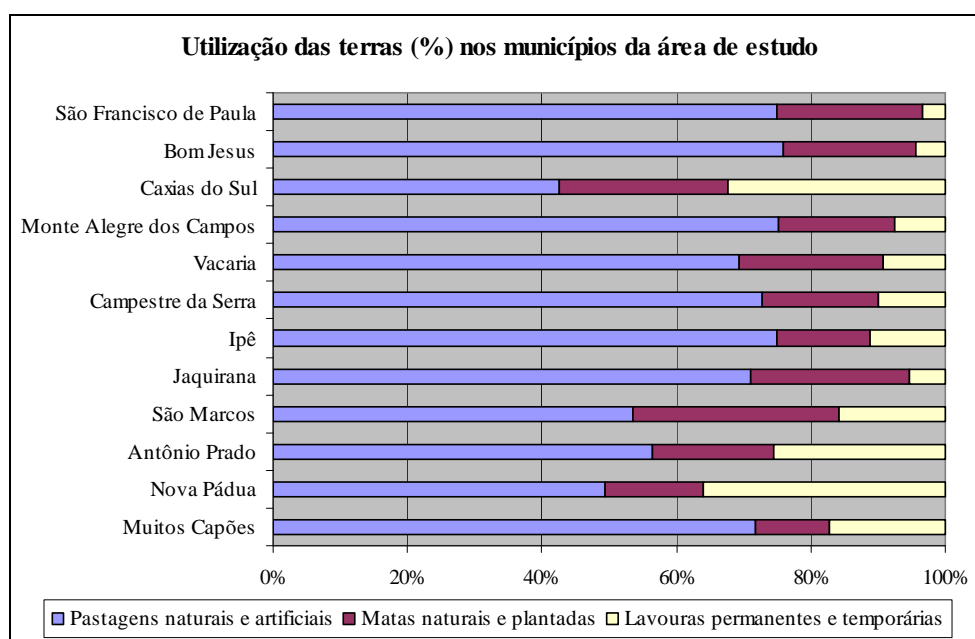


Figura 65: Uso da terra nos municípios da área de estudo.

Fonte: Censo Agropecuário (1996).

A partir da análise temporal dos focos de calor e das estatísticas agrícolas municipais foram definidas as classes de mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal que podem estar influenciando na ocorrência dos focos de calor, possibilitando dessa forma, obter informações através da análise espacial.

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal mostra que na área de estudo predominam os campos que correspondem a 55,5% da área total. As florestas representam 28,8% e as áreas agrícolas 13,5% do total da área. (Tabela 2).

Tabela 2: Classes de uso do solo e cobertura vegetal

Classe	km ²	% em relação à área
Campo	4.602,5	55,5
Florestas	2.391,7	28,8
Lavouras	1.115,2	13,5
Água	100,8	1,2
Urbana	52,6	0,6
Área não-classificada	31,2	0,4
Total	8.294,0	100,0

3.3. FOCOS DE CALOR E USO DA TERRA

Os resultados obtidos com a classificação da imagem mostraram-se consistentes com as estatísticas agrícolas. A partir da relação entre os focos de calor e a classificação da imagem *CBERS-2* foi possível identificar três períodos de ocorrência de focos de calor na área de estudo.

O primeiro período corresponde aos focos de calor ocorridos nos meses de janeiro a abril. Neste período foram detectados 19 focos de calor entre 2003 e 2006 que ocorrem principalmente nos meses de fevereiro e abril. Os focos de calor ocorrem em áreas classificadas como de cobertura vegetal de florestas e uso do solo associado a parcelas agrícolas com pequenas lavouras (Figura 76). Os focos de calor detectados podem estar relacionados com áreas de desmatamento e posterior abertura de novas parcelas agrícolas para a implantação de lavouras.

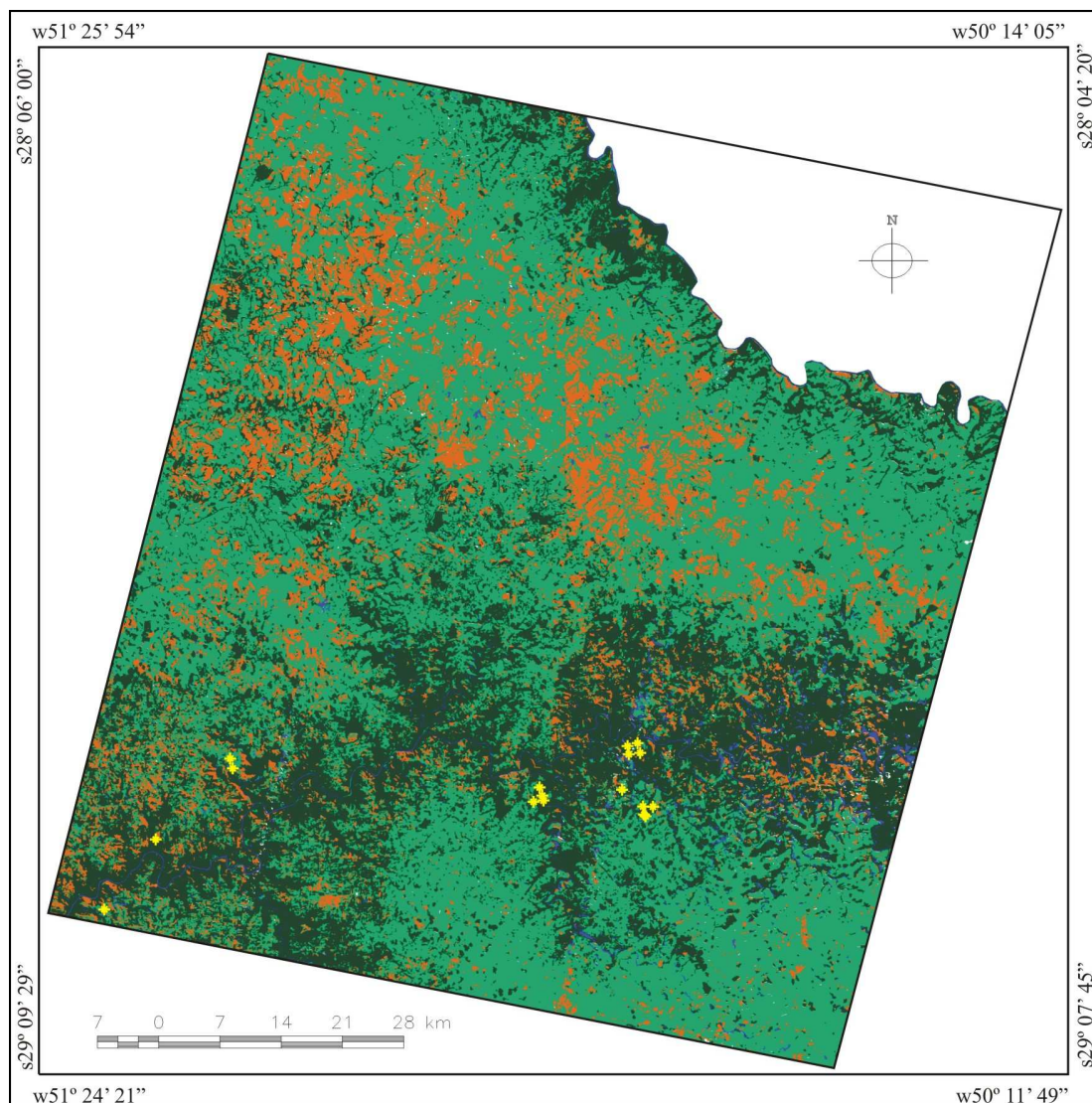


Figura 76: Focos de calor e uso da terra para os meses de janeiro e abril.

O segundo período corresponde aos focos de calor ocorridos nos meses de julho a setembro. Neste período foram registrados 84 focos de calor com maior ocorrência de focos nos anos de 2003 e 2006. Os focos de calor ocorrem em áreas cuja cobertura vegetal é caracterizada pela presença de campo (Figura 87).

Estudos realizados por Heringer & Jacques (2001) na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul indicam que as queimadas que ocorrem nos meses de agosto e setembro estão associadas às áreas de pastagens. Com isso, a localização dos focos de calor em áreas de campo neste período indica que a origem pode estar relacionada com a queima das pastagens.

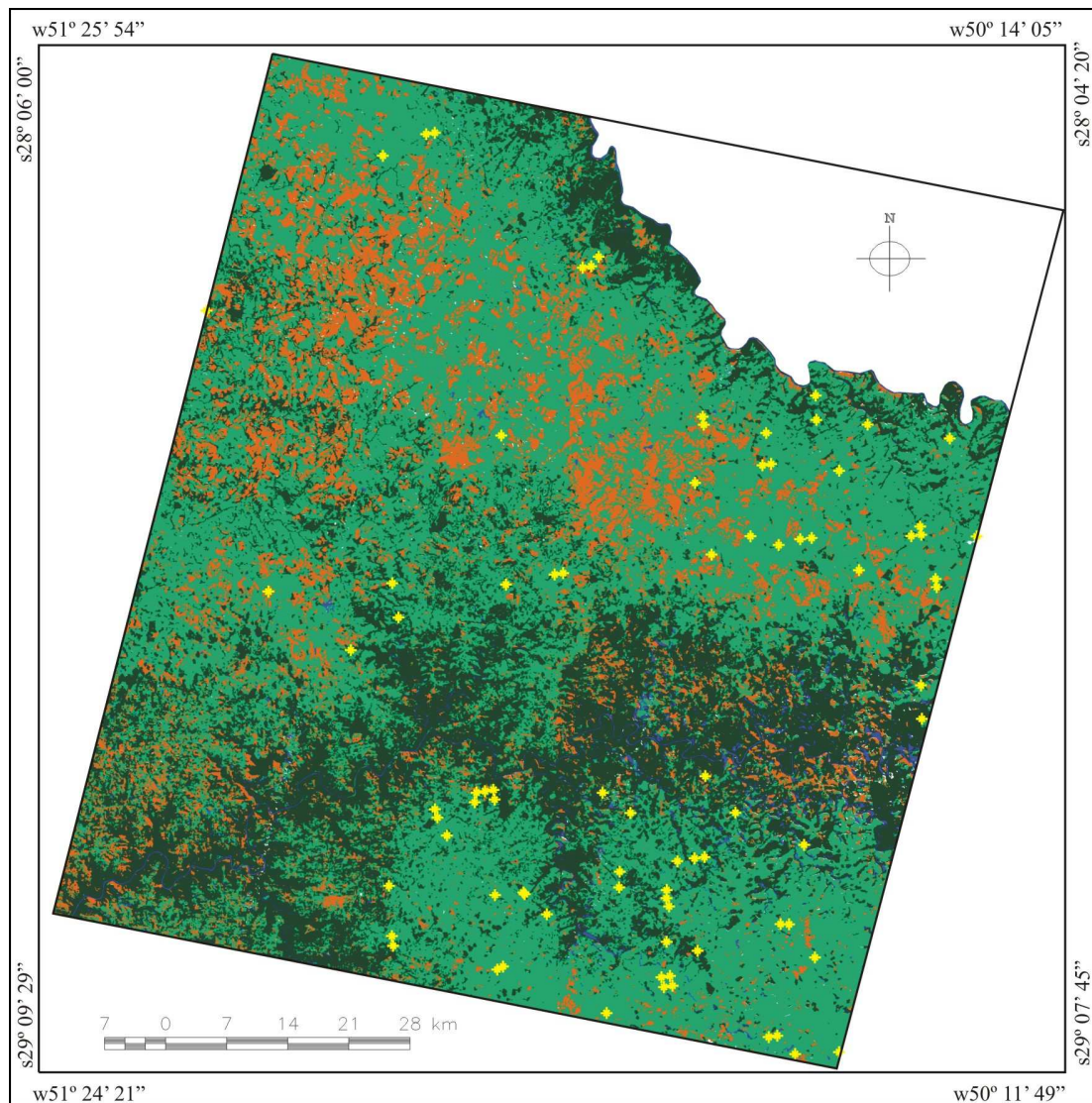


Figura 87: Focos de calor e uso da terra para os meses de julho e setembro.

O terceiro período corresponde aos meses de outubro a dezembro. Neste período foram detectados 86 focos de calor, sendo que a maioria dos focos ocorreram nos anos de 2004 e 2005. Os focos de calor, assim como no primeiro período, ocorrem onde o uso do solo está associado a pequenas áreas agrícolas e em áreas com cobertura vegetal de florestas, segundo o resultado da classificação (Figura 98). As áreas agrícolas estão relacionadas com pequenas lavouras.

Segundo Rizzi (2004), a época recomendada para a semeadura da soja, se estende de 10 de outubro a 20 de dezembro, embora o período preferencial seja o mês de novembro. Dessa forma, a origem dos focos pode estar relacionada ao preparo do solo para o plantio de soja assim como do milho em áreas agrícolas consolidadas ou em novas áreas de plantio decorrentes dos desmatamentos.

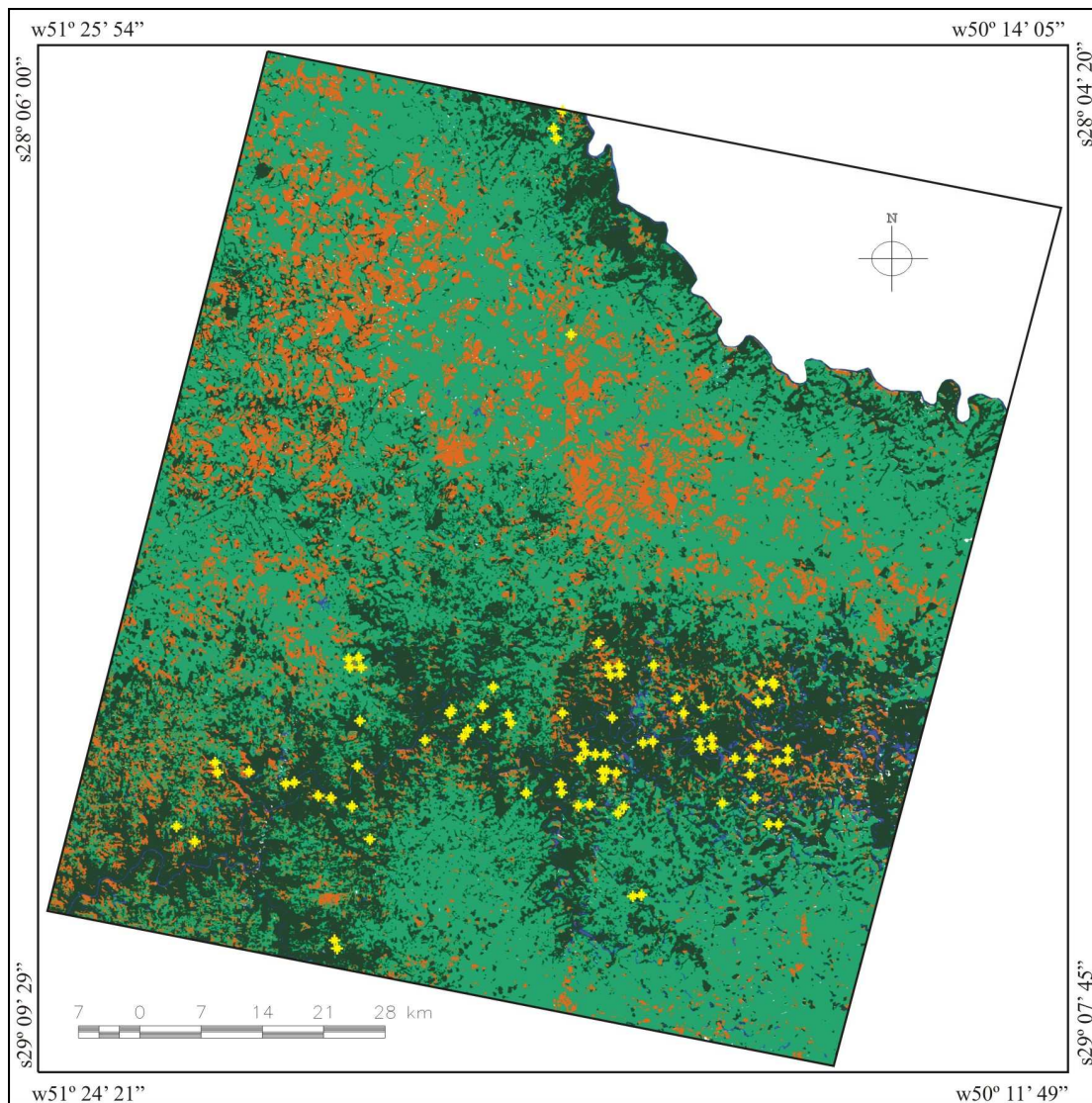


Figura 98: Focos de calor e uso da terra para os meses de outubro e dezembro.

4. CONCLUSÃO

A análise integrada de focos de calor e uso do solo e cobertura vegetal mostra que existem períodos bem definidos para a ocorrência dos focos, sendo possível fazer uma estimativa do número de focos para cada tipo de uso em um determinado período.

Os períodos mais críticos e com maiores susceptibilidades para a ocorrência de queimadas estão entre os meses de julho e dezembro. No período de janeiro a abril o número de focos de calor é menos significativo, quando comparado com os valores do segundo semestre. Já o período que apresenta a menor susceptibilidade para a ocorrência de focos de calor está entre maio e junho.

A metodologia aplicada permite localizar e relacionar os focos de calor com as atividades de uso da terra. Dessa forma, a relação entre a ocorrência de fotos de calor e tipo de uso da terra e cobertura vegetal pode ser obtida utilizando um SIG e técnicas de

sensoriamento remoto, mostrando o grande potencial da análise integrada dos dados para a obtenção de resultados de forma rápida e eficiente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTELLA, M. et al. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 10 dez. 2007.

CAMARA G; SOUZA R. C. M; FREITAS U. M; GARRIDO J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CENSO AGROPECUÁRIO 1996. Área dos estabelecimentos por utilização das terras e grupo de atividade econômica. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 7 out. 2007.

HERINGER, I.; JACQUES, A. V. Á. Adaptação das plantas ao fogo: enfoque na transição floresta – campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1085-1090, 2001.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapeamento das Unidades Territoriais. Malha Municipal Digital 2005. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo/. Acesso em: 20 set. 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Queimadas: monitoramento de focos. Disponível em: <<http://paraguay.cptec.inpe.br/produto/queimadas>>. Acesso em: 10 set. 2007.

PESQUISA AGRÍCOLA MUNICIPAL 2006. Quantidade produzida, Valor da produção, Área plantada e Área colhida da lavoura temporária. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2007.

RIZZI, R. **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja**: estudo de caso no Rio Grande do Sul. 2004-04-30. 214 p. (INPE-12271-TDI/983). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/07.02.14.17>>. Acesso em: 20 out. 2007.