

# Detecção e estimativa de área queimada entre o limite do Parque Estadual de Vila Velha – PR e sua zona de amortecimento mediante sensoriamento remoto

Willian Samuel Santana da Roza<sup>1</sup>

Selma Regina Aranha Ribeiro<sup>2</sup>

**Resumo:** A Ciência Geográfica possui dentre seus objetivos de estudo a compreensão e análise dos fenômenos naturais e antrópicos do espaço geográfico. As queimadas inadequadas acarretam consequências negativas ao meio ambiente. Por meio de imagens de satélite é possível monitorar focos de incêndio e quantificar áreas queimadas. Este trabalho tem por objetivo identificar foco de incêndio do dia 28 de outubro de 2011 por meio da imagem Landsat TM 5, analisar o comportamento espectral da queimada e estimar sua área localizada entre o Parque Estadual de Vila Velha - PR e sua zona de amortecimento. Por meio das seis bandas espectrais, analisou-se mediante os níveis digitais e composições coloridas o comportamento da fumaça e a área queimada na imagem. A partir do resultado dos processamentos digitais estimou-se a queimada que apresentou uma área de aproximadamente 43,605 hectares na cena analisada.

**Palavras-chave:** Queimadas; Geoprocessamento; Processamentos Digital de Imagens.

## *Detection and estimation of burned area between the limit Vila Velha State Park – PR and its buffer zone by remote sensing*

**Abstract:** One objective of Geographic Science consists of understanding and analysis of natural phenomena and man-made geographic space. Fires cause inadequate negative consequences for the environment. Through satellite imagery it is possible monitor and quantify burned areas. This paper aims to identify the source of the fire on October 28, 2011 using spectral images of Landsat TM 5, analyze the spectral behavior of the fire and estimate its area located between the Vila Velha State Park - PR and its buffer zone. By the six spectral bands was analyzed by digital levels and color compositions the behavior of smoke and burned area in the image. From the result of digital processing it was estimated the burned area of approximately 43.605 hectares in the analyzed scene. **Keywords:** Fires; Remote Sensing; Digital Image Processing.

---

1 Geógrafo, Mestrando em Geografia da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG. Contato: willianssr@gmail.com

2 Engenheira Cartógrafa, Doutora em Ciências Geodésicas, Docente do Departamento de Geociências - UEPG. Contato: selmar.aranha@gmail.com

## Introdução

Os estudos dos fenômenos espaciais podem ser analisados a partir de produtos de sensoriamento remoto, como as imagens de satélite, levantamentos aerofotogramétricos, dados de RADAR, dentre outros. Por meio destes produtos é possível desenvolver estudos das características espectrais do uso da terra (cobertura do solo), movimentos de massa, rochas, solos, expansão de áreas agrícolas, florestas, monitoramento de inundações e secas, análise temporal da paisagem, detecção e estimativa de áreas queimadas, monitoramento da conservação de energia de ilhas de calor urbano, estimativa e densidade de moradias, delimitação das áreas de preservação permanente, mapeamentos, pois os produtos de sensoriamento remoto fornecem suporte para mapear a superfície terrestre.

As queimadas, embora possam ocorrer naturalmente, são práticas comuns entre os agricultores. Com o uso de imagens de satélites, é possível identificar, calcular e monitorar o aumento de áreas desmatadas, áreas atingidas pelo fogo (queimadas), áreas impermeabilizadas, áreas submetidas a processos de erosão e áreas alagadas (FLORENZANO, 2002). As queimadas causadas de forma natural ou pela ação antrópica aumentam a poluição do ar e causam impactos negativos ao meio ambiente. As queimadas em unidades de conservação podem causar danos, que em determinadas situações, geram perdas irreparáveis à flora e a fauna. As cinzas atingem o aparelho respiratório e o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) agrava o aquecimento da Terra. Os aerossóis de cinzas e os gases emitidos à atmosfera pelas queimadas deslocam-se milhares de quilômetros das suas fontes e têm seus impactos globais. Portanto o controle, a prevenção, a identificação e quantificação de queimadas são um dos assuntos discutidos em encontros ecológicos globais, nacionais e internacionais, como por exemplo, a Ecology 92 (ECO92) no Rio de Janeiro, Pacto Tóquio em 2000 (LIU, 2007).

Em razão das consequências das queimadas ao meio ambiente, há uma necessidade de melhorar a compreensão e monitoramento das mesmas. Normalmente as áreas queimadas de interesse ao meio ambiente são de grandes extensões e de acesso limitado. Assim, a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto é fundamental, na medida em que os bancos de dados gerados por meio do uso de satélites correspondem a uma importante fonte de informações sobre os vários fenômenos que ocorrem na superfície terrestre. Atualmente, há uma variedade de satélites em órbita da Terra, que carregam vários tipos de sensores com diferentes resoluções, espectrais, espaciais e

temporais, e de técnicas para detectar os impactos causados por incêndios em países tropicais, entre os quais está o sensor Landsat TM 5 (FRANÇA; FERREIRA, 2005).

Atualmente, as práticas utilizadas para monitoramento de queimadas utilizam técnicas de sensoriamento remoto em plataformas orbitais, incluindo os satélites de alta e média resolução espacial de 0,61 a 30 metros e de média a baixa frequência temporal de 3, 16 a 26 dias, tais como QuickBird, IKONOS, SPOT, CBERS e Landsat TM, que permitem detectar as fumaças ativas e recentes. Já os satélites ou sensores de baixa resolução espacial e de alta frequência temporal, tais como o ENVISAT, DMSP, NOAA e MODIS, permitem a localização de focos de queimadas, e observar pontos de ignição ocorrida (LIU, 2007). A vantagem dos satélites com baixa resolução espacial é a análise temporal e os de média resolução são quanto à detecção e cálculo de área queimada em proporções do estudo em questão.

Segundo Florenzano (2002) os satélites Landsat foram desenvolvidos para observação dos recursos terrestres. O Landsat TM 5 lançado em 1984 possui os sensores MSS (*Multispectral Scanner System*) e o TM (*Thematic Mapper*) que registra dados em sete canais ou bandas espectrais (três no visível, um no infravermelho próximo, dois no infravermelho médio e um no infravermelho termal) com uma resolução espacial de 30 metros (exceto para o canal termal, que é de 120 metros).

Para se trabalhar com as imagens de satélite, neste caso com a Landsat TM 5, são necessários processamentos digitais, que correspondem a manipulação de uma imagem mediante computador, de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens. É um procedimento computadorizado empregado para associar para cada *pixel* a imagem uma classe temática, de acordo com o uso e ocupação da terra (cobertura do solo). As técnicas de processamentos digitais em imagens, além de permitirem analisar uma imagem em várias regiões do espectro eletromagnético, possibilitam a integração de vários tipos de dados, devidamente registrados (MOREIRA, 2011).

A classificação digital de imagens (associada aos processamentos digitais) consiste em separar grupos de *pixels* com propriedades espectrais similares em classes de uso e cobertura da terra tornando a interpretação de imagens mais simples. A partir dos valores do contador digital de uma imagem em várias bandas, a classificação origina uma nova imagem, mais simples, em que cada *pixel* está associado a uma categoria ou classe, como agricultura, reflorestamento, floresta, áreas urbanas, cursos hídricos, dentre outras (CENTENO, 2004).

Partindo da ideia da aplicação de sensoriamento remoto para melhor compreender os fenômenos espaciais, a presente pesquisa tem por objetivo detectar foco de incêndio na zona de amortecimento do Parque Estadual de Vila Velha por meio de imagem do satélite Landsat TM 5, analisar o comportamento espectral do fumaça, da área queimada e em combustão, que estão inseridos na paisagem, a partir das bandas espectrais do sensor Landsat TM 5 e estimar a área queimada por meio de processamento digital (classificação supervisionada Máxima Verossimilhança) e Análise Orientada a Objetos (AOO) associada a Sistemas de Informação Geográfico (SIG). Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (2002), capítulo I, artigo 2º e inciso XVIII a zona de amortecimento corresponde ao entorno de uma unidade de conservação, em que as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de reduzir os impactos negativos sobre a unidade.

Pesquisas sobre queimadas a partir de imagens de satélite e processamentos digitais têm sido desenvolvidas, entre as quais está o trabalho de Zanotta (2009) que realizou a detecção de queimadas a partir de técnicas semiautomáticas e operadores morfológicos de erosão/dilatação usando imagens de sensoriamento remoto. Morelli et al. (2009) quantificaram a ocorrência de focos de queimadas detectados por satélites nas unidades de conservação estaduais e federais e nas terras indígenas no bioma Pantanal, no período 2000 a 2008. Pereira et al. (2008) analisaram e mapearam área queimada por meio de índices oriundos de imagens provenientes do sensor TM (*Thematic Mapper*) a bordo do satélite Landsat-5.

Granemann e Carneiro (2009) demonstraram a aplicação de sensoriamento remoto por órgãos governamentais, defesa civil e corpo de bombeiros, como ferramenta para a antecipação dos riscos e controle de focos de incêndio em áreas de vegetação. Deppe et al. (2004) realizaram uma comparação espacial entre os índices de risco de incêndio, a partir da utilização do índice Monte Alegre, com focos de calor detectados por meio de imagens NOAA/VHRR (*National Oceanic and Atmospheric Administration/Advanced Very High Resolution Radiometer*), processados pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Alves e Nóbrega (2011) identificaram espacialmente, por meio de mapas, as áreas de risco de incêndio florestal dentro do Parque Nacional do Catimbau - PE, por meio do uso de dados climáticos gerando um produto que auxiliou na execução de atividades de prevenção e combate aos incêndios.

## Localização da área de estudo

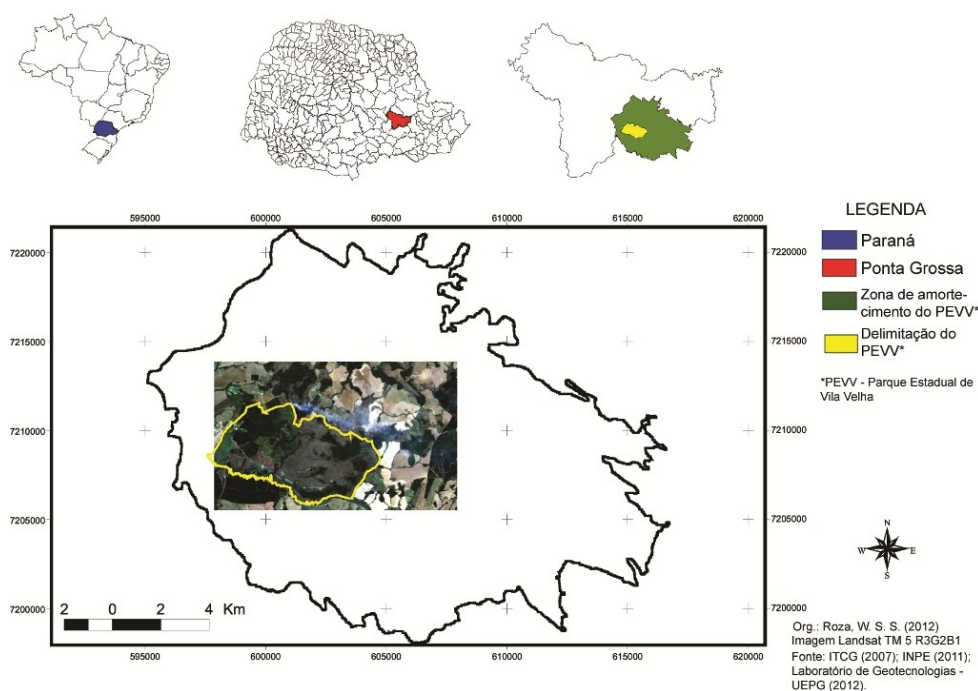
O Parque Estadual de Vila Velha (PEVV) localiza-se na região sul do Brasil, inserido na porção centro-leste do estado do Paraná, a cerca de 25 quilômetros do centro urbano de Ponta Grossa, município em que está situado, e a 70 quilômetros da capital Curitiba. O PEVV possui coordenadas geográficas 25° 15' de latitude sul e 50° 00' de longitude oeste, com uma área de 3.122,11 hectares em formato irregular, altitudes entre 794 e 916 metros acima do nível do mar, com acesso fácil pela BR-376 (MELO, 2006).

As atividades antrópicas nos arredores das Unidades de Conservação (UC) exercem papel importante para a preservação ou degradação das mesmas. Por isso, em 1990 a resolução CONAMA n° 13, em seu segundo artigo, definiu obrigatório o licenciamento pelos órgãos competentes, de qualquer atividade que possa afetar o meio ambiente, localizada em um raio de 10 quilômetros das UC (IAP, 2004).

O PEVV possui uma zona de amortecimento com 38.112 hectares de área numa faixa que varia de 2 a 16 quilômetros do limite do parque, a qual foi delimitada levando em consideração, sobretudo as bacias hidrográficas que drenam o parque. Esta zona não faz parte da unidade em si, no entanto, deveria garantir a integridade dos atributos naturais do PEVV impedindo na teoria, que as atividades humanas gerassem consequências negativas à unidade (FONTOURA, 2008).

O foco de incêndio e a área queimada foram identificados entre o norte do PEVV e sua zona de amortecimento de acordo com a Figura 1 na qual o estado do Paraná corresponde a cor azul, o município de Ponta Grossa na cor vermelha, a zona de amortecimento na cor verde e a delimitação do PEVV na cor amarelo, ambos no município de Ponta Grossa e o foco de incêndio e a área queimada representados por meio da imagem Landsat TM 5.

**Figura 1:** Localização da área de estudo



## Material e métodos

Para o desenvolvimento da presente pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- Seis bandas espectrais com resolução espacial de 30 metros (sendo três do visível, duas infravermelho próximo e uma do infravermelho médio) do satélite Landsat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*), Órbita 221, Ponto 77 do dia 28 de outubro de 2011, obtidas gratuitamente pelo site (<http://www.inpe.br/>) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
- *Softwares*: Envi 5 com módulo Envi EX – para geração de composições coloridas, transformação geométrica, classificação e segmentação (Análise Orientada a Objetos - AOO); ArcGIS 9.3 - a partir da AOO para cálculo de área.

As seguintes etapas foram aplicadas:

- Mediante a fotointerpretação, selecionou-se seis bandas espectrais do satélite Landsat TM 5, correspondentes a reflectância de superfície para identificar o foco de incêndio e a área queimada. Posteriormente se realizou a transformação geométrica

na imagem a fim de corrigir seus erros de geometria. Em seguida foi realizado um recorte na imagem para identificar por meio de fotointerpretação a área queimada, a fumaça e o uso da terra (cobertura do solo) - floresta, campo, agricultura, reflorestamento.

- A partir do conhecimento referente aos gráficos de comportamento dos alvos mais comuns (água, solos e vegetação) analisou-se o comportamento espectral dos elementos da imagem a partir de cada banda espectral referente ao visível (bandas azul, verde e vermelho), infravermelho próximo e infravermelho médio, como subsídios para identificar o foco de incêndio e a área queimada.
- Por meio da análise das composições coloridas (verdadeira e falsa cor) com as bandas espectrais do satélite Landsat TM 5 identificou-se o uso da terra, foco de incêndio e a área queimada.
- Para a classificação supervisionada Máxima Verossimilhança (MAXVER), amostras de treinamento foram coletadas referentes às classes de interesse presentes na área de estudo: área queimada, floresta, reflorestamento e agricultura. As áreas de agricultura foram separadas em duas classes em fases de ciclo fenológico diferentes, portanto com reflectâncias próximas, mas não idênticas, possibilitando uma classificação adequada. Em seguida foi calculada a divergência transformada, para verificar o grau de separação de amostras que é um parâmetro estatístico utilizado para analisar o quanto as amostras de treinamento são puras e representativas das classes. Alguns autores consideram que para atingir a separabilidade aceitável é necessário atingir valores da divergência que se aproximem de 2,0 (CENTENO, 2004).
- Posteriormente classificou-se a imagem por Máxima Verossimilhança que corresponde ao método de classificação supervisionada mais usado no processo de identificação e delineamento de classes. O MAXVER usa um *pixel* associado com o vetor  $X$ , que define os atributos observados mediante probabilidade de ocorrência do pixel a determinado grupo ou classe. Cada amostra de treinamento é representada por *pixels* com reflectância distinta e área de referência dos níveis digitais de uma determinada classe (LIU, 2007).
- Novas amostras de treinamento foram coletadas para gerar a matriz de confusão, que é uma medida de separação estatística entre padrões de resposta espectral das classes que verifica a precisão do treinamento da classificação, ou seja, confiabilidade temática (LILLESAND et al., 2007). De acordo com Centeno (2004) quanto mais

próximo de 100% for o índice de acerto de uma classificação maior é o nível de acurácia da mesma.

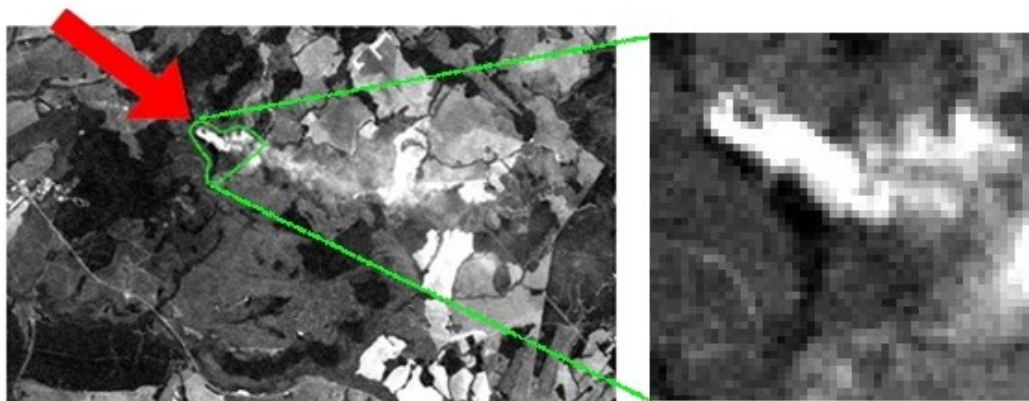
- Em seguida a imagem classificada foi segmentada mediante a Análise Orientada a Objetos (AOO) para subdividir a imagem em unidades constituintes, utilizando-se os níveis de escala 53,9 e para a fusão dos objetos 50. O nível em que a subdivisão é executada depende do problema que será resolvido. A técnica deve finalizar assim que os objetos de interesse do fotointérprete fiquem isolados. Os algoritmos da técnica orientada a objetos geralmente são baseados em duas propriedades básicas de valores de intensidade: descontinuidade e similaridade. A descontinuidade é baseada em dividir a imagem de acordo com mudanças bruscas nos níveis digitais, sendo que, as regiões principais de interesse são a detecção de bordas e pontos isolados, e a identificação de linhas e bordas na imagem. Já a similaridade está baseada em limiarização, crescimento de regiões, divisão e fusão de regiões. No crescimento de regiões agrupam-se *pixels*, ou sub-regiões em regiões maiores (GONZALES; WOODS, 2002).
- A partir da AOO foram gerados para cada objeto seus descritores; de todos os descritores espectrais, de forma e textura, selecionou-se a região ou objeto, no formato vetorial, correspondente à queimada e seu descritor de forma área o qual foi suporte na estimativa da área queimada em SIG.

## Resultados e discussão

A banda espectral 1 (Figura 2) referente a faixa do visível do espectro eletromagnético possui comprimento de onda azul (0,45 – 0,52  $\mu\text{m}$ ) é a banda mais indicada dentre as demais para identificar a fumaça dos focos de incêndio, sendo que a mesma aparece na cor branca, visto que absorve pouca energia e reflete mais. Por meio dos níveis digitais (tons de cinza) da banda 1 não se pode estimar a área queimada, pois a fumaça recobre a maior parte desta região.

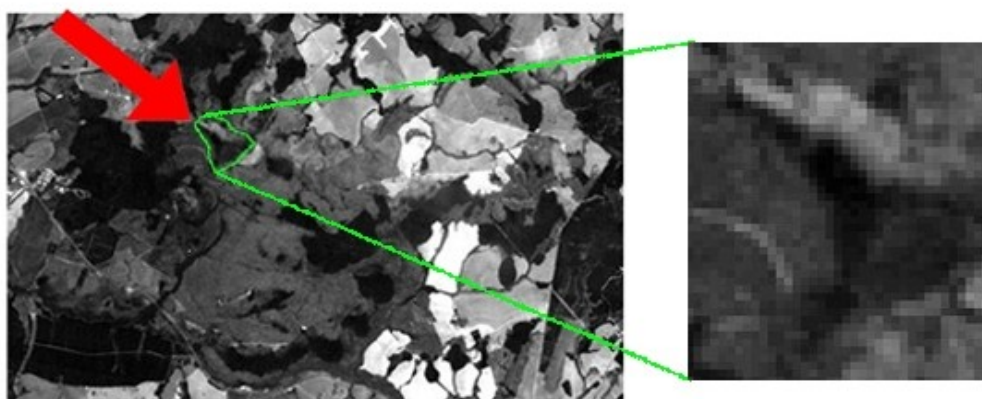


**Figura 2:** Banda espectral 1 com comprimento de onda de 0,45 – 0,52  $\mu\text{m}$  (azul) referente a faixa do visível



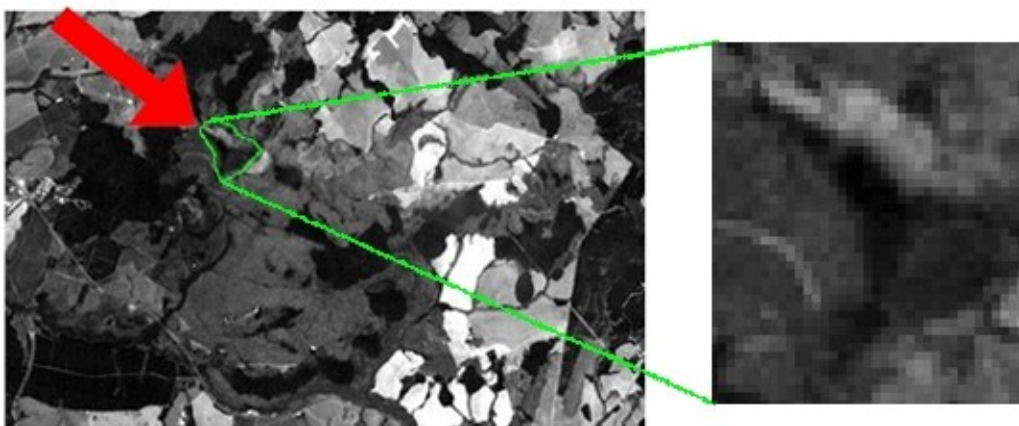
Na banda espectral 2 (Figura 3) referente a faixa verde (0,50 a 0,60  $\mu\text{m}$ ) a fumaça é identificada, porém em menor intensidade se comparada a banda 1. Já se nota uma parcela da região queimada em tons pretos (baixo nível digital), porém não se pode estimar a área total, pois a fumaça recobre a maior parte desta região.

**Figura 3:** Banda espectral 2 com comprimento de onda de 0,50 – 0,60  $\mu\text{m}$  (verde) referente a faixa do visível.



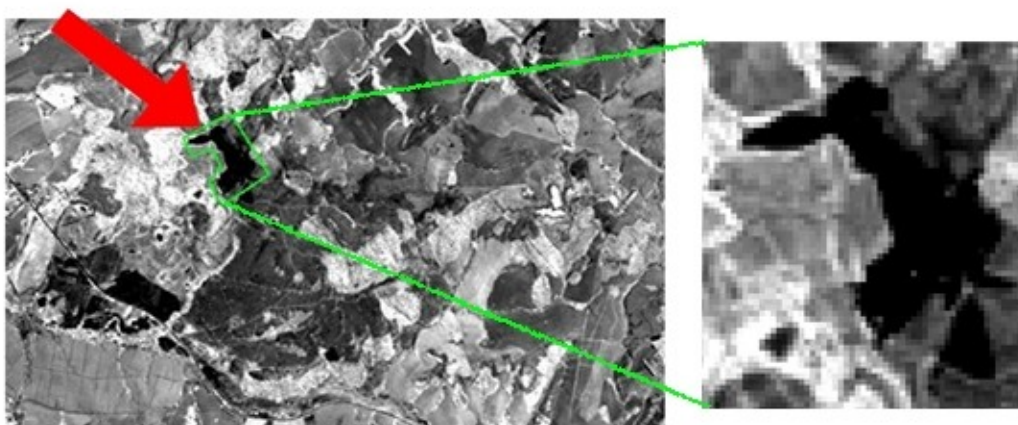
Na banda espectral 3 (Figura 4) referente a faixa do vermelho (0,63 – 0,69  $\mu\text{m}$ ) a fumaça é identificada, porém em menor intensidade se comparar com as bandas do visível já analisadas. A área queimada é pouco estimada, não é bem representada na imagem e a fumaça recobre boa parte da região.

**Figura 4:** Banda espectral 3 com comprimento de onda de 0,63 – 0,69  $\mu\text{m}$  (vermelho) referente a faixa do visível



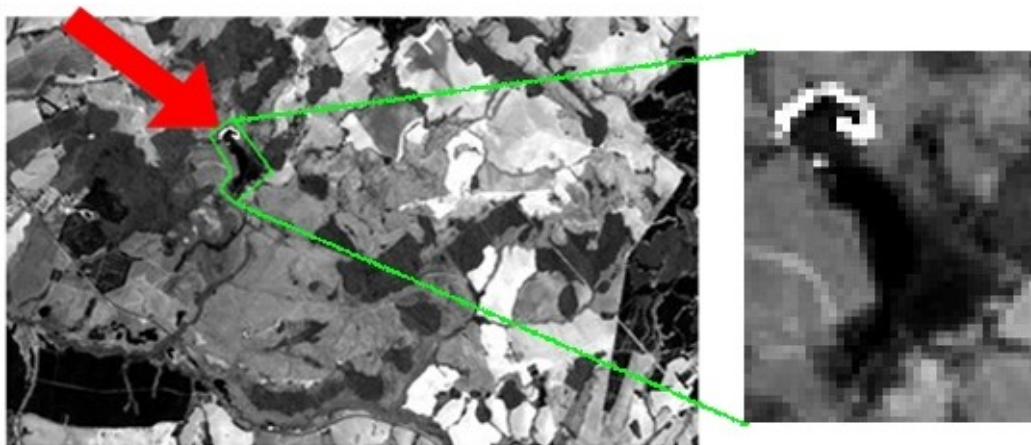
Na banda espectral 4 (Figura 5) referente a faixa infravermelho próximo (0,76 – 0,90  $\mu\text{m}$ ) não se identifica a fumaça, porém a área queimada é representada adequadamente sendo a banda mais recomendada para estimar a área queimada, sendo que a área aparece em preto (baixo nível digital).

**Figura 5:** Banda espectral 4 com comprimento de onda de 0,76 – 0,90  $\mu\text{m}$  referente a faixa do infravermelho próximo.



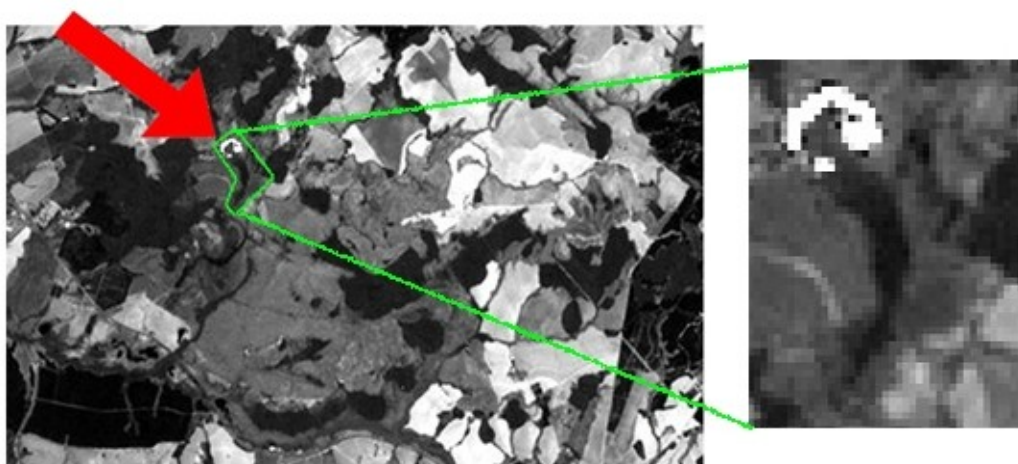
Na banda espectral 5 (Figura 6) correspondente a faixa do infravermelho próximo (1,55 – 1,75  $\mu\text{m}$ ) não se identifica a fumaça, porém é uma banda recomendada para estimar a área queimada sendo que esta aparece na cor preta (baixo nível digital) e se observa a área que está em combustão na cor branca (alto nível digital) em forma da letra P.

**Figura 6:** Banda espectral 5 com comprimento de onda de 1,55 – 1,75  $\mu\text{m}$  referente a faixa do infravermelho próximo.



Na banda espectral 7 (Figura 7) referente a faixa do infravermelho médio (2,08 – 2,35  $\mu\text{m}$ ) não se nota a fumaça, a área queimada não é bem representada, porém a zona em combustão é bem delimitada, aparece na cor branca (alto nível digital).

**Figura 7:** Banda espectral 7 com comprimento de onda de 2,08 – 2,35  $\mu\text{m}$  referente a faixa do infravermelho médio



Após a análise das bandas espectrais separadamente por meio dos níveis digitais, realizaram-se várias composições coloridas, verdadeira e falsas cores, a fim de analisar o foco de incêndio e a área queimada. As seguintes composições foram selecionadas para análise: verdadeira cor (R3G2B1) e falsas cores (R5G4B3 e R4G3B1). Na composição R3G2B1 (Figura 8) referente às cores verdadeiras do campo, a fumaça é bem visualizada sendo que aparece em tons azuis claros, a área queimada pode ser

observada em partes, porém não se recomenda estimá-la, pois a fumaça recobre uma boa parcela desta área.

**Figura 8:** Composição colorida R3G2B1 da imagem Landsat TM 5



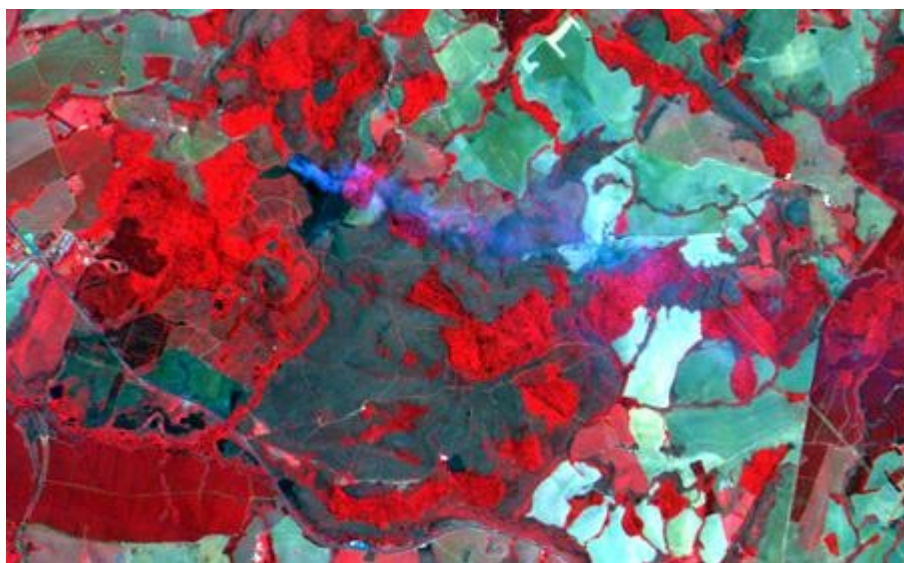
Na composição colorida R5G4B3 (Figura 9) falsa cor não se observa a fumaça, porém é uma composição adequada para estimar a área queimada que aparece em tons de roxo bem escuro e a área que está em combustão é representada em vermelho.

**Figura 9:** Composição colorida R5G4B3 da imagem Landsat TM 5



Na composição colorida falsa cor R4G3B1 (Figura 10) se visualiza a fumaça, porém em menor intensidade se comparar com a composição verdadeira cor (R3G2B1), a área queimada aparece em tons próximos ao preto, porém não é adequado estimar a área, pois a fumaça recobre parte da área queimada.

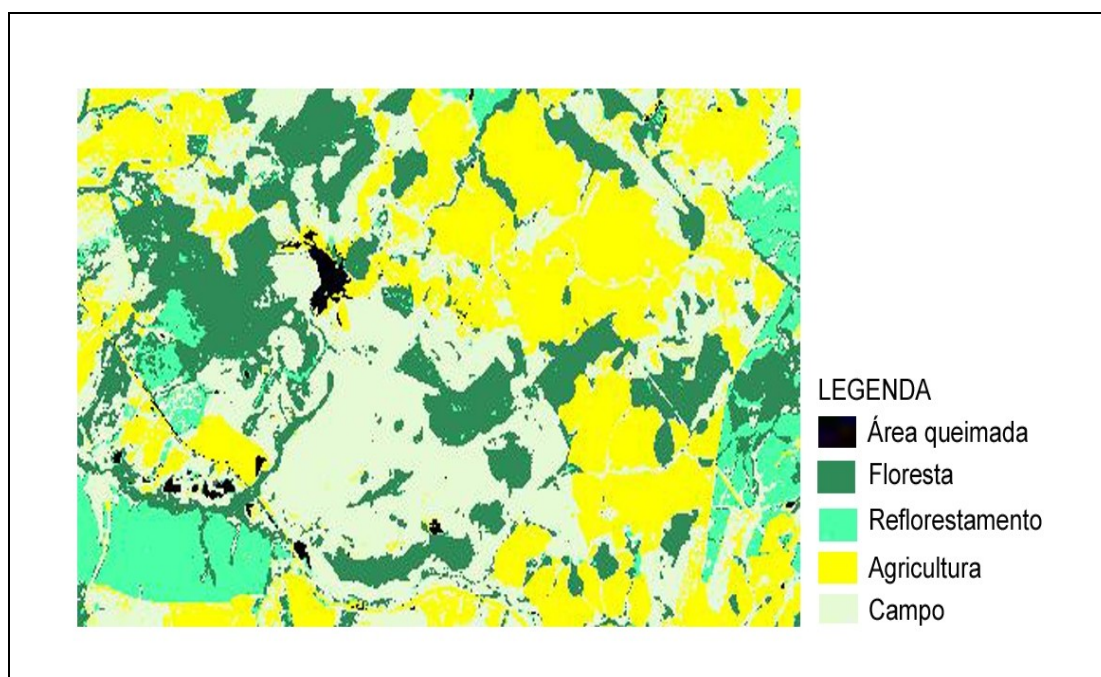
**Figura 10:** Composição colorida R4G3B1 da imagem Landsat TM 5



Após a coleta das amostras de treinamento (*pixels* correspondentes a cada classe – Agricultura, Área Queimada, Floresta, Reflorestamento e Campo), foi calculada a divergência transformada e os valores obtidos variaram de 1,96 e 2,0, estando adequados para a classificação supervisionada pelo método MAXVER. Em relação às classes de agricultura como já explicado na metodologia, foram criadas duas referente a este grupo para não ocorrer confusão espectral, entretanto na imagem classificada final foram agregadas e selecionou-se a cor amarela para representá-las.

Na imagem classificada é possível identificar a área queimada em preto, porém há outras manchas pretas, e para identificar a qual classe pertencem é necessário realizar um estudo em campo para identificá-las. Entretanto a queimada da área de estudo foi classificada adequadamente. A Figura 11 corresponde à imagem classificada por MAXVER.

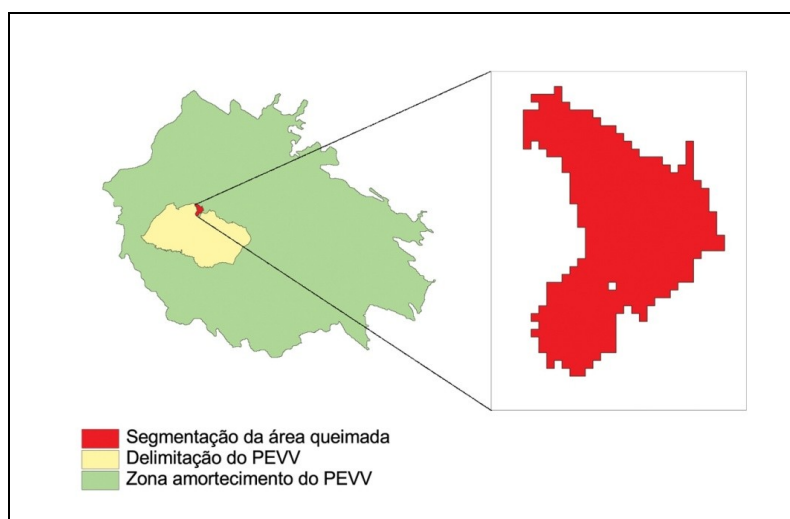
**Figura 11:** Imagem classificada pelo método Máxima Verossimilhança



Após a classificação da imagem novas amostras de treinamento foram coletadas para gerar a matriz de confusão. O valor da divergência transformada das novas amostras de treinamento variou de 1,99 – 2,00, estando no limite aceitável. O resultado geral obtido na matriz de confusão foi de 96,3%, estando adequado na presente pesquisa.

Na imagem classificada segmentada selecionou-se o vetor (polígono) gerado quando da análise orientada a objetos com o sistema gerenciador de banco de dados relacional referente à área queimada. Destaca-se que a área queimada foi definida após a identificação do foco de incêndio (fumaça) por meio da imagem Landsat TM 5, na análise da composição colorida falsa cor R5G4B3. O polígono correspondente à área queimada apresentou o valor de aproximadamente 436.050,0 m<sup>2</sup> o que equivale a 43,605 hectares. Na Figura 12 é apresentado em vermelho o polígono correspondente ao resultado da segmentação da área queimada, em amarelo claro a delimitação do Parque Estadual de Vila Velha (PEVV) e em verde claro a sua zona de amortecimento.

**Figura 12:** Ilustração da segmentação da área queimada inserida entre a delimitação do PEVV e sua zona de amortecimento



### Considerações finais

Os estudos para o controle de queimadas inadequadas são pertinentes, pois diversos são os efeitos deste fenômeno ao meio ambiente entre os quais se pode destacar a perda da biodiversidade, o aumento dos problemas atmosféricos, destruição de microorganismos (fertilidade do solo), poluição do ar e elevação do número de doenças respiratórias. Os focos de incêndio no Parque Estadual de Vila Velha são frequentes e várias reportagens são encontradas em jornais locais sobre este fenômeno na unidade de conservação. Além das consequências já mencionadas, há o perigo de acidentes na BR-376, próxima ao parque, pois a fumaça gerada nas queimadas reduz a visibilidade dos motoristas, o que pode acarretar acidentes na rodovia.

O sensoriamento remoto pode apoiar os profissionais do Instituto Ambiental do Paraná - IAP (o qual é responsável pela administração do parque), policiais ambientais da Força Verde, ao grupamento de bombeiros, para identificar, localizar e controlar focos de incêndio. A partir de imagens Landsat TM é possível estimar as áreas queimadas a partir dos processamentos digitais e acompanhar a cada 16 dias a recuperação e desenvolvimento da vegetação da área queimada.

A análise das bandas espectrais por meio da intensidade dos níveis digitais da imagem Landsat TM 5 é fundamental para identificar as bandas adequadas para a localização de focos de incêndio. Neste estudo a banda espectral azul ( $0,45 - 0,52 \mu\text{m}$ ) é

a mais recomendada para identificar a fumaça, a banda infravermelho próximo (0,76 – 0,90  $\mu\text{m}$ ) para estimar as áreas queimadas (baixa intensidade de nível digital) e a banda infravermelho médio (2,08 – 2,35  $\mu\text{m}$ ) para a representação da área em combustão. Em relação às composições coloridas, a verdadeira cor com composição de R3G2B1 é pertinente para a identificação de focos de incêndio e a verdadeira falsa cor R5G4B3 é adequada para estimar área em combustão e região queimada.

A classificação digital de imagem facilita a interpretação dos elementos do uso da terra (cobertura do solo), como neste estudo em que a área queimada foi delimitada. Com segmentação de imagens por meio da Análise Orientada a Objetos (AOO) estimou-se o valor da área queimada que foi de aproximadamente 43,61 hectares, não necessitando a digitalização manual do entorno da área de estudo e nem de cálculos, uma vez que a AOO gera vetores e descritores num sistema de gerenciamento de banco de dados relacional; dados estes inseridos e manipulados em SIG.

## Referências

ALVES, K. M. A. da S.; NÓBREGA, R. S. Uso de dados climáticos para análise espacial de risco de incêndio florestal. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 209-219, mai./ago. 2011.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais**. Curitiba – PR: Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 2004, 219 p.

DEPPE, F.; PAULA, E. V. de; MENEGHETTE, C. R.; VOSGERAU, J. Comparação de índice de risco de incêndio florestal com focos de calor no estado do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 119-126, mai./ago. 2004.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélites para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FRANÇA, D. de A.; FERREIRA, N. J. Considerações sobre o uso de satélites na detecção e avaliação de queimadas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3017-3023. 1 DVD.

FONTOURA, L. M. **Análise comparativa da territorialidade do turismo nos Parques Estaduais de Ibitipoca-MG e Vila Velha-PR**. 2008. 150f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em geografia, Universidade Federal do Paraná- PR, 2008.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. 2004. **Plano de Manejo da Área de Preservação Ambiental da Escarpa Devoniana**. Curitiba: IAP.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. 2011. **Catálogo de imagens**. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 01 dez. 2011.



GRANEMANN, D. C.; CARNEIRO, G. L. Monitoramento de focos de incêndio e áreas queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 55-62, dez. 2009.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. 2 ed. New York: Prentice Hall, 2002. 793 p.

LILLESAND, M. L.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation. Remote sensing and image interpretation**. 6 ed. New York: Wiley, 2008. 770p.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2007, 908 p.

MELO, M. S. de **Formas Rochosas do Parque Estadual de Vila Velha**. Ponta Grossa - PR: UEPG, 2006. 154 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4. Ed. Viçosa: Ed. UFV, 2011. 422 p.

MORELLI, F.; SETZER, A. JESUS, S. C. de Focos de queimadas nas unidades de conservação e terras indígenas do Pantanal, 2000-2008. **Revista de Geografia**, Rio Claro, v. 34, Número Especial, p. 681-695, dez. 2009.

PEREIRA, G.; CARDOZO, F. da S.; ARAI, E.; MORAES, E. C.; FERREIRA, N. J.; FREITAS, S. R. de Avaliação de áreas queimadas a partir de índices espectrais derivados de dados orbitais. **Revista de Geografia**, Rio Claro, v. 33, n. 3, p. 513-525, set./dez. 2008.

SNUC. Sistema Nacional de Unidades de Conservação: texto da Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 e vetos da presidência da República ao PL aprovado pelo congresso Nacional. - São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2000. 2ª edição ampliada. Disponível em: <[http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno\\_18\\_2ed.pdf](http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_18_2ed.pdf)>. Acesso em: 03 set. 2012.

ZANOTTA, D. C. Detecção de queimadas a partir de técnicas semiautomáticas e operadores morfológicos de erosão/dilatação usando imagens de sensoriamento remoto. **Revista de Geografia**, Rio Claro, v. 34, Número Especial, p. 817-824, dez. 2009.

**Recebido em Janeiro de 2013.**

**Publicado em Abril de 2013.**