

## Monitoramento complementar de desmatamentos e queimadas no município de Marcelândia-MT a partir de imagens do sensor ResourceSat-1

Raphael de Oliveira Borges<sup>1</sup>  
Danielle Pereira da Costa<sup>1</sup>  
Fernando Campagnoli<sup>1</sup>  
Wougran Soares Galvão<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sistema de Proteção da Amazônia  
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Bloco K, CEP: 70610-200, Brasília, DF  
{raphael.borges, danielle.costa, fernando.campagnoli, wougran.galvao }@sipam.gov.br

**Abstract.** Marcelândia, a county located in the state of Mato Grosso, one of the leaders of the 43 municipalities in Amazon deforestation, held in August 2010 the national news due to the significant fire due to fire, which hit much of the city. Besides the destruction of mills, houses and the high number of admissions due to poisoning by smoke, the proportions of the disaster prompted the municipal government decreed a state of emergency and the need to assess the magnitude of the problem. It was in this latter approach that this study aimed to analyze the behavior of the available data by the detection system of Deforestation (DETER / INPE), hot spots (BDQueimadas / INPE) and, additionally, apply techniques of image classification sensor ResourceSat-1/Liss-3 to diagnose what was in the municipality for the purpose of evaluating the potential of these images to monitor deforestation and forest fires in areas covered by the Amazon forest. Therefore, we analyzed the data of monthly alerts DETER, accrued monthly and daily data of hotspots and classification of scenes from the sensor 3-Liss, for the months April to August 2010, all of these resources provided by the National Research Institute Space. As a result, data analysis DETER ratified the increase in alerts and deforestation hot spots in the city during July and August and the classified images constituted an important complementary tool to the systems used.

**Palavras-chaves:** Amazon, image processing, burned areas, *ResourceSat-1*, Amazônia, processamento de imagens, áreas queimadas, *ResourceSat-1*.

### 1. Introdução

O município de Marcelândia, localizado no estado do Mato Grosso, compõe com outros 42 municípios a Operação Arco Verde, que vem executando, desde janeiro de 2008, ações nos municípios tidos como prioritários por liderarem o *ranking* de desmatamento do bioma amazônico. Dentre as ações executadas em conjunto pelos órgãos federais, estaduais e municipais para mitigar os problemas e gargalos específicos de cada localidade, buscando um modelo de produção sustentável, o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) como membro do comitê gestor da operação, tem por incumbência executar as seguintes ações: ampliar a rede de telecomunicação por meio da instalação de sistema de antenas VSATs; disponibilizar dados espaciais; capacitar gestores municipais em geotecnologias; monitorar os alertas de desmatamento e focos de calor para os municípios e glebas públicas federais e, ainda, desenvolver as ações implementadas pelas diversas instituições envolvidas.

No que tange ao monitoramento dos alertas do desmatamento em âmbito municipal, os dados disponibilizados pelos projetos PRODES – Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite –, DETER – Detecção de desmatamento em tempo real – e pelo Banco de Queimadas – monitoramento de focos de calor –, todos produzidos pelo INPE, se constituem em valiosas ferramentas para monitorar o comportamento destes impactos nos municípios, orientando políticas e ações emergenciais, de médio e longo prazo que devem ser realizadas com a finalidade de efetivação da presença do Estado na região.

Associada a situação histórica de altos registros de desmatamentos e queimadas, em agosto de 2010 o município de Marcelândia sofreu perdas materiais significativas em decorrência dos incêndios que atingiram a cidade, deixando um número incerto de

desalojados, casas queimadas e 80% do parque industrial municipal destruído, o que levou a prefeitura declarar estado de emergência solicitando apoio nas esferas estaduais e federais.

Assim, com base no observado e atendendo a uma das ações delegadas ao SIPAM na operação Arco Verde, este estudo teve por objetivo analisar, para o município de Marcelândia-MT, o comportamento dos dados disponíveis pelo sistema de detecção do desmatamento em tempo real (DETER/INPE), e dos focos de calor (BDQueimadas/INPE) e também diagnosticar, em escala de trabalho de maior detalhe, os desmatamentos e queimadas no período de abril a agosto de 2010, por meio de classificação de imagens do satélite *ResourceSat-1*, sensor Liss-3, avaliando as potencialidades dessas imagens para o monitoramento do desmatamento e queimadas no bioma amazônico.

## 2. Metodologia de Trabalho

Para a execução do trabalho foram delimitadas duas etapas de atuação: a primeira de tratamento, espacialização e análise das informações em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG) e a segunda de processamento digital de imagens.

Primeiramente, no manuseio dos dados em ambiente SIG foram utilizadas ferramentas do software ArcGis 9.x e como insumos listam-se:

- as taxas de extensão e incremento do desmatamento gerado pelo Programa de Monitoramento do Desmatamento – PRODES, para o período de 2001 a 2009, tendo como marco zero para avaliação detalhada o total acumulado de desmatamento até 2008 (marco inicial da Operação Arco Verde, estabelecida com base no definido pela Portaria MMA n.º 28, de 24/01/2008) e a taxa anual subsequente disponível (2008-2009);

- os totais de área e alertas emitidos pelo Sistema de detecção de desmatamento em tempo real/INPE (DETER) - dados acumulados de junho a agosto de 2010; sendo válido ressaltar que os dados do DETER utilizam como fonte de informação as imagens do sensor MODIS, com resolução espacial de 250 metros, e os alertas gerados por esse programa são importantes porque representam valores mensais nas áreas de interesse com área mínima de 6,25ha. Estes alertas serão comparados com o apresentado nas cenas do satélite *ResourceSat-1*, sensor Liss-3, para que, se confirme ou não os alertas emitidos;

- Dados de Focos de Calor e de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (de junho a agosto de 2010); foram contabilizados dados do satélite NOAA-15, satélite de referência, cujos dados diários de focos detectados são usados para compor a série temporal ao longo dos anos, permitindo assim uma análise de tendências nos números de focos para mesmas regiões em períodos distintos, e que, por usarem os mesmos métodos e horários de imageamentos ao longo dos anos, permitem analisar as tendências espaciais e temporais dos focos.

Já na etapa de processamento e classificação das imagens, foram utilizadas cenas do satélite indiano para recursos naturais *ResourceSat-1*, sensor Liss-3. Imagens estas disponíveis gratuitamente no catálogo de imagens do INPE. Este sensor apresenta resolução espacial de 23.5 metros e com período de revisita de 24 dias, e pelo fato de apresentar uma banda referente ao comprimento de onda do infravermelho médio, corresponde a uma boa alternativa às imagens do satélite Landsat TM.

No que se refere ao monitoramento de mudanças da cobertura vegetal na Amazônia brasileira, este satélite apresenta, também, o sensor AWiFS, com 56 metros de resolução espacial e período de revisita de apenas 5 dias, também apresenta uma banda referente ao comprimento de onda do infravermelho médio, os dados deste sensor podem configurar em uma boa alternativa ao projeto PRODES – Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite, devido a sua resolução espacial e ao DETER – Detecção de desmatamento em tempo real, devido ao seu período pequeno de revisita.

No que se refere a presente pesquisa, foram avaliados os dados disponíveis pelo sensor Liss-3, que com uma boa resolução espacial, 23.5 metros, nos permitiu avaliar, em uma escala de trabalho mais refinada, os dados referentes aos processos de desflorestamento e queimadas no período já citado de abril a agosto de 2010, no município de Marcelândia-MT.

Para tal, foi necessário realizar um processo de classificação nestas imagens para que se extraíssem as informações necessárias. Com as imagens referenciadas, a etapa seguinte correspondeu à extração destas informações. Assim, no software Spring 5.0.6, foi efetuado o processo de segmentação. Este processo de “Segmentação” foi efetuado com o método de “Crescimento de regiões”.

No processo de segmentação por “crescimento de regiões” cada pixel é rotulado como uma região distinta. Calcula-se um critério de similaridade para cada par de regiões adjacentes espacialmente. A seguir, divide-se a imagem em um conjunto de sub-imagens e então se realiza a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido (CÂMARA, 1996).

Após a etapa de segmentação, foram feitas as classificações nas imagens, ainda no software Spring 5.0.6. Entende-se por “classificação” o processo de extração de informações em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os métodos de classificação são usados para mapear áreas da superfície terrestre que apresentam um mesmo significado em imagens digitais. Classificadores por regiões (utilizados neste trabalho) utilizam, além de informação espectral de cada "pixel", a informação espacial que envolve a relação entre os "pixels" e seus vizinhos (KÖRTING, 2006).

Foi utilizado o método de classificação não-supervisionado “histograma”, presente no software Spring 5.0.6. O algoritmo “histograma” corresponde a um algoritmo de agrupamento (*clustering*) de dados não-supervisionados, aplicado sobre um determinado conjunto de regiões, caracterizada por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância e área (INPE, 2010). Um algoritmo de *clustering* não supõe conhecimentos prévios da distribuição de densidade de probabilidade dos dados. Este algoritmo utiliza atributos texturais das regiões de uma imagem segmentada para efetuar a classificação por regiões. Assim, as medidas texturais usadas pelo algoritmo “histograma” são a mediana, o desvio médio absoluto, a entropia e a energia (INPE, 2010). Com base nestas características descritas, determinou-se a criação de 40 classes não-supervisionadas para a imagem.

Com as classes delimitadas, passou-se a etapa de edição topológica, onde no software ArcGis 9.x, as classes foram editadas em duas categorias: antrópico e remanescente, tanto para a imagem do mês de abril, quanto para a imagem do mês de agosto, para o mês de agosto foi inserida a categoria queimadas, devido às fortes queimadas presentes no município neste mês.

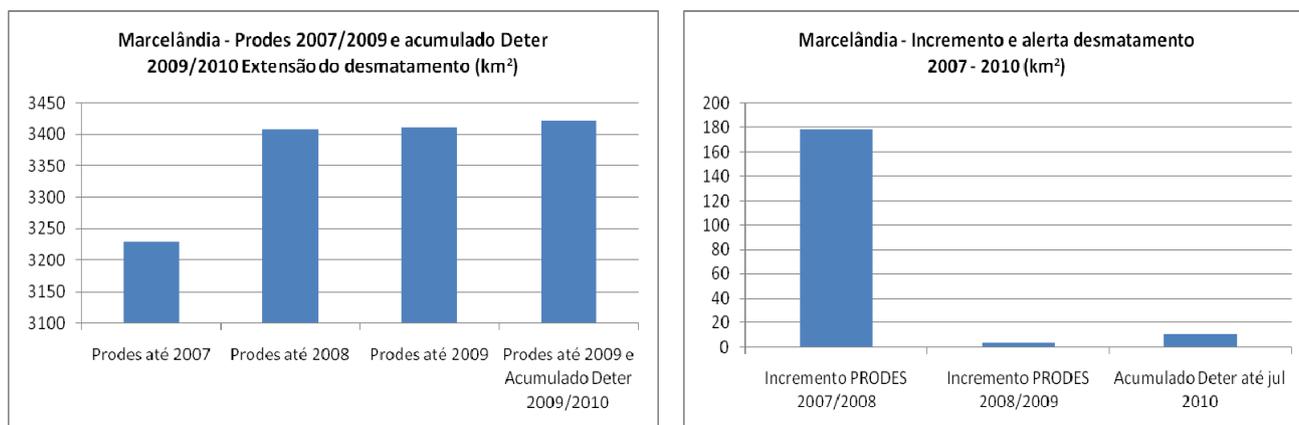
Por fim os dados foram contabilizados e comparados aos dados selecionados dos programas PRODES, DETER e de Focos de Calor e de Queimadas.

### 3. Resultados e Discussão

A análise dos dados históricos da extensão e taxas de incremento do desmatamento na região, com ênfase nos períodos mais recentes, de 2008 a 2010, revelou que o município de Marcelândia embora não seja um dos municípios com maiores quantitativos absolutos de alertas de desmatamento, como quando comparado a outros municípios, teve um aumento expressivo de alertas no período de 2009 a 2010 (4/2009 – 10/2010). Outros municípios obtiveram taxas maiores, tais como: Feliz Natal (4/2009 – 31/2010), Porto dos Gaúchos (9 – 25/2010), Querência (7/2009 – 16/2010), Nova Ubiratã (31/2009 – 35/2010), Nova Maringá (12/2009 – 24/2010), Pacajá (61/2009 – 70/2010), Porto Velho (98/2009 – 105/2010).

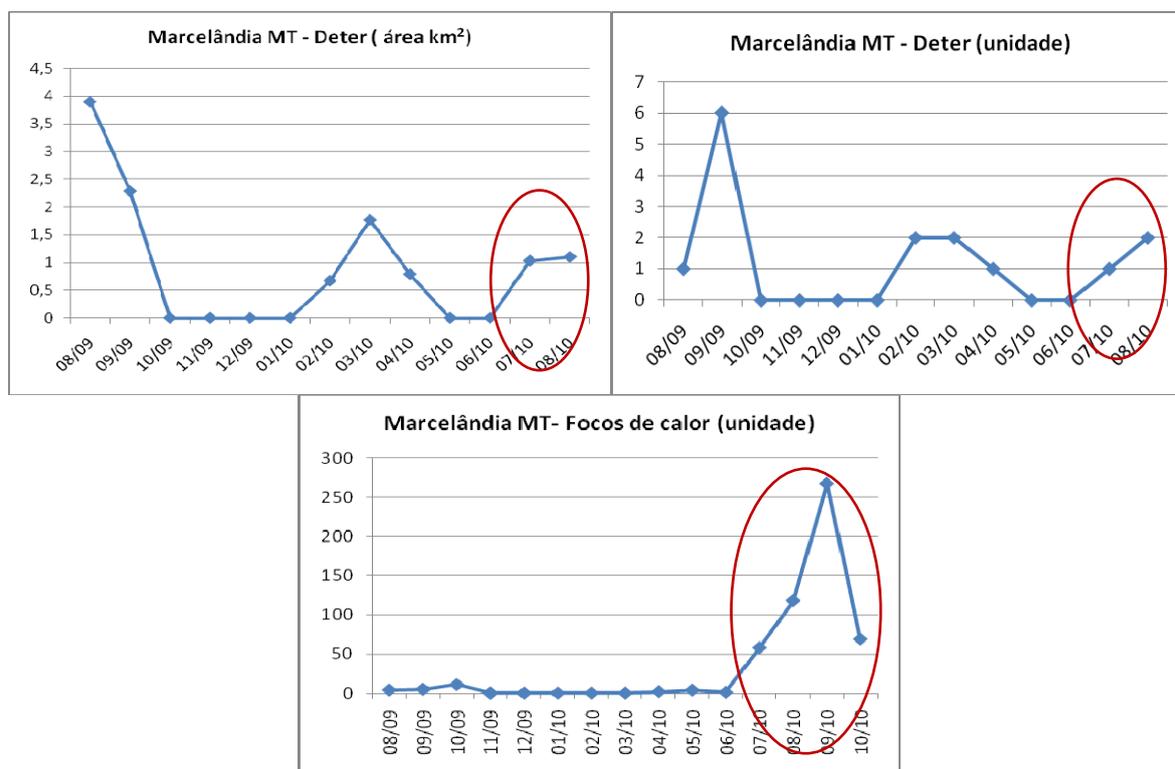
Em Marcelândia os quantitativos de área indicada nos alertas são superiores quando comparados aos valores do incremento 2008/2009, evidenciando inclusive uma situação

inversa a tendência geral de decréscimo do ritmo do desmatamento nos demais municípios que compõem o Arco Verde (Gráficos 1 e 2).



**Gráficos 1 e 2:** Marcelândia – Extensão e incremento do desmatamento (PRODES), alertas DETER no período de 2007 a 2010.

Detalhando a análise do comportamento dos alertas DETER e de Focos de Calor para os meses de junho a agosto de 2010 foi possível perceber um aumento da área indicada em alertas no município de Marcelândia, o mesmo ocorrendo para os focos de calor (gráficos 3 a 5).



**Gráficos 3 a 5:** Quantitativos de alertas emitidos DETER e Focos de Calor em Marcelândia.

Na tabela 1 abaixo, pode-se observar o registro dos valores absolutos, referentes a estes projetos a partir do re-cálculo de seus valores para o município de Marcelândia e no período analisado.

**Tabela 1:** Quantitativos gerais para os dados trabalhados dos programas PRODES, DETER e de Focos de Calor re-calculados para o município de Marcelândia.

PRODES (Acumulado) (Km <sup>2</sup> )	DETER (Maio - Agosto)		FOCOS DE CALOR (Julho - Agosto) (No.)
	(Km <sup>2</sup> )	Alertas	
3261,49	2,10	3	176

Ao se avaliar os dados obtidos pelos processamentos das imagens *ResourceSat-1*, sensor Liss-3, estes valores sofreram algumas alterações. Foram delimitados nas imagens os seguintes valores: desflorestamentos totais para o município até o abril de 2010 (área antrópica total), os totais de remanescentes de vegetação até abril de 2010 (área preservada total), o total desflorestado de abril a agosto de 2010, e o quantitativo de área queimada no município em agosto de 2010. Todos estes dados evidenciados na tabela 2 abaixo.

**Tabela 1:** Quantitativos gerais para os dados trabalhados nas imagens *ResourceSat-1* no município de Marcelândia-MT.

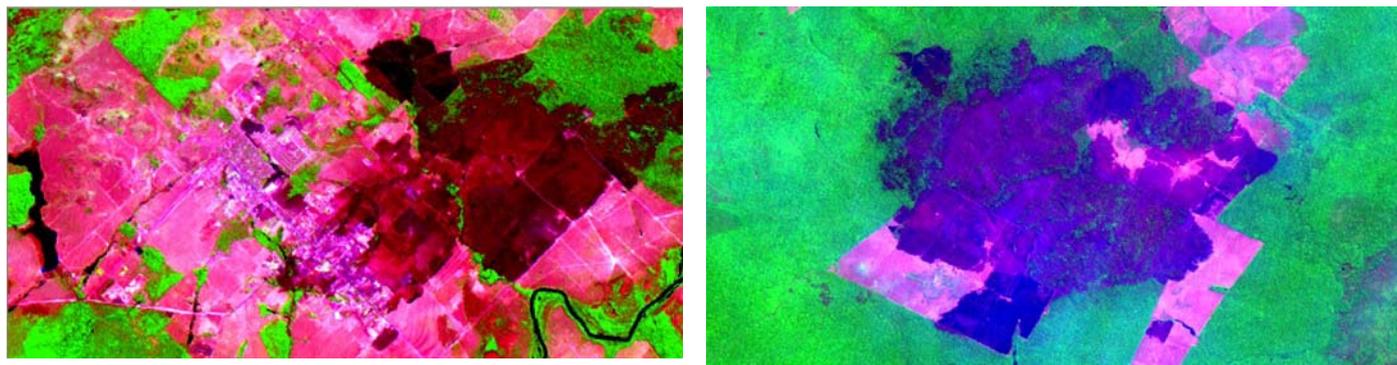
Área do Município de Marcelândia (Km <sup>2</sup> )	Área Total de Remanescentes de Vegetação		Área Antrópica Total - Desflorestamento		Desflorestamento Abril-Agosto (Km <sup>2</sup> )		Área Queimada em Agosto/2010 (Km <sup>2</sup> )
	(Km <sup>2</sup> )	%	(Km <sup>2</sup> )	%	Area	Focos	
13046,13	10028,28	76,87	3006,72	23,05	0,00	0,00	148,98

Pelos valores explicitados na tabela acima, observa-se que há certa correlação entre os dados encontrados pelo processamento das imagens e os dados PRODES, ocorrendo uma diferença em torno de 250 km<sup>2</sup>, que pode ser explicada pela diferença nas resoluções espaciais trabalhadas, no caso do PRODES, trabalha-se com imagens Landsat 5 TM, reprocessada para 60 metros de resolução espacial, degradando-a em 2 vezes. Dado este animador em relação à situação do município que assim apresenta um valor total de desflorestamento menor do que o esperado nas detecções oficiais pelos programas apresentados.

Fato estes que se torna mais concreto, visto que em relação aos alertas gerados pelo DETER de maio a agosto de 2010, os mesmos não foram detectados na imagem *ResourceSat-1*, bem como nenhum novo foco de desmatamento foi detectado para o período citado, a menos aqueles referentes à grande quantidade de queimadas na região, que aqui foram contabilizados apenas como “queimadas”. Em se tratando que este processamento foi realizado a partir de dados de boa resolução espacial, infere-se que para este período as ações de controle de desflorestamento surtiram bom efeito.

Apenas no que se refere aos dados de focos de calor e queimadas, os dados detectados não apresentaram uma boa situação para o município, como esperado. A partir dos processamentos das imagens, detectou-se um montante de 148,98 Km<sup>2</sup> de áreas queimadas no município no final de agosto de 2010, um total de 1,14% do município. Dado este concomitante com o total de 176 focos de calor registrados no município entre Julho e Agosto deste mesmo ano.

As figuras abaixo explicitam a situação apresentada, pelas queimadas, no município que no final de agosto de 2010 apresentava situação alarmante.



**Figura 1:** imagem *ResourceSat-1* das queimadas no município de Marcelândia. À esquerda a área urbana queimada e à direita área rural também atingida.



**Figura 2:** Vista parcial das queimadas no município de Marcelândia – Fonte: SECOM/MT

#### 4. Conclusões

Com base no observado, conclui-se então que, em atendimento às ações delegadas ao SIPAM na operação Arco Verde, este estudo atendeu seu objetivo de analisar, para o município de Marcelândia-MT, o comportamento dos dados disponíveis pelo sistema de detecção do desmatamento em tempo real (DETER/INPE), e dos focos de calor (BDQueimadas/INPE), além do PRODES.

Os dados aqui obtidos, em maiores escalas de trabalho, por meio de classificação de imagens do satélite *ResourceSat-1*, sensor Liss-3, atenderam ao esperado e revelaram um bom diagnóstico para o município, onde foram evidenciados os problemas detectados nos últimos meses. A partir da classificação das imagens fomos capazes de observar bem o panorama dos desflorestamentos e queimadas no município.

Fica então a certeza de os dados apresentados pelo satélite *ResourceSat-1*, tanto no sensor Liss-3, quanto para o sensor AWiF com um período de 5 dias de revisita, correspondem a uma excelente ferramenta para análise e monitoramento ambiental, podendo

assim bem complementar os dados disponibilizados em menores escalas de trabalho pelos programas PRODES, DETER e os dados de Focos de Calor.

### **Agradecimentos**

Agradecemos ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pela disponibilização gratuita dos dados de desmatamento, focos de calor e cenas do sensor *ResourceSat-1* e a Coordenação Geral do Sistema de Proteção da Amazônia pelos recursos técnicos disponibilizados para realização das análises.

### **Referências Bibliográficas**

Costa, D.P. Cenário do desmatamento nos municípios da Operação Arco Verde. In: **Relatório de situação da operação arco verde**. [no prelo] 2010

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Projeto PRODES Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>. Acessado em: junho a setembro de 2010.

\_\_\_\_\_. **Sistema DETER - Sistema de detecção de desmatamento em tempo real**. Disponível em <http://www.obt.inpe.br/deter/>. Acessado em: junho a setembro de 2010.

Mendonça, R.A.M., Micol, L. **Análise do desmatamento ano 2007-2008 no município de Marcelândia, MT**. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 5309-5313. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2009/03.02.18.19/doc/@sumario.htm#19>. Acessado em: outubro de 2010.