

## Análise multitemporal de imagens LANDSAT 5 no apoio a confecção de laudo pericial da Polícia Federal sobre desflorestamento

Rafael de Arêa Leão Alves<sup>1</sup>  
Daniel Russo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Criminalística do Departamento de Polícia Federal  
SAIS, Quadra 07, Lote 23, Brasília – DF, CEP 70610-200  
{rafael.rala, russo.dr}@dpf.gov.br

**Abstract.** Currently there are many applications of remote sensing techniques in the activities undertaken at the Federal Police. This paper describes the use of LANDSAT imagery in the making of a forensic report about the occurrence of environmental crime of deforestation in the Amazon National Park Fields, federal conservation unit of integral protection. The presented study involved field work, with direct observation of the examined site, and interpretation of satellite imagery in the laboratory. Thus, all conclusions obtained through the interpretation of the images were confirmed in the field. At the end of the study were quantified at the examined site, the total area where there was clear cutting, the area affected by selective logging and permanent preservation areas affected by deforestation. Furthermore, by multitemporal images analyzing, it was possible to establish the evolution of deforestation over the years. All this data is extremely important to identify the kind of crime and its associated penalties in court.

### 1. Introdução

Este artigo visa apresentar os resultados obtidos num trabalho de exame pericial realizado por peritos da Polícia Federal, visando constatar uma possível ocorrência de crime ambiental em área de unidade de conservação federal.

A perícia foi realizada por meio de observação direta do local, com registros fotográficos e medições realizadas com auxílio de receptor GPS; e por meio indireto, com a utilização de imagens de satélite, procedendo-se uma análise multitemporal.

O local examinado está situado, próximo à divisa entre os estados de Rondônia, Amazonas e Mato Grosso, mais especificamente com parte da área dentro do Parque Nacional dos Campos Amazônicos (PNCA) e parte em zona de amortecimento do mesmo PNCA (Figura 01).

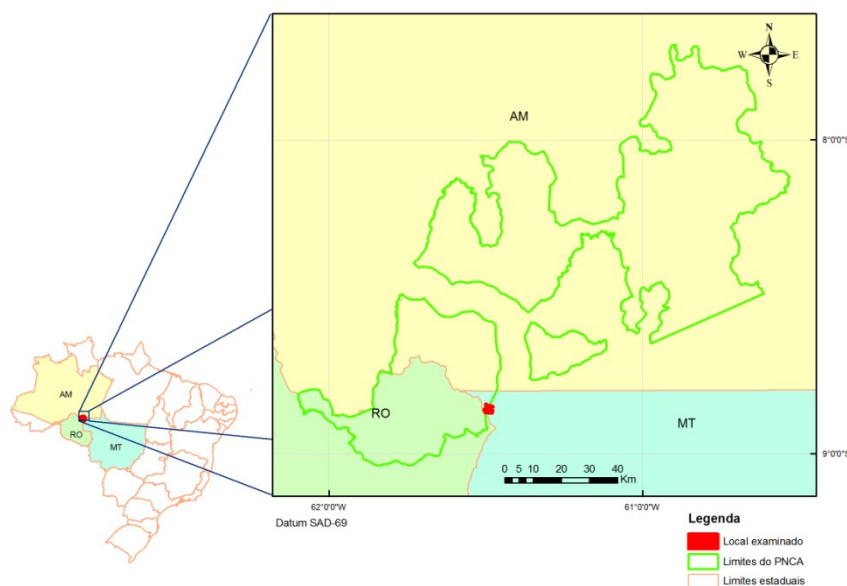


Figura 01. Mapa de localização da área examinada dentro dos limites do Parque Nacional dos Campos Amazônicos.

O Parque Nacional dos Campos Amazônicos é uma unidade de conservação de proteção integral e foi criado pelo Decreto Federal de 21 de junho de 2006. O PNCA abrange áreas dos estados do Amazonas, Rondônia e Mato Grosso, perfazendo uma área de aproximadamente 873.570 ha (oitocentos e setenta e três mil e quinhentos e setenta hectares) em porções descontínuas.

Segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, administrador da unidade de conservação, a criação do PNCA foi justificada, principalmente, por proteger um dos maiores enclaves de cerrado na Amazônia, sendo uma área com grande heterogeneidade ambiental e, conseqüentemente, elevada diversidade de espécies. O interflúvio Madeira/Tapajós, onde o PNCA está inserido, também é considerado uma região com grande ocorrência de endemismos na Amazônia, dificilmente superada por outros locais.

Além dos campos, o PNCA também apresenta áreas de floresta ombrófila densa e floresta ombrófila aberta características desta região da Amazônia. O relevo é geralmente plano com raros afloramentos rochosos, nas áreas de cerrado o solo é arenoso e raso, apresentando baixa fertilidade natural e sendo muito suscetíveis à erosão.

## 2. Metodologia

Os exames foram realizados pela observação direta do local, com registros fotográficos e medições realizadas com auxílio de receptor GPS (*Global Positioning System*). Foram ainda utilizadas as seguintes imagens orbitais, com vistas a definir a evolução do desmatamento na área ao longo dos anos, entre 2004 e 2010:

- LANDSAT 5 – TM, órbita/ponto (231/066), datada de 26 de julho de 2004;
- LANDSAT 5 – TM, órbita/ponto (231/066), datada de 01 de outubro de 2005;
- LANDSAT 5 – TM, órbita/ponto (231/066), datada de 16 de julho de 2006;
- LANDSAT 5 – TM, órbita/ponto (231/066), datada de 03 de julho de 2007;
- LANDSAT 5 – TM, órbita/ponto (231/066), datada de 21 de julho de 2008;
- LANDSAT 5 – TM, órbita/ponto (231/066), datada de 08 de julho de 2009;
- LANDSAT 5 – TM, órbita/ponto (231/066), datada de 25 de junho de 2010.

Com as imagens orbitais foi possível verificar as diferenças no comportamento da reflectância da radiação eletromagnética solar ao atingir a superfície terrestre no local da perícia, e então avaliar as causas possíveis de tais variações. Todas as imagens utilizadas estão apresentadas na Figura 02 na composição colorida RGB/543. Esta composição é interessante por permitir a identificação de diferenças no uso do solo e apresentar a vegetação na cor verde (Jensen, 2009), (Lillesand et al, 2007), o que facilita o entendimento dos resultados por parte do público não especializado que fará uso do laudo pericial.

As informações coletadas foram inseridas em programas de geoprocessamento (ArcGIS 9.2, ENVI 4.5 e GPS Trackmaker Pro), para processamento e interpretação dos dados e confecção de mapas. Todas as informações geográficas estão ajustadas ao *datum* SAD-69.

## 3. Resultados

Conforme apresentado, os exames foram realizados em duas etapas, quais sejam: por meio de observações diretas em campo e por interpretação de imagens de satélite em laboratório. Os resultados dessas etapas encontram-se descritos a seguir.

### 3.1 Constatações em campo sobre ocorrência de desflorestamento, incêndio florestal e implantação de pastagens.

Em campo pôde ser constatada a existência de pastagem implantada com

gramínea exótica do gênero *Brachiaria*, apresentando-se em avançado grau de ocupação da superfície do solo disponível (Figuras 3, 4 e 6). O processo de desflorestamento seguiu os procedimentos de praxe, ou seja, abate de árvores maiores com a utilização de motosserra (Figura 4), eventual aproveitamento de madeiras de valor comercial, queima de restos florestais e de remanescentes do sub-bosque e árvores de menor diâmetro (Figura 5), semeadura de gramíneas exóticas e ocupação das pastagens por gado bovino, inclusive com vestígios da entrada desses animais em áreas de remanescentes florestais vizinhos (Figura 6).



**Figura 02** – árvores mortas devido a incêndio no local examinado e evidência do desmatamento da área.

**Figura 03** – ocupação da área examinada por pastagem.



**Figura 04** - evidência da utilização de motosserra para abate e secção de troncos de madeira. Nota-se ainda a ocupação da área por pastagem.

**Figura 05** - Tronco de árvore carbonizado, evidenciado a ocorrência de incêndio florestal na área.



**Figura 06** – árvores mortas e ocupação generalizada da área por pastagem. Ao fundo da foto principal e na parte ampliada destacada em vermelho, verifica-se que a área está ocupada por gado bovino.

### 3.2. Exames realizados com a utilização de imagens de satélite.

Com as imagens orbitais foi possível verificar as diferenças no comportamento da interação da radiação eletromagnética solar com diversos tipos de objetos da superfície terrestre no local da perícia e então avaliar as causas possíveis de tais variações (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). Assim, verificou-se, nas imagens analisadas, alterações nos padrões de cobertura do solo (desmatamento) e características de exploração florestal seletiva. Estas verificações realizadas nas imagens de satélite puderam ser comprovadas com os registros obtidos na visita ao local.

A possibilidade de avaliação da mesma área em diferentes épocas auxilia a perícia na apresentação da dinâmica dos fatos e possibilita exames indiretos em locais onde se verifica longo decurso de tempo entre o fato investigado e os exames periciais (Alves et al, 2010). Desta forma, foram utilizadas imagens LANDSAT 5 - TM com vistas a definir a evolução do desmatamento entre os anos de 2004 a 2010

Na Figura 07, a área situada a oeste (esquerda da figura) da linha verde, que representa o limite do PNCA, está dentro dos limites do referido Parque, enquanto a área situada a leste (direita da figura) da mesma linha verde está fora dos limites do PNCA, porém dentro de sua zona de amortecimento.

Todas as imagens utilizadas estão apresentadas na Figura 07 na composição colorida RGB/543. Cada imagem apresentada na Figura 07 está identificada pelas informações Satélite - Sensor - Data da imagem.

Da análise destas imagens, foi constatado na área examinada um

desflorestamento gradual iniciado antes de 26/07/2004.

Na Figura 07 estão apresentadas pelos polígonos de contorno amarelo as áreas atingidas por corte raso e em vermelho as áreas atingidas por exploração seletiva de madeira, podendo-se verificar a evolução do desmatamento ao longo dos anos.

Na imagem de 26/07/2004 foi identificado um desmatamento de 15,31 hectares na área examinada, em zona de amortecimento do PNCA, dos quais 1,32 hectares em área de preservação permanente (APP).

De 26/07/2004 até 01/10/2005 ocorreu um desmatamento 8,97 hectares dentro do PNCA. Foi ainda verificado um acréscimo de desmatamento de 34,42 hectares em zona de amortecimento do PNCA, dos quais 1,30 hectares em APP.

De 01/10/2005 a 16/07/2006 ocorreu um acréscimo de desmatamento de 173,42 hectares dentro do PNCA, dos quais 15,39 hectares em APP. Foi ainda verificado um acréscimo de desmatamento de 213,52 hectares em zona de amortecimento do PNCA, dos quais 0,49 hectares em APP.

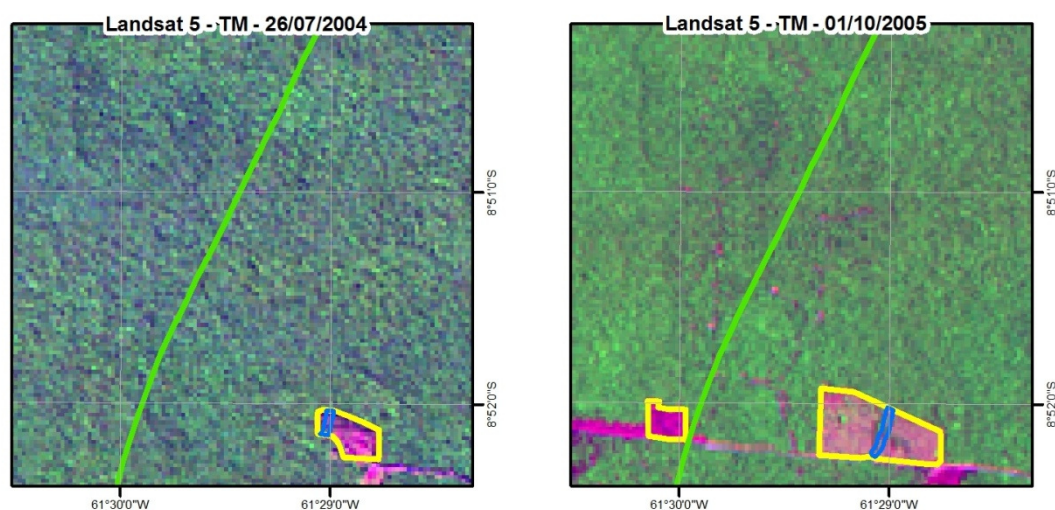
De 16/07/2006 a 03/07/2007 ocorreu um acréscimo de desmatamento de 9,81 hectares dentro do PNCA. Foi ainda verificado um acréscimo de desmatamento de 92,20 hectares em zona de amortecimento do PNCA, dos quais 9,53 em APP. Neste período também foram identificadas, na área examinada, alterações típicas de corte seletivo de madeira em 111,15 hectares dentro do PNCA, mais 2,11 hectares em zona de amortecimento do PNCA.

De 03/07/2007 a 21/07/2008 ocorreu um acréscimo de desmatamento de 4,86 hectares dentro do PNCA. Foi ainda verificado um acréscimo de desmatamento de 15,25 hectares em zona de amortecimento do PNCA.

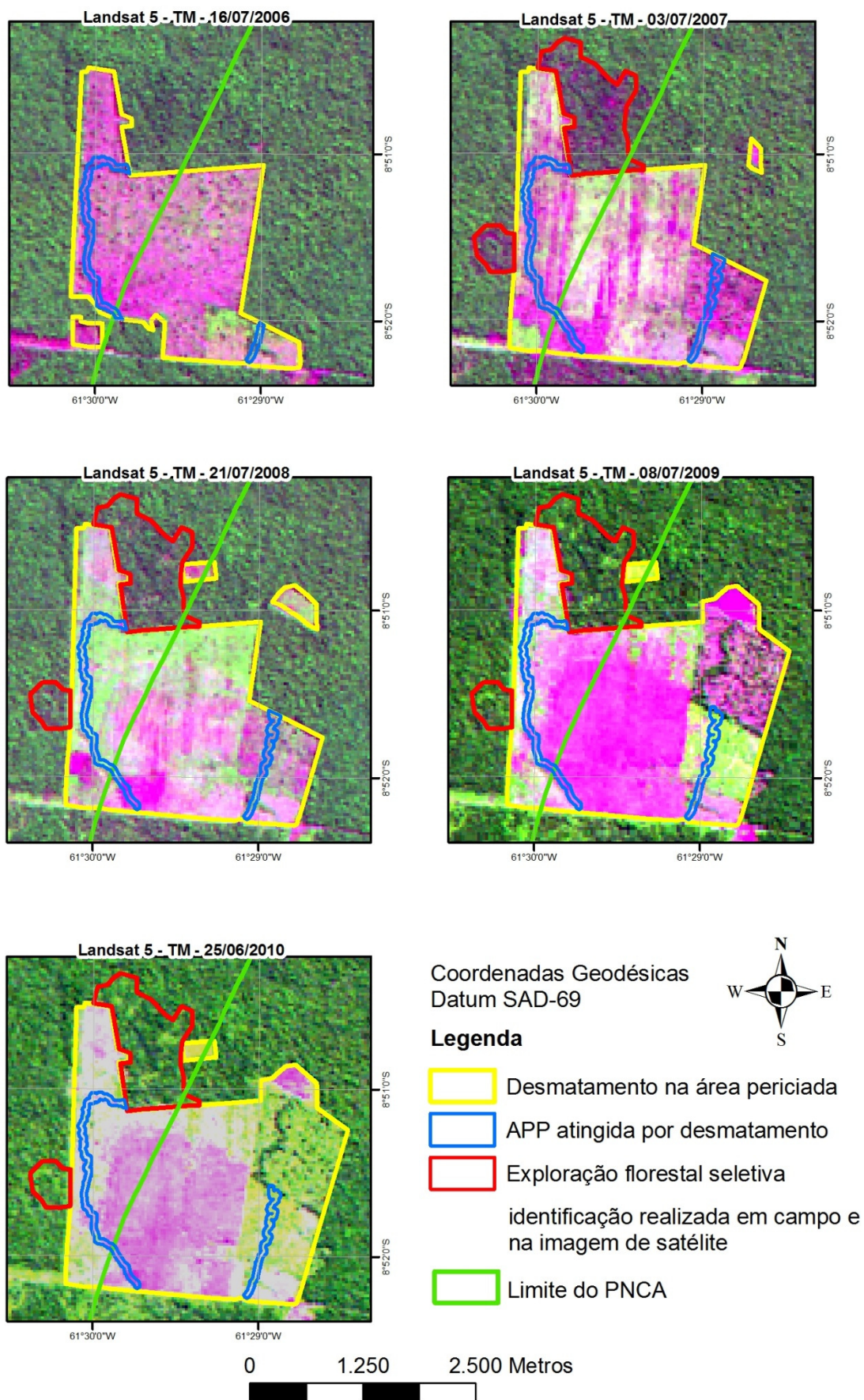
De 21/07/2008 a 08/07/2009 ocorreu um acréscimo de desmatamento de 98,71 hectares em zona de amortecimento do PNCA, dos quais 0,53 hectares em APP.

De 08/07/2009 até 25/06/2010 não foi verificado acréscimo de desmatamento na área examinada, porém foram identificadas alterações típicas de plantio de pastagem na área desmatada anteriormente (Figura 07).

As imagens LANDSAT utilizadas neste trabalho foram obtidas gratuitamente a partir do sítio do INPE ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)).



**Figura 01** – Imagens do satélite LANDSAT 5, apresentando a evolução do desmatamento da área examinada no período de 2004 a 2010.



**Continuação da Figura 01** – Imagens do satélite LANDSAT 5, apresentando a evolução do desmatamento da área examinada no período de 2004 a 2010.

A Tabela 1 sintetiza os valores de área medidos para as ocorrências constatadas em campo e/ou pela interpretação da imagem, apresentando a situação de desmatamento e exploração seletiva de madeira em cada ano e o incremento destas ocorrências em relação ao ano anterior.

Tabela 1 – Evolução da área desmatada entre 2004 e 2010 na área examinada.

Ano	Corte raso Dentro do PNCA		Corte raso Fora do PNCA		Exploração seletiva Dentro do PNCA		Exploração seletiva Fora do PNCA	
	Situação no ano (hectares)	Incremento em relação ao ano anterior (hectares)	Situação no ano (hectares)	Incremento em relação ao ano anterior (hectares)	Situação no ano (hectares)	Incremento em relação ao ano anterior (hectares)	Situação no ano (hectares)	Incremento em relação ao ano anterior (hectares)
2004	0	-	15,31	-	-	-	-	-
2005	8,97	8,97	49,73	34,42	-	-	-	-
2006	182,39	173,42	263,25	213,52	-	-	-	-
2007	192,20	9,81	355,46	92,20	111,15	111,15	2,11	2,11
2008	197,06	4,86	370,71	15,25	111,15	0	2,11	0
2009	197,06	0	469,42	98,71	111,15	0	2,11	0
2010	197,06	0	469,42	0	111,15	0	2,11	0

Do total desmatado, pelo menos 28,56 hectares estão situados em área de preservação permanente (APP), por serem matas ciliares. Deste total de APP desmatada, 15,39 hectares estão dentro dos limites do PNCA e 12,64 hectares estão em zona de amortecimento do PNCA. A Tabela 2 apresenta a evolução do desmatamento da vegetação ao longo dos cursos d' água no decorrer dos anos, desde 2004.

Tabela 2 - Evolução da área desmatada em APP entre 2004 e 2010 na área examinada

Ano	Desmatamento em APP Dentro do PNCA		Desmatamento em APP Fora do PNCA	
	Situação no ano (hectares)	Incremento em relação ao ano anterior (hectares)	Situação no ano (hectares)	Incremento em relação ao ano anterior (hectares)
2004	-	-	1,32	-
2005	-	-	2,62	1,3
2006	15,39	15,39	3,11	0,49
2007	15,39	0	12,64	9,53
2008	15,39	0	12,64	0
2009	15,39	0	13,17	0,53
2010	15,39	0	13,17	0

#### 4. Conclusões

Este trabalho apresentou uma das formas como o sensoriamento remoto tem beneficiado o trabalho da Polícia Federal na confecção de laudos periciais. Ressalta-se a importância do trabalho de campo executado com a finalidade de verificar informações interpretadas nas imagens de satélite. Com a utilização de imagens de satélite foi possível confirmar as áreas de preservação permanente atingidas pelo desmatamento e a áreas onde houve exploração florestal seletiva. Além disso, por meio da análise multi-temporal foi possível estabelecer a evolução do desmatamento ao longo dos anos. Todos esses dados são de extrema importância na tipificação e cominação das penas ao fim da fase processual.

## **5. Citações e Referências**

Alves, R. A. L.; Russo, D.; Magliano, M. M.; Blum, M. L. B. Fundamentos de Geoprocessamento Aplicado à Perícia. In: Tocchetto, D. (Org.). **Perícia Ambiental Criminal**. Campinas: Millennium Editora, 2010. cap. IX, p.239-277.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.

Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W.; Chipman, J.W. **Remote sensing and image interpretation – 6<sup>th</sup> Edition**. Estados Unidos: Wiley, 2007