

## Identificação multitemporal da exploração seletiva de madeira na Floresta Nacional do Jamari – RO.

Alda Monteiro Barbosa<sup>1</sup>  
Maria Rafaela Salum<sup>1</sup>  
Cláudio Aparecido Almeida<sup>1</sup>  
Dalton de Morisson Valeriano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{alda, rafaela, claudio, dalton}@dsr.inpe.br

**Abstract.** The activities of selective logging have been intensified in the Amazon region. The Jamari National Forest (FLONA) is located in the North of the Rondônia State, Brazil, enclosing an area of 215000 ha. The FLONA is into an area of conflict against the region's lumber and also is the first area to the concessions otorged by the Brazilian Government. These facts motivated this work. The methodology was done with a dataset of 23 years of images Landsat-TM5, CBERS-2 and CBERS-2B from the study area. The application of the spectral mixing model and arithmetic operations of fractions images allowed the best visual interpretation to selective logging exploration. After the identification of the selective logging exploration areas, it was calculated an area of 395,46 km<sup>2</sup> and found an average of 16,47 km<sup>2</sup>/year. The frequency of the selective logging exploration was next to the damping area. Thus, a multitemporal mapping of the selective logging exploration in the study area was generated. The results can be an auxiliary instrument in the actions of sustainable management of Jamari's FLONA.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, selective logging, sensoriamento remoto, processamento de imagens, corte seletivo.

### 1. Introdução

As atividades de exploração madeireira vêm sendo intensificadas na região amazônica, apesar dos esforços para o controle e fiscalização por parte dos órgãos ambientalistas, se fazendo necessário e urgente, o estabelecimento de diretrizes para o uso sustentável da floresta.

Neste sentido, as técnicas de Sensoriamento Remoto tornaram-se um instrumento essencial na detecção e quantificação dos impactos causados pela exploração de madeira na Amazônia (Fearnside, P.M., 2004; Câmara, G. et al., 2006), servindo como poderoso aliado no cumprimento da fiscalização e controle do desmatamento (Graça, 2004).

O objetivo deste trabalho é detectar áreas de exploração seletiva de madeira, utilizando técnicas de processamento de imagens de satélite, em um período de 23 anos de dados históricos na Floresta Nacional (FLONA) do Jamari, pólo madeireiro ao norte do estado de Rondônia. A Reserva do Jamari fica em uma das regiões da Amazônia mais pressionadas pelo avanço do desmatamento e foi escolhida pelo Serviço Florestal Brasileiro **como a primeira área prioritária para aplicação do instrumento de concessão florestal**, ou seja, foi eleita como a primeira área de floresta pública do país que será licitada à iniciativa privada para manejo sustentável dos recursos naturais.

O produto desta pesquisa tem como finalidade avaliar a potencialidade de identificação de atividades madeireiras relacionadas ao chamado **corte seletivo** no meio da floresta, tais como: abertura de picadas, pátios para armazenamento de toras e retirada de árvores individuais. Desta forma, o estudo pretende contribuir na coibição do extrativismo ilegal de madeira e auxiliar no gerenciamento sustentável da mencionada Unidade de Conservação.

#### 1.1 Área de estudo

A Floresta Nacional do Jamari foi criada por meio do Decreto 90.224 em 25 de setembro

de 1984. Está localizada na porção norte do estado de Rondônia, entre os paralelos 9°00'00" e 9°30'00" Sul e entre os meridianos 63°16'54" e 62°44'05" Oeste (Figura 1). Abrange uma área de 215.000 ha. A FLONA Jamari recebeu este nome por estar localizada ao lado do Rio Jamari. Abrange os municípios de Candeias do Jamari, Itapuã do Oeste e Cujubim. Também foi considerada, para efeitos de estudos nesta pesquisa, uma área de influência em torno da FLONA (limite-tampão) com uma projeção de 10 km além dos seus limites, cuja área totaliza 244.587,37 ha.

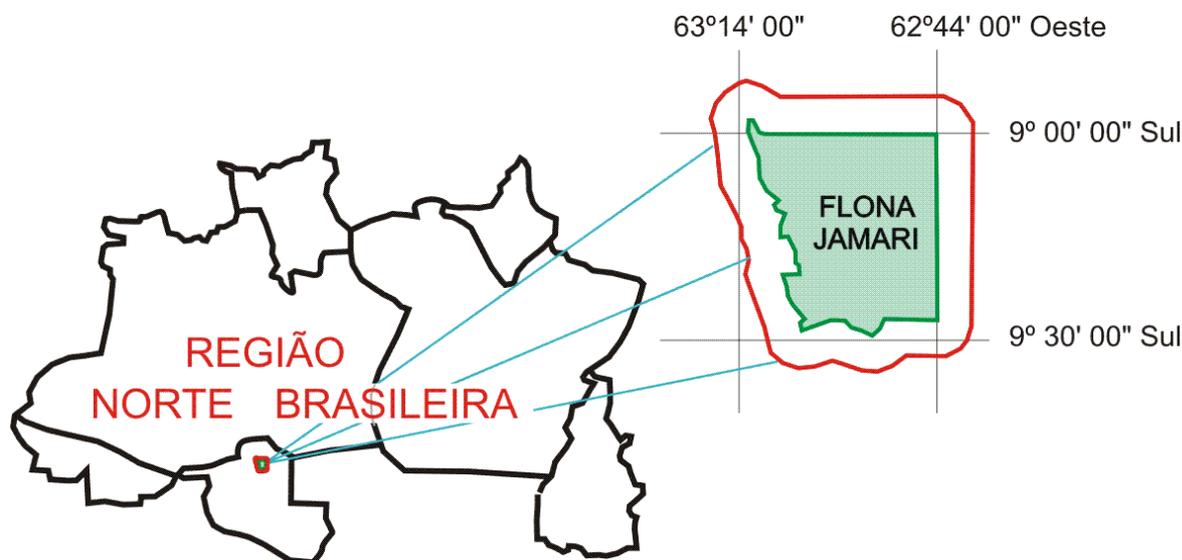


Figura 1. Localização da área de estudo.

Inclusa na categoria de Unidade de Uso Sustentável, esta Unidade de Conservação apresenta tipologia vegetal de Floresta Ombrófila Aberta com pequenas manchas de Floresta Ombrófila Densa. A literatura aponta que os principais solos na região de estudo são: latossolo vermelho-amarelo e o podzol hidromórfico. A classificação climática segundo Köppen é **Aw**, indicando clima quente e úmido, com curta estação seca e temperaturas médias de 22°C e precipitação de 1750 a 2750 mm/anual. A unidade de relevo que domina a paisagem da FLONA do Jamari é o planalto rebaixado da Amazônia ocidental, com altimetria variando entre 100 e 200 metros (Socioambiental, 2008).

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Materiais utilizados

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram:

- Histórico de imagens Landsat-TM5 e CBERS-2 compreendendo o período de 1985 até 2008 (Tabela 1).

Tabela 1 - Imagens utilizadas na pesquisa

Satélite/Sensor	Órbita/ Ponto	Data (ano mês dia)	Satélite/Sensor	Órbita/ Ponto	Data (ano mês dia)
Landsat-TM5	232/66	1985_0814	Landsat-TM5	232/66	2001_0810
Landsat-TM5	232/66	1986_0716	Landsat-TM5	232/66	2002_0618
Landsat-TM5	232/66	1987_0804	Landsat-TM5	232/66	2003_0715
Landsat-TM5	232/66	1988_0619	Landsat-TM5	232/66	2004_0615
Landsat-TM5	232/66	1989_0708	Landsat-TM5	232/66	2005_0906
Landsat-TM5	232/66	1990_0812	Landsat-TM5	232/66	2006_0808
Landsat-TM5	232/66	1991_0730	CBERS-2/CCD	174/110	2007_0620
Landsat-TM5	232/66	1992_0724	CBERS-2/CCD	174/111	2007_0716

Satélite/Sensor	Órbita/ Ponto	Data (ano_mês_dia)	Satélite/Sensor	Órbita/ Ponto	Data (ano_mês_dia)
Landsat-TM5	232/66	1993_0719	CBERS-2/CCD	175/110	2007_0813
Landsat-TM5	232/66	1994_0604	CBERS-2/CCD	175/111	2007_1307
Landsat-TM5	232/66	1995_0623	CBERS-2B/CCD	174/110	2008_0702
Landsat-TM5	232/66	1996_0625	CBERS-2B/CCD	174/111	2008_0702
Landsat-TM5	232/66	1997_0714	CBERS-2B/CCD	175/110	2008_0629
Landsat-TM5	232/66	1998_0701	CBERS-2B/CCD	175/111	2008_0629
Landsat-TM5	232/66	1999_0720			
Landsat-TM5	232/66	2000_0823			

Fonte: Imagens selecionadas na Biblioteca Digital ATUS-INPE.

- Imagem Geocover mosaico S-20-05\_2000 (NASA, 2008).
- Arquivos digitais dos limites, limite-tampão e estradas da FLONA JAMARI, em formato *shape*, (fornecidos pelo Serviço Florestal Brasileiro);
- Mapa do Zoneamento do Plano de Manejo da Floresta Nacional de Jamari (fornecido pelo Serviço Florestal Brasileiro);
- Software SPRING (Câmara et al., 1996)
- Raster View<sup>2</sup>.

A Figura 2 mostra uma visão sinótica da metodologia trabalhada.

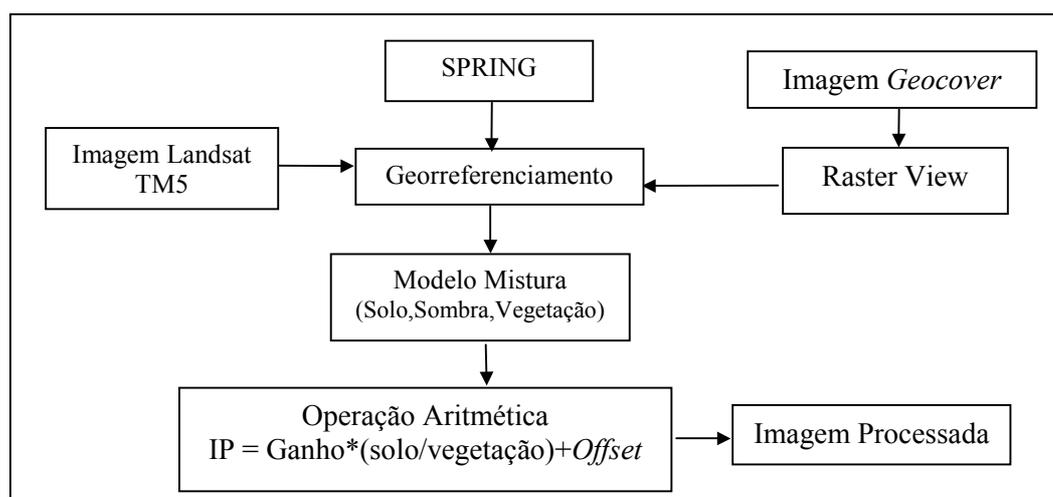


Figura 2. Fluxograma da metodologia desenvolvida na pesquisa.

Pelo fato do módulo Impima (do SPRING) não fazer a leitura do formato *Mr.Sid* da imagem *Geocover*, fez-se necessária a conversão para o formato *geoTiff*. Neste processo foi utilizado o programa Raster-View. Este aplicativo recorta a imagem *Geocover* nas delimitações especificadas pelo Banco de Dados Geográficos criado para o trabalho.

Após a transformação de formato da imagem ortorretificada (*Geocover*), realizou-se o processo de georreferenciamento das imagens Landsat-TM5, com uma margem de erro de 1 pixel, tendo as imagens *Geocover* como referência.

## 2.2 Modelo de Mistura Espectral

A partir das imagens TM5-Landsat georreferenciadas, foram criados no SPRING,

<sup>2</sup> Software desenvolvido pela equipe da DPI/INPE.

modelos de misturas, gerando as bandas correspondentes à fração-solo, fração-vegetação e fração-sombra (Shimabukuro e Smith, 1991). Primeiramente, os pixels puros foram identificados em cada imagem com a localização original e extração das curvas espectrais destes pixels. Deste modo, os pixels selecionados como “pixel puro” serão os melhores representantes do comportamento espectral de sombra, solo e vegetação (respectivamente) para aquele conjunto de bandas definidas para o modelo.

### 2.3 Operação Aritmética de imagens

Para minimizar o efeito de sombra nas imagens desde o seu processo inicial, foi realizada no SPRING uma operação aritmética entre bandas (operação do tipo 4 do aplicativo), utilizando a banda correspondente à fração-solo e fração-vegetação, conforme Equação (1).

$$90*(Solo/Vegetação)+50, \quad (1)$$

onde:

90 é o valor do **Ganho** e 50 o valor do **Off-set** de cada banda.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Processamento de Imagem

Através do SPRING foram testadas diversas operações aritméticas empiricamente, utilizando as assinaturas espectrais (Modelo de Mistura) das bandas, sendo que o resultado mais satisfatório para corte seletivo foi o referente à equação citada no item 2.3.

Na figura 4B, podemos identificar com clareza a exploração seletiva encontrada após o processamento feito na imagem, ou seja, as frações do modelo de mistura aplicadas na Equação 1 gerou um produto que realçou as áreas de corte, facilitando a identificação dos cortes seletivos na FLONA Jamari.

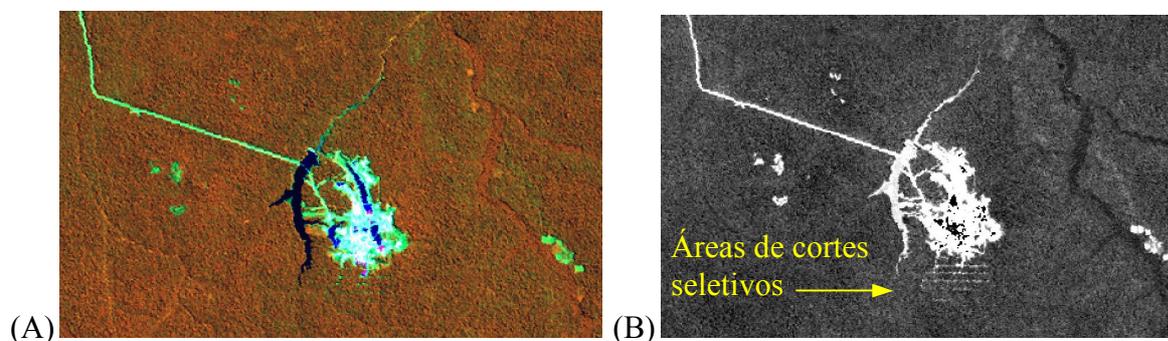


Figura 4. Comparação da imagem contrastada (A) em relação à imagem processada (B).

A imagem TM5-Landsat apresentada (Figura 4A) não apresenta uma nitidez de visualização nas áreas em que ocorre o corte seletivo. Por outro lado, a imagem processada (Figura 4B) é capaz de identificar com mais precisão a forma e o tamanho do corte ocorrido.

Outro exemplo é da Imagem CBERS 2 (Figura 5) onde é possível notar que após o processamento de imagem, os cortes seletivos se mostraram mais realçados e mais facilmente identificáveis (Figura 5C e 5D).

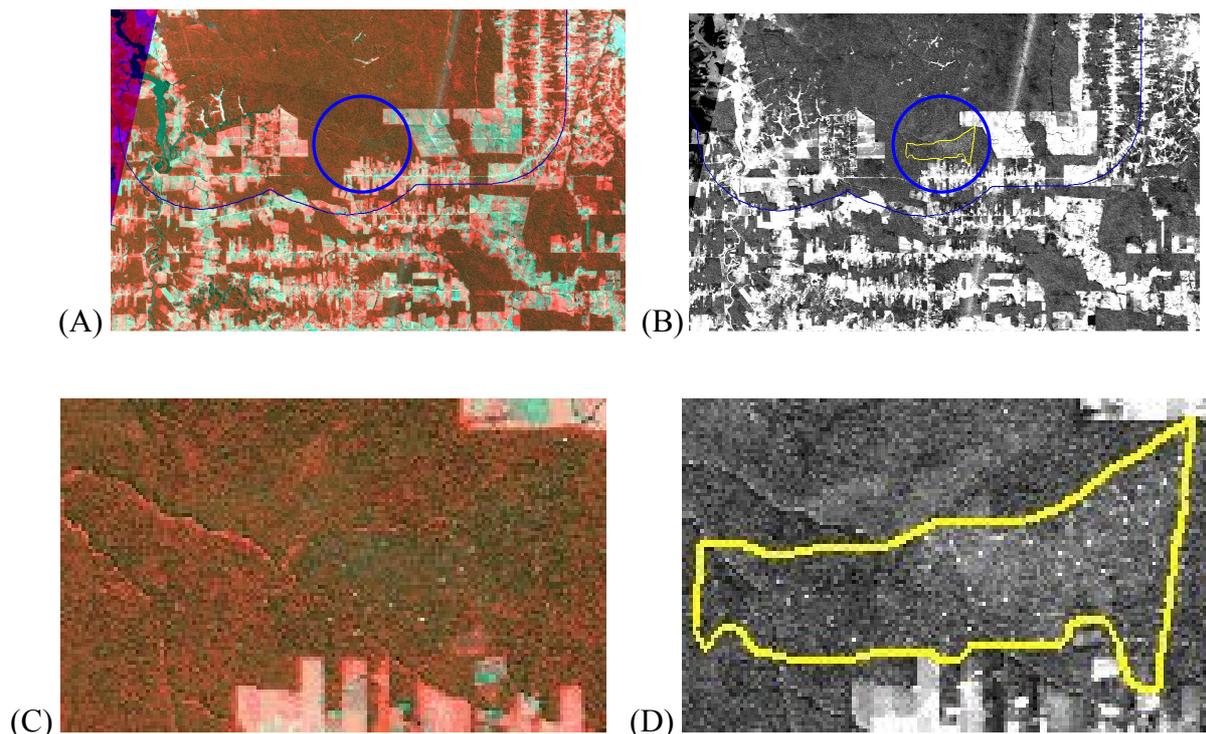


Figura 5. Em (A), exemplo de uma imagem CBERS em composição colorida e realçada. Em (B), imagem CBERS gerada após o processamento da metodologia aplicada na pesquisa. Em (C) e (D), detalhamento mostrando o destaque (pontos brancos) das áreas de corte seletivo demarcadas no círculo em azul das figuras 5(A) e 5(B).

### 3.2 Avaliação espacial dos cortes seletivos

Avaliando o histórico dos cortes seletivos na FLONA Jamari, verificou-se que as regiões que estão sofrendo maior pressão de exploração no decorrer do período de estudo estão localizadas próximas às “áreas de amortecimento”. Área de amortecimento (limite-tampão) é a área que faz fronteira entre uma área privada e uma unidade de conservação.

A região que mais sofreu extração de madeira seletiva é a porção nordeste da FLONA (Figura 6A e 6B). A Figura 6A mostra a localização dos cortes seletivos ocorridos na FLONA Jamari, em relação ao Zoneamento do Plano de Manejo da FLONA. Os círculos indicam que no interior da Flona, as áreas que sofreram maior pressão de exploração seletiva encontram-se em áreas definidas como **Zona de Manejo Florestal**.

A Figura 7 apresenta a espacialização da série temporal de cortes seletivos entre os anos 1985 a 2007, gerada através da sobreposição de Planos de Informação (*layers*) no Sistema de Informação Geográfica (SIG) SPRING. Não foram incluídos os dados referentes ao ano de 2008 porque estes se concentraram fora dos limites da FLONA, além dos limites da área de estudo (Figura 8B). As figuras ilustram que a FLONA Jamari sofre uma pressão da extração de madeira localizada principalmente em suas fronteiras, especialmente em direção à nordeste, possivelmente pelas proximidades das FLONAs de Jacundá (RO) e Humaitá (AM), onde a pressão antrópica pelo interesse de extração de madeira torna-se mais evidente (Figura 8).

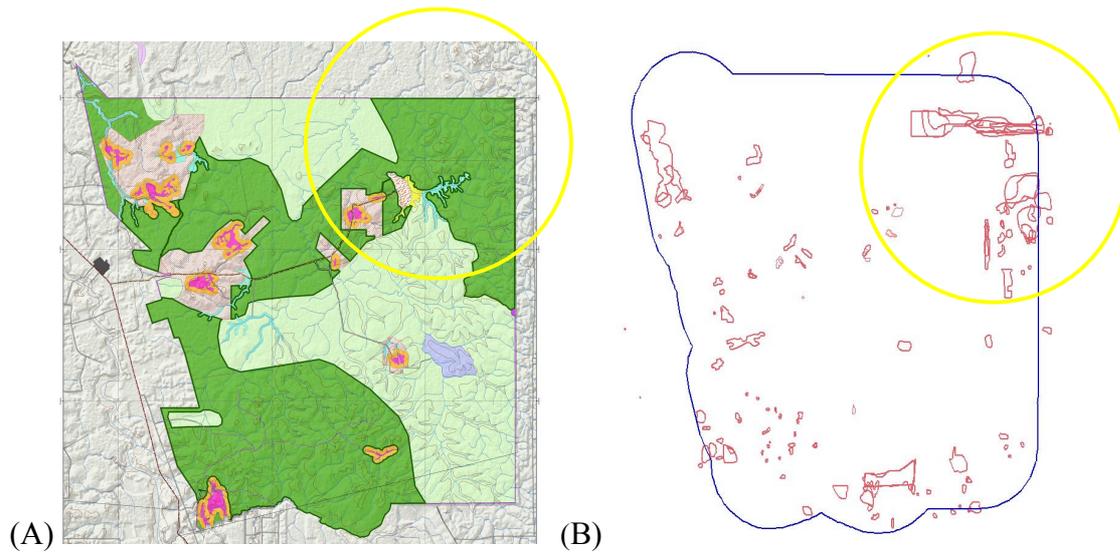


Figura 6. Em (A), classes do Zoneamento do Plano de Manejo da FLONA Jamari. Em (B), localização da maior concentração de exploração seletiva no interior da FLONA Jamari, destacada no círculo amarelo.

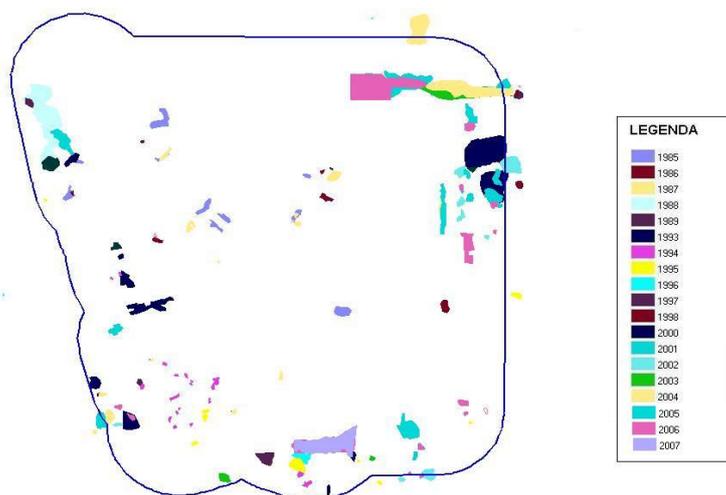


Figura 7. Apresentação têmporo-espacial dos cortes seletivos de 1995 a 2007.

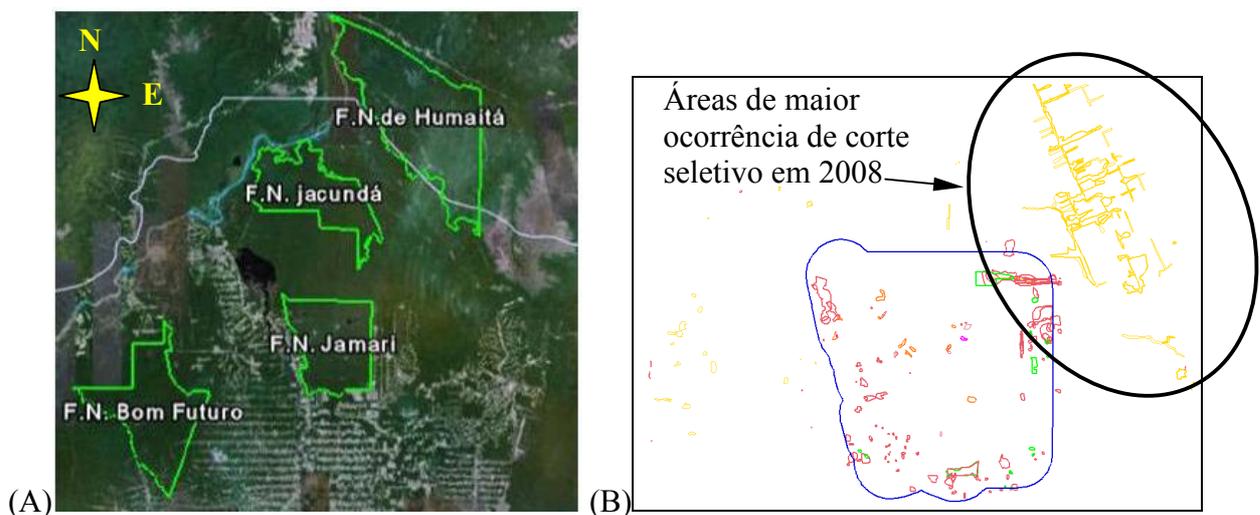


Figura 8. Em (A), localização da FLONA Jamari em relação às demais FLONAs. Em (B), pressão antrópica do corte seletivo em direção à nordeste, ocorrida no ano de 2008.

### 3.3 Quantificação da exploração seletiva

Considerando uma análise quantitativa da exploração seletiva no decorrer do período estudado, as áreas totais das explorações seletivas realizadas na FLONA Jamari somam 395,46 km<sup>2</sup>, com uma média a 16,47 km<sup>2</sup>/ano.

Dividindo o período de estudo da FLONA Jamari em três décadas, é possível constatar que na década 80 as maiores incidências de corte foram no ano de 1988, com uma área total de 32,52 km<sup>2</sup>. Na década de 90 notou-se que as imagens de 1990, 1991 e 1992 não encontraram evidências de corte, porém no de 1999 houve a maior ocorrência dessa década, com total de 19,44 km<sup>2</sup>. Na década seguinte, no ano de 2006 foi registrada uma área total de corte seletivo de 62,66 km<sup>2</sup>. Ou seja, houve um incremento de 43,22 km<sup>2</sup> em relação à maior ocorrência da década anterior. As menores incidências de exploração seletiva ocorreram em 1986, com 1,23 km<sup>2</sup>, em 1996, com um total de corte de 3,20 km<sup>2</sup>, e em 2000, com 42,14 km<sup>2</sup>. As estimativas do cálculo de área degradada de floresta podem ter sofrido uma variação em função da cobertura de nuvens nas imagens analisadas no período de estudo.

O gráfico 1 demonstra o comportamento da exploração seletiva ao longo da série histórica de 23 anos na FLONA Jamari.

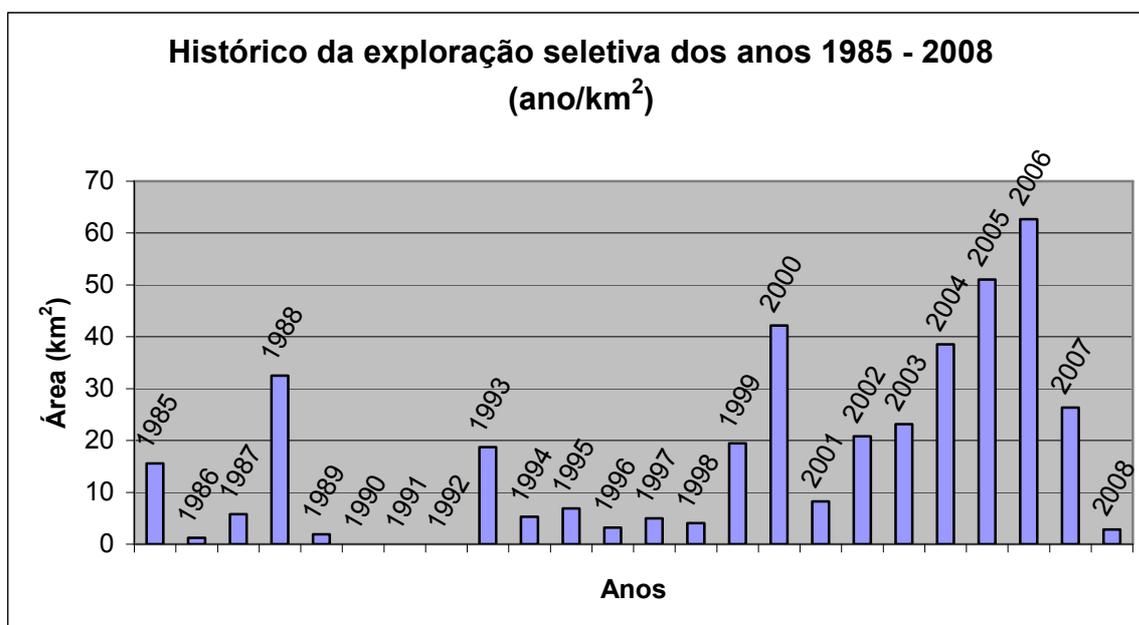


Figura 10. Comportamento histórico da exploração seletiva de madeira no período de 1985 a 2008.

Os dados do gráfico demonstram uma ausência de corte seletivo no período que vai de 1990 a 1992, período em que coincide com a desativação do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Não é possível estabelecer uma relação direta, mas sabe-se que a abertura de estradas clandestinas e clareiras em função de novos assentamentos está diretamente associada às áreas de extração de madeira por corte seletivo que “picotam” as áreas de florestas nativas. Convém salientar que foge do escopo deste trabalho uma explicação mais aprofundada da dinâmica que regeu a exploração seletiva ao longo dos 23 anos que abrangeram o período citado no estudo, uma vez que entrariam complexos aspectos de política pública que extrapolam os objetivos deste estudo.

### 4. Conclusões

Os resultados da pesquisa permitiram concluir que:

1. O processamento de imagens advindo do modelo linear de mistura e da operação aritmética de imagens digitais permitiu detectar a ocorrência de corte seletivo na cobertura vegetal da área de estudo, tanto nas imagens Landsat como em imagens CBERS.
2. As estimativas do cálculo de área degradada de floresta podem ter sofrido uma variação em função da cobertura de nuvens nas imagens analisadas no período de estudo, entretanto, os estudos demonstraram que há uma forte pressão de extração seletiva de madeira nas áreas de amortecimento e na porção nordeste da FLONA Jamari e em direção a outras duas FLONAS da proximidade.
3. O SIG utilizado permitiu realizar um estudo multitemporal, da exploração seletiva de madeira, sendo que no produto das detecções foram feitos cálculos e avaliações das áreas de extração seletiva, bem como o cálculo de média anual da extração seletiva de madeira durante o período. Estas operações podem auxiliar aos órgãos gestores responsáveis pela concessão da floresta no sentido de avaliar se estão sendo feitos cortes visando o manejo sustentável da Unidade de Conservação.

Para finalizar, convém destacar que as técnicas de processamento aqui apresentadas são as que foram desenvolvidas pela equipe do Projeto de Detecção de Exploração Seletiva – DETEX, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. As ações do DETEX têm auxiliado várias instituições que compartilham ações para identificar, fiscalizar e coibir as práticas ilegais e predatórias da exploração florestal.

### **Agradecimentos**

A equipe agradece ao Serviço Florestal Brasileiro pelo fornecimento de dados referentes à FLONA Jamari.

### **Referências Bibliográficas**

Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas U. M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, May-Jun, 1996.

Câmara, G.; Valeriano, D. M.; Soares, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006. 24 p.

Fearnside, P.M. Desmatamento na Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Engenharia Florestal / 3º Encontro Amazônico de Ciências Florestais, 3, Manaus, 22 a 26 de junho de 2004. Disponível em: <[http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/Resumos%20e%20anais/RESUMOS%20PUBLICADOS.doc](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Resumos%20e%20anais/RESUMOS%20PUBLICADOS.doc)>. Acesso em: Fev. 2006.

Graça, P. M. L. A. **Monitoramento e caracterização de áreas submetidas à exploração florestal na Amazônia por técnicas de detecção de mudanças**. 2004. 275p. (INPE-13644-TDI/1046). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.

**NASA. Applied Science Technology Project Office**. Disponível em: <[https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/docs/GeoCover\\_circa\\_2000\\_Product\\_Description.pdf](https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/docs/GeoCover_circa_2000_Product_Description.pdf)> Acesso em: 21.jul. 2008.

Shimabukuro, Y.; Smith, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 16-20, 1991.

**Sócio Ambiental: Caracterização de Unidades de Conservação**. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/uc/645/ambiental>>. Acesso em: jul. 2008.