

# METODOLOGIA DE ANÁLISE

## PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ÁREAS ESPECIAIS - ProAE

### 1. – Área de Estudo

Este estudo é conduzido nas Áreas Especiais (Unidades de Conservação Federais e Estaduais e Terras Indígenas) localizadas na área de abrangência do Centro Técnico e Operacional de Porto Velho, representada pelos Estados do Acre, Mato Grosso e Rondônia (Figuras 1 e 2). Estes Estados fazem parte das regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil e abrangem uma área de 1.293.083 km<sup>2</sup>, o que representa 15,2% do território brasileiro.

Ao todo, foram consideradas e estudadas 122 (cento e vinte e duas) Unidades de Conservação e 117 (cento e dezessete) Terras Indígenas, distribuídas nos três Estados de abrangência do CTO-PV (Tabela 1).



Figura 1. Área de abrangência do Centro Técnico e Operacional de Porto Velho.

Tabela 1. Distribuição das AE nos estados do Acre, Rondônia e Mato Grosso.

Estado	Categoria	Jurisdicção	Número	Total
Acre	Terras Indígenas	Federal	28	46
	Unidades de Conservação	Federal	11	
		Estadual	7	
Mato Grosso	Terras Indígenas	Federal	69	119
	Unidades de Conservação	Federal	9	
		Estadual	41	
Rondônia	Terras Indígenas	Federal	20	74
	Unidades de Conservação	Federal	13	
		Estadual	41	

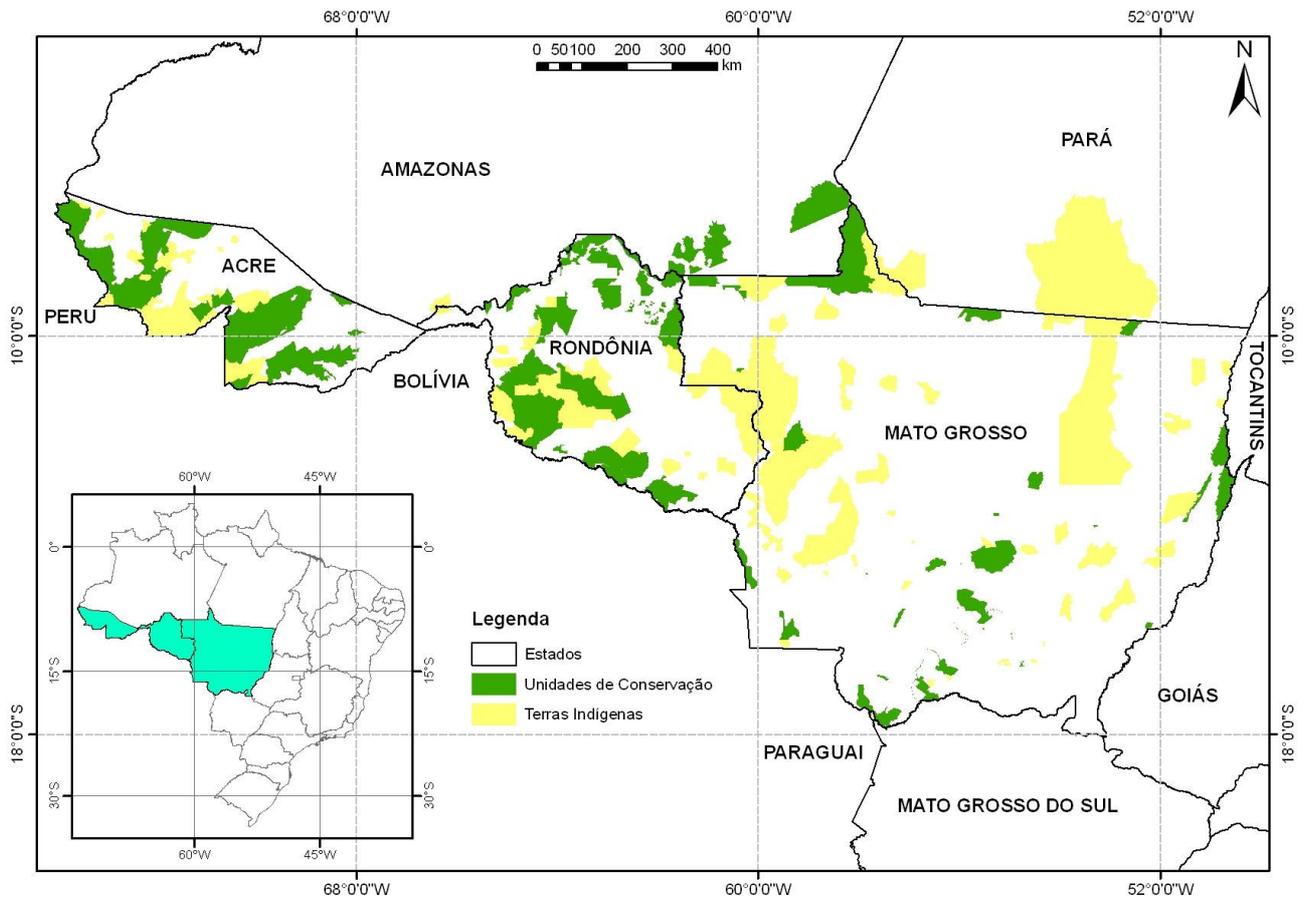


Figura 2. Áreas de abrangência do estudo: Unidades de Conservação e Terras Indígenas

## 2. - Identificação dos desmatamentos e rotas de acesso.

### 2.1. - Informações Básicas

O ProAE busca identificar as áreas desmatadas acima de 0,09 ha, principalmente aquelas de menores dimensões. Isso confere ao programa um caráter preventivo, pela sua sensibilidade em detectar os processos incipientes de antropização. Além das áreas desmatadas são identificados os carregadores que, em sua grande maioria, servem de rota para o escoamento dos produtos madeireiros extraídos. Os carregadores correspondem a trilhas abertas na floresta para facilitar o acesso e o escoamento desses produtos. A identificação de tais rotas de acesso é de fundamental importância para auxiliar operações de fiscalização por órgãos competentes.

O sensor utilizado para extrair as informações que compõem o cenário do desmatamento nas Áreas Especiais é o *Thematic Mapper (TM)* a bordo do Satélite *Landsat-5*. Este sensor possui sete canais, dos quais este projeto faz uso de apenas três: Vermelho (0,63 - 0,69  $\mu\text{m}$ ), Infravermelho-Próximo (0,76 - 0,90  $\mu\text{m}$ ) e Infravermelho-Médio (1,55 - 1,75  $\mu\text{m}$ ). Com o uso de tais imagens é possível trabalhar com uma área mínima mapeável de 900 m<sup>2</sup> (Resolução espacial nominal de 30 m). Considerando que o sensor supracitado já opera além da sua vida útil, alternativamente são utilizadas outras fontes para as análises, como os sensores do SIPAM, imagens obtidas pelos satélites CCD/CBERS-2 e 2B e, quando necessário, de sensores comerciais.

Ao todo, foram utilizadas 81 cenas do Satélite *TM/Landsat-5*, adquiridas entre os meses de abril a outubro, concentrando-se nos meses de julho e agosto, período caracterizado pela menor incidência de nuvens, o que resulta em melhor qualidade nos registros dos sensores ópticos.

Embora concentrando a seleção das cenas nos meses de menor incidência de nuvens, para toda a Terra Indígena Nukini e para 45% da área de abrangência do Parque Nacional Serra do Divisor, no Acre, não foi possível editar o avanço do desmatamento no ano de 2007, pois, em todas as cenas disponíveis tais áreas estavam cobertas por nuvens.

O ProAE é um programa de monitoramento contínuo com cronograma anual. As alterações na cobertura vegetal ocorridas após os meses subseqüentes à data de imageamento são divulgadas no ano seguinte.

### 2.2. - Processamento Digital das Imagens

#### 2.2.1. – Registro de Imagens e Composição dos Mosaicos

As 81 cenas do *TM/Landsat-5* são registradas de forma automática (*AutoSync*) com base no reconhecimento de padrões radiométricos, utilizando uma transformação polinomial de 1ª ordem (mapeamento direto) e reamostragem pelo método vizinho mais próximo (mapeamento inverso). Este procedimento utiliza como referência um mosaico ortoretificado *ETM+/Landsat-7* do ano de 2001, de uso global (*Geocover*). Na composição dos mosaicos por Estado, as imagens são normalizadas com algoritmo de média ponderada, gerando assim informações contínuas para toda a área de execução do projeto. É importante salientar que na normalização das cenas para a elaboração dos mosaicos estaduais é utilizado o método de média ponderada, com o objetivo de formar um mosaico contínuo para o processo de classificação automática e, em nenhum momento utilizar parâmetros para realizar medidas físicas nas imagens, as quais necessitariam de técnicas que resguardassem as características radiométricas originais das cenas.

#### 2.2.2. - Classificação Automática (Ano base – 2005)

A condução deste processo se deu de forma supervisionada (seleção de amostras) com um algoritmo paramétrico de máxima probabilidade (*Maximum Likelihood*), um dos mais populares

métodos de classificação em sensoriamento remoto, onde cada pixel tem a máxima probabilidade de ser classificado na sua classe correspondente.

$$L_k = P\left(\frac{K}{X}\right) = \frac{P(K) * P\left(\frac{X}{K}\right)}{\sum P(i) * P\left(\frac{X}{i}\right)}$$

Onde:

$P(K)$  = probabilidade da classe  $K$ ;

$X$  = número de bandas da imagem;

$P\left(\frac{X}{K}\right)$  = função condicional da probabilidade para observar  $X$  na classe  $K$ ;

$P(i) * P\left(\frac{X}{i}\right)$  é igual para todas classes, conseqüentemente  $L_k$  depende de  $P\left(\frac{X}{K}\right)$  ou da função da densidade de probabilidade.

Foram selecionadas diversas amostras simples para cada classe. Estas amostras foram agrupadas, formando uma amostra composta para cada classe. Em seguida foi realizada uma análise nos valores de média e variância de cada amostra composta, com o objetivo de avaliar o grau de separabilidade entre as classes nas três Bandas utilizadas (RED, NIR e SWIR). Após a análise, processou-se a classificação.

A classificação deu origem a uma informação temática, com legenda pré-estabelecida (1- Desmatamento acumulado até 2005, 2- Áreas não desmatadas, 3- Rios e lagos).

### 2.2.3. – Aplicação de Filtro Majoritário

O algoritmo utilizado para o processo de classificação supervisionada atua diretamente no pixel da imagem (não-contextual), gerando desta forma alguns pixels isolados nas diferentes classes. Para contornar esta situação e tornar a classificação mais coerente, foi aplicado sobre o produto temático um filtro majoritário de grade fina (3x3).

### 2.2.4. - Edição Matricial

Grande parte dos produtos temáticos gerados por processos automáticos estão sujeitos a erros de classificação. A edição matricial é uma forma de corrigir possíveis erros no processo classificatório, tornando o produto mais coerente. Neste caso, o procedimento foi realizado em escala fixa (1:70.000), com os seguintes objetivos:

- ✓ Reavivar as estradas e carreadores: Este item é de fundamental importância para o projeto. São através das estradas e carreadores que são escoados os produtos do desmatamento. A identificação dessas feições é importante para a elaboração de relatórios de análise e inteligência, os quais retratam a logística do transporte do material, além do acesso a estes locais, para facilitar as operações dos órgãos de fiscalização.
- ✓ Confusão entre classes: Na região de estudo ocorrem formações denominadas de campos naturais e também áreas de cerrado, que se enquadram na tipologia "Áreas não desmatadas", haja vista que tais formações correspondem às vegetações naturais. Tratando-se de imagens orbitais, estes tipos de vegetação apresentam grande similaridade em termos radiométricos com o desmatamento. Considerando que a dimensionalidade da informação é de caráter multiespectral, é extremamente difícil separar os campos naturais e o cerrado dos desmatamentos. Para corrigir a classificação, a ponto de identificar estas

formações como “Áreas não desmatadas”, foi realizada uma edição matricial com base em dois parâmetros: (A) Forma, e (B) Temporalidade.

A- Em linhas gerais, os campos naturais e o cerrado não apresentam formas regulares ocasionadas pela ação antrópica, facilitando assim a sua identificação.

B- A temporalidade é um parâmetro essencial nos estudos de uso da terra e cobertura vegetal. São utilizadas imagens do mesmo sensor, porém de décadas passadas, onde a ação humana sobre a vegetação local ainda se apresentava bem incipiente. Nestas imagens é possível identificar as áreas de campos naturais e de cerrado e editá-las na tipologia de “Áreas não desmatadas”, corrigindo-se assim, os erros ocasionados pela classificação.

É importante enfatizar que foi realizado um rigoroso trabalho de edição matricial, a ponto de verificar toda a classificação realizada dentro das Áreas Especiais. Essas informações são utilizadas pelo SIPAM em relatórios de análise e inteligência, os quais exigem precisão da informação, além de subsidiar instituições parceiras que atuam na fiscalização.

Cabe ainda salientar que as áreas de cerrado onde foram identificadas queimadas não foram classificadas como áreas desmatadas, devido à incerteza quanto à causa do incêndio (natural ou antrópico), exceto quando estas apresentavam formato regular, característico da interferência humana no ambiente.

### 2.3. – Incremento e Regeneração

Apenas o ano base, relativo ao desmatamento acumulado até o ano de 2005, foi classificado com procedimento automático, tendo em vista que este corresponde a todo o desmatamento acumulado nas Áreas Especiais, necessitando de maior rapidez no diagnóstico e análise. As áreas desmatadas nos anos posteriores (2006 e 2007), que representam o avanço do desmatamento, foram identificadas por meio de classificação visual (edição matricial), o que possibilitou maior controle e precisão nos resultados obtidos. Desta forma, as novas classes geradas foram: 4- Avanço do desmatamento entre 2005 e 2006 e 5- Avanço do desmatamento entre 2006 e 2007.

Os resultados do programa são divulgados anualmente. Desta forma, a cada 4 (quatro) anos de existência do programa é realizada uma análise para identificar possíveis áreas de regeneração, que serão excluídas das classes relativas às áreas desmatadas.

### 2.4. - Análise Quantitativa

#### 2.4.1. – Informações Básicas

A análise quantitativa foi realizada para as cinco classes em estudo. O foco da análise se concentrou nas categorias relativas às áreas desmatadas, que correspondem àquelas que sofreram desmatamento sob a forma de corte raso e onde é possível identificar também o corte seletivo de árvores em estágio já avançado, além das estradas e carregadores no interior da floresta. As áreas não desmatadas apresentam a vegetação bem próxima do seu estágio natural, sendo ela representada por floresta, cerrado e campos naturais.

#### 2.4.2. – Tabulação Cruzada

A análise quantitativa das áreas desmatadas ocorreu por meio de tabulação cruzada entre o produto temático gerado (imagens) e os limites das Áreas Especiais (vetores). Os limites das Terras Indígenas foram obtidos da base de dados da FUNAI e os das Unidades de Conservação através dos órgãos ambientais estaduais: SEMA/AC, SEMA/MT e SEDAM/RO, além do IBAMA.

## 2.5. – Problemas Encontrados - Bases Cartográficas

São encontrados alguns problemas de ordenamento territorial nas informações vetoriais (limites) das Áreas Especiais na área de abrangência deste trabalho. Em alguns casos, a área obtida pelo vetor é diferente daquela descrita no memorial, em outros, os limites não correspondem às feições representadas na imagem, além de problemas com sobreposição de áreas. Desta forma, optou-se em trabalhar com a área calculada a partir dos dados vetoriais. Conseqüentemente, a distribuição espacial dos resultados gerados está estritamente associada à configuração espacial dos limites das Áreas Especiais.

## 2.6. - Vetorização

A etapa de vetorização é destinada a conversão da classificação temática do formato "raster" para "vetor", com objetivo principal de disponibilizar as informações obtidas em formato "*Shapefiles*". Buscando manter as características originais da imagem, onde a menor fração é obrigatoriamente igual à área mínima mapeável na imagem contínua (900m<sup>2</sup>), optou-se em vetorizar a informação temática sem nenhuma suavização, ou seja, seguindo estritamente as feições que as mesmas apresentavam no formato matricial. Com isso, a área estimada pela classificação não é exatamente igual àquela calculada pelos limites das Áreas especiais (vetores), e sim um valor aproximado, coerente com a escala de trabalho da imagem.

## 2.7. - Forma de Divulgação

Os resultados do ProAE, relativos ao desmatamento e seus avanços, são divulgados geralmente em *CD-ROM* multimídia, o que possibilita disponibilizar os seguintes formatos:

- Informações vetoriais (SHP e KMZ);
- Cartas-imagem (compactada - ECW);
- Dados estatísticos do desmatamento e seus avanços periódicos (PDF).

## 2.8. – Notas de Alerta

Devido ao tempo necessário ao processamento e análise dos dados as informações são disponibilizadas com certo período de defasagem. Para contornar em parte este problema, buscou-se agir de forma pró-ativa, encaminhando aos parceiros notas de alerta de ilícitos recentes realizados dentro destas áreas, não somente relacionados às atividades de desmatamento, mas também à garimpagem, corte seletivo, grilagem de áreas e a presença de campos de pouso não homologados pelo ROTAER.

### **3. – Áreas de Garimpo, Mineração e Campos de Pouso**

#### 3.1. – Informações Básicas

Esta etapa tem como principal objetivo identificar as áreas de garimpo/mineração, bem como os campos de pouso presentes nas Áreas Especiais. Estas áreas apresentam feições características que facilitam a sua identificação, tais como: geralmente estão localizadas próximas a igarapés e rios; acarretam desconformação da paisagem local com constante movimentação de sedimentos. Já os campos de pouso apresentam forma retangular e alongada, atributos que também são facilmente identificados na paisagem.

#### 3.2. – Interpretação das Áreas

A identificação das áreas de garimpo, mineração e campos de pouso é realizada por meio de interpretação visual em imagens do satélite *TM/Landsat-5* juntamente com o sensor aerotransportado SAR a bordo da aeronave R-99B (SIPAM). É comum a presença de conflitos, principalmente no que diz respeito a questões relacionadas à atividade garimpeira. Quando elegida como prioridade de investigação é realizado um projeto de imageamento como o sensor aerotransportado SAR/R-99B (SIPAM) para tais áreas. Este sensor tem auxiliado fortemente nestas análises, principalmente pela pouca interferência das condições atmosféricas, associado a sua alta resolução.

Além do sensor SAR da aeronave R99-B, os sensores MSS (*Multispectral Scanner System*), o sensor HSS (*Hyperspectral Scanner System*) e o sensor FLIR (infravermelho termal), já se encontram operacionais em missões especiais dedicadas a áreas pontuais.

De acordo com a importância, disponibilidade e possibilidade, poderão ser adquiridas imagens de sensores SAR orbitais, como por exemplo, o sensor PALSAR a bordo do satélite ALOS.

#### 3.3. – Forma de Divulgação

Por serem de caráter restrito, os dados de mineração e campos de pouso não são amplamente divulgados no CD. Os órgãos governamentais interessados e diretamente relacionados a essas áreas temáticas poderão solicitá-los diretamente ao CTO-PV, que adotará os procedimentos pertinentes no âmbito do intercâmbio de informações restritas.

## **4. – Movimento Aéreo**

### 4.1. – Informações Básicas

O objetivo é desenvolver ações de monitoramento aéreo em toda a área de abrangência das Unidades de Conservação e Terras Indígenas, e suas conexões de rota (origem e destino).

### 4.2. – Procedimentos (padrão)

Ao se identificar aeronaves em vôo irregular, são realizadas análises e elaborados relatórios contendo: pontos onde ocorreu a detecção da incursão, data e hora da detecção, principais características do vôo, análise de detecções anteriores que gerem padrões de repetição, área provável do pouso, correlação com os demais domínios de trabalho, levantamento do *modus operandi* dos envolvidos.

### 4.3. – Forma de Divulgação

- Por serem de caráter restrito, os dados de movimento aéreo não são amplamente divulgados no CD. Os órgãos governamentais interessados e diretamente relacionados a essa área temática poderão solicitá-los diretamente ao Centro Técnico e Operacional de Porto Velho, que adotará os procedimentos pertinentes no âmbito do intercâmbio de informações restritas.

## **5. – Informações Complementares**

### **5.1. – Informações Básicas**

As informações complementares têm como principal objetivo auxiliar na identificação de todas as vertentes de monitoramento que compõem o ProAE, bem como fundamentar relatórios de inteligência sobre determinados eventos e acontecimentos ocorridos nas Áreas Especiais.

### **5.2. – Fontes da Informação**

As informações são obtidas por meio de notícias veiculadas de diversas fontes, informações obtidas através de órgãos parceiros em campanhas de campo (IBAMA, Exército, Polícia Federal, Ministério Público Estadual, Polícia Ambiental, entre outros), além de denúncias de fatos já consumados ou de atividades que irão ocorrer, por meio das Centrais de Usuários instaladas em áreas remotas (Vsat – SIPAM). As informações veiculadas serão de fundamental importância para o entendimento dos conflitos locais, os quais estão altamente correlacionados com uma série de atividades ilícitas presentes nas Áreas Especiais.

### **5.3. – Forma de Divulgação**

Boa parte dessas informações tem caráter confidencial, por isso não podem ser amplamente divulgadas. Os órgãos interessados em obter tais informações devem solicitar a gerência deste CTO, para análise de atendimento do pedido.

É de fundamental importância para a identificação das temáticas abordadas no ProAE, a associação das feições interpretadas nas imagens com notícias veiculadas em todos os meios de comunicação, bem como informações fornecidas por órgãos parceiros em operações de campo, além de denúncias transmitidas por meio da Central de Usuários (Vsats). Toda e qualquer fonte de notícia e informação é de extrema importância para auxiliar nas temáticas abordadas no programa de monitoramento.