

3. METODOLOGIA

No ProAE de 2010 (dados de 2009), 5ª edição, foi realizado um novo marco zero do desmatamento, para os estados de Rondônia e Mato Grosso, com a revisão dos dados interpretados nos anos interiores, visto que nas imagens mais atuais várias áreas já apresentavam-se em fase de regeneração da cobertura vegetal. Neste ProAE foram utilizadas as imagens do satélite Landsat 5 TM, para os estados de Rondônia e Mato Grosso. Para o estado do Acre foram utilizadas as imagens de radar ALOS/PALSAR, visto a indisponibilidade de imagens de sensores óticos para a realização do mapeamento do desmatamento nesse estado, naquele ano. No ProAE 2011 (dados de 2010), 6ª edição, está sendo feito o novo marco zero para o estado do Acre. O fluxograma apresentado na figura 2 mostra os processamentos realizados nas imagens Landsat 5 TM utilizadas no ProAE 2010. Os mesmos procedimentos foram aplicados, no ProAE 2011 para as imagens Resourcesat1, Sensor LISS 3, para o estado do Acre, com exceção das etapas de calibração e correção atmosférica. Ainda em relação ao estado do Acre, vale ressaltar que foram utilizadas duas cenas do satélite Landsat 5 TM em áreas onde não houve disponibilidade de imagens do Resourcesat1-LISS3. Para os estados de Rondônia e Mato Grosso foram utilizadas apenas imagens do Resourcesat1 – Sensor LISS 3. Nestes dois estados foram utilizados como base os polígonos gerados no mapeamento do marco zero do desmatamento 2009, e foram mapeados apenas os acréscimos dos desmatamentos relativos ao período 2009/2010 (ProAE 2011), por meio de vetorização em tela. Deu-se prioridade ao ajuste geométrico das imagens com o recorte somente da área protegida atenuando-se, assim, os efeitos de distorções e deslocamentos.

3.1 - Seleção das Imagens

Para a realização do ProAE 2011 foram processadas e analisadas cenas do satélite Landsat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*) e do Resourcesat1 – sensor LISS-3 (*Linear Imaging Self-Scanning Sensor-3*) para o estado do Acre e do satélite Resourcesat-1, Sensor LISS-3 para os estados de Rondônia e Mato grosso. No que se refere tanto as imagens do Landsat 5, quanto do Resourcesat-1 foram utilizados os canais espectrais do visível e do infra-vermelho. Na Figura 1A são exemplificadas as bandas espectrais do sensor TM e na Figura 1B as bandas espectrais do Sensor LISS 3. As imagens foram selecionadas para o período de seca quando há menor cobertura de nuvens, o que ocorre usualmente no período de julho a setembro.

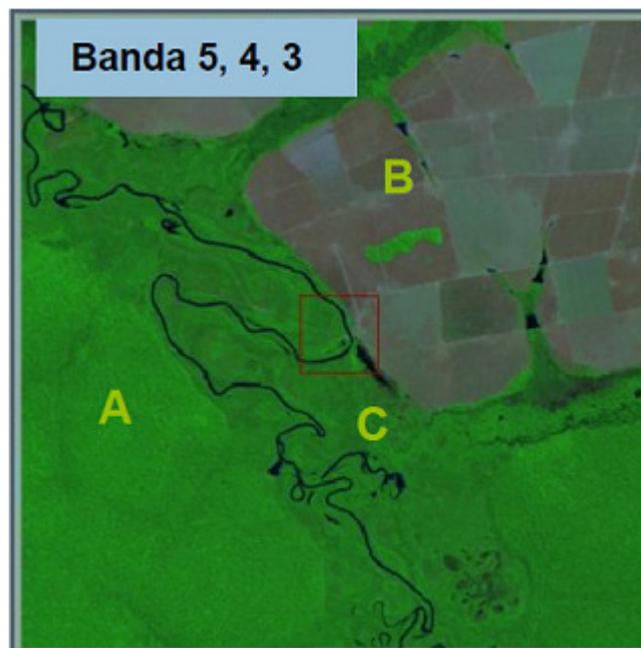
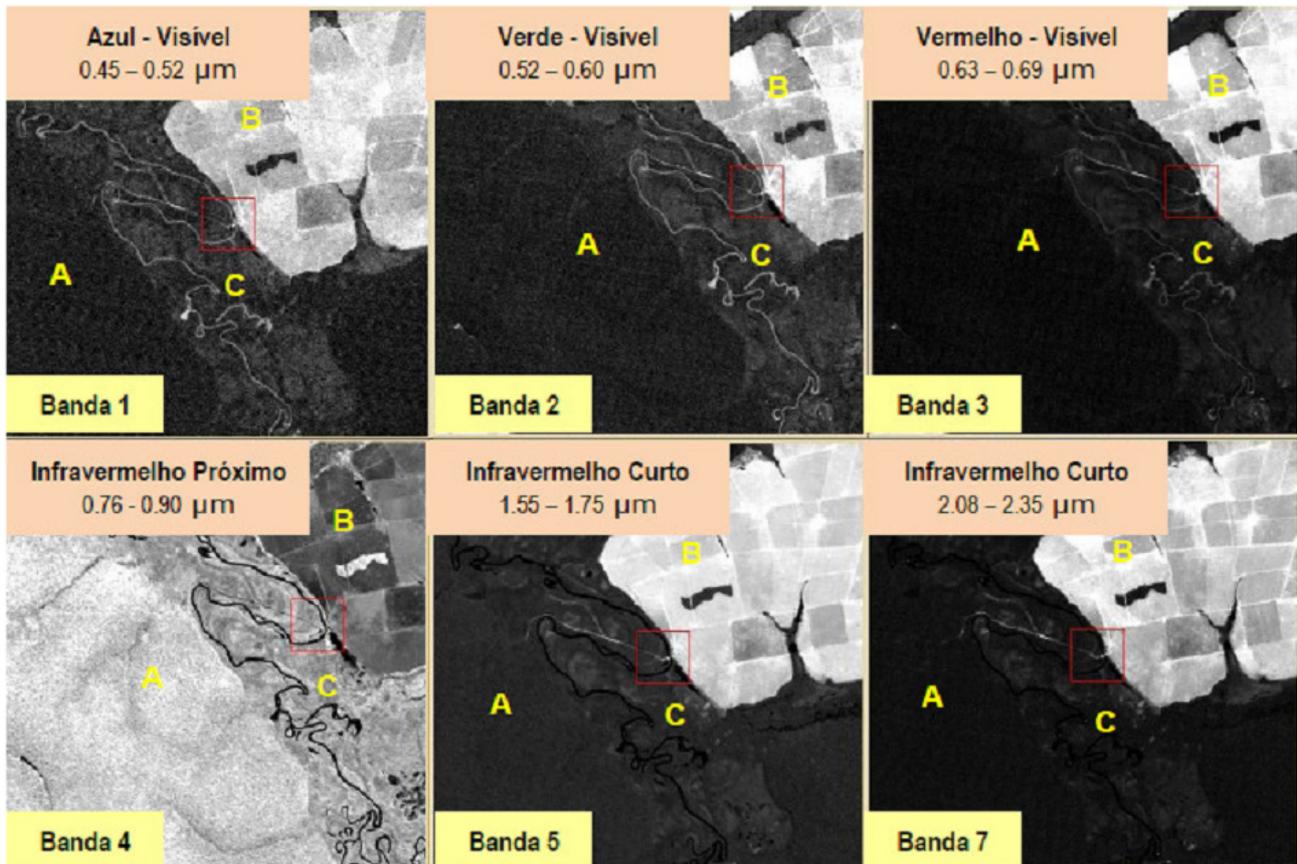


Figura 1A. Comportamento das feições: a) vegetação; b) solo; c) água, nos canais espectrais do Landsat 5 TM e a visualização na composição colorida com as bandas R(5) G(4) B(3).

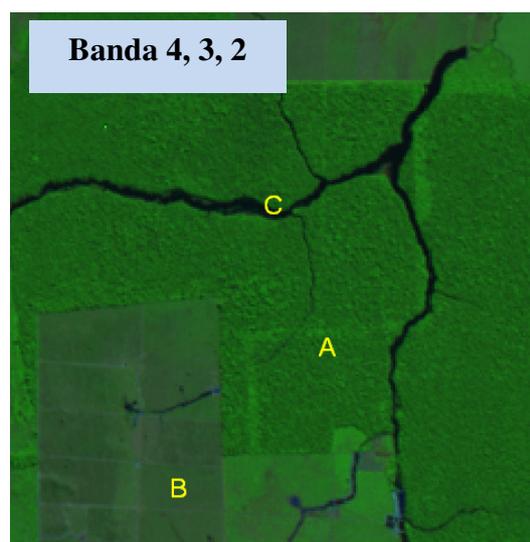
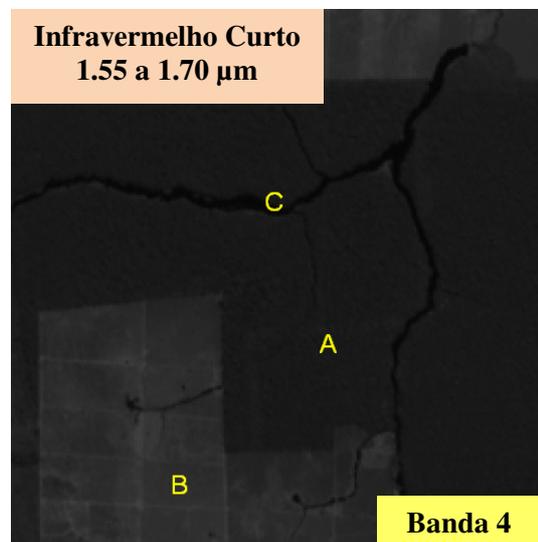
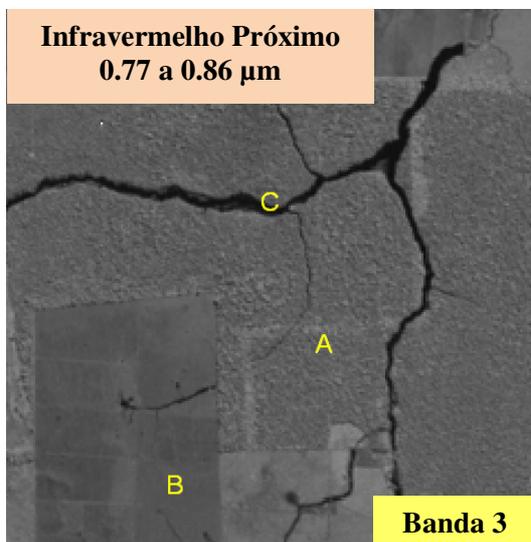
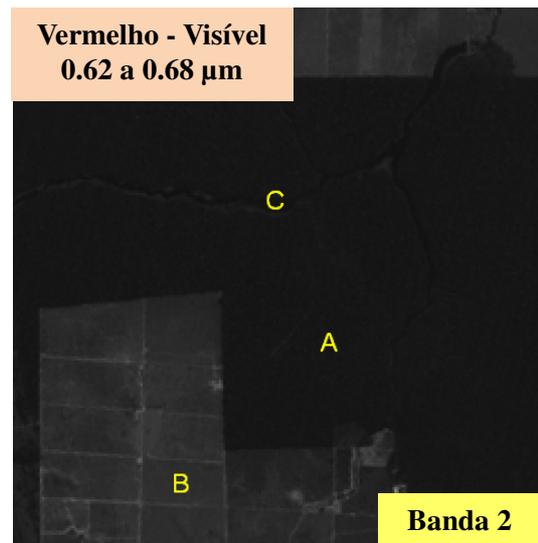
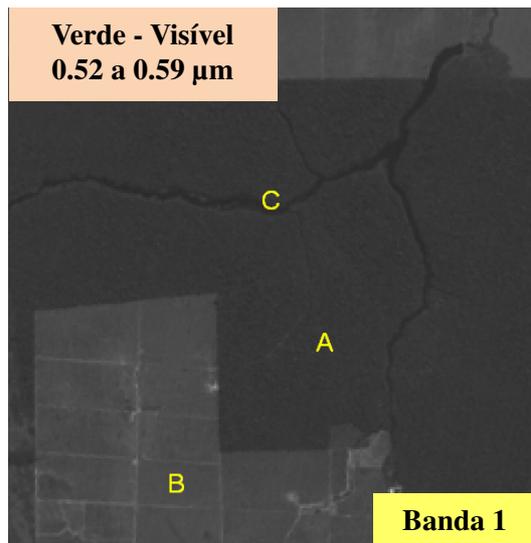


Figura 1B. Comportamento das feições: a) vegetação; b) solo; c) água, nos canais espectrais do Resoucesat1 - LISS3 e a visualização na composição colorida com as bandas R(4) G(3) B(2).

3.2 - Processamento Digital das Imagens

3.2.1 - Imagens Landsat 5 TM

As imagens foram processadas com o intuito de prepará-las para a comparação multi-temporal. O foco da análise foi o desmatamento no interior das áreas protegidas e assim, buscou-se reduzir a quantidade de informação, o que de certa forma compensou o número de dimensões analisadas: 6 bandas espectrais para o Landsat 5 TM. Para tanto, foi realizado um registro precário, com ajuste manual sem pontos de controle, ajustando a imagem ao limite da unidade. Em seguida a imagem foi recortada pelo recorte da área protegida, com uma margem de segurança de dois quilômetros. Com uma área menor de interesse, a área recortada foi registrada com pontos de controle utilizando-se como referência as imagens Landsat 7 ETM do Geocover reamostradas para 30 metros. Como método de transformação foi utilizada a Polinomial de 1ª Ordem e como método de re-amostragem o do Vizinho-Mais-Próximo. Com estes dois procedimentos evitou-se ajustes em mais de um dos eixos da imagem, o que pode comprometer comparações multi-temporais devido à deformação e, concomitantemente, de alterar os níveis de cinza da imagem.

3.2.2 - Imagens Resourcesat-1 LISS-3

As imagens do sensor LISS-3 foram processadas, também com o intuito de prepará-las para a comparação multi-temporal. Assim como nas imagens Landsat 5, o foco da análise foi o desmatamento no interior das áreas protegidas. Foram utilizadas as 4 bandas espectrais do sensor. Foi realizado um registro precário, com ajuste manual sem pontos de controle, ajustando a imagem ao limite da unidade. Em seguida a imagem foi recortada pelo recorte da área protegida, com uma margem de segurança de dois quilômetros. Com uma área menor de interesse, a área recortada foi registrada com pontos de controle utilizando-se como referência as imagens Landsat 5 TM, do ano de 2009 (ProAE2010).

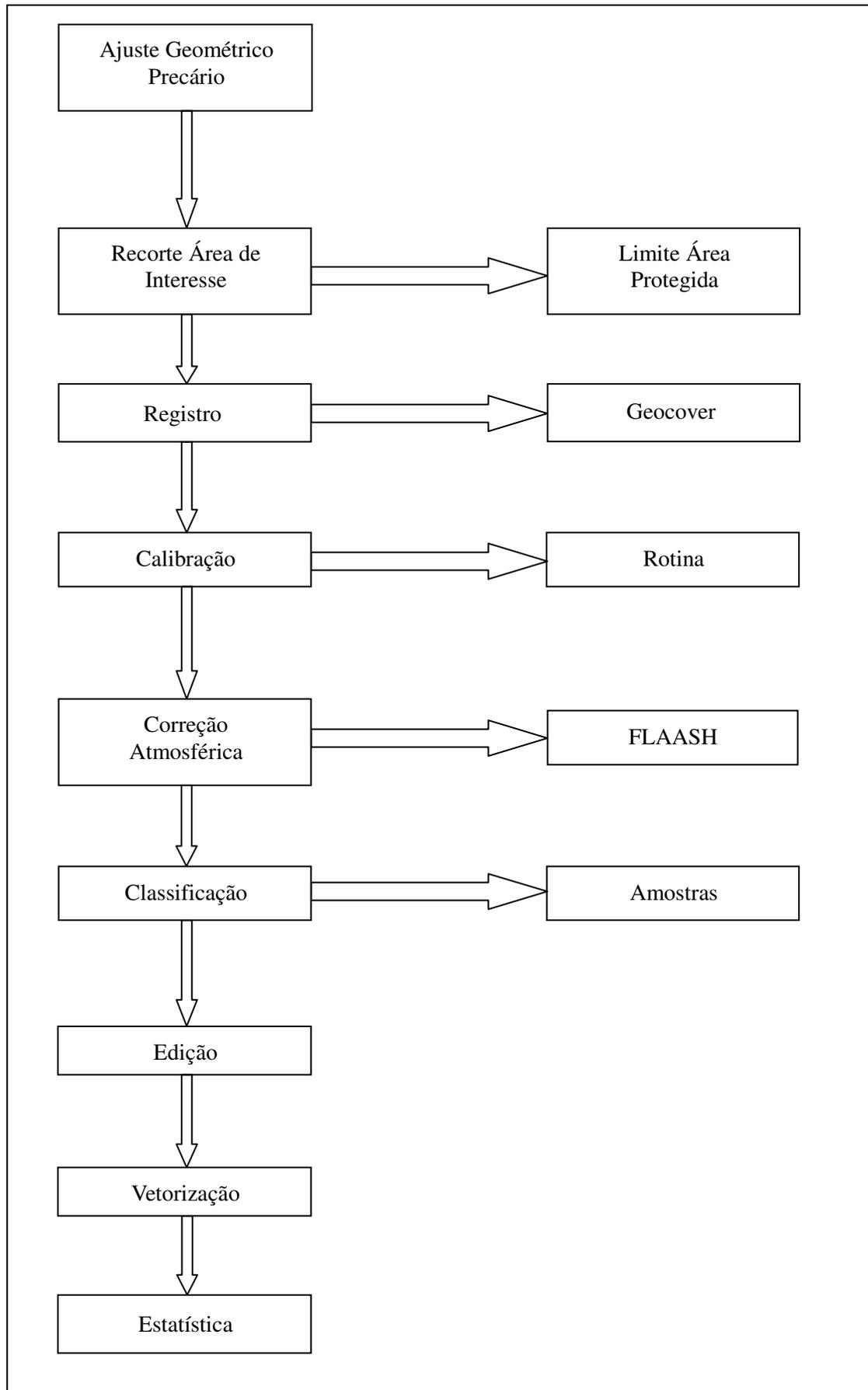


Figura 2. Fluxograma de processamento das imagens Landsat 5 TM para o Proae 2010.

3.3 - Classificação Automática

As imagens Landsat 5 TM já processadas foram submetidas ao processo classificatório. A condução deste processo foi de forma supervisionada (seleção de amostras) com um algoritmo não linear. O classificador da Máquina de Suporte à Vetores (*Support Vector Machine – SVM*) foi utilizado para diferenciar duas classes: desmatamento e não-desmatamento. A Máquina de Suporte à Vetores se caracteriza por ser um classificador binário que separa as classes (x_i, x_j) em hiperplanos de n -dimensões. Assim, o diferencial está na implementação de modelos não lineares que separam as amostras, Figura 3. Para isto, é criada a normal do hiperplano w . A partir da normal são estimadas as margens de separação entre as classes, sendo que as amostras que estão mais próximas à normal são utilizadas com os Vetores de Suporte. Esta estimativa da distância entre os Vetores de Suporte é realizada pela Mínima Distância Euclidiana entre as amostras, onde é estimado o erro b . Para se distinguir a qual classe pertence uma amostra pode ser utilizado o modelo linear ou os modelos não-lineares – Polinomial, Função de Base Radial e Sigmóide. Assim, no modelo linear o hiperplano pode ser descrito inicialmente através da fórmula 3.3.1:

$$\mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{b} = 0 \quad \text{Fórmula 3.3.1}$$

Onde:

x = amostra no hiperplano

w = normal ou origem do hiperplano

t = transposição da matriz

b = viés dos dados estimados a partir da normal

As imagens Landsat 5 TM foram processadas utilizando-se o modelo não linear através da Função de Base Radial. A Fórmula 3.3.2 descreve o modelo probabilístico de separação entre as classes.

$$\mathbf{K}(x_i, x_j) = \exp(-\gamma ||x_i - x_j||^2) \quad \text{Fórmula 3.3.2}$$

Onde:

x_i, x_j = amostras no hiperplano

γ = Fator Gama – inverso do número de dimensões (bandas)

Utilizando a premissa de um classificador binário foram selecionadas amostras para áreas com desmatamentos e não-desmatamento (água, vegetação primária, vegetação secundária, rocha exposta, fogo).

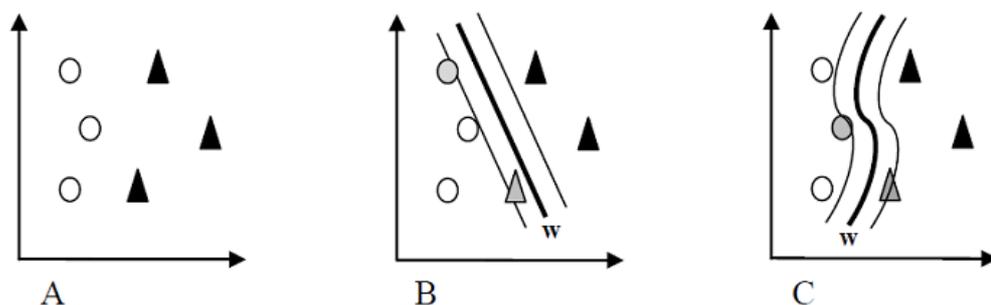


Figura 3. A) Dados hipotéticos com duas classes; B) Separabilidade entre duas classes usando modelo linear; C) Separabilidade entre duas classes usando modelo não-linear. As figuras em cinza seriam os Vetores de Suporte em relação à normal – w .

3.5 - Edição Vetorial

Grande parte dos produtos gerados por processos automáticos estão sujeitos a erros. A edição matricial é uma forma de corrigir possíveis erros no processo classificatório, a ponto de melhorar o produto final. Neste caso, tal procedimento foi realizado em escala fixa (1:50.000), com os seguintes objetivos:

1. Reavivar as estradas e carreadores – este item é de fundamental importância para o projeto. É através das estradas e carreadores que são escoados os produtos obtidos pela antropização; a sua identificação é de extrema importância para a elaboração de relatórios de denúncias e de inteligência, os quais retratam a logística do transporte do material, além do acesso a estes locais pelas instituições responsáveis por fiscalização.
2. Confusão entre classes – na região de estudo ocorre uma formação denominada de “campos naturais” que se enquadra na tipologia Áreas Não-Antropizadas, haja visto que é uma vegetação natural. Tratando-se de imagens orbitais, esta vegetação natural apresenta grande similaridade em termos radiométricos com a tipologia Áreas Antropizadas, que correspondem a áreas que sofreram processo de antropização por corte raso. Visto que a dimensionalidade da informação é de caráter multiespectral, foi impossível separar os “campos naturais” (Áreas Não-Antropizadas) da tipologia Áreas Antropizadas. Para corrigir a classificação, a ponto de identificar os “campos naturais” como Áreas Não-Antropizadas, foi realizado a edição matricial com base em 2 parâmetros: forma, e temporalidade. Em geral, os campos naturais não apresentam formas regulares ocasionadas pela ação antrópica; e a temporalidade é um parâmetro essencial nos estudos de cobertura vegetal. Foram utilizadas imagens do mesmo sensor, porém de décadas passadas, onde a ação humana sobre a vegetação local ainda se apresentava bem incipiente. Nestas imagens foi possível identificar as áreas de Campos Naturais e editá-las na tipologia de Áreas Não-Antropizadas, corrigindo, assim, os erros ocasionados pela classificação. A etapa de validação das informações em campo é essencial e indispensável no sentido de garantir uma melhor consistência nos resultados obtidos. No entanto, não houve a possibilidade da realização desta etapa neste ano, sendo que, para as próximas análises recomenda-se fazer um maior acompanhamento, principalmente para as áreas que forem consideradas mais críticas. É importante enfatizar que foi feito um rigoroso trabalho de edição vetorial, a ponto de verificar toda a classificação realizada dentro das áreas especiais, visto que tais informações

serão utilizadas no SIPAM para apoiar os relatórios de indícios de ilícitos, os quais são, na sua maioria, exigentes no que diz respeito à precisão da informação, além de subsidiar instituições parceiras que atuam nestas áreas. Cabe, também, salientar que as áreas de cerrado onde foram identificadas queimadas não foram classificadas como Áreas Antropizadas, visto a impossibilidade de saber a causa do incêndio (natural ou antrópico).

3.6 - Análise Quantitativa

A análise quantitativa foi realizada para as 2 classes: Desmatamento e Não-Desmatamento. No desmatamento foram consideradas as áreas que sofreram desmatamento sob a forma de corte raso e áreas onde foi possível identificar, também, o corte seletivo de árvores em estágio já avançado, além das estradas e carreadores no interior da floresta até o ano de 2009. No Não-Desmatamento foram consideradas as feições de vegetação primária, secundária, cursos de água, lagoas, queimadas e rocha exposta. A análise quantitativa das áreas desmatadas ocorreu por meio de tabulação cruzada entre o produto temático gerado e os limites das Áreas Especiais. A partir daí foi gerada a carta imagem de cada uma das áreas protegidas, com a respectiva estimativa da paisagem alterada e com a quantificação do desmatamento, em cada um dos polígonos. Para facilitar a visualização, estes dados foram compactados e distribuídos na forma matricial, onde é possível visualizar as coordenadas e medir distâncias. Outro formato de visualização é o formato kml (*Keyhole Markup Language*), compatível com diversos aplicativos de geoprocessamento, inclusive sistemas web, tais como o Google Earth. Para permitir agregar este produto a outras camadas de informação e visando a geração de novos produtos, o dado foi também distribuído no formato shp (*Shapefile*), formato padrão de dados espaciais que atendem aplicativos de geoprocessamento, sensoriamento remoto e plataformas CAD.

3.7 - Bibliografia Consultada:

CHANDER, G., MARKHAM, B. L. and BARSİ, J.A. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, v. 4, n. 3, p.490-494, jul 2007.

CRÓSTA, A. P. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Campinas: Unicamp, 1992. 170.

EPIPHANIO, José Carlos Neves et al. (Org.). *Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. 2. ed. São José Dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p. Tradução de: *Remote sensing of environment: an earth resource perspective*, 2nd ed..

MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005. 250 p.