



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E
AMBIENTAIS - PPGCIFA**

**MAPEAMENTO DA ALTERAÇÃO DE COBERTURA
VEGETAL NO DISTRITO AGROPECUÁRIO DA SUFRAMA
(DAS) UTILIZANDO SÉRIES TEMPORAIS DE SENSORES
REMOTOS**

CHRISTIANE BARBARA CAMARGO SANT'ANNA



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E
AMBIENTAIS - PPGCIFA**

**MAPEAMENTO DA ALTERAÇÃO DE COBERTURA
VEGETAL NO DISTRITO AGROPECUÁRIO DA SUFRAMA
(DAS) UTILIZANDO SÉRIES TEMPORAIS DE SENSORES
REMOTOS**

CHRISTIANE BARBARA CAMARGO SANT'ANNA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPG-CIFA) da Universidade Federal do Amazonas para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração em Gestão Ambiental e Áreas Protegidas.

Orientador: Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa

Manaus - Amazonas
2007

S232m Sant'Anna, Christiane Barbara Camargo

Mapeamento da alteração de cobertura vegetal no distrito agropecuário da SUFRAMA (DAS) utilizando séries temporais de sensores remotos / Christiane Barbara Camargo Sant'Anna. - Manaus, AM : UFAM, 2007. 75 f. : il. color. ; 30 cm

Inclui referências.

Dissertação (Mestre em Ciências Florestais e Ambientais. Área de concentração em Gestão Ambiental e Áreas Protegidas). Universidade Federal do Amazonas. Orientador: Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa.

1. Mapeamento – Manaus, AM 2. Mapeamento - Rio Preto da Eva, AM
3. Sistemas de informação geográfica 4. SUFRAMA I. Título

CDU (1997): 581.9(811.3)(043.3)

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Maria Siméia Ale Girão

CHRISTIANE BARBARA CAMARGO SANT'ANNA

Bióloga

**MAPEAMENTO DA ALTERAÇÃO DE COBERTURA VEGETAL NO DISTRITO
AGROPECUÁRIO DA SUFRAMA UTILIZANDO SÉRIES TEMPORAIS DE
SENSORES REMOTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPG-CIFA) da Universidade Federal do Amazonas para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração em Gestão Ambiental e Áreas Protegidas.

Aprovada em 29 de junho de 2007.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa, Orientador
Universidade Federal do Amazonas – DCF/FCA

Prof. Dr. Julio César Rodríguez Tello, Membro
Universidade Federal do Amazonas – DCF/FCA

Dr. Moacir Alberto Assis Campos, Membro
Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA

À minha mãe Dione e ao meu pai Arnaldo (*in memoriam*),

A minha “criatura divina”, meu filho João Pedro,

E a quem me acompanhou nessa estrada, Daniel Borges Nava,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Meu Deus, Pai Todo Poderoso, por acreditar em mim, dando-me a sabedoria e discernimento necessário diante deste (e outros) desafio(s). Aos meus amigos e irmãos da Religião de Deus, pela força espiritual de que tanto precisei.

A TODA minha família, pelo amor, compreensão e muita paciência, dando-me a certeza de poder contar com seu apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao Profº Dr Lizit Alencar da Costa, meu orientador, pelas críticas, sugestões e correções, fundamental para elaboração deste trabalho.

Aos Professores do curso de Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais – PPGCIFA, pelas horas dedicadas e orientação de toda a turma para a realização das dissertações, especialmente aos Professores Julio César Rodríguez Tello e Adilson dos Santos Hara, de quem recebi atenção.

A secretária Elzimar Braga, pela amizade, dedicação, estímulo e grande paciência permanente durante todo o curso.

Aos preciosos amigos de turma: Simone Marcela, Paulo Amorim “Xingu”, Mayana Paula, Carlos Benedito, João Brito, Pinheiro Jr e demais colegas, pelas horas de convivência e socialização do saber.

Aos meus amigos da Fundação Aplicações de Tecnologias Críticas – ATECH e do Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM, principalmente a Antonia Maria Martins Ferreira (Tuninha), Mariza Alves de Macedo, Maria Eliene Gomes da Cruz e a todos da Divisão Ambiental pela socialização de conhecimento, incentivo e apoio.

À Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais - CPRM e à Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA.

A todos aqueles que de alguma maneira contribuíram, e por omissão não constam nesta lista, peço desculpas e agradeço!

A destruição da natureza é a extinção da raça humana.

Paiva Netto

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo mapear a alteração da cobertura vegetal de terrenos do DAS a partir da interpretação de séries temporais de produtos do sensor TM satélite LANDSAT 5 (2002 e 2004) e do sensor CCD do satélite CBERS 2 (2006). A área do DAS de 589.334 hectares está localizada entre os paralelos 2° 43'46" e 2° 04'21" Latitude Sul e meridianos 60° 40' e 59° 20' Longitude Oeste, nos municípios de Manaus e Rio Preto da Eva, Estado do Amazonas. A ocupação dos terrenos no DAS estimula a substituição da cobertura florestal nativa e segue um padrão associado às vias de circulação existentes (ZFs), à rodovia federal BR-174 e à rodovia estadual AM-010. Os principais cultivos observados foram: dendê, banana, coco, laranja, mandioca, hortaliças e verduras, além de gramíneas. É notável a grande quantidade de projetos abandonados, pela falta de incentivos ou assistência técnica rural e dificuldade de escoamento da produção nos períodos de chuva. Com o abandono do projeto, é comum observar áreas de pastagem degradadas e, dependendo do tempo de abandono, a presença de capoeira em vários estágios de desenvolvimento. Foi desenvolvida proposta metodológica de monitoramento dos valores da reserva legal que calcula taxas de desmatamento como critério de avaliação da aprovação de novos projetos e/ou da continuidade dos vigentes pela SUFRAMA. Considerando os valores mapeados no período entre 2002 e 2004, o desmatamento do DAS cresceu 19,6%. A análise da imagem de 2006 não apresentou significativas alterações da perda da cobertura vegetal, a não ser na porção sul do DAS, na área de influência da sede municipal de Rio Preto da Eva. Os 11,6% de áreas alteradas mapeadas em 2004 não atingem os valores limites de 20% da reserva legal. Considerando a possibilidade de desmate de mais 8,4% da área total, o limite para a retirada da floresta está fixado no valor máximo de 49.504,06 hectares. Este trabalho traz recomendações ao processo de construção do conhecimento científico na Amazônia, principalmente, no que tange ao compromisso do desenvolvimento sustentável dos sistemas produtivos existentes, tendo por base as diversas ferramentas das geotecnologias.

Palavras-chave: SUFRAMA, Geotecnologia, Cobertura vegetal.

ABSTRACT

The present study had as objective to map the forest land cover of the Farming District of SUFRAMA, from the interpretation of time series of products of remote sensors, using of scenes of sensor TM satellite LANDSAT 5 (2002 and 2004) and scenes of sensor CCD of satellite CBERS 2 (2006). The total area of the Farming District of SUFRAMA is 589.334 hectares and located at 2° 43'46" - 2° 04'21 South and 60° 40' - 59° 20' West, in the Manaus and Rio Preto da Eva City, Amazonas State. The occupation of lands stimulates the substitution of the original forest cover and follows a pattern associated with the existing ways of circulation, the presence of the federal highway BR-174 (in the direction North and South) and a state highway AM-010. The main cultivates observed are: dendê, banana, coconut, orange, manihot, vegetables and grassy cultivate. The great amount of abandoned projects is notable, for the lack of incentives or assistance agricultural technique and difficulty of sale the production in the rain periods. It is common also to observe areas of pasture degraded, depending on the time of abandonment, presented of "*capoeira*" in some stages of development. Considering the inherent difficulties the territorial management of the District, the present study developed a method to calculate the values of the legal reserve. Its calculated deforestation taxes as criterion of evaluation of the approval of new projects and/or the continuity of the effective ones by SUFRAMA. Considering the values observed in the period between 2002 and 2004, the deforestation grew 19.6%. The analysis of the 2006 image did not present significant alterations in the vegetal covering, only in the south portion, in the area of influence of Rio Preto da Eva City. 11,6% of modified areas observed in 2004 do not reach the boundary-values of 20% of the legal reserve of the Farming District. The possibility of it deforests more 8.4% of the total area, the limit for the withdrawal of the forest is fixed in the maximum value of 49.504,06 hectares. This work brings recommendations to the process of construction of the scientific knowledge in the Amazônia, mainly, in that it refers to the commitment of the sustainable development of the existing productive systems, having for base the diverse tools of the geotechnologies.

Word-key: SUFRAMA, Geotechnology, Forest cover.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Representação dos diversos ambientes de cobertura vegetal.....	19
Figura 2 - Mecanismos de interações.....	22
Figura 3 - Espectro eletromagnético.....	23
Figura 4 - Foto ilustrativa do satélite LANDSAT 7.....	24
Figura 5 - Foto ilustrativa do satélite CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres).....	25
Figura 6 - Foto ilustrativa da órbita pela terra do satélite CBERS.....	26
Figura 7 - Área coberta pelo SRTM.....	29
Figura 8 - Estrutura básica de um SIG.....	31
Figura 9 - Localização do Distrito Agropecuário da SUFRAMA - DAS.....	35
Figura 10 - Recorte das cenas TM LANDSAT 5 (órbita/ponto 230/062, 231/061 e 231/062, de 2002 e 2004), com detalhe do Distrito Agropecuário da SUFRAMA – DAS.....	37
Figura 11 - Padrão de resposta espectral dos principais alvos da superfície terrestre.....	39
Figura 12 - Janela do <i>software</i> ERDAS Imagine 8.4 onde os parâmetros são mudados....	40
Figura 13 - Sobreposição de imagem de satélite com os principais polígonos classificados em nuvem , sombra de nuvem, água e áreas não-florestadas.....	42
Figura 14 - Validação de campo da área de dendezal.....	43
Figura 15 – Espacialização dos pontos de controle coletados em campo na área do DAS.....	44
Figura 16 – <i>Layer</i> com a distribuição dos lotes de projetos aprovados na SUFRAMA. Compilado de CPRM (2005).....	45

Figura 17 - Sobreposição do mapa de uso e cobertura da terra com destaque para as Áreas de Preservação Permanente - APP's em azul.....	47
Figura 18 – Detalhe das unidades classificadas no mapa de uso e ocupação da terra a partir da imagem TM LANDSAT 5.....	47
Figura 19 - Jazida de caulim encontrada no km45 da BR - 174.....	49
Figura 20 - Mapa de drenagem com a identificação das unidades de macrobacias hidrográficas.....	51
Figura 21 - Perfil A – latossolo amarelo típico. Perfil B – areais explorados no DAS.....	52
Figura 22 - Mapa de fitofisionomias da área do DAS. Compilado de CPRM (2005).....	55
Figura 23 - Vegetação de campinarana observada no DAS.....	55
Figura 24 - Aspectos da floresta de igapó.....	56
Figura 25 - Aspecto da floresta de platô baixo com campinarana.....	57
Figura 26 - Mapa com as unidades classificadas quanto ao uso e ocupação da terra.....	58
Figura 27 - Principais rodovias federal e estadual e ramais (ZF) presentes no DAS.....	59
Figura 28: Vista parcial de pastagem de <i>Brachiaria humidicola</i> na ZF-5 – AM (A). Vista da plantação de hortaliças e verduras em terreno localizado na ZF-10 (B).....	60
Figura 29: Vista parcial de um dendezeal – Fazenda Caiuê – ZF-5 - AM.....	61
Figura 30 – Identificação das áreas de cultivo do dendê na imagem TM Landsat, bandas 3, 4 e 5.....	61
Figura 31 – Projeto de Sistema Agroflorestal em Rio Preto da Eva.....	62
Figura 32 – Aspecto da paisagem de capoeira em um projeto abandonado no DAS.....	63
Figura 33 – Identificação de áreas com subtração da cobertura florestal. Bacia Hidrográfica do rio Preto da Eva, DAS.....	64

Figura 34 – Padrão do crescimento urbano de Manaus, facilitado pela presença da BR-174. Forte pressão ao desmatamento nos limites do DAS (cena 2004 – LANDSAT).....	65
Figura 35 – Fluxograma apresentando proposta metodológica para o monitoramento das áreas de reserva legal para a análise de projetos desenvolvidos no DAS.....	67
Figura 36 - Mapa de alteração da cobertura vegetal entre 2004 e 2006, a partir da imagem CBERS 2 de 2006. Em detalhe, as áreas alteradas.....	69

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 – Parâmetros utilizados para restauração das imagens CBERS 2.....	40
Tabela 2 – Quantitativo de unidades amostrais do DAS.....	48
Tabela 3 – Comparativo dos valores de reserva legal do DAS medidos em cenas de 2002 e 2004.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP - Áreas de Preservação Permanente.

CBERS - China-Brazil Earth Resources Satellite.

CCD - Câmera Imageadora de Alta Resolução.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

DAS - Distrito Agropecuário da SUFRAMA.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETM+ - Enhanced Thematic Mapper Plus.

GLCF - Global Land Cover Facility

GPS - Global Positioning System

INPA - Instituto nacional de Pesquisa da Amazônia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

IRMSS - Imageador por Varredura de Média Resolução.

MAH - Método de Análise Hierárquica.

MDE - Modelo Digital de Elevação.

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NASA - National Aeronautics and Space Administration.

PND - Plano Nacional de Desenvolvimento da Amazônia.

POLAMAZONIA - Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia.

PROTERRA - Programa de Redistribuição de Terra.

SGBD - Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados.

SIG - Sistema de Informações Geográficas.

SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia.

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission.

SUFRAMA - Superintendência da Zona Franca de Manaus.

TM - Thematic Mapper.

UC - Unidades de Conservação

WFI - Câmera de Amplo Campo de Visada.

WGS - World Geodetic System.

ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico.

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	17
2.1 Geral	17
2.2 Específicos	17
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 A análise ambiental e os estudos temporais sobre cobertura vegetal	18
3.2 Sensoriamento Remoto	22
3.2.1 LANDSAT	23
3.2.2 CBERS-2	25
3.2.3 SRTM – <i>Shuttle Radar Topography Mission</i>	28
3.3 Sistemas de Informações Geográficas - SIG	29
3.4 Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal	32
4. MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1 Área de Estudo	35
4.2 Produtos de Sensores Remotos	36
4.3 Equipamentos Computacionais, de Georreferenciamento e <i>Softwares</i>	37
4.4. Procedimento metodológico	38
4.4.1. Caracterização biofísica do DAS	38
4.4.1.1 Georreferenciamento das imagens	38
4.4.1.2 Classificação das imagens	41
4.4.1.3 Atividades de campo	43
4.4.2. Estudo temporal das alterações ocorridas na cobertura vegetal do DAS	45

4.4.3. Análise e quantificação das áreas de reserva legal	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1 Caracterização biofísica do DAS	49
5.1.1 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos do DAS	49
5.1.2 Aspectos da formação dos solos no DAS	52
5.1.3 Aspectos climatológicos do DAS	52
5.1.4 Biodiversidade no DAS	53
5.2 Estudo temporal das alterações ocorridas na cobertura vegetal do DAS	57
5.2.1 Uso e ocupação da terra no DAS	57
5.2.2 Análise histórica (2002, 2004 e 2006) da alteração da cobertura florestal e as relações de reserva legal	63
6. CONCLUSÕES	70
7. RECOMENDAÇÕES	72
8. REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

O reconhecimento das potencialidades naturais de uma determinada região é instrumento importante na gestão de uso e ocupação do solo, seja em espaços urbanos, seja em áreas rurais.

Para a região amazônica, de exuberante biodiversidade, as diversas atividades que representam o uso e ocupação do território têm originado desafios aos pesquisadores no intuito da minimização de impactos e conflitos.

Segundo dados do Governo do Estado, 98% do espaço territorial do Amazonas apresentam cobertura florestal nativa. Por este motivo, uma política de crescimento econômico regional deve pautar na conservação da biodiversidade, seja pelas práticas de manejo florestal, seja pelos serviços ambientais relacionados à manutenção da floresta.

Após o ápice do ciclo da borracha (século XIX e início do século XX) o Estado do Amazonas passou por um período de estagnação econômica.

Como uma política pública para alavancar o desenvolvimento da região foi criada a Zona Franca de Manaus, através da Lei nº 3.173, de 06 de junho de 1957 e do Decreto-Lei nº 288 de 28.02.67. O objetivo era implantar no interior da Amazônia Ocidental um centro comercial, industrial e agropecuário (o Distrito Agropecuário da SUFRAMA - DAS).

Dentre os resultados desta política de incentivos fiscais observou-se a consolidação de um parque industrial na capital do Amazonas, Manaus.

Em 1970 foi elaborado o I Plano Nacional de Desenvolvimento da Amazônia em atenção aos anseios da integração nacional do território Amazônico. Este plano representou à região uma base de expansão da energia, transporte, comunicações, siderurgia, entre outros. Tal plano é materializado a partir do financiamento da construção da rodovia Transamazônica para conectar a Amazônia ao Nordeste e a rodovia Santarém - Cuiabá, interligando a Amazônia ao Centro-Sul do Brasil.

Acompanhando a política de ocupação foi criado o Programa de Redistribuição de Terra (PROTERRA) através do Decreto-Lei nº 1.178 de 01 de junho de 1971. Este Programa consistiu na aquisição de terras por produtores rurais que se deslocassem para a Transamazônica; promovendo a agroindústria, e melhorando as condições do trabalho rural nas regiões do Nordeste e Amazônia.

Este II Plano de Desenvolvimento estabeleceu ainda estratégias para o desenvolvimento da indústria de base como produtos petroquímicos, fertilizantes, siderúrgicos entre outros, corrigindo desníveis da organização industrial, a partir do fortalecimento do capital privado nacional.

Nesse contexto, o II PND dispunha sobre a implantação de programas como o de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (POLAMAZONIA - Decreto nº 74.067, de 29.09.74). Foram criados 15 pólos de desenvolvimento em áreas estratégicas e no caso da Amazônia Legal que visavam à produção da pecuária, mineral e agroindustrial.

As diversas iniciativas de planos de desenvolvimento regional do governo federal, que diretamente influenciaram a dinâmica territorial e a consolidação do Distrito Agropecuário da SUFRAMA – DAS foram compiladas dos relatórios técnicos da Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA (SUFRAMA, 2003; SUFRAMA, 2005; SUFRAMA, 2006).

De acordo com o seu Plano Diretor, elaborado em 1984, o Distrito Agropecuário da SUFRAMA, tinha como objetivos: a) criar um pólo de desenvolvimento agropecuário capaz de servir de modelo à ocupação das terras firmes da Amazônia Ocidental; b) contribuir ao aumento da oferta de alimentos para o mercado de Manaus; c) criar novos empregos; satisfazer a demanda de terra para a implantação de projetos agropecuários de interesse para o desenvolvimento da região; d) aproveitar racionalmente os recursos naturais; e) possibilitar a substituição gradativa das importações e gerar produtos exportáveis; f) diminuir os custos de

produção e comercialização de produtos agrícolas e extrativos, de modo a gerar maior valor agregado à economia local; g) criar tradição agrícola para a região.

Uma análise dos resultados de mais de 30 anos de investimentos na região foi apresentada pelo recente estudo do Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Agropecuário da SUFRAMA (CPRM, 2005).

O Zoneamento Ecológico e Econômico – ZEE é um instrumento técnico e político para a gestão do território, fortalecimento institucional e de participação social no planejamento das diversas esferas de governo. Tem por objetivo apoiar as tomadas de decisões referentes ao uso e ocupação do território, levando à adoção de modelos sustentados de desenvolvimento.

A proposta metodológica do ZEE surgiu a partir do Decreto 96.944, de 12/10/88, que instituiu o Programa de Defesa do Complexo de Ecossistemas da Amazônia Legal, também denominado Programa Nossa Natureza e se constituiu pela:

- a) Análise integrada em SIG, contendo temas do meio físico, biótico e social, e construção de cenários em escala de micro-diagnósticos com modelagem de impactos ambientais e sociais (CPRM, 2005);
- b) Utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento para análise das modificações ocorridas na cobertura vegetal e integração com componentes do meio físico, indicando áreas que precisam ser preservadas (APP's) e/ou recuperadas, ou que possam ser utilizadas sob manejo (Palmeira, 2004);
- c) Proposta que identifica paisagens naturais do terreno, classificando-as, a partir da foto-análise de imagens de satélite, em graus de vulnerabilidade natural (Crepani *et alli*, 1996), segundo os conceitos da Ecodinâmica propostos por Tricart (1977).

Marques (2005) afirmou que o ZEE busca aumentar a eficácia e minimizar os riscos dos empreendimentos dos setores produtivos, classificando os territórios de acordo com suas potencialidades naturais, vulnerabilidades ambientais e avaliação de fatores que impliquem na perda de biodiversidade ou do patrimônio paisagístico e cultural.

Os dados do ZEE do Distrito Agropecuário da SUFRAMA - DAS (CPRM, 2005) que retrataram as dificuldades de um pólo econômico agrícola não consolidado, com grandes áreas de projetos desativados, questionando a vocação agropecuária do Distrito, serviram de subsídio ao desenvolvimento desta dissertação.

Estes estudos caracterizaram também grandes percentuais de áreas alteradas pelo uso antrópico no desenvolvimento dos projetos agropecuários. A ausência da extensão rural institucional provocou natural abandono destes terrenos adquiridos pelos empreendedores com baixo custo econômico.

Nesta dissertação buscou-se mapear a alteração da cobertura vegetal e reserva legal no Distrito Agropecuário da SUFRAMA através da interpretação de séries temporais de produtos de sensores remotos. Utilizou-se para tanto das propostas metodológicas de Lucas *et al.* (1998), que avaliaram a contribuição do sensoriamento remoto na análise da cobertura vegetal (composição florística, biomassa e estrutura de florestas tropicais em regeneração).

Tomou-se também como referência o trabalho de Costa (2001), que desenvolveu estudo sobre zoneamento baseado na combinação de critérios múltiplos, participação democrática de especialistas, uso do método de análise hierárquica (MAH), sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas (SIG).

As visitas de campo pelas diversas vicinais, conhecidas localmente, como ZFs, permitiram confirmar que grande parte destas áreas estão abandonadas e sob processo de regeneração natural da cobertura vegetal.

Embora, não se possa caracterizar os diversos estágios de regeneração destas coberturas de capoeira, futuros trabalhos científicos podem identificar e analisar o tema a partir do uso do sensoriamento remoto.

O presente estudo fez também uma abordagem dos aspectos de natureza econômica, social e ambiental da região, ao analisar a perda de cobertura vegetal nas áreas de Reserva Legal.

O valor agregado da biodiversidade do DAS consiste no entendimento que a alteração destes biomas estudados implica em baixos índices de sustentabilidade ambiental, e natural, perda do patrimônio biológico (fauna, flora e o homem que vive na natureza).

Assim, com o objetivo de monitorar a perda da cobertura florestal nativa a partir da interpretação de cenas temporais de produtos de sensores remotos, este trabalho propôs uma metodologia para autorização de novos projetos em terrenos do DAS, segundo as relações das áreas de reserva legal.

Os resultados aqui apresentados constituem-se em ferramenta de decisão na análise do uso e ocupação dos terrenos do DAS, buscando resguardar a sustentabilidade dos seus recursos naturais frente ao natural desenvolvimento dos diversos projetos econômicos; e instrumentalizar o controle e manutenção das reservas legais de cobertura florestal a partir do mapeamento das taxas de desmatamento.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Mapear a alteração da cobertura vegetal e da reserva legal de terrenos do Distrito Agropecuário da SUFRAMA (DAS) a partir da interpretação de séries temporais de produtos de sensores remotos e dados secundários obtidos do zoneamento ecológico econômico visando subsidiar a gestão sustentada da área de estudo.

2.2 Específicos

- Apresentar uma caracterização biofísica do DAS para subsidiar ações futuras de gestão.
- Realizar estudo temporal das alterações ocorridas na cobertura vegetal e outros usos da terra no DAS.
- Analisar e quantificar as áreas de reserva legal a partir da implantação de projetos econômicos, do uso e ocupação de áreas do DAS.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A análise ambiental e os estudos temporais sobre cobertura vegetal

A ciência natural aparece nos séculos XVI e XVII a partir do conceito de que a natureza sobrevive por si mesma, separada das atividades humanas. Em contraposição, o Capital de Marx propõe a tese do materialismo histórico onde a natureza é apropriada e transformada pelas forças produtivas.

O primeiro evento mundial que discute as questões ambientais foi a 1ª Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (1972), realizada em Estocolmo. Neste evento foram discutidos problemas como: poluição industrial, exploração dos recursos naturais, a sobrevivência no Planeta em face dos processos de aquecimento global, efeito estufa, buracos na camada de ozônio, chuvas ácidas, dentre outros.

Na década de 80 nasce o conceito de desenvolvimento sustentável, a partir da necessidade de conciliar o crescimento econômico com a conservação dos recursos naturais às gerações futuras. Esta discussão remete ao entendimento que qualquer uso do solo gera alterações na natureza (impactos ambientais) e segundo Ross (1997), *“não se pode coibir a expansão da ocupação dos espaços, reorganização dos já ocupados e fatalmente a ampliação do uso dos recursos naturais, em virtude do atual nível de expansão econômica e demográfica”*.

Ribeiro *et al.* (1999) descreveram os diversos ambientes de cobertura vegetal, conforme perfil descrito na Figura 1. Para vegetação típica de floresta de terra firme, florestas que não são sazonalmente inundadas periodicamente pelas cheias dos rios, são descritas quatro tipos de cobertura florestal: platô, vertente, campinarana e baixio.

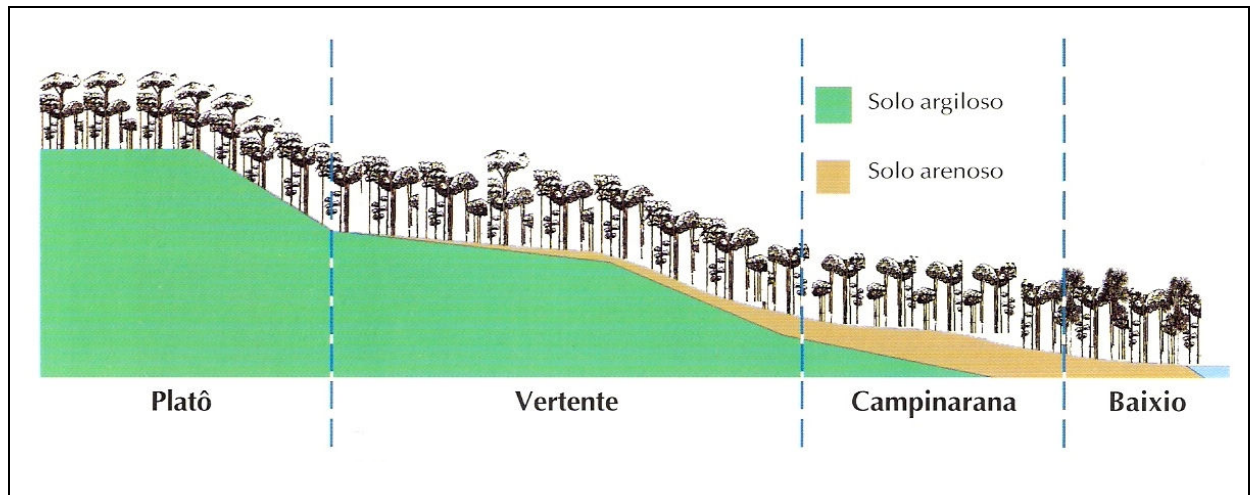


Figura 1 - Representação dos diversos ambientes de cobertura vegetal (RIBEIRO *et al.*, 1999, p.8).

Segundo Ribeiro *et al.* (1999), as florestas de platô se apresentam nas áreas mais altas, com dossel de 35-40m, com muitas árvores emergentes (acima de 45m), com maior biomassa e, no sub-bosque, muitas palmeiras acaules. As florestas de vertentes caracterizam-se pela paisagem colinosa dissecada, dossel de 25-35m e poucas árvores emergentes. As florestas de campinarana se apresentam nas paleo-praias entre as áreas de baixio e vertentes, com grande acúmulo de serrapilheira, dossel de 15-25m e poucas árvores de grande porte, menor biomassa e menor diversidade, alta densidade de epífitas e no sub-bosque denso de arvoretas e arbustos. As florestas de baixio se apresentam nas planícies aluviais ao longo dos igarapés, com dossel de 20-35m, com poucas árvores emergentes, muitas palmeiras arbóreas e sub-bosque denso.

Oliveira *et al.* (2002), estudando a composição, diversidade, endemismo e conservação da flora amazônica, propuseram para o bioma Amazônia Brasileira, que representa cerca de 4,1 milhões de km² (48% do território nacional) a sub-divisão de 23 ecorregiões, delimitadas com base nos grandes rios, variação de relevo, tipos de solo, inundação por rios ou mares e variação da precipitação. As ecorregiões constituídas nem sempre correspondiam aos limites das comunidades vegetais.

Estes autores consideraram como fitofisionomias mais ameaçadas e menos protegidas na Amazônia àquelas localizadas no litoral, no arco do desmatamento, nas áreas ripárias e nas regiões montanas. Também consideram que estas fisionomias ainda carecem de estudos botânicos.

Oliveira *et al.* (2002) ressaltaram que a conservação das áreas de igapós (vegetação inundada por águas pretas ou claras ou permanentemente encharcadas) e das várzeas (vegetação inundada por águas barrentas), que totalizam na Amazônia cerca de 500.000km², tem sido deixado de lado, necessitando, portanto de maiores estudos que priorizem sua conservação, pois constituem mananciais de diversas bacias hidrográficas. A diversidade nas várzeas e igapós apresenta mais de 100 espécies por hectare (como é o caso dos igapós do rio Negro).

A cartografia da perda da reserva legal em áreas rurais consiste em importante diagnóstico à diminuição da degradação ambiental e em poderoso instrumento à gestão territorial.

Lucas *et al.* (1998) propuseram para o mapeamento da cobertura vegetal o método da análise de dados LANDSAT. A análise de dados de sensoriamento remoto para o mapeamento de florestas em regeneração, segundo os autores requer uma compreensão da superfície de cobertura vegetal, pois as mesmas influenciam as radiações medidas. Foram utilizados no estudo dados das faixas 3 (visível: 0,63-0,69 μm), 4 (infravermelho próximo: 0,76-0,90 μm) e 5 (infravermelho médio: 1,55-1,74 μm) do Mapeador Termal (TM).

Os mesmos autores afirmaram a partir de Wickland (1991) que os sensores óticos do tipo TM LANDSAT são sensíveis apenas à radiação refletida da camada superior da cobertura vegetal, o que dificulta o estabelecimento das relações diretas da biomassa vegetal e sua reflectância espectral.

Esta dissertação tomou por base os conceitos apresentados por Lucas *et al.* (*op cit.*), que citaram como referências para estudos de mapeamento e padrões de desmatamento na Amazônia os trabalhos do INPE (1990; 1992) e de Skole e Tucker (1993). Estes autores propuseram como metodologia: o estudo de série temporal de dados de sensoriamento na análise da alteração da transformação da paisagem e monitoramento da perda da floresta primária, como também o manejo da terra ao longo do tempo (que influencia a taxa de reflorestamento e a dinâmica da sucessão) e a regeneração das florestas.

Fidalgo *et al.* (2003) relataram que já existe um grande acervo de estudos da cobertura vegetal e do uso da terra na Amazônia, utilizando imagens orbitais. Estes autores citam como trabalhos pioneiros: Tardin *et al.* (1979); Shimabukuro *et al.* (1982); Santos *et al.* (1983), que foram realizados com imagens do sensor MSS LANDSAT.

Sano *et al.* (1989) utilizaram as imagens TM LANDSAT no formato digital para o mapeamento do uso das terras, fazendo a caracterização e quantificação de classes de paisagem em dez municípios do nordeste paraense.

Barroso *et al.* (1993), usando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, mostraram a importância dessas técnicas na detecção de mudanças no uso da terra por transformações antrópicas ocorridas na cobertura vegetal para áreas de projeto de assentamento na região de Paragominas (Estado do Pará).

Alves & Skole (1996) e Moran *et al.* (1994) usaram a análise multitemporal e o armazenamento periódico dos dados de sensoriamento remoto da Amazônia para entendimento dos diferentes padrões de regeneração secundária, além das mudanças da cobertura e do uso da terra.

3.2 Sensoriamento Remoto

Segundo Costa (2001), Sensoriamento Remoto é a ciência e a arte de obter informações com um objeto, uma área terrestre, ou um fenômeno qualquer, mediante análise de dados obtidos com um aparelho sensível que não está em contato direto com o alvo para o qual está direcionado.

O Sensoriamento Remoto consiste na utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Os sensores são equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informação (NOVO, 1992), utilizando como principal fonte de energia a radiação eletromagnética, sendo as principais disponíveis pelo sol e a própria terra (Figura 2).

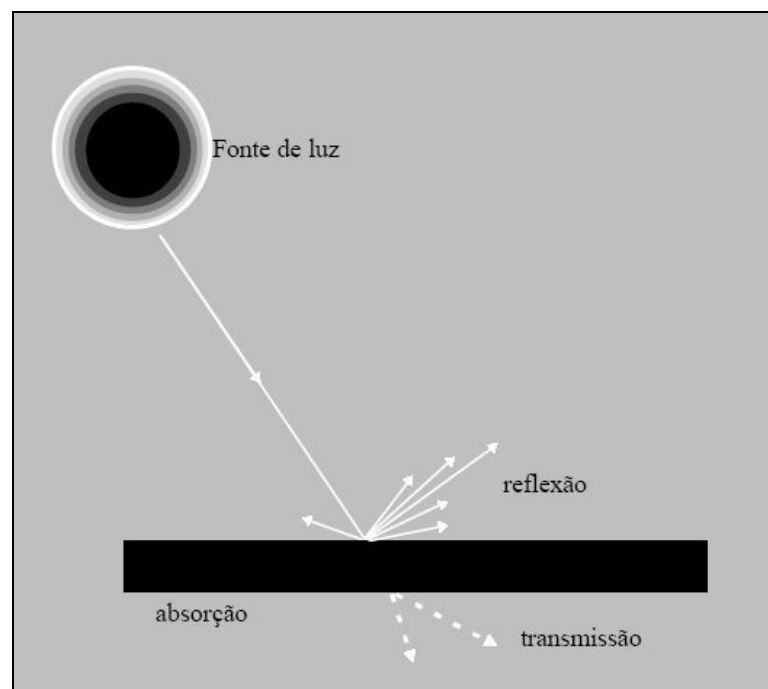


Figura 2 - Mecanismos de interações. Fonte: EASTMAN (1998).

Através do sensoriamento remoto, é possível identificar características de diferentes materiais superficiais. Isto porque estes materiais possuem comportamento diverso nos vários

comprimentos de onda do espectro eletromagnético. Sendo este a distribuição da radiação eletromagnética (gerada por ondas produzidas pela oscilação ou aceleração de uma carga elétrica) em um contínuo, que se estende desde onda de frequência extremamente alta (comprimento de onda curto) até as ondas de frequência extremamente baixa (comprimento de onda longo) (Figura 3).

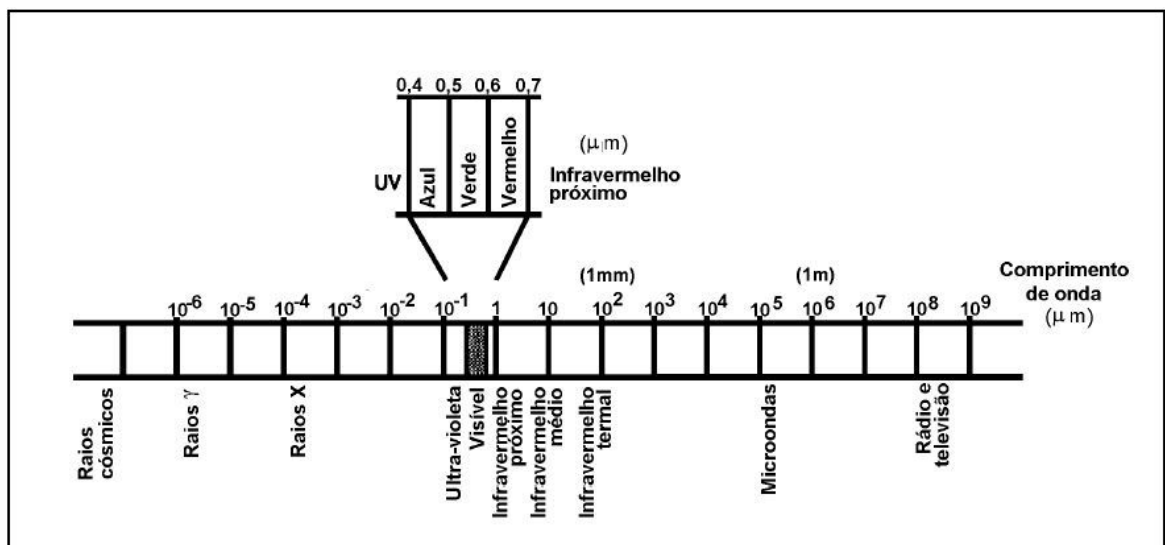


Figura 3 - Espectro eletromagnético. Fonte: EASTMAN (1998).

O sensoriamento remoto surge a partir das fotografias aéreas obtidas a bordo de um balão lançado em Paris, em 1858. Seu crescimento deu-se a partir da II Guerra Mundial atendendo necessidades militares, notadamente, no início dos anos 60, culminando em julho de 1972, com o lançamento do primeiro satélite de recursos naturais, o ERTS-1 (atual LANDSAT).

3.2.1 LANDSAT

A série LANDSAT foi iniciada no final da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. O primeiro satélite da série começou a operar em 1972 e a última

atualização ocorreu em abril de 1999 com o lançamento do LANDSAT 7 (Figura 4), que encerrou suas atividades em 2003, por apresentar problemas de calibragem nos seus sensores, que acabam por disponibilizar imagens de baixa qualidade.



Figura 4 - Foto ilustrativa do satélite LANDSAT 7. Fonte: NASA, 2007

O Landsat 7 utilizava o sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Este instrumento foi capaz de ampliar as possibilidades de uso dos produtos LANDSAT, porque manteve a alta resolução espectral e conseguiu ampliar a resolução espacial da banda 6 (Infravermelho Termal) para 60 metros além de inserir a banda pancromática e permitir a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução (NASA, 2007). Atualmente, o único satélite em operação é o LANDSAT 5, que leva a bordo o sensor TM (Thematic Mapper) e contribui significativamente ao mapeamento temático da superfície terrestre.

As imagens do satélite podem ser apresentadas na composição 5R4G3B (banda 5 no vermelho; banda 4 no verde e banda 3 no azul) ou 7R4G2B (banda 7 no vermelho; banda 4 no verde e banda 2 no azul) diretamente na tela do monitor.

A interpretação de imagens LANDSAT tem como principais aplicações: o acompanhamento do uso agrícola das terras; o monitoramento de unidades de conservação, terras indígenas, áreas desmatadas, e de atividades produtivas como as energético-mineradoras; a cartografia e atualização de mapas; a identificação da dinâmica e crescimento da urbanização; a estimativa de fitomassa a partir da caracterização da cobertura vegetal; a identificação de focos de queimadas, secas, inundações; e nos estudos de sedimentação nos rios e estuários (BATISTELA, 2004 e NASA, 2007).

3.2.2 CBERS-2

O Programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) nasceu de uma parceria entre Brasil e China no setor técnico-científico espacial, e mantém dois satélites de observação terrestre em órbita: o CBERS-1 e o CBERS-2, lançados na China (Figuras 5 e 6).

O CBERS-2 foi lançado no dia 21 de outubro de 2003, partindo do Centro de Lançamento de Taiyuan, na China. Possui um conjunto de sensores ou instrumentos – WFI (Câmera de Amplo Campo de Visada), CCD (Câmera Imageadora de Alta Resolução), IRMSS (Imageador por Varredura de Média Resolução) com alto potencial de atender a múltiplos requisitos de aplicações.



Figura 5 - Foto ilustrativa do satélite CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres). Fonte: INPE, 2006

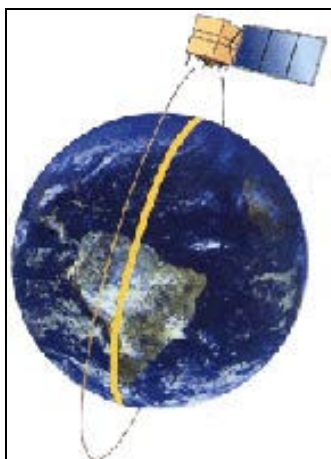


Figura 6 - Foto ilustrativa da órbita pela terra do satélite CBERS. Fonte: INPE, 2006

Os satélites CBERS são caracterizados por carregar a bordo repetidores para o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais. Este sistema conta com mais de 600 plataformas de coleta de dados instaladas no território nacional em diversas aplicações como o monitoramento das bacias hidrográficas, a previsão de tempo e estudos climáticos, estudos sobre correntes oceânicas, marés, química da atmosfera, planejamento agrícola, entre outras, e mais de 100 organizações usuárias (INPE, 2006).

Uma característica exclusiva dos satélites CBERS-1 e 2 está na diversidade de câmeras com diferentes resoluções espaciais e frequências de coleta de dados. A Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD), por possuir uma boa resolução espacial – 20 metros – em quatro bandas espectrais, mais uma pancromática, presta-se à observação de fenômenos ou objetos cujo detalhamento seja importante. Por possuir um campo de visada de 120 km, auxilia ainda nos estudos municipais ou regionais. Dada a sua frequência temporal de 26 dias, pode servir de suporte na análise de fenômenos que tenham duração compatível com esta resolução temporal. Essa resolução temporal pode ser melhorada, pois a CCD tem capacidade de visada lateral. Suas bandas estão situadas na faixa espectral do visível e do infravermelho próximo, o que permite bons contrastes entre vegetação e outros tipos de objetos.

Como principais aplicativos à interpretação do produto CBERS destacam-se: no tema vegetação, a identificação de áreas de florestas, alterações florestais em parques, reservas, florestas nativas ou implantadas, quantificações de áreas, sinais de queimadas recentes; na agricultura, a identificação de campos agrícolas, quantificação de áreas, monitoramento do desenvolvimento e da expansão agrícola, auxílio em previsão de safras, fiscalizações diversas; nas questões ambientais, a identificação de anomalias antrópicas ao longo de cursos d'água, reservatórios, florestas, cercanias urbanas, estradas, a análise de eventos episódicos naturais compatíveis com a resolução da Câmera, mapeamento de uso do solo, expansões urbanas; aos recursos hídricos, a identificação de limites continente-água, estudos e gerenciamento costeiros, e o monitoramento de reservatórios; no tema cartografia, possibilita a obtenção de pares estereoscópicos e a conseqüente análise fotointerpretativa; no tema geologia e solos, o apoio a levantamentos pedológicos e geológicos; e na área da educação, a possibilidade de geração de material de apoio a atividades educacionais em geografia, meio ambiente, e outras disciplinas (INPE, 2006).

O IRMSS (Imageador por Varredura de Média Resolução) tem duas bandas espectrais na região do infravermelho médio e uma pancromática, com 80 metros de resolução espacial, mais uma banda na região do infravermelho termal com 160 metros. Suas aplicações são as mesmas da CCD e ainda: possibilidade da análise de fenômenos que apresentem alterações de temperatura da superfície; a geração de mosaicos estaduais e de cartas-imagens.

O WFI (Imageador de Amplo Campo de Visada) pode imagear grandes extensões territoriais, de mais de 900 km. Essa característica a torna muito interessante para observar fenômenos cuja magnitude ou interesse seja nas escalas macro-regionais ou estaduais. Em função dessa ampla cobertura espacial, sua resolução temporal também tem um ganho - podem ser geradas imagens de uma dada região com menos de cinco dias de intervalo. Entre as aplicações têm-se: a geração de mosaicos nacionais ou estaduais; a possibilidade do cálculo

de índices de vegetação para fins de monitoramento; o monitoramento de fenômenos dinâmicos como safras agrícolas e queimadas.

Para a Amazônia, o produto CBERS tem como principais aplicações: o gerenciamento dos recursos naturais; o controle do desmatamento e queimada; o monitoramento dos recursos hídricos, áreas agrícolas, crescimento urbano e ocupação do solo.

3.2.3 SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*

O Projeto SRTM é um programa de tecnologia e pesquisa para o mapeamento da superfície terrestre, oceanos, atmosfera, gelo e vida a partir dos dados obtidos da missão espacial ocorrida em fevereiro de 2000 (nave Endeavour.), sob a coordenação da NASA (National Aeronautics and Space Administration), NIMA (National Imagery and Mapping Agency), DLR (Agência Espacial Alemã) e ASI (Agência Espacial Italiana).

Seu principal objetivo foi gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE) da Terra usando a interferometria. Para tanto foi utilizado uma versão modificada do instrumento (C/X-Band Synthetic Aperture Radar - o equipamento usa um mastro de 60 metros com as antenas do radar banda C e banda X). O SRTM produz um grid de pontos com precisão horizontal de 30 m. Isto significa que objetos com dimensões horizontais na ordem de 30 metros por 30 metros e com 10 metros de altura relativa são capturáveis pelo radar SRTM (ESTEIO, 2006).

Interferometria é uma técnica de imageamento ativa porque ao contrário do sensoriamento óptico tradicional como fotografia aérea onde o sensor registra as características de reflectância do terreno, o radar por interferometria emite um sinal e registra as características do retorno deste sinal. A Interferometria compara duas imagens de radar tomadas de pontos ligeiramente diferentes para obter elevação ou informação de mudanças na

superfície. Os dados coletados pelo radar neste projeto estão compreendidos em uma área entre os paralelos 60°N e 56°S (Figura 7).

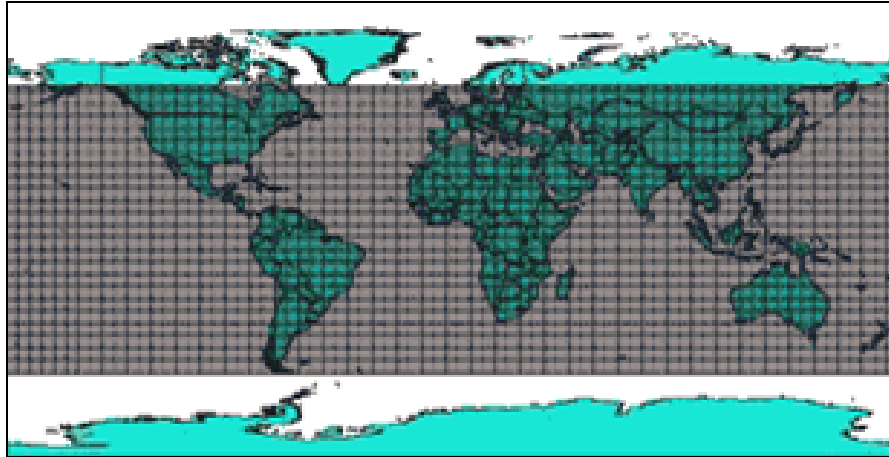


Figura 7 - Área coberta pelo SRTM.

Os dados de elevação SRTM estão relacionados ao elipsóide WGS-84 (World Geodetic System 1984 com semi-eixo maior de 6378137,00 metros e achatamento 1/298,257224). Como as faixas de radar podem adquirir imagens independentes da fonte natural de iluminação (sol) e das condições climáticas como cobertura de nuvens e chuva, os produtos SRTM constituem ferramentas importantes ao estudo de regiões comprometidas pelas nuvens. A iluminação da cena sendo gerada a bordo pelo próprio sensor permite, também, que ângulos incidentes mais baixos realcem a topografia, facilitando a análise de feições geomorfológicas.

3.3 Sistemas de Informações Geográficas - SIG

Costa (2001) definiu SIG como um sistema que reúne 04 elementos básicos: hardware; software; dados; e pessoal treinado, que operam em um contexto com a finalidade de possibilitar a captura, gerenciamento, manipulação, análise, modelagem e visualização de

dados espacialmente referenciados com o objetivo de prover apoio à tomada de decisões em atividades de gerenciamento e planejamento.

Para Aronoff (1989), os sistemas de informações geográficas (SIG) são quaisquer conjuntos de procedimentos manual ou computacional usados para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados.

Este autor considera que a estrutura básica de um SIG é constituída por quatro componentes principais, conforme apresentado na Figura 8:

- Entrada de Dados: realizada a partir de várias fontes, entre as quais dados vetoriais e matriciais (raster), provenientes de fotos aéreas, dados alfanuméricos geo-referenciados em papel ou formato digital e dados provenientes de imagens raster (imagens de satélite);
- Gerenciamento de dados: este sistema é conhecido como SGBD-sistemas gerenciadores de banco de dados ou DBMS – “data base management system”.
- Manipulação e análise de dados: a análise de dados geográficos utiliza técnicas de processamento que lidam com estruturas tanto do tipo matricial quanto vetorial;
- Saída: inclui programas para exibição de mapas, gráficos e informações alfanuméricas em impressora, tela de computador, traçador gráfico, unidades de disco magnético, disquetes, entre outros.

Câmara & Medeiros (1998) identificaram como SIG os bancos de dados compostos pela integração das informações espaciais de dados cartográficos, censitários e de cadastramento, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; mapeamentos derivados da relação de informações por meio de algoritmos de manipulação; e produtos que permitem a consulta, recuperação e visualização por saídas gráficas do conteúdo de base de dados geocodificados.

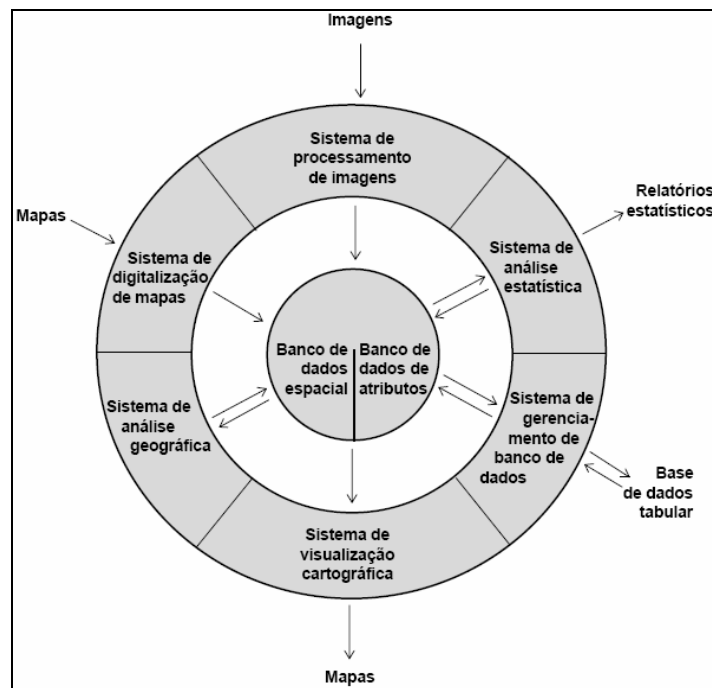


Figura 8 - Estrutura básica de um SIG. Fonte: EASTMAN, 1998.

Os mesmos autores apresentaram como geoprocessamento qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, o que diferencia de um SIG, pelo processamento de dados geográficos e não gráficos (alfanuméricos), em que se objetiva a realização de análises espaciais e modelagens de superfícies.

O trabalho de Mendes (1999) apresentou diversos conceitos da geotecnologia. Este autor descreve um sistema de informação como algo a ser criado para trabalhar com dados referenciados por coordenadas geográficas; um sistema para capturar, armazenar, integrar, manipular, analisar e apresentar dados que são referenciados na Terra; um sistema automatizado para capturar, armazenar e apresentar dados espaciais; ou, um sistema capaz de sobrepor mapas com capacidade de operar a análise dos dados dos mapas.

3.4 Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal

O limite das áreas de preservação permanentes está fundamentado na resolução CONAMA nº 303/2002, datada de 20 de março de 2002 (BRASIL/MMA, 2002).

Em seu artigo 3º, são caracterizadas como Área de Preservação Permanente - APP, aquelas situadas:

I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

- a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
- b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;
- c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;
- d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;
- e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;

II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:

- a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;
- b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros;

IV - em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;

V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;

VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

VII - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;

VIII - nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa;

IX - nas restingas:

- a) em faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima;
- b) em qualquer localização ou extensão, quando recoberta por vegetação com função fixadora de dunas ou estabilizadora de mangues;

X - em manguezal, em toda a sua extensão;

XI - em duna;

XII - em altitude superior a mil e oitocentos metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, à critério do órgão ambiental competente;

XIII - nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;

XIV - nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçadas de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;

XV - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.

No Código Florestal Brasileiro disposto pela Lei 4.771/1965 (BRASIL, 1965), são consideradas como APP as áreas cobertas ou não por vegetação nativa, por sua função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

A Medida Provisória nº. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, que dispõe sobre a Lei nº 4.771, de 15/09/65, alterada pela Lei nº 7.803, de 8/08/93, define Reserva Legal como área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação

permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas.

No artigo 16 da referida Lei, as florestas e outras formas de vegetação nativa, ressalvadas as situadas em área de preservação permanente, assim como aquelas não sujeitas ao regime de utilização limitada ou objeto de legislação específica, são suscetíveis de supressão, desde que sejam mantidas, a título de reserva legal, no mínimo oitenta por cento, na propriedade rural situada em área de floresta localizada na Amazônia Legal (Brasil, 2001).

Segundo Machado (2001) existem três tipos de reserva florestal legal: um tipo indicado pela qualidade da cobertura florestal e áreas de cerrado; os outros dois tipos dependem de sua localização no território brasileiro: a reserva na região Norte e da parte norte da região Centro-Oeste e a reserva em todas as outras regiões do Brasil, inclusive a parte sul da região Centro-Oeste.

O mesmo autor define que para a região Norte e parte da região Centro-Oeste do país, enquanto não for estabelecido o decreto de que trata o artigo 15, a exploração a corte raso, só é permissível desde que permaneça com cobertura arbórea, pelo menos 50% (cinquenta por cento) da área de cada propriedade. No parágrafo único: a reserva legal, assim entendida área de, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) de cada propriedade, onde não é permitido o corte raso, deverá ser averbada à margem da inscrição da matrícula do imóvel no registro de imóveis competente, sendo vedada a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão, a qualquer título, ou de desmembramento da área.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

A área do Distrito Agropecuário da SUFRAMA - DAS foi doada pelo Governo do Estado do Amazonas, com determinação específica nos termos da Lei nº 878, de 25 de setembro de 1969, cujo título de Doação data de 1º de dezembro de 1970. Tem seu registro feito em Manaus, no Cartório do 3º Ofício de Imóveis e protestos de Letras, sob nº 4.075, folha 205 do livro nº 3-E.

O DAS está localizado a 30 km ao norte da cidade de Manaus e Rio Preto da Eva, Estado do Amazonas (Figura 9). O Distrito é cortado pelos rios Tarumã, Branquinho, Preto, Preto da Eva e outros de menor porte, além do rio Urubu e Cuieiras – seus limites naturais a leste e oeste, respectivamente.

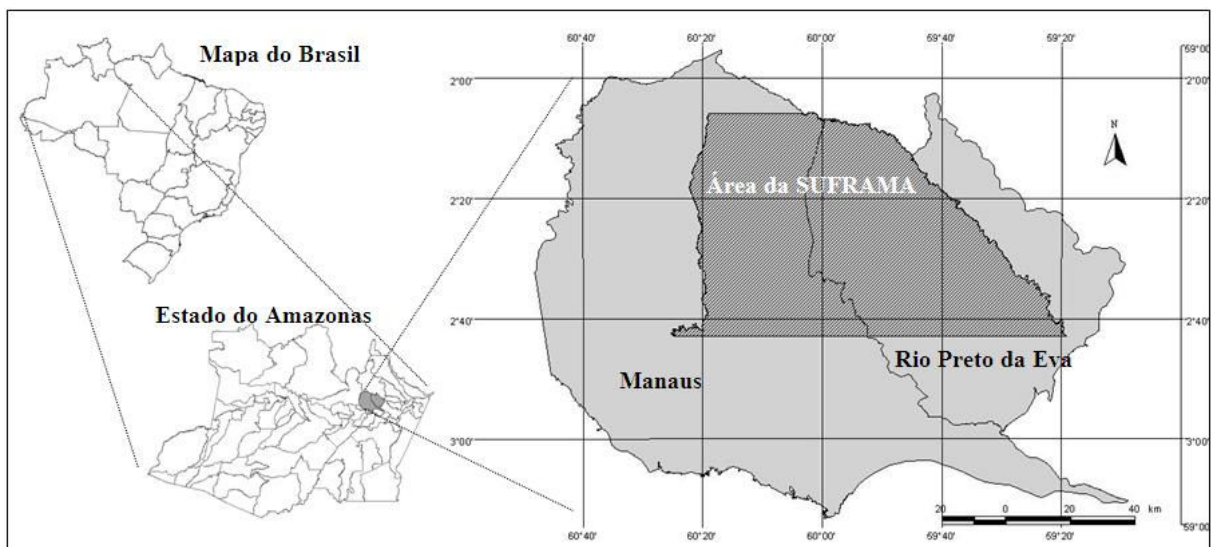


Figura 9 - Localização do Distrito Agropecuário da SUFRAMA - DAS.

A área do Distrito Agropecuário da SUFRAMA, definida por um polígono irregular que abrange uma superfície de 589.334 hectares, encontra-se sob a jurisdição de dois municípios, dividindo-se em duas partes: a) a esquerda, cujo perímetro compreende a margem

esquerda do rio Cuieiras; linha limite sul do Distrito Agropecuário até a estrada vicinal ZF-1; margem esquerda da estrada vicinal ZF-1 até a confluência com a rodovia BR-174; margem esquerda da rodovia BR-174 até a ponte do rio Urubu; margem direita do rio Urubu; e linha limite norte do Distrito Agropecuário, pertence ao município de Manaus; b) e direita, cujo perímetro compreende a linha limite sul do Distrito Agropecuário do rio Urubu até a estrada vicinal ZF-1; margem direita da estrada vicinal ZF-1 até a confluência com a rodovia BR-174; margem direita da rodovia BR-174 até a ponte do rio Urubu; e margem direita do rio Urubu, pertence ao município de Rio Preto da Eva (SUFRAMA, 2003).

Apresenta os seguintes limites geográficos: a norte, uma linha seca passando pela confluência do rio Urubu com o rio Urubuí, coincidente com o paralelo 2° 04'21" de Latitude Sul; ao sul, uma linha seca coincidente com o paralelo 2° 43'46" de Latitude Sul; a leste, a margem direita do rio Urubu; e a oeste, a margem esquerda do rio Cuieiras.

4.2 Produtos de Sensores Remotos

No estudo foram utilizadas três cenas do sensor "TM" (Thematic Mapper) do satélite LANDSAT 5 (órbita/ponto 230/062, 231/061 e 231/062), anos de 2002 e 2004 cedidas pelo Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM e pela CPRM; e três cenas do sensor "CCD" (Câmera Imageadora de Alta Resolução) do satélite CBERS 2 (órbita/ponto: 173/102, 173/103 e 172/103), ano de 2006 adquiridas através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Figura 10).

Na base cartográfica em SIG foram representadas informações da hidrografia, micro e macrobacias; sistema viário; áreas urbanas; loteamento; principais projetos; limites político-administrativos.

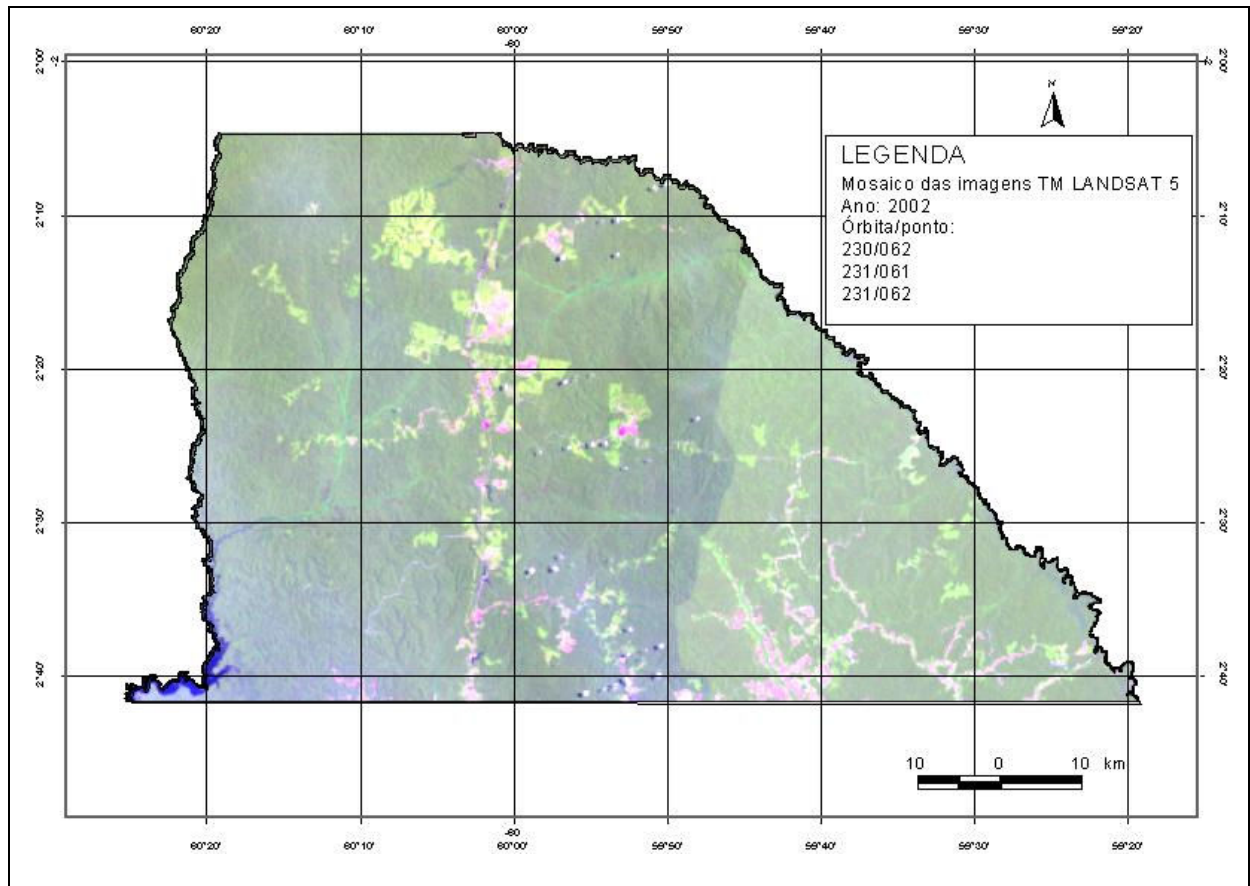


Figura 10 - Recorte das cenas TM LANDSAT 5 (órbita/ponto 230/062, 231/061 e 231/062, de 2002), com detalhe o Distrito Agropecuário da SUFRAMA – DAS

4.3 Equipamentos Computacionais, de Georreferenciamento e *Softwares*

Foram utilizados os seguintes materiais para a realização do presente trabalho:

- Microcomputador PC Intel Pentium processador 1,80GHz e 1GB de RAM;
- Aparelho receptor de GPS III Plus, Modelo Garmin;
- Máquina fotográfica digital 4.0 Megapixel, Modelo Camedia Olympus.
- *Softwares* ERDAS Imagine 8.4 e ArcView GIS 3.2a.

4.4. Procedimento metodológico

4.4.1. Caracterização biofísica do DAS

Para a caracterização biofísica do DAS foram desenvolvidos: levantamento bibliográfico criterioso dos temas Geologia, Geomorfologia, Solos, Clima e Biodiversidade nos acervos existentes na CPRM, EMBRAPA, INPA, UFAM e SIPAM; ações de georreferenciamento e classificação de imagens de satélite; e atividades de campo.

4.4.1.1. Georreferenciamento das imagens

As imagens foram selecionadas com a composição 5R4G3B (banda 5 no vermelho; banda 4 no verde e banda 3 no azul), pois assim os matizes de cores relacionados à vegetação apresentam-se melhor (a cor verde é atribuída à banda 4 onde é mais evidente a resposta refletida pela vegetação, podendo fazer uma diferenciação com áreas providas de diferentes densidades de cobertura vegetal). Os matizes do magenta, resultado da resposta refletida pelo solo arenoso em porcentagem maior nas bandas 3 e 5 ou 2 e 7 (azul + vermelho = magenta), identificam áreas com exposição de solo, ou rocha, com reduzida cobertura vegetal. Os matizes do azul se relacionam à água e seu relativo conteúdo de sedimentos em suspensão

O comportamento espectral dos principais alvos da superfície terrestre (vegetação, solo e água) e as bandas do TM LANDSAT utilizadas na composição 5R4G3B pode ser observado na Figura 11.

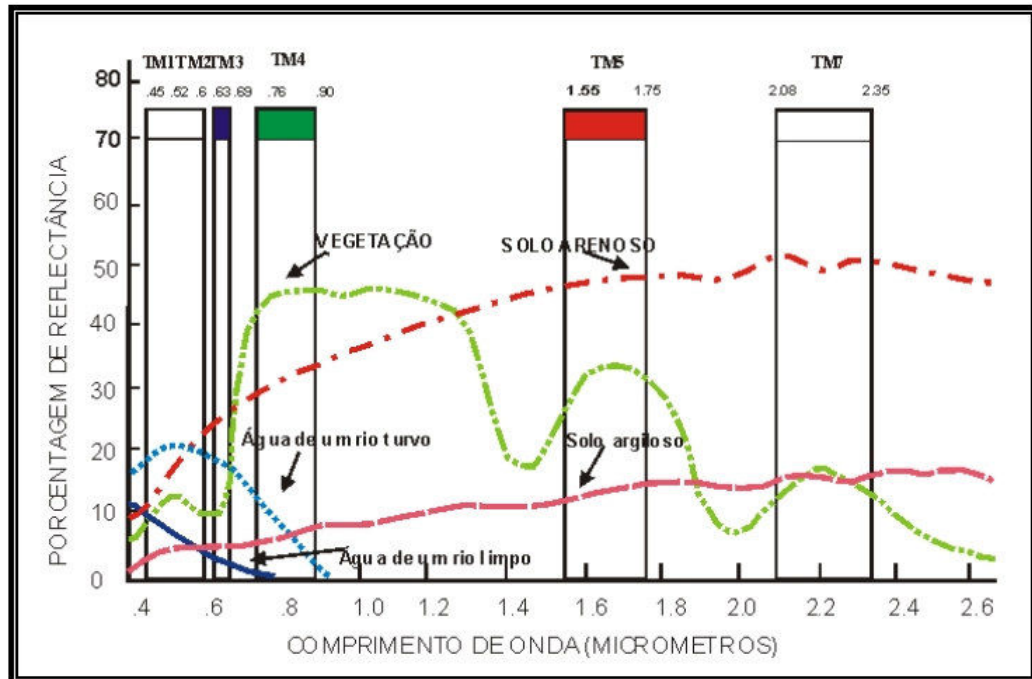


Figura 11 - Padrão de resposta espectral dos principais alvos da superfície terrestre. FONTE: Modificado de Lillesand & Kiefer (1986, p.17) *apud* SUDAM (1988)

Com a utilização do *software* ERDAS Imagine 8.4, foi realizado o georreferenciamento e o mosaico das imagens do satélite TM LANDSAT 5 de agosto/2002 (órbita/ponto 230/062, 231/061 e 231/062) usando como referência os dados do mosaico do produto *Geocover* disponibilizados pelo GLCF (*Global Land Cover Facility*) da NASA.

Para a elaboração do georreferenciamento, do mosaico e do registro digital de cenas do satélite TM LANDSAT 5 de 2004 e do satélite CBERS 2 (Sensor CCD órbita/ponto: 173/102, 173/103 e 172/103, de 2006), foram utilizadas como referência as imagens previamente tratadas de 2002.

As imagens Cbers2 de 2006 foram restauradas por apresentarem problemas quanto ao foco, dificultando sua edição (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros utilizados para restauração das imagens CBERS 2.

PARÂMETROS	EIFON	CBERS/Correção
	X	Y
B2	50	32
B3	50	42
B4	60	35

Para o georreferenciamento das imagens, os procedimentos seguidos foram:

1. Inserir a imagem a qual se pretende georreferenciar na janela *Viewer #1*.
2. Clicar no ícone *Viewer* do ERDAS Imagine 8.4 para abrir uma outra janela *Viewer #2* e inserir o dado de referência, seja imagem ou vetor, o qual deve estar georreferenciado e com sua respectiva projeção definida.
3. Clicar no menu *Raster* da *Viewer* que contenha a imagem não georreferenciada e clicar na opção *geometric correction*. Abrirá uma janela onde se deve preencher da seguinte forma:
 - Selecionar o Modelo Geométrico *Polynomial*. *Parameters: Polynomial Order: 1*.
 - Adicionar projeção da imagem de referência: *Projection - Add/Change Projection*. A projeção deve conter os parâmetros exatamente iguais aos da sua referência (Figura 12).

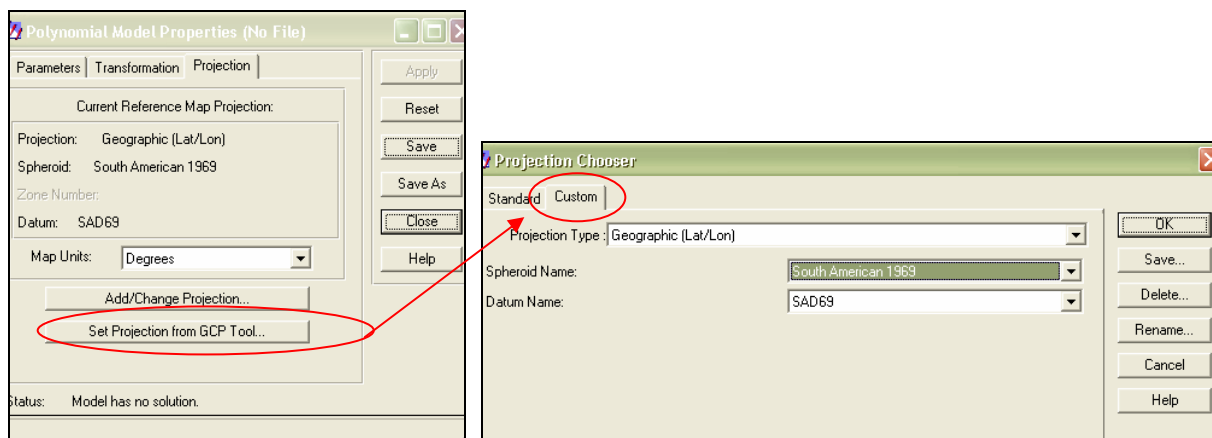


Figura12 - Janela do software ERDAS Imagine 8.4 onde os parâmetros são mudados.

4. Salvar o modelo geométrico com a projeção e seus parâmetros já definidos em um arquivo *.gms. Caso o processo tenha que ser refeito, não será necessária uma nova definição dos parâmetros de entrada.
5. Clicar em *Set Projection from GCP Tool* e escolher a opção *Existing Viewer*.
6. Para a execução do processo de georreferenciamento da imagem, na janela *Geo Correction Tools* clicar em *Display Resample Image*. Inserir a resolução do pixel da imagem: *Output Cell Sizes X= 0.0003 Y= 0.0003*. Ativar o botão *Ignore Zero Stats* para desconsiderar valores de pixel “zero”, ou seja, *NODATA*. Observar que: Graus Decimais DD = 0.0003 é equivalente a 30 metros em cada pixel da imagem LANDSAT das bandas multiespectrais.

Após o processo de georreferenciamento das imagens, realizou-se a elaboração de recortes georreferenciados compatíveis com a área de trabalho.

4.4.1.2. Classificação das imagens

O processo de classificação das imagens consistiu em identificar os diferentes fenômenos ou feições que apresentam padrões espectrais similares, ou seja, associar os pontos de uma imagem a uma classe ou grupo (água, cultura, área urbana, desmatamento, queimada, e outros). Pode ser dividida em supervisionada e não-supervisionada.

A classificação supervisionada é utilizada: quando se tem algum conhecimento sobre as classes na imagem, tais como média e variância de cada classe que serão utilizadas como termo de comparação.

A classificação não-supervisionada é utilizada quando não se tem informações sobre a área imageada, não dispondo dos dados prévios sobre o número de classes presentes, sendo definidas no algoritmo de classificação.

Utilizando-se a ferramenta *CLASSIFIER* (*supervised classification*) do Software ERDAS Imagine 8.4, promoveu-se a classificação supervisionada da área, fazendo uso do banco de dados do SIPAM e informações dos demais órgãos, para os seguintes temas: localização da área, principais atividades exercidas na região (agricultura, pecuária), uso e ocupação do território, vegetação, geologia, hidrografia, rodovias, sendo também incluído o mapeamento do desmatamento das áreas já validadas pelos trabalhos de campo. Esta etapa teve por finalidade a separação das classes de nuvem, sombra de nuvem, água, floresta e não-floresta ao longo da imagem.

A ferramenta *CLASSIFIER* analisa padrões de comportamento da unidade amostral, definindo polígonos de similar resposta, que são identificados e posteriormente, checados em campo (Figura 13).

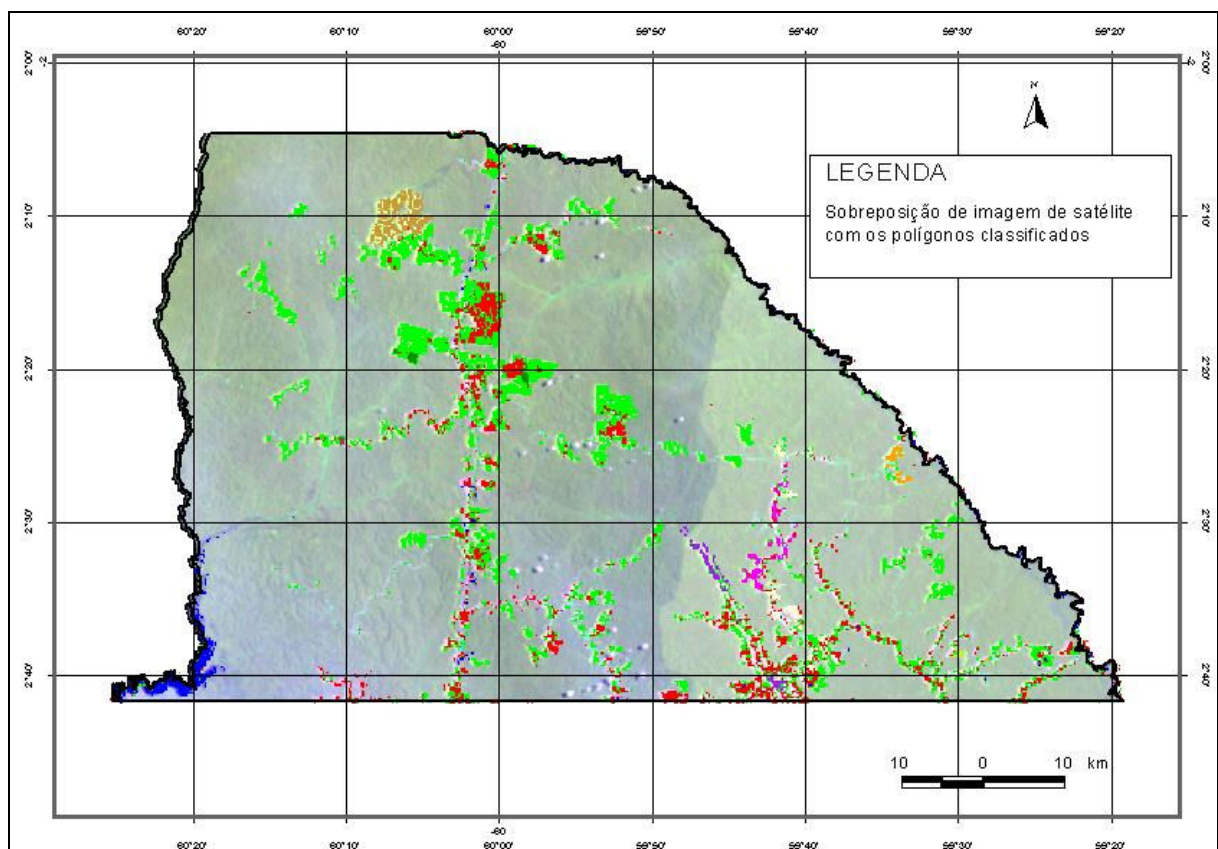


Figura 13 - Sobreposição de imagem de satélite com os principais polígonos classificados em: nuvem, sombra de nuvem, água e áreas não-florestadas.

4.4.1.3. Atividades de campo

Nas atividades de campo realizadas em 2004 (Figura 14), foram percorridos os principais ramais existentes para validação das unidades que foram pré-definidas: floresta, capoeira ou vegetação secundária, pastagem, cultivos e campos/gramíneas e áreas urbanas. O levantamento de pontos de amarração com GPS e de fotografias das paisagens auxiliaram o processo de geoprocessamento das imagens.



Figura 14 - Validação de campo da área de dendezal.

Foram levantados 160 pontos de controle no campo, distribuídos principalmente ao longo das principais vias de acesso do DAS. Com o uso do GPS foram retiradas as coordenadas geográficas dos pontos/projetos e coletadas informações quanto ao tipo de uso/ocupação do solo rural e quanto ao responsável pelo empreendimento (Figura 15).

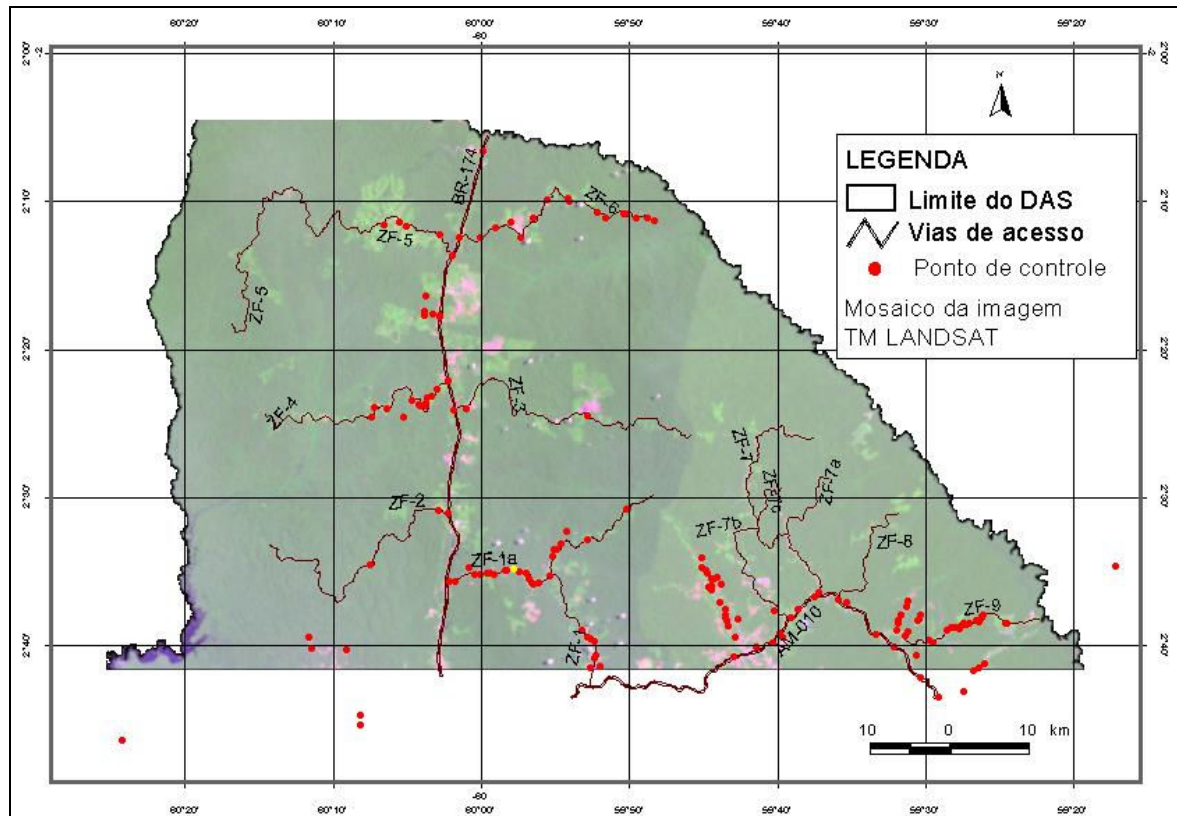


Figura 15 – Espacialização dos pontos de controle coletados em campo na área do DAS.

Este trabalho também incorporou ao seu banco de dados, atividade de identificação dos nomes dos principais igarapés e localidades e um *layer* com a distribuição dos lotes de projetos aprovados na SUFRAMA (Figura 16), compilado de CPRM (2005), de forma a poder complementar a geração de base cartográfica da área de trabalho, e posteriormente, contribuir a partir do SIG com os futuros trabalhos científicos desenvolvidos por instituições de ensino e/ou por outras entidades afins na área do Distrito Agropecuário da SUFRAMA.

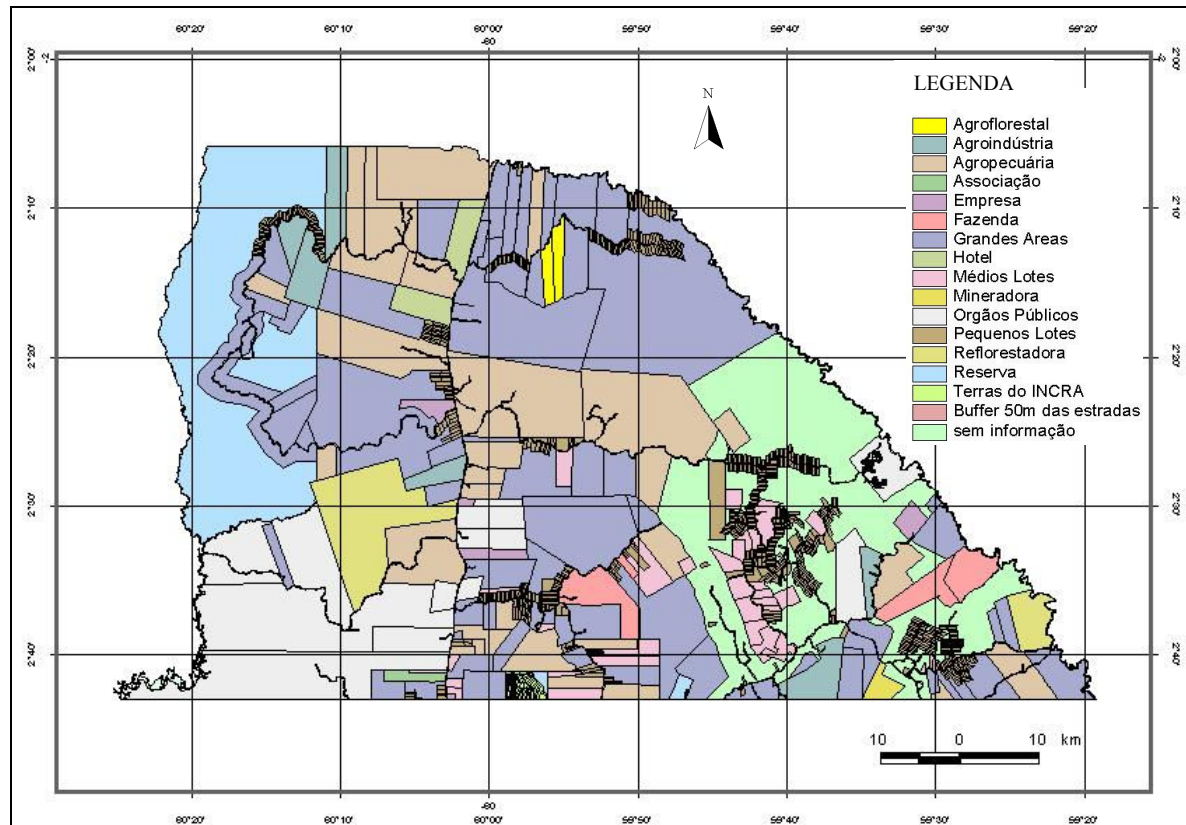


Figura 16 - *Layer* com a distribuição dos lotes de projetos aprovados na SUFRAMA. Compilado de CPRM (2005).

4.4.2. Estudo temporal das alterações ocorridas na cobertura vegetal do DAS

Esta atividade consistiu em: 1) processo inicial de classificação de imagens; 2) processo de atualização das imagens através da compatibilização e atualização de banco de dados existentes, pesquisa e trabalhos de campo anteriores; 3) nova etapa de campo para atualização dos dados; 4) análise temporal do uso e ocupação da área do Distrito Agropecuário.

Para o manuseio do banco de dados do DAS em SIG foi utilizado o *software* ArcView GIS 3.2a. Para atualização dos dados, foram interpretadas as imagens do satélite CBERS 2 de 2006.

A partir de dados coletados nos acervos da CPRM, EMBRAPA, INPA e SIPAM foram gerados *layers* temáticos da área.

Para verificação da verdade terrestre, foi realizado trabalho de campo, onde foram levantados 160 pontos de controle no campo, distribuídos principalmente ao longo das principais vias de acesso do DAS.

Estando pronto o registro da imagem, deu-se início a fase de edição do layer de uso e ocupação da terra, tendo como base as imagens do satélite CBERS 2 de 2006 e dados de campo. A edição realizada tratou-se de uma atualização do *layer* de uso e ocupação da terra gerado anteriormente com base nas imagens do satélite TM LANDSAT 5 dos anos de 2002 e 2004.

A compatibilização e atualização das bases cartográficas existentes foram realizadas a partir da integração das informações que compuseram as bases cartográficas produzidas por outros organismos Federais e Estaduais disponíveis em formato digital, bem como sua complementação e atualização a partir da interpretação das imagens da área de trabalho.

Com o uso do software ArcView GIS 3.2a, foram sobrepostas à base temática as áreas de preservação permanente (APP's), delimitadas a partir de buffer de 30 metros para os cursos de água com até 10 metros de largura (áreas protegidas por lei) e buffer de 50m para áreas de nascentes. Foram aproveitadas as informações produzidas por técnicos do INPA no trabalho do ZEE do DAS (CPRM, 2005).

Também foi realizada uma sobreposição ou “*overlay*” do mapa de uso e cobertura da terra com o mapa das Áreas de Preservação Permanente - APP's.

O produto final do uso e ocupação apresentou a distribuição das classes: floresta, capoeira ou vegetação secundária, pastagem, cultivos e campos/gramíneas e áreas urbanas, qualificando e quantificando-as segundo os limites dos 30m e 50m das APP's. (Figura 17). A distribuição espacial de unidades interpretadas na carta de uso e ocupação da terra está representada na Figura 18.

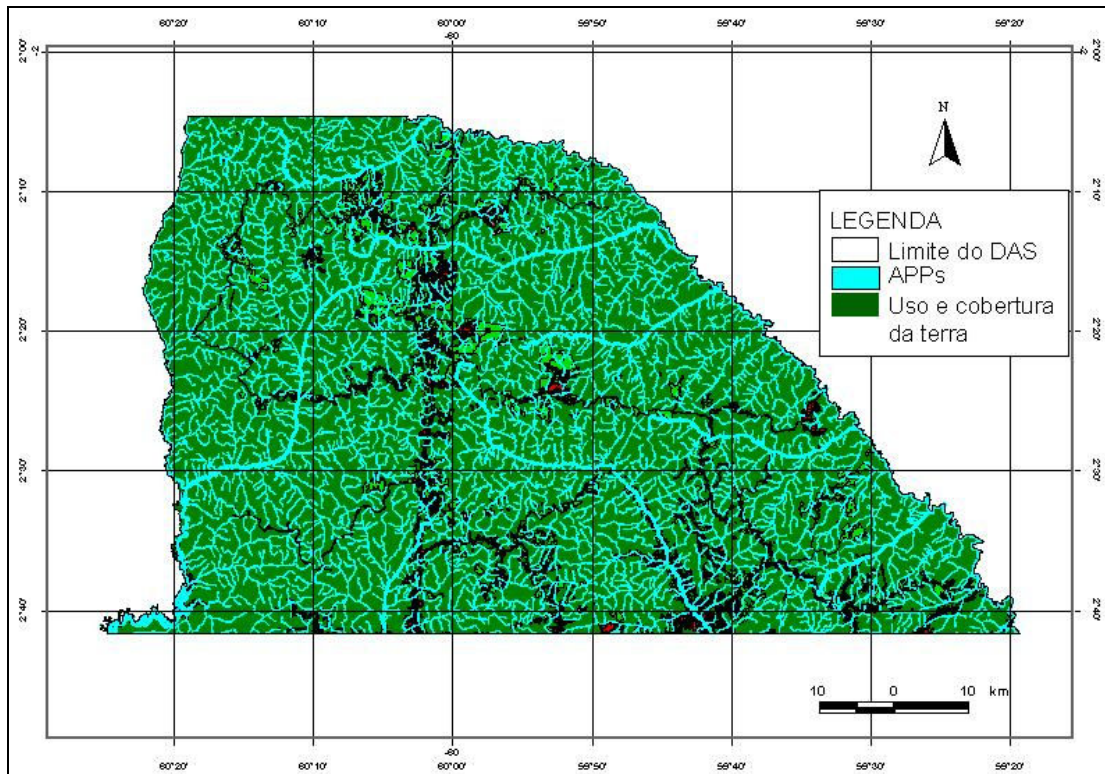


Figura 17 - Sobreposição do mapa de uso e ocupação da terra com destaque para as Áreas de Preservação Permanente - APP's em azul.

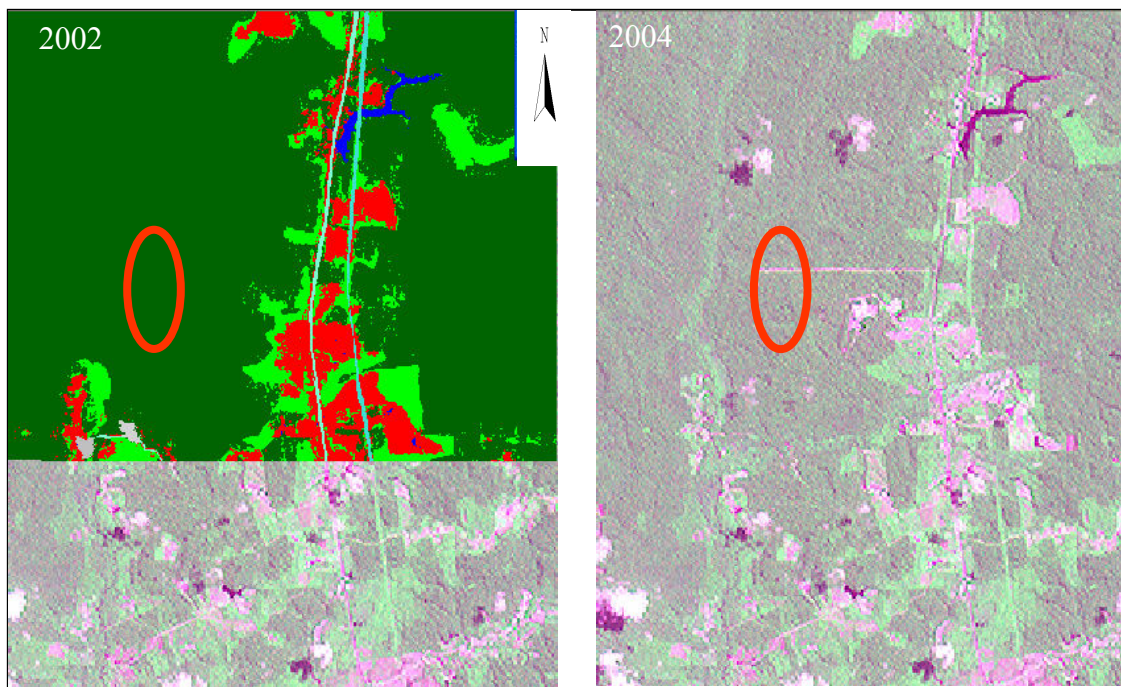


Figura 18 – Detalhe das unidades classificadas no mapa de uso e ocupação da terra a partir da imagem TM LANDSAT 5 de 2002 e 2004.

4.4.3. Análise e quantificação das áreas de reserva legal

Uma metodologia para autorização de novos projetos em terrenos do DAS, segundo as relações das áreas de reserva legal foi proposta neste trabalho, com o objetivo de também monitorar a perda da cobertura florestal nativa a partir da interpretação de cenas temporais de produtos de sensores remotos.

O cálculo de áreas dos polígonos interpretados foi realizado a partir do uso de ferramentas do ArcView GIS 3.2a e definição de atributos, como por exemplo, o tamanho da amostra (Tabela 2).

Tabela 2 – Quantitativo de unidades amostrais do DAS.

Amostra	Unidades Analisadas
Lote	1500
Microbacias	62
Macrobacias	4
Distrito Agropecuário	1

O método é válido independentemente do tamanho espacial da amostra. Portanto, o que se fizer a um lote, pode ser reproduzido em unidades espaciais maiores.

Considerando um lote portando 100% de cobertura florestal, calculou-se sua área (Al). A cena desta imagem foi definida por um intervalo de tempo, e pode ser comparada com cenas futuras. Na cena futura, as Áreas Degradadas (Ad) foram definidas por valores representativos de polígonos interpretados pelo de uso e ocupação da terra.

O percentual de perda da cobertura florestal nativa (reserva legal) no lote foi calculado pela relação das áreas degradadas no lote $Ad/Al \times 100$. Como instrumento de decisão, quando este valor for superior a 20%, devem ser tomadas medidas para recuperação destas áreas restabelecendo as condições de manutenção das reservas legais nos lotes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização biofísica do DAS:

5.1.1 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos do DAS

Geologicamente, a área do Distrito Agropecuário da SUFRAMA - DAS está inserida na Bacia Sedimentar Amazonas, a qual é limitada ao norte pelo Escudo das Guianas e a sul pelo Escudo Brasil Central. A Bacia Sedimentar Amazonas ocupa uma área de aproximadamente 500.000 km², estando limitada a oeste pela Bacia Solimões através do Arco Purus, e a leste, pelo Arco Gurupá, que a separa da Bacia Marajó (CPRM, 2006).

Afloram no DAS rochas das formações Nhamundá, Manacapuru, Alter do Chão, as aluviões recentes e as areias espodossólicas. Os arenitos da Formação Alter do Chão são a principal unidade geológica, perfazendo cerca de 90% da superfície da área do Distrito. Comumente esta unidade apresenta espesso manto de intemperismo, produto de um processo de laterização regional. Esse processo é responsável pela gênese de recursos minerais, como o caulim encontrado na área (Figura 19).



Figura 19 - Jazida de caulim encontrada no km45 da BR - 174.

A geomorfologia do DAS define paisagens com forte influência de controle tectono-estrutural. Este fato também pode ser observado nos sistemas de drenagem. A rede de drenagem está orientada segundo controle de estruturas da rocha.

Os principais cursos d'água possuem regionalmente uma direção principal NW-SE, e seus tributários, direção NE-SW, e, secundariamente, E-W e N-S. Segundo dados da CPRM (2005), o arranjo alinhado de pequenos tributários, paralelos ao rio principal, como dos rios Negro, Cuieiras, Tarumã-Mirim, Tarumã-Açu, Preto da Eva e Urubu, está associado a lineamentos de relevo e escarpas de falha. Os lineamentos estruturais interpretados em imagens de satélite (LANDSAT 5-TM e ETM+) exibem um *trend* estrutural NW-SE e NE-SW.

O DAS está inserido no domínio de baixos platôs dissecados com graus e intensidade diversificados de entalhamento. Segundo o Projeto RADAMBRASIL a unidade caracteriza-se por extensa zona de baixos platôs dissecados de Planalto Dissecado Rio Trombetas – Rio Negro. Posteriormente, essa área foi denominada Depressão Amazônica, devido suas altitudes (com cotas que variam entre 100 e 180 metros) e suas baixas amplitudes de relevo (ROSS, 1985, 1991; IBGE, 1995 *apud* CPRM, 2005).

Foi observado como paisagens do DAS um conjunto de formas de relevo similares, com pequenas amplitudes de relevo, entre 20 e 60 metros. Foram observados tabuleiros com extensos espigões planos a levemente ondulados com vales amplos; colinas tabulares com topos planos preservados, entalhados por vales incisos; e colinas pequenas e dissecadas com topos arredondados a tabulares e vales incisos a amplos (CPRM, 2005).

As principais bacias hidrográficas que compõe o DAS são: Cuieiras, Urubu, Rio Preto da Eva e Tarumã-Açu (Figura 20).

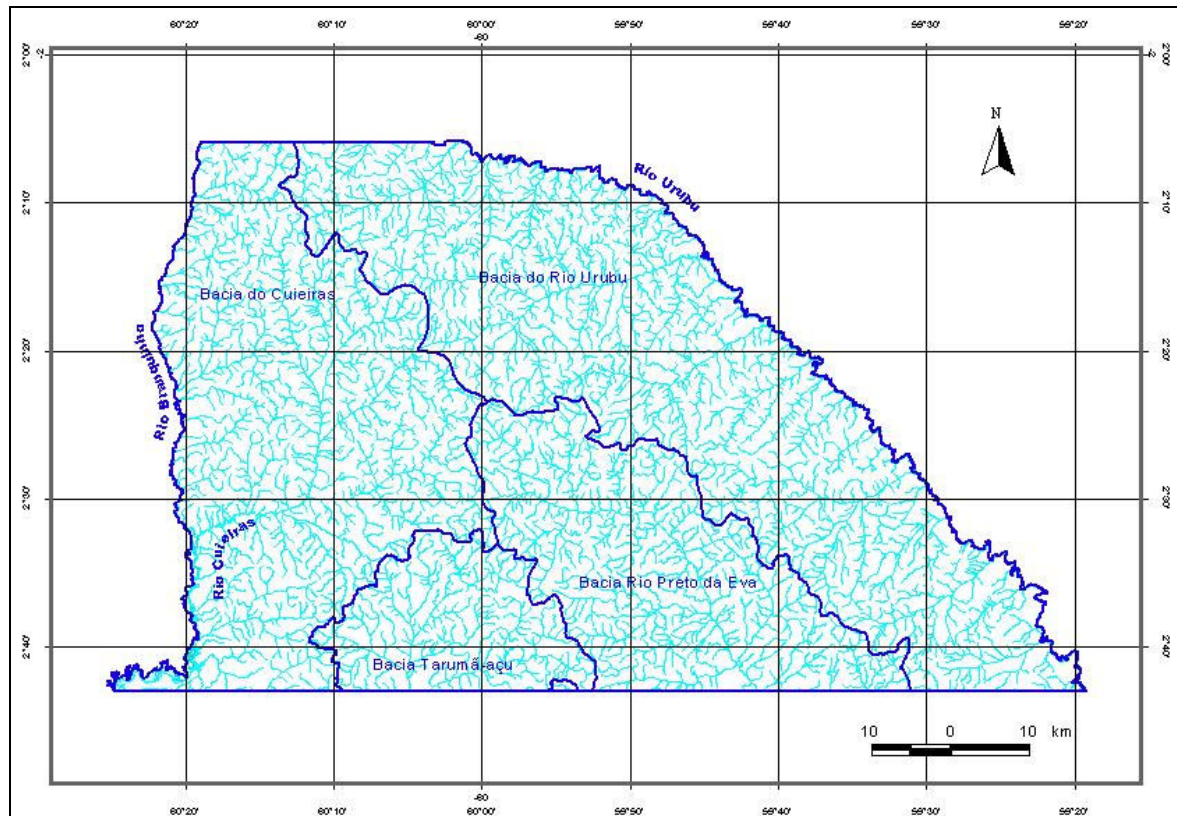


Figura 20 - Mapa de drenagem com a identificação das unidades de macrobacias hidrográficas.

O padrão de canal predominantemente meandrante foi observado nos rios Urubu e Cuieiras, e retilíneo no rio Preto da Eva e no igarapé Preto. O padrão de drenagem regional variou de subdendrítico a treliça, devido ao controle estrutural no traçado da rede de canais.

SILVA (2003) destacou uma nítida assimetria das bacias de drenagem, exibindo um padrão alongado no eixo NW-SE. Tal desenvolvimento reforça o forte controle estrutural na evolução da paisagem do DAS.

A presença de voçorocas está restrita à área de influência da rodovia BR-174, como resultado de obras de engenharia mal desenvolvidas que induzem ao aparecimento de tais feições. Os voçorocamentos ocorrem preferencialmente sobre as colinas tabulares de alta vulnerabilidade à instalação dos processos erosivos; no entanto, aparecem também em formas com baixa a moderada vulnerabilidade, como resultado da interferência do homem no meio ambiente (CPRM, 2005).

5.1.2 Aspectos da formação dos solos no DAS

Segundo Embrapa (1999), os solos do DAS são formados predominantemente por latossolos amarelos. Localmente, próximos às áreas de drenagem, ocorrem areias quartzosas que são exploradas na construção civil (Figura 21).

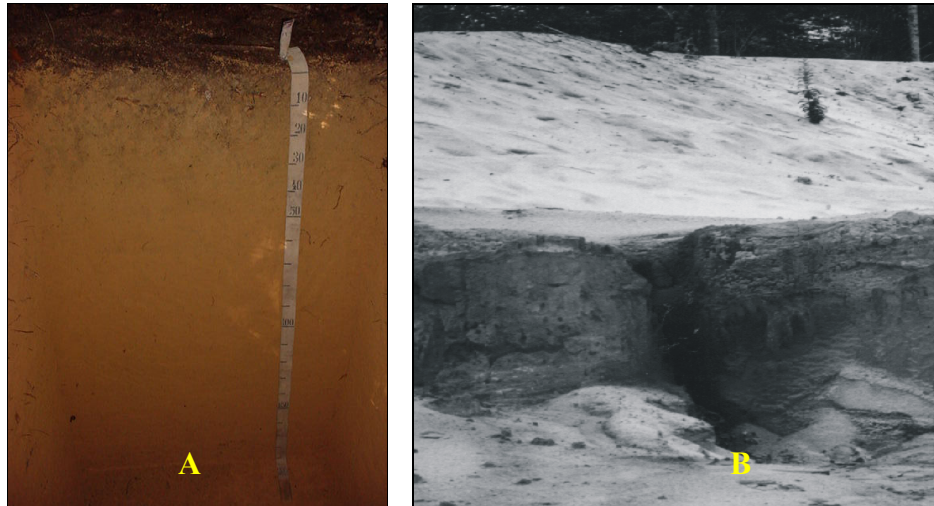


Figura 21 - Perfil A – latossolo amarelo típico. Perfil B – areais explorados no DAS.

No estudo da EMBRAPA para o ZEE do DAS (CPRM, 2005), os latossolos amarelos são os mais representativos. Possuem baixa fertilidade natural. Suas características variam com o relevo e com classe textural (mais ou menos argilosos). Os solos com textura muito argilosa e argilosa distribuem-se por toda do DAS, em relevos que variam desde plano até forte ondulado. Outros solos também são encontrados no DAS: argissolos, neossolos quartzarênicos, espodosolos, gleissolos e plintossolos.

5.1.3 Aspectos climatológicos do DAS

Segundo a classificação de Köppen o clima no DAS está enquadrado no tipo “Am”, quente e úmido com estação seca pouco pronunciada. Os principais parâmetros climatológicos da região estão assim registrados: média da precipitação 2.286,2 mm/ano;

umidade relativa de 83%; taxa de insolação de 1.783,9 horas/ano; nebulosidade de 6,3 numa escala que varia de 0 a 10; temperatura máxima de 31,4° C e máxima absoluta de 38° C; temperatura mínima de 23,3° C e mínima absoluta de 17,7° C; e temperatura média de 26,7° C (MAIA NETO, 1998).

Sobre o regime pluviométrico, é definido como trimestre menos chuvoso no DAS, o de julho a setembro, com valor acumulado de 228,7 mm, e o mais chuvoso, de fevereiro a abril, com valor acumulado de 901,9 mm.

O clima da região é uma combinação de vários fatores, sendo que o mais importante é a disponibilidade de energia solar, em média, da ordem de $15\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Os maiores totais de radiação que chegam na superfície ocorrem nos meses de setembro / Outubro, e que os mínimos estão nos meses de Dezembro a Fevereiro. Esta distribuição é controlada pela nebulosidade advinda da migração SE / NW da convecção amazônica (HOREL *et al.*, 1989).

5.1.4 Biodiversidade no DAS

O Brasil é o país que abriga a maior extensão de floresta tropical contínua do planeta, e a maior riqueza de espécies animais e vegetais conhecidas pela ciência (entre 10 e 20%).

A Amazônia desempenha papel preponderante, respondendo pela maior parte das áreas florestadas presentes no Brasil. Entretanto, essa extraordinária riqueza tem sido utilizada de forma predatória ao longo da história de sua ocupação, com uma evidente aceleração do processo de desmatamento nas últimas décadas.

Para a conservação da biodiversidade, a criação de Unidades de Conservação (UCs) tem sido uma importante estratégia para a Amazônia. Dados atuais mostram que as áreas protegidas na Amazônia ainda não possuem relevante expressão territorial, pois exigem o estudo e reconhecimento da riqueza e grau de endemismo de espécies, e da vulnerabilidade da área ou ambiente em questão.

Magnago *et al.* (1978) classificaram a cobertura vegetal nativa do DAS como de Floresta Densa Tropical da Sub-Região dos Baixos Platôs da Amazônia. Compreende uma vegetação ombrófila com predomínio das grandes árvores emergentes, e, em pequena escala, dossel uniforme. São comumente encontradas as espécies vulgarmente conhecidas como: cupiúba, jarana, amapá, morototó, paricá, piquiá, sapucaia, pracuuba, matamatá, acariquara, etc.

A área do Distrito Agropecuário da SUFRAMA (DAS) está localizada na região da Amazônia Central que abriga grande diversidade biológica e de ecossistemas. Estudos do INPA para o ZEE do DAS (CPRM, 2005) caracterizaram 12 tipos de vegetação: Floresta de Platô Alto; Floresta de Platô Baixo; Floresta de Vertente; Floresta de Transição; Floresta Aberta; Floresta de Restinga Alta; Floresta de Restinga Baixa; Floresta Ripária; Floresta de Baixo; Floresta de Baixo de Terra-firme; Florestas de Campinaranas e Florestas de Campinas, que foram agrupadas neste trabalho em: Floresta de Platô Alto; Floresta de Platô Baixo com Campinaranas; Floresta de Igapó; Floresta de Baixo; e Campinaranas e Campinas (Figura 22).

As campinas e campinaranas estão distribuídas em terrenos de solos arenosos e com nível freático superficial. Na paisagem estão identificadas nas imagens de satélite por pequenas manchas distribuídas principalmente na bacia rio Cuieiras.

As campinaranas são mais altas e apresentam dossel mais fechado que as campinas (Figura 23). Comumente, apresentam espécies endêmicas e várias espécies da fauna associadas. São unidades muito vulneráveis por sua baixa resiliência (baixa capacidade de voltar ao estado natural quando impactada).

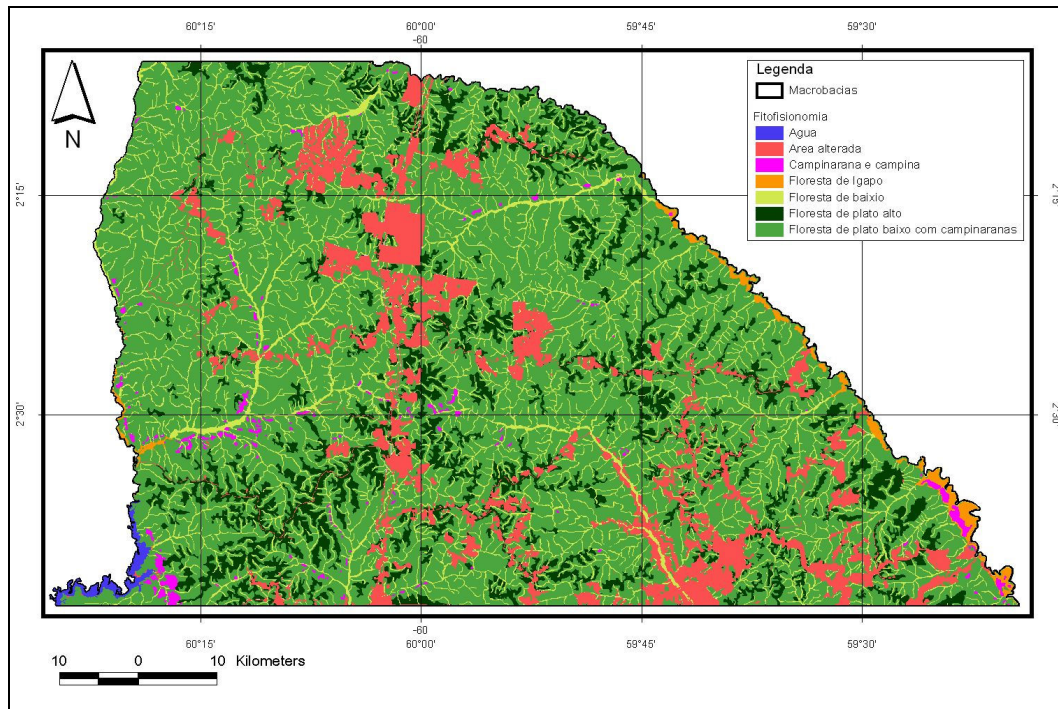


Figura 22 - Mapa de fitofisionomias da área do DAS. Compilado de CPRM (2005).



Figura 23 - Vegetação de campinarana observada no DAS.

As florestas de baixio e igapó estão distribuídas ao longo das principais bacias hidrográficas do DAS (Figura 24). Seus terrenos ficam inundados em período de cheias nos

meses de março a julho. São unidades ricas em palmeiras e em fauna aquática e terrestre. Suas plantas são adaptadas a períodos de alagação e alta concentração de água no solo. Estão associadas à solos arenosos e exibem muitas raízes. Os terrenos mais encharcados e abertos apresentam comumente palmeiras arbóreas.



Figura 24 - Aspectos da floresta de igapó.

As Florestas de Platô Alto estão situadas em paisagens de cotas mais elevadas e estão concentradas no DAS na bacia do rio Tarumã. Os terrenos apresentam solo argiloso, bem drenado e pobre em nutrientes. Esse tipo de floresta tem dossel alto (30-40 metros de altura) e muitas árvores emergentes, sendo também a floresta com maior biomassa. No sub-bosque, normalmente aparecem muitas palmeiras, como *Attalea attaleoides* e *Astrocaryum sciophhilum*.

As Florestas de Baixos Platôs com Campinarana foram observadas no DAS na bacia do rio Cuieiras (Figura 25). Estruturalmente, são parecidas com as florestas de platô alto, mas são encontradas em solos mais arenosos. Representam no DAS as florestas com maior número de espécies da flora e fauna.



Figura 25 - Aspecto da floresta de platô baixo com campinarana.

Segundo Oliveira e Mori (1999), a área do DAS é uma das regiões mais ricas do mundo, abrigando entre 280 e 285 espécies de árvore por hectare. As Florestas de vertente são identificadas nas paisagens de colina dissecada, com solos mais argilosos no topo e arenosos na base. Também são observadas florestas de transição entre as campinaranas e florestas de platô. Apresentam árvores menores e dossel mais baixo que uma floresta de platô. As florestas abertas apresentam estrutura mais aberta e com dossel mais baixo que uma Floresta de Platô, em função de maior luminosidade no sub-bosque.

5.2 Estudo temporal das alterações ocorridas na cobertura vegetal do DAS

5.2.1 Uso e ocupação da terra no DAS.

A partir da interpretação e classificação das imagens de satélites e validação de campo foi possível identificar diversos tipos de uso e ocupação dos terrenos do DAS (Figura 26).

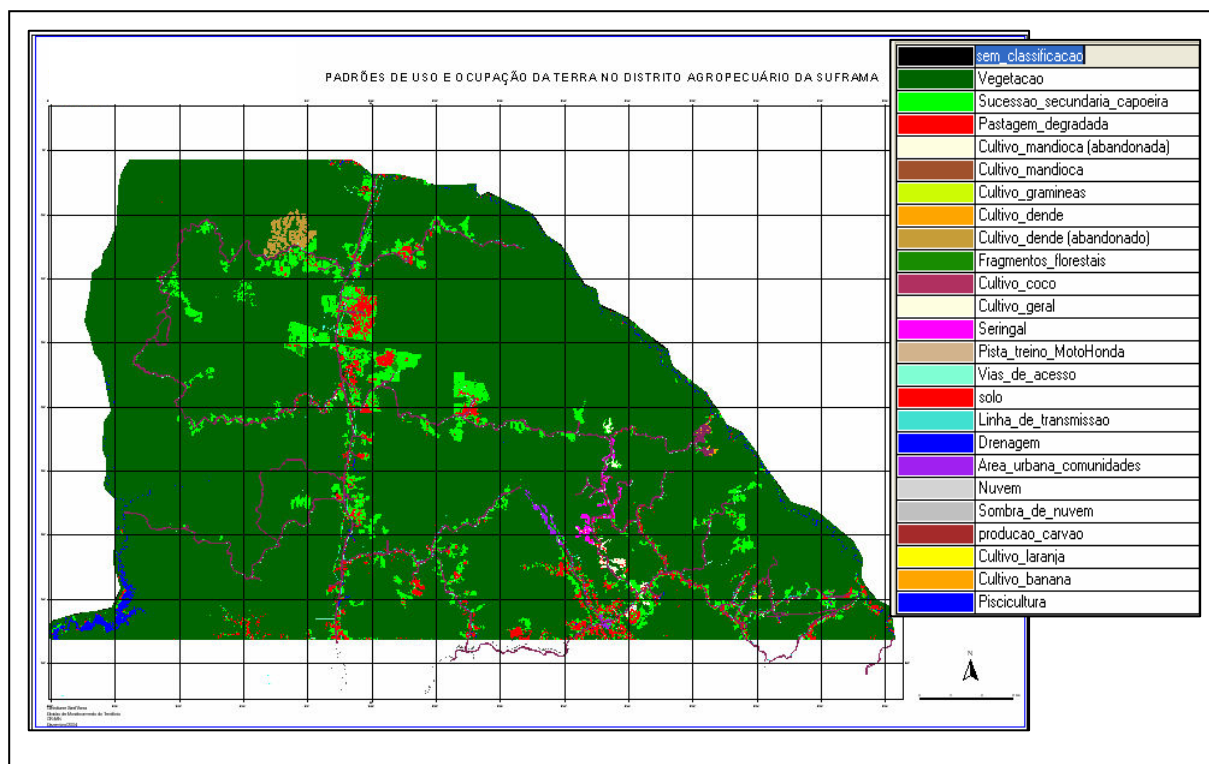


Figura 26 - Mapa com as unidades classificadas quanto ao uso e ocupação da terra.

A unidade mais representativa é a da cobertura florestal nativa. A ocupação dos terrenos segue um padrão associado às vias de circulação existentes no DAS. Estes ramais não pavimentados são conhecidos pela identificação ZF seguida de numeral.

O DAS é cortado na sua porção Oeste na direção Norte e Sul pela rodovia federal BR-174 e na porção Sudeste, pela Rodovia Estadual AM-010. São identificados nove ramais principais (ZFs) não pavimentados e diversos ramais secundários de pequena expressão, normalmente associados aos empreendimentos (Figura 27).

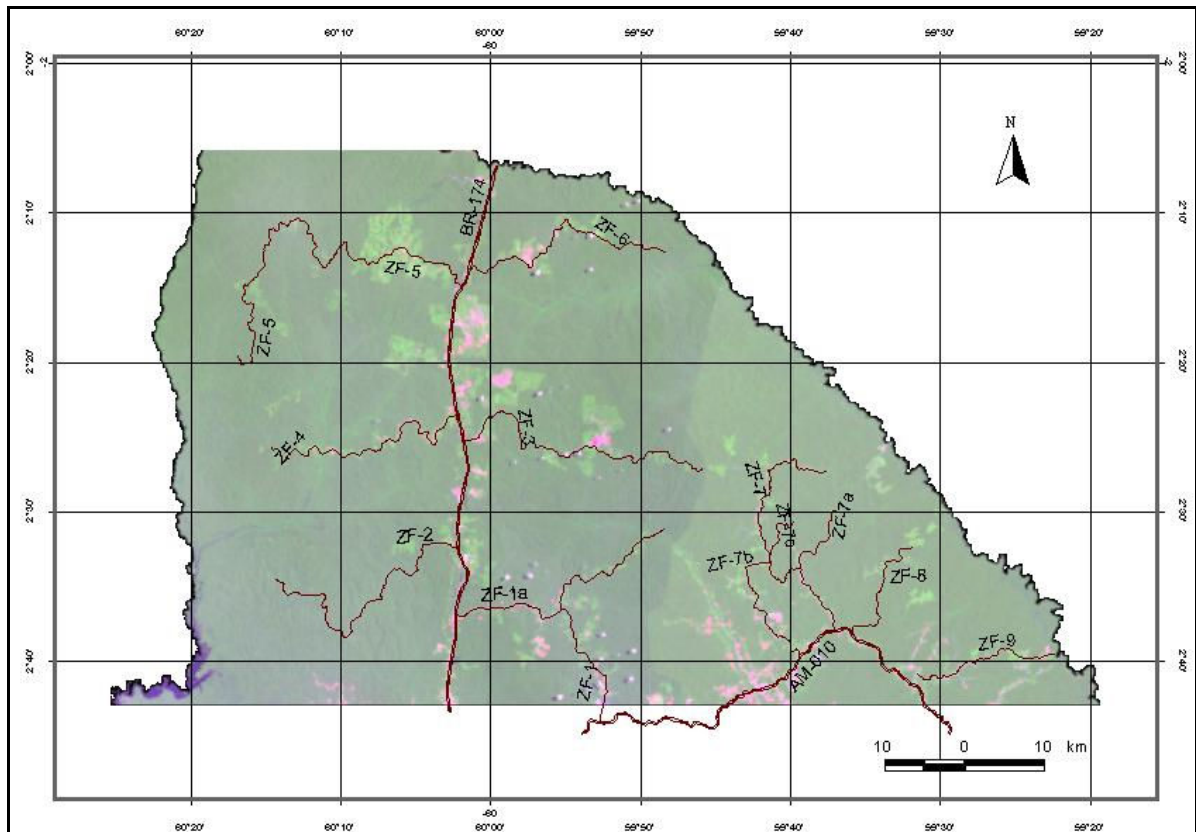


Figura 27 - Principais rodovias federal e estadual e ramais (ZF) presentes no DAS.

O desenvolvimento dos projetos ao longo dos ramais e estradas estimula a substituição da cobertura florestal original, dando origem a diversos outros tipos de uso, assim descritos e identificados no campo: capoeira, solo exposto, cultivos diversos; seringal abandonado; pastagens degradadas; piscicultura; produção de carvão; vias de acesso; linha de transmissão; e área urbana.

Os principais cultivos observados no DAS durante a atividade de campo foram: o de dendê, banana, coco, laranja, mandioca, hortaliças e verduras, além de gramíneas (Figura 28).



Figura 28: Vista parcial de pastagem de *Brachiaria humidicola* na ZF-5 – AM (A). Vista da plantação de hortaliças e verduras em terreno localizado na ZF-10 (B).

Significativamente, destacam-se dois grandes projetos de dendê localizados na porção Noroeste do DAS, na forma de projeto privado situado na ZF-5; e na estação experimental da EMBRAPA localizado na porção Oeste (Figura 29). Estes cultivos do dendê foram identificados na interpretação da imagem de satélite por um padrão dendrítico característico (Figura 30).



Figura 29: Vista parcial de um dendezal – Fazenda Caiuê – ZF-5 - AM.

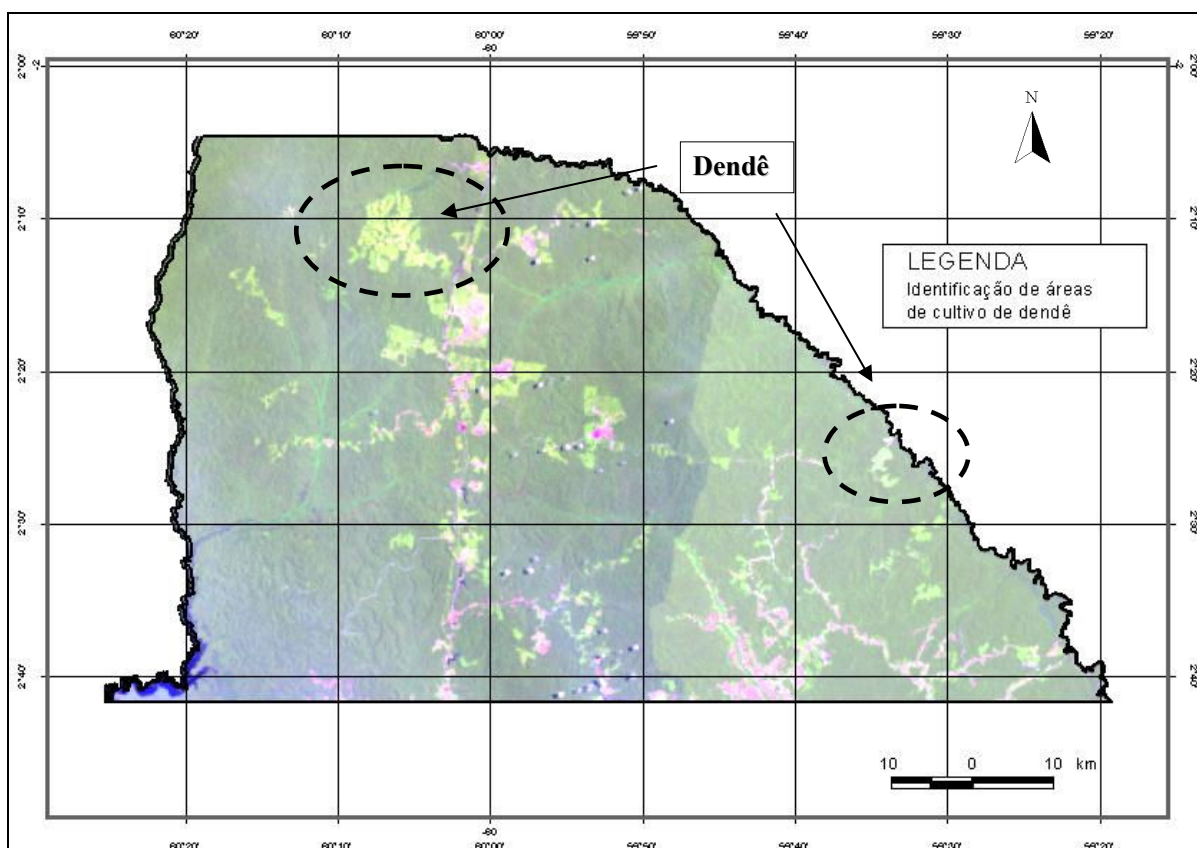


Figura 30 – Identificação das áreas de cultivo do dendê na imagem TM Landsat, bandas 3,4 e 5.

Foram observados no campo o consórcio de cultivo de tucumã, castanha do Brasil, limão e bananeira, na forma de Sistemas Agroflorestais (Figura 31).



Figura 31 – Projeto de Sistema Agroflorestal em Rio Preto da Eva.

É notável a grande quantidade de projetos abandonados no DAS. Em estudos nos relatórios da SUFRAMA, pode-se identificar que um dos critérios para a aprovação do projeto naquele órgão estava condicionado à retirada da cobertura florestal no valor máximo de 20% do terreno, independente do tipo de uso. Sem incentivos ou assistência técnica rural, com dificuldade de escoar sua produção nos períodos de chuva, e empreendedor acaba por desistir do projeto, não se responsabilizando pela recuperação da cobertura florestal original.

Com o abandono do projeto, é comum observar áreas de pastagem degradadas e, dependendo do tempo de abandono, a presença de capoeira em vários estágios de desenvolvimento (Figura 32).



Figura 32 – Aspecto da paisagem de capoeira em um projeto abandonado no DAS.

5.2.2 Análise histórica (2002, 2004 e 2006) da alteração da cobertura florestal e as relações de reserva legal.

Ao analisar a perda da cobertura florestal nas quatro bacias hidrográficas do DAS, no período compreendido entre 2002 e 2004, a área da bacia do rio Preto da Eva é a que possui a maior extensão alterada. A partir da análise em detalhe ilustrada na figura 33, é possível identificar as alterações no uso e ocupação dos terrenos na bacia hidrográfica do rio Preto da Eva em séries temporais de imagens TM Landsat, bandas 3, 4 e 5.

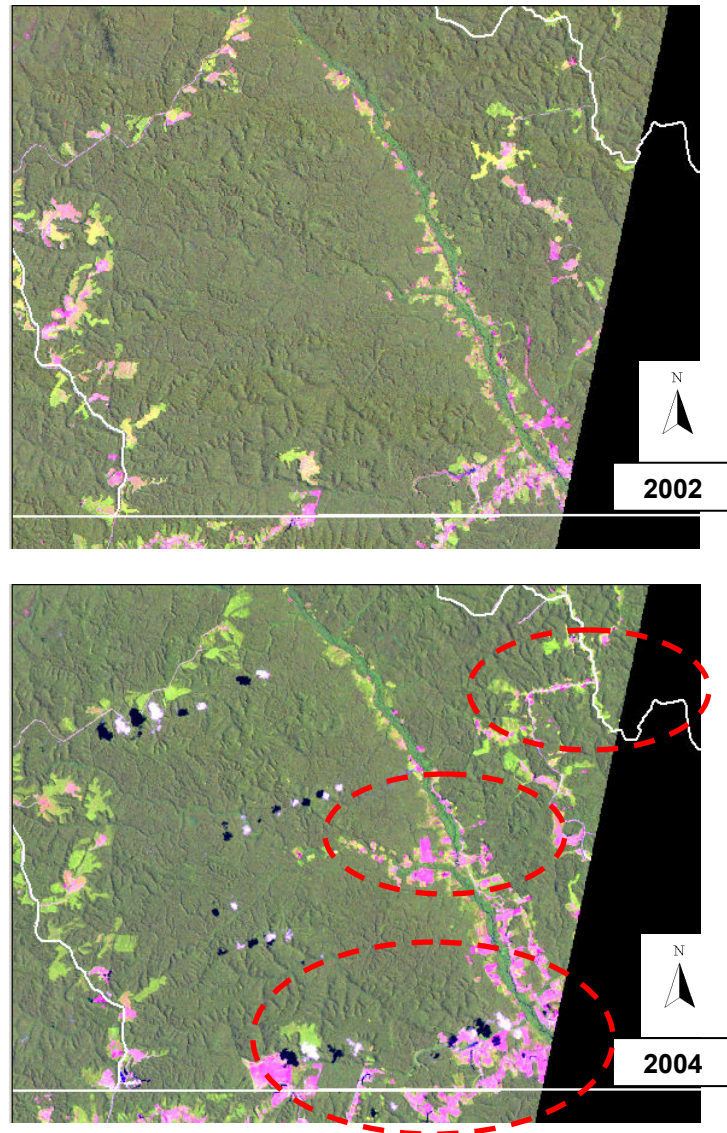


Figura 33 – Identificação de áreas com subtração da cobertura florestal. Bacia Hidrográfica do rio Preto da Eva, DAS.

No campo foi possível observar que esta alteração está relacionada ao crescimento da sede municipal de Rio Preto da Eva e ao surgimento de balneários, sítios de veraneio e implantação de projetos agropecuários na região.

A bacia do rio Urubu do DAS apresenta áreas alteradas relacionadas principalmente às vicinais do DAS e na influência da sede de Rio Preto da Eva.

A bacia do rio Tarumã-Açú sofre forte influência do crescimento urbano de Manaus. O eixo de ocupação dos terrenos está se dando na direção Sul-Norte (Figura 34), facilitado

pela presença da rodovia federal BR-174. Esta bacia é a mais vulnerável aos processos de desmatamento.

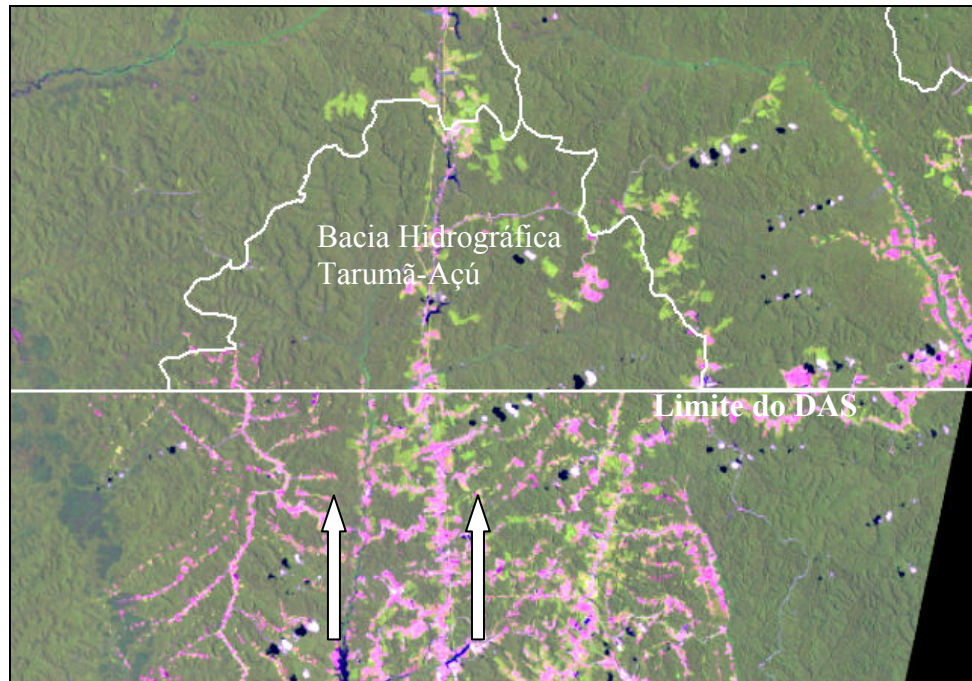


Figura 34 – Padrão do crescimento urbano de Manaus, facilitado pela presença da BR-174. Forte pressão ao desmatamento no limite do DAS (cena 2004 – LANDSAT).

A bacia do rio Cuieiras é a que apresenta historicamente no DAS o menor percentual de áreas alteradas, e, portanto, caracteriza-se pela conservação dos seus recursos naturais.

A área total do Projeto do Distrito Agropecuário da SUFRAMA – DAS é de 589.334 hectares. Considerando o conceito de Reserva Legal (Brasil, 1994) que define para a Amazônia o valor máximo de 20% da área do projeto para a extração da cobertura florestal nativa, a SUFRAMA pode autorizar no DAS o desenvolvimento de projetos que desmatem um total máximo de 117.866,8 hectares.

Considerando as dificuldades inerentes a gestão territorial do DAS, foi desenvolvida pelo estudo uma proposta metodológica de monitoramento dos valores da reserva legal a partir de técnicas de geoprocessamento. A presente dissertação exhibe no fluxograma ilustrado na Figura 35 a proposta metodológica que busca, a partir do cálculo de taxas de

desmatamento, avaliar a aprovação pela SUFRAMA, órgão gestor do DAS, de novos projetos e/ou da continuidade dos vigentes, respeitando os limites da reserva legal.

Ao dar entrada ao processo de aprovação de um projeto na SUFRAMA o empreendedor insere as coordenadas dos limites do terreno representadas por um polígono fechado com área definida (AL). Verifica-se por meio da interpretação de imagem de satélite se a cobertura florestal do terreno (RL) não está alterada, calculando um valor limite de desmatamento AD_{aut} , considerando a manutenção de 80% da reserva legal.

Em cena futura, monitora-se a mesma região, identificando se o empreendedor está respeitando os valores de área desmatada (AD), decidindo pela manutenção dos incentivos ao projeto, pelo alerta ao monitoramento ou pela recuperação de áreas degradadas por projetos de reflorestamento e/ou revegetação.

As imagens TM LANDSAT 7 e CBERS 2, por sua resolução de 500 metros, foram interpretadas até a escala de 1:50.000. No método proposto, utilizando as imagens supracitadas, foi possível apenas o monitoramento da área total do DAS (Tabela 3) e/ou de suas bacias hidrográficas. Para a escala de projeto deve-se utilizar uma imagem de alta resolução.

Tabela 3 – Comparativo dos valores de reserva legal do DAS medidos em cenas de 2002 e 2004.

Uso/Ano	Área em hectares	%
Floresta Nativa/2002	532.034	90,3
Áreas alteradas/2002	57.300	9,7
Floresta Nativa/2004	520.824	88,4
Áreas alteradas/2004	68.510	11,6
DAS	589.334	100

Considerando os valores mapeados no período entre 2002 e 2004, o desmatamento do DAS cresceu 19,6%, não atingindo os valores limites da reserva legal. Considerando a possibilidade de desmate de mais 8,4% da área total do DAS, o limite para a retirada da floresta está fixado no valor máximo de 49.504,06 hectares.

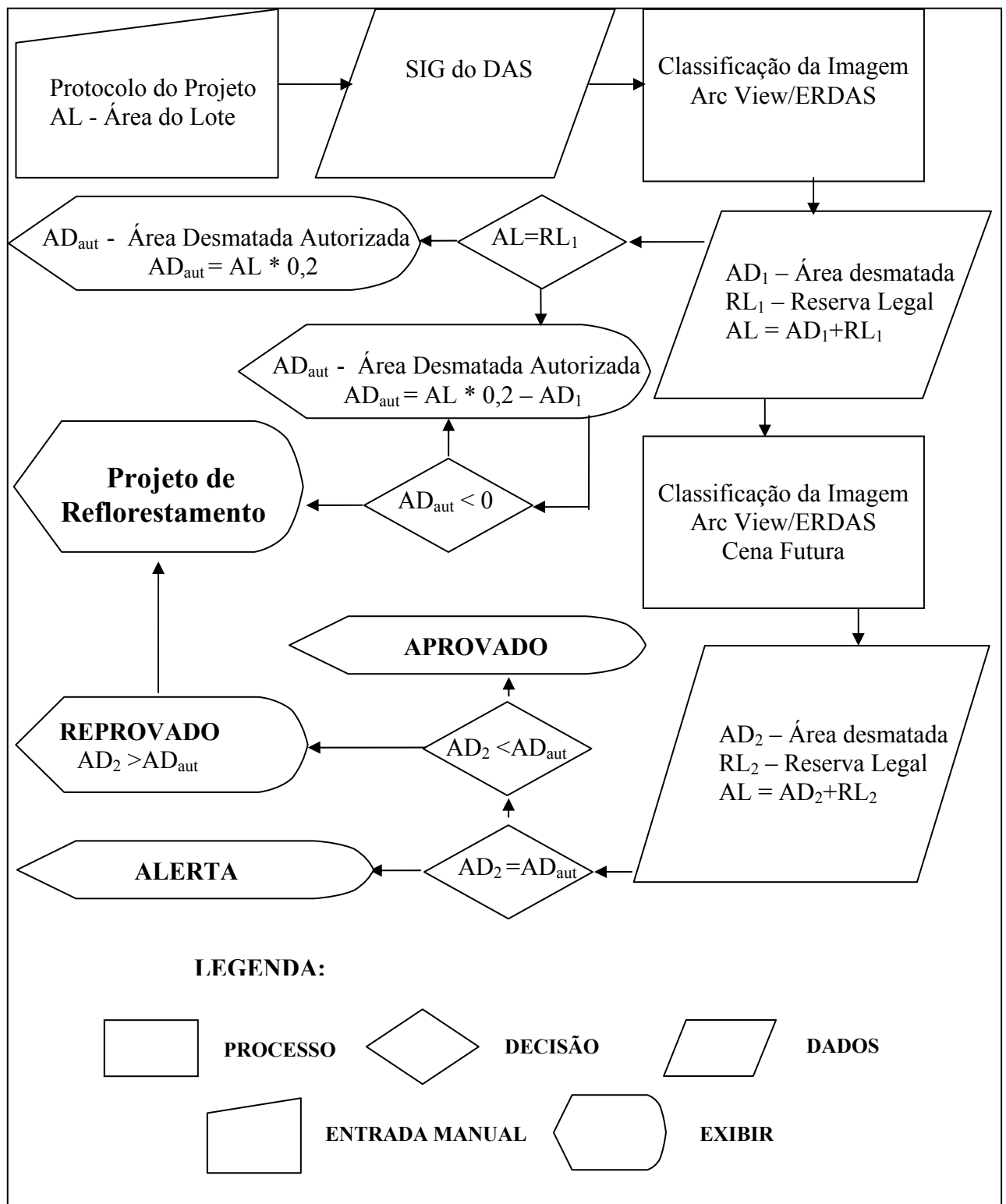


Figura 35 – Fluxograma apresentando proposta metodológica para o monitoramento das áreas de reserva legal para a análise de projetos desenvolvidos no DAS.

O trabalho do ZEE do DAS (CPRM, 2005) apresentou a seguinte distribuição das unidades mapeadas: recursos hídricos – 8.150 hectares (1,4%); campinarana e campina – 4.610,7 hectares (0,8%); floresta de baixio – 60.198,3 hectares (10,2%); floresta de igapó – 4.526,1 hectares (0,8%); floresta de platô alto – 67.635,7 hectares (11,5%) e floresta de platô baixo com campinarana – 373.314,2 hectares (63,3%). As áreas alteradas representam 79.899 hectares (12% da área total do DAS). Neste estudo, o DAS conserva 88% das suas reservas legais.

A análise da imagem CBERS 2, de 13 de setembro 2006, não apresentou significativas alterações da perda da cobertura vegetal do DAS, a não ser na porção sul, na área de influência da sede municipal de Rio Preto da Eva (Figura 36).

Em consulta a SUFRAMA, foram identificadas como causas que explicam estes mínimos valores:

1. O crescimento urbano da cidade de Rio Preto da Eva;
2. Maior rigidez na liberação de novos projetos pelo órgão.

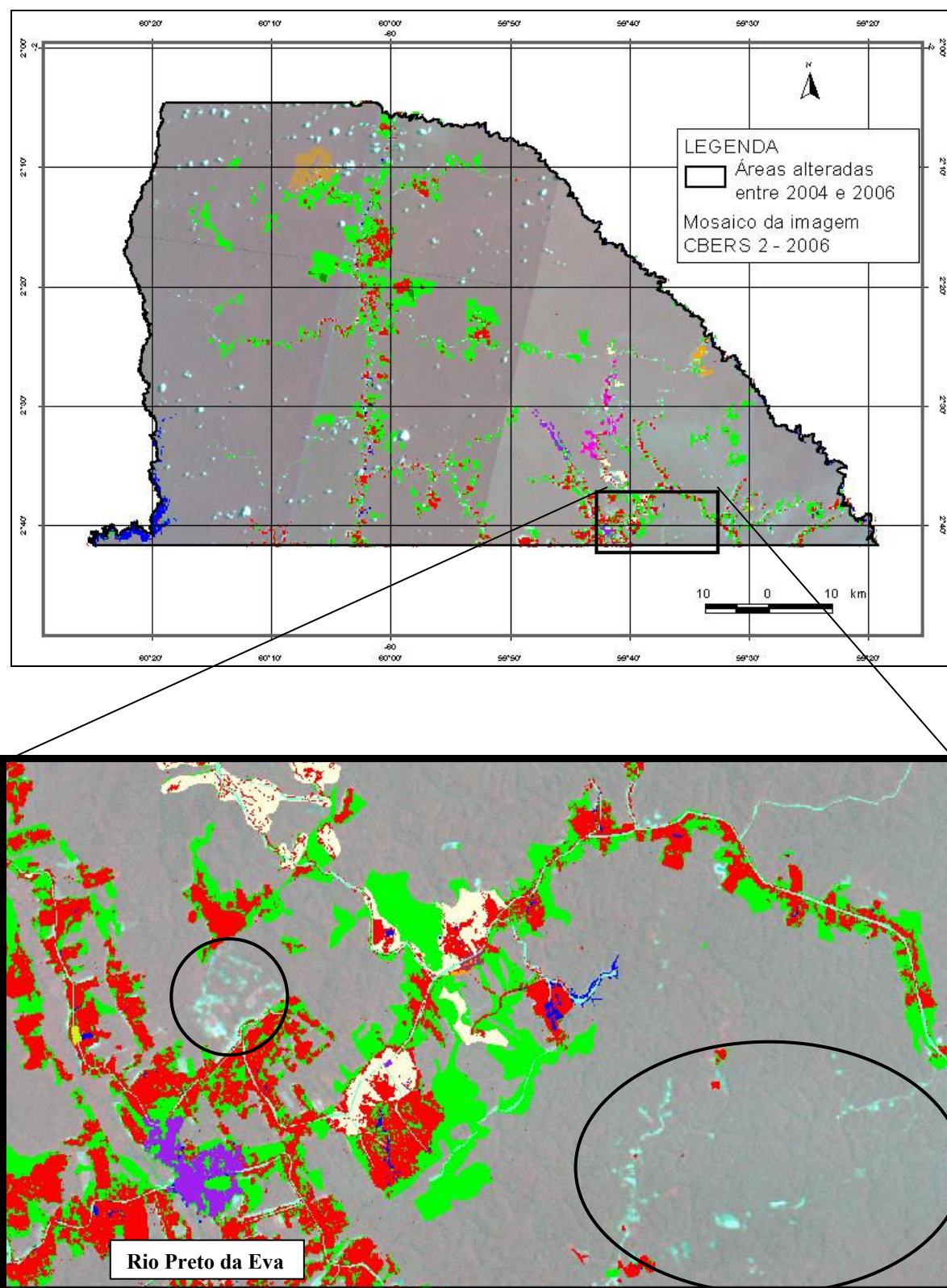


Figura 36 - Mapa de alteração da cobertura vegetal entre 2004 e 2006, a partir da imagem CBERS 2 de 2006. Em detalhe, as áreas alteradas.

6 CONCLUSÕES

Ao produzir com o apoio do Laboratório de Geotecnologia do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da UFAM um banco de dados em SIG para o Distrito Agropecuário da SUFRAMA, contendo além das informações cartográficas básicas (drenagem, vias de acesso, etc.), 160 pontos de amarração com informações de projetos/empreendimentos; a distribuição de polígonos classificados segundo o uso e ocupação da terra; a distribuição dos lotes de projetos aprovados pela SUFRAMA; recorte das cenas de 2002 e 2004 de imagens TM LANDSAT 5 e cenas de 2006 de imagens CBERS 2, este trabalho contribui com as pesquisas na região. Este acervo constitui ferramenta importante ao monitoramento ambiental do DAS.

A proposta metodológica para o mapeamento da alteração de cobertura vegetal utilizando séries temporais de sensores remotos mostrou-se eficiente na quantificação das taxas de desmatamento e tomada de decisão para a abrangência das unidades do Distrito Agropecuário e macrobacias. Em unidades inferiores não é possível utilizar a metodologia aplicada nesta dissertação, pela necessidade do uso de imagem de melhor resolução, como por exemplo, uma imagem IKONOS.

Entendendo-se o Distrito Agropecuário da SUFRAMA como um grande projeto de desenvolvimento regional, com uma área de 589.334 hectares, o monitoramento da perda de reserva legal torna-se instrumento de gestão do território e de sustentabilidade dos recursos naturais na região.

Este estudo, a partir das informações da cena de 2004, registrou que 88,4% do DAS encontra-se com sua cobertura florestal nativa preservada, equivalente a 520.824 hectares. Não foram observadas significativas alterações da perda da cobertura vegetal do DAS, a não ser na porção sul, na área de influência da sede municipal de Rio Preto da Eva, na imagem CBERS 2, de 13 de setembro 2006.

Grande parte dos 11,6% de áreas alteradas são projetos desativados (iniciaram suas atividades com a retirada da floresta e posteriormente foram abandonados). É comum observar em função do tempo do abandono, a recuperação natural das áreas degradadas, a partir do surgimento de capoeiras em diversos estágios de desenvolvimento. O não uso e a ausência de manutenção de ramais têm também contribuído ao processo de revegetação das vias e fechamento das mesmas, como observado na porção Noroeste do DAS, região da bacia hidrográfica do rio Cuieiras.

Contudo, com a interpretação das imagens de satélite, pôde-se observar uma relação entre o crescimento urbano de Manaus e processos de desmatamento nas proximidades do limite do DAS, notadamente na bacia hidrográfica do Tarumã-Açú, facilitada pela presença da rodovia federal BR-174.

A região que compreende a bacia hidrográfica do rio Preto da Eva dentro do DAS foi a que apresentou as maiores alterações na cobertura florestal, relacionado ao crescimento urbano da sede municipal de Rio Preto da Eva e a aprovação de novos projetos agropecuários.

Este trabalho trouxe recomendações ao processo de construção do conhecimento científico na Amazônia, principalmente, no que tange ao compromisso do desenvolvimento sustentável dos sistemas produtivos existentes, tendo por base as diversas ferramentas de geotecnologias.

7 RECOMENDAÇÕES

As principais recomendações sugeridas para o Distrito Agropecuário da SUFRAMA são:

1 - A metodologia utilizada e proposta nesta dissertação confirma a necessidade da integração de dados de sensoriamento remoto com trabalhos de campo para avaliar o impacto do uso da terra.

2 - Este estudo pode servir para mapear e monitorar a cobertura vegetal, produzindo o entendimento preliminar de como se dá a recuperação na forma de capoeiras de áreas de projetos agropecuários abandonados.

3 - O banco de dados desenvolvido em SIG dos pontos levantados nas atividades de campo permitem subsidiar ações preventivas que possam ser realizadas pelos gestores do Distrito Agropecuário da SUFRAMA.

4 - A implantação de novos projetos econômicos e de uso e ocupação da terra no DAS deve respeitar a Lei 4.771/1965 (Código Florestal Brasileiro), alterada pela Lei nº 7.803, de 8/08/93 que dispõe sobre as áreas de reserva legal.

5 - A criação de unidades de conservação na área do DAS deve considerar o desenvolvimento *pari passu* do conhecimento da bio, geo e sociodiversidade locais, atendo-se como projeto de Distrito Agropecuário, a possibilidade de desmate no valor máximo de 20%, equivalente a 117.866,8 hectares.

6 - Desenvolver um estudo jurídico sobre as questões relacionadas ao tema Reserva Florestal Legal, atualizando-se o trabalho desenvolvido por Paulo Affonso Leme Machado¹ em 2001, a partir dos resultados e contribuições do projeto Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Agropecuário da SUFRAMA (CPRM, 2005) e da presente dissertação.

¹ MACHADO, P. A. L. **Comentários sobre a Reserva Florestal Legal.** Disponível em: <<http://www.ipef.br/legislacao/comentariosreserva.asp>> Acesso em: 05/06/07.

8 REFERÊNCIAS

- ALVES, D. S.; SKOLE, D. L. Characterizing land cover dynamics using multitemporal imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 4, p. 835-839, 1996.
- ARC VIEW version 3.2a**. [S.I.]: ERSI, 1996. Conjunto de programas. CD-ROM.
- ARONOLF, S. **Geographic Information Systems: a Management Perspective**. WDL Publications. Ottawa, Ontario, Canada. 1989. 294p.
- BARROSO, L. V.; BROWN, I. F.; NEPSTAD, D. C. Dinâmica do uso da terra em assentamentos humanos na região de Paragominas, Amazônia brasileira, através de sensoriamento remoto e sistema geográfico de informação. In: **Congresso Florestal Brasileiro, 7; Congresso Florestal Panamericano, 1.**, 1993, Curitiba. Anais. Curitiba: 1993. v. 2, p. 338-340.
- BATISTELLA, M. *et al.* **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: dezembro de 2006 e fevereiro de 2007.
- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro/Brasília: SAE-MMA, 1996.
- BRASIL. Código Florestal Brasileiro. Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Ministério de Meio Ambiente**. [online] Brasília, DF. 15 set. 1965, alterada pela Lei nº 7.803, de 8/08/93. Editada em 24 de agosto de 2001. Extraída do site: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acessado em: 09/03/2006.
- BRASIL, República Federativa do. Resolução do **CONAMA** nº. 303 de 20 de Março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Extraída do site: <<http://www.presidencia.gov.br>>. Acessado em: 09/03/2006.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. **Princípios básicos em geoprocessamento. Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações no Agricultura**, E. D. Assad & E.E. Sano (eds.), EMBRAPA, Brasília, DF. 1998.
- CAPOBIANCO *et al.* (org.). **Biodiversidade na Amazônia Brasileira**. São Paulo: Estação Liberdade/ISA, 2001.
- COSTA, D.P. Utilização de geotecnologias na análise da transformação sócio-espacial urbana da região Serrana Fluminense: o estudo de caso do distrito sede de Teresópolis. Rio Claro: [s.n], 2005 (**Dissertação de Mestrado**).
- COSTA, L.A. Proposta de Zoneamento de Áreas Rurais utilizando Sistema de Informações Geográficas. Viçosa: UFV, 2001 (**Tese de Doutorado**).
- CPRM. **Zoneamento Ecológico – Econômico do Distrito Agropecuário da SUFRAMA (DAS)**. Manaus: CPRM, 2005. Relatório técnico.

CREPANI, E. *et al.* **Metodologia para Elaboração de Mapas de Vulnerabilidade Natural**. São José dos Campos (SP): Ministério da Ciência e Tecnologia/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 1996. 18p.

ESTEIO. **Projeto SRTM - Estágio Atual**. Disponível em: <<http://www.esteio.com.br>> Acesso em: 12 de dezembro de 2006.

EASTMAN, J.R. **Manual do usuário- Introdução a Exercícios Tutoriais**. Tradução: Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS-Centro de Recursos Idrisi, 1998. 235p.

ERDAS, Inc. **Software ERDAS IMAGINE 8.4**. Atlanta, Georgia, 2001.

FIDALGO, E.C.C.; CREPANI, E.; DUARTE, V. *et al.* Mapeamento do uso e da cobertura atual da terra para indicação de áreas disponíveis para reservas legais: estudo em nove municípios da região Amazônica. In: **Revista Árvore**, nov./dez. 2003, vol.27, n°. 6, p.871-877. ISSN 0100-6762.

Global Land Cover Facility: **GLCF**. Disponível em: <<http://ftp.glcf.umd.edu/glcf/Landsat>> Acesso em: 2003, 2004 e 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS: INPE. **Satélite CBERS**. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/pt/programas/cbbers1-2.htm>>. Acesso em: 2004 e 2005.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. M. **Remote sensing and image interpretation**. 2.ed. New York: Wiley, 1987. 734p.

LUCAS, R. M. *et al.* **Avaliação da composição florística, biomassa e estrutura de florestas tropicais em regeneração: a contribuição do sensoriamento remoto**. Amazonas. 1998.

MACHADO, P. A. L. **Comentários sobre a Reserva Florestal Legal**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/legislacao/comentariosreserva.asp>>. Acesso em: 05 de junho de 2007.

MENDES, C. A. B. **Uso eficiente dos recursos hídricos com apoio de técnicas de geoprocessamento**. Submetido e aprovado ao II Encontro das Águas (Foro Internacional dos Recursos Hídricos), 15 a 18 de junho. Montevideu-Uruguai. 1999.

MORAN E, F. *et al.* **Integrating Amazonian vegetation, land-use, and satellite data**. BioScience, v. 44, n. 5, p. 329 - 338, 1994.

MORSELLO, C. Unidades de Conservação Pública e Privadas: seleção e manejo no Brasil e Pantanal Mato-grossense. In: **Jacobi, P.R.** (org.) **Ciência Ambiental os desafios da Interdisciplinaridade**. São Paulo: Annablumi-FAPESP, 2002. p. 333 - 358.

NASA – **National Aeronautics and Space Administration**. THE LANDSAT PROGRAM [online]. Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em 2004 e 2005.

NAVA, D.B. Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos da Porção Sudeste da Cidade de Manaus, Amazonas. Manaus: CCA - UFAM/, 1999 (**Dissertação de Mestrado**).

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blücher, 1992, 308p.

OLIVEIRA, A. A. *et al.* **A flora fanerogâmica Amazônica: Composição, diversidade, endemismo e conservação**. 2002

PALMEIRA, A. Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas à gestão do território do município de Paragominas (Estado do Pará). São José dos Campos: INPE, 2004 (**Dissertação de Mestrado**).

RIBEIRO, J. E. L. *et al.* **Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA, 1999.

SANO, E. E. *et al.* Levantamento do uso atual da terra através de imagens TM/Landsat na microregião de Tomé - Açu e alguns municípios das microregiões do Baixo Tocantins e Guajará (PA). Belém: **SUDAM-CHSRA / OEA**, 1989. 67 p.

SANTOS, J. R.; SANTOS, A. P.; AQUINO, L. C. S. Avaliação da cobertura vegetal e uso da terra nas áreas programa do PDRI-AM, através da técnica de sensoriamento remoto. São José dos Campos: INPE, 1983. 68 p. (**INPE-NTE/199**).

SHIMABUKURO, Y. E.; SANTOS, J. R.; AQUINO, L. C. S. Vegetation survey in Amazonia using LANDSAT data. São José dos Campos: INPE, 1982. 7 p. (**INPE-2409-PRE / 118**).

SUDAM. **Curso de Introdução ao Sensoriamento Remoto aplicado a recursos naturais**. Fev 1998.

SUFRAMA. **O Distrito Agropecuário de Manaus**. Manaus: SUFRAMA, 2003.

TARDIN, A. T. *et al.* Levantamento de áreas de desmatamento na Amazônia Legal a través de imagens do satélite LANDSAT. São José dos Campos: INPE, 1979. (**INPE-1411-NTE/142**).

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN. 1977. 91p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente).