



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS -UFAM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO  
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA- PPG-  
CASA**

**USO DE GEOTECONOLOGIAS NO MONITORAMENTO DE  
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: OCUPAÇÕES PERI  
URBANAS NA APA MARGEM ESQUERDA DO RIO NEGRO -  
MANAUS**

**JOSÉ LUIZ ALMEIDA DO NASCIMENTO**

**MANAUS  
2009**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS -UFAM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO  
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA- PPG-  
CASA**

**JOSÉ LUIZ ALMEIDA DO NASCIMENTO**

**USO DE GEOTECONOLOGIAS NO MONITORAMENTO DE  
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: OCUPAÇÕES PERI  
URBANAS NA APA MARGEM ESQUERDA DO RIO NEGRO -  
MANAUS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia – CASA, da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, área de concentração Gestão Ambiental e Áreas Protegidas.

Orientador: Prof. Dr. Neliton Marques da Silva

**Manaus  
2009**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Elaborada por: Alcimar Matta da Silva-CRB 266/AM

N244u Nascimento, José Luiz Almeida do  
Uso de geotecnologia no monitoramento de unidades de  
conservação: Ocupações peri-urbanas na Apa margem esquerda  
do Rio Negro. Manaus, / José Luiz Almeida do Nascimento -  
Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2010  
117p.il.color.

Dissertação apresentada como requisito para obtenção de  
grau de Mestre do programa de Pós-Graduação em Ciências do  
Ambiente.

Orientador Prof, Neliton Marques da Silva, Dr.

1. Sistema de informação geográfica 2. Sensoriamento  
remoto 3. APA margem esquerda do Rio Negro 4. Amazônia  
I. Título

CDD: 621.38

JOSÉ LUIZ ALMEIDA DO NASCIMENTO

**USO DE GEOTECONOLOGIAS NO MONITORAMENTO DE  
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: OCUPAÇÕES PERI  
URBANAS NA APA MARGEM ESQUERDA DO RIO NEGRO -  
MANAUS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia – CASA, da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, área de concentração Gestão Ambiental e Áreas Protegidas.

Aprovado em 09 de dezembro de 2009.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Neliton Marques da Silva, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Eduardo da Silva Pinheiro, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço principalmente à Deus, pela sua presença em todos os momentos difíceis e por me incentivar em todas as batalhas da vida.

Ao professor Dr. Neliton Marques, pela orientação durante realização deste trabalho, bem como por sua amizade e por estar sempre disposto a ajudar no decorrer da vida profissional.

A minha querida esposa Wanderléia Holanda Salgado do Nascimento por todo carinho, compreensão, paciência e pela sua contribuição na elaboração deste trabalho, mas principalmente por fazer parte da minha vida.

A todos os meus familiares, em especial meu pai Luiz Marreiros do Nascimento e minha mãe Julieta Almeida do Nascimento que sempre me deram apoio e que torcem muito pela minha realização profissional.

Ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), pelo fornecimento dos dados sobre o assentamento Tarumã Mirim.

As colegas Soraya e Heloisa, do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), pelo apoio na interpretação e análise para atualização dos dados referentes ao P.A. Tarumã-Mirim;

Aos colegas de curso, pela companhia e incentivo ao longo desta jornada e pelas horas de descontração e amizade;

A minha cunhada Waldelice Holanda pelo apoio nas atividades de geoprocessamento;

Aos amigos Aldenira Queiroz e Jeú Linhares pelo apoio e suporte quando necessário e a todos os companheiros e amigos do laboratório de Geoprocessamento do IPAAM.

E por fim à todos que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento desse trabalho.

Muito obrigado.

Em uma situação de pobreza extrema, “o indivíduo marginalizado pela sociedade e pela economia nacional não tem nenhum compromisso de evitar a degradação ambiental, uma vez que a sociedade não impede sua degradação como ser humano”

Santiago Eclac

## RESUMO

As técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido utilizados de forma conjugada em estudos dos recursos terrestres, com especial atenção para o monitoramento das atividades antrópicas e seus impactos ambientais. Neste contexto, o presente trabalho foi desenvolvido tendo como objetivo mapear, através de SIG, os impactos provenientes das diferentes formas de uso do solo no interior da APA Margem Esquerda do Rio Negro – Setor Tarumã-Açu/ Tarumã-Mirim. A APA, de 56.793ha, está localizada entre os paralelos 2° 41'44" e 3° 03'37" Latitude Sul e meridianos 60° 03'41" e 60° 18'27" Longitude Oeste, no município de Manaus - Estado do Amazonas. Para análise de dados de sensoriamento remoto utilizou-se imagens do satélite TM Landsat 5 (anos 1990, 1997, 2001, 2005 e 2009) e QUICKBIRD (ano 2008), que subsidiaram na construção de uma base cartográfica digital. As referidas imagens foram fundamentais também na quantificação da dinâmica de desmatamento, obtida através do processo de classificação, para o período compreendido entre os anos de 1990 a 2009 e seus respectivos incrementos. O método para classificação foi a de máxima verossimilhança, focando as análises apenas nas classes de floresta, não-floresta e água, além de outras técnicas de análise da base de dados. Para estruturação da base cartográfica digital, utilizou-se o software ArcGis 9.3 e ENVI 4.4, técnicas de geoprocessamento apoiadas nos recursos disponíveis em Sistemas de Informações Geográficas, onde foram analisados aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo e cobertura vegetal. Para construção do polígono georeferenciado da unidade foi feita interpretação do seu memorial descritivo, bem como a espacialização das coordenadas geográficas contidas no Decreto de criação e na Lei que altera posteriormente seus limites. Informações do PA Tarumã-Mirim, unidades de conservação, hidrografia, relevo, vegetação e dados coletados em campo através do georeferenciamento com uso de GPS, foram organizadas em um banco de dados geocodificado identificando e espacializando a situação fundiária da APA, bem como, alvos potenciais de degradação ambiental, áreas de preservação permanente, reservas florestais e demais atividades implantadas no espaço geográfico da APA. Tal mapeamento subsidiou a construção de um banco de dados geográficos da unidade, ferramenta fundamental no auxílio à gestão da unidade.

Palavras chave: Sistema de Informação Geográfica, Sensoriamento Remoto, APA margem Esquerda do Rio Negro – Setor Tarumã Açú/Tarumã Mirim, Banco de dados Geográficos.

## ABSTRACT

Techniques of Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) have been used in combination in studies of land resources, with special attention to the human activities monitoring and their environmental impacts. In this context the present work was focused in mapping through GIS, the impacts from various forms of land use within the APA Left Bank of the Rio Negro - Setor Tarumã Açú - Mirim. The APA, the 56.793ha, is located between the parallel 2° 41'44 "and 3° 03'371" South latitude and meridians 60 ° 03'41 "and 60 ° 18'27" West Longitude in the Manaus city, state of Amazonas. For data analysis from remote sensing was used satellite images from TM Landsat 5 with the years 1990, 1997, 2001, 2005 and 2009, QUICKBIRD (year of 2008), which helped organize an digital map, with quantification of the dynamics of deforestation between the years 1986 to 2008, and their respective increments. The classification method was to the maximum similarity, focusing the analysis only in the classes of forest, non-forest and water, and other technical analysis of the database. To structure the digital cartographic base, using the software Arcgis 9.3 and ENVI 4.4, can be supported in geoprocessing resources in geographic information systems, which were analyzed issues related to the use and occupancy of the soil and vegetation. To construct the georeferenced polygon of the unit, the memorial, that describes the unit, had been interpreted, such as the geographics coordenations spacialization, which are in the creation Decree and the Law that later modifies your limits. Information from PA Tarumã Mirim, conservation units, hydrography, topography, and vegetation data collected in the field through georeferencing using GPS, were organized in a database geocoded identifying and spacializing the situation about the lands of APA such as the targets of environmental degradation, permanent areas preservation, forest reserves and other activities located in the geographical area of APA. This mapping subsidized the construction of a spatial database, a tool that assisted in managing the unit.

Keywords: Geographic Information System, Remote Sensing, APA Left margin of Rio Negro - Setor Tarumã Açú / Tarumã Mirim, Geographical Database.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA – Área de Proteção Ambiental

ASI - *Agenzia Spaziale Italiana*

BDG – Banco de Dados Geográficos

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CAD – Desenhos Assistidos por Computador

DBMS – Data Base Management System

DEGRAD - Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Brasileira

DETER – Detecção de Desmatamento em Tempo Real

DLR - *Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt*

DSG - Divisão de Serviço Geográfico

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ENVI - Environment for Visualizing Images

FEMA - Fundação Estadual de Meio Ambiente

GPS – Sistema de Posicionamento Global

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ITEAM – Instituto de Terras do Amazonas

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

IPAAM - Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas

MEC - Equatorial Continental

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

NIMA - *National Imaging and Mapping Agency*

NCGIA - National Centre for Geographical Information and Analysis National Centre for

Geographical Flow Accumulation Direction - Direção de fluxo acumulado

P.A. – Projeto de Assentamento

PMM - Prefeitura Municipal de Manaus

PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite

RADAS - Radio Detection and Ranging

RDS - Reserva de Desenvolvimento Sustentável

SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente

SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia

SAR - Radar de Abertura Sintética

SIG - Remoto e Sistemas de Informações Geográficas

SGBD – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

SNUC – Sistema de unidades de Conservação

SEDEMA – Secretaria de Desenvolvimento e Meio Ambiente

SEMMA – Secretaria Municipal de Meio Ambiente

SRTM - *Shuttle Radar Topographic Mission*

UFAM - Universidade Federal do Amazonas

UNA's – Unidades Ambientais

UC's – Unidades de Conservação

UICN – União Internacional para Conservação da Natureza

UTB - Unidades Territoriais Básicas

VLQNV - Depressões e Areas Planas

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Exemplos de áreas de atuação dos SIG.....	22
Figura 2 Formas de representação dos componentes de um SIG.....	28
Figura 3 Interface dos componentes de um SIG.....	29
Figura 4 Exemplo de PIs, ou camadas, que podem formar um projeto.....	32
Figura 5 Coleta de dados em Sensoriamento Remoto a partir de plataformas em diferentes níveis de altitudes. ....	35
Figura 6 O espectro eletromagnético.....	36
Figura 7 Sensores passivos.....	40
Figura 8 Sensores ativos.....	40
Figura 9 Satélites utilizados para coleta de dados de recursos naturais. ....	41
Figura 10. Sistema LANDSAT.....	42
Figura 11 Lançamento e operação do Quickbird.....	44
Figura 12 Missão SRTM- Detalhes do Radar Interferométrico.....	45
Figura.13 Detalhes de transmissão e recepção de sinais. Fonte: SIPAM 2008.....	47
Figura.14 Aeronave R99 B SAR/SIPAM.....	48
Figura 15 Mapa de Áreas Protegidas do Estado do Amazonas.....	54
Figura16 Mapa imagem da APA M.E. do Rio Negro Setor Tarumã-Açú/Tarumã-Mirim, inserida no mosaico do baixo Rio Negro.....	59.
Figura 17 APA Margem Esquerda do Rio Negro com detalhe para fotografia aérea do PA Tarumã-Mirim.....	60
Figura 18 Localização da área em estudo.....	61
Figura 19 Situação fundiária da APA.....	62
Figura20 Localização da Área Urbana de Manaus em relação a APA da Ponta Negra/Tarumã.....	63
Figura 21. Localização da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé.....	64
Figura 22 - Mapa de localização do Projeto de Assentamento Agrícola Tarumã Mirim.....	66
Figura 23 - Representação dos diversos ambientes de cobertura vegetal (RIBEIRO, 1999)...	72
Figura 24. Espacialização dos pontos de controle para obtenção do registro.....	78
Figura 25. Composição colorida 3B,4G e 5R, Imagem Landsat 5TM com recorte área objeto do estudo.....	80

Figura 26. Composição colorida 3B,4G e 5R, Imagem Landsat 5 TM, ano 2005 da área em estudo. (a) Imagem bruta (b) Imagem com aplicação da técnica de realce.....	81
Figura 27. Amostras de treinamento. ....	83
Figura 28. Aplicação de pós-classificação para o refinamento do método MAXVER na classificação supervisionada.....	84
Figura 29. Etapas da classificação Supervisionada de uma raster para mapa temático.....	84
Figura 30. a) Imagem Landsat 5 TM bandas 543; b) Imagem SAR/SIPAM; c) Fusão Imagem x Radar com planta vetorial cadastral do PA Tarumã-Mirim.....	86
Figura 31. Geração do mapa de fluxo acumulado no ambiente ArcGis.....	90
Figura 32. 1) Imagem Landsat 5 TM bandas 543, ano 1990; 2) Imagem classificada.....	94
Figura 33. 1) Imagem Landsat 5 TM bandas 543, ano 1997; 2) Imagem classificada.....	95
Figura 34. 1) Imagem Landsat 5 TM bandas 543, ano 2001; 2) Imagem classificada.....	95
Figura 35. 1) Imagem Landsat 5 TM bandas 543, ano 2005; 2) Imagem classificada.....	96
Figura 36. 1) Imagem Landsat 5 TM bandas 543, ano 2005; 2) Imagem classificada.....	96
Figura 37. Comunidades existentes na APA Margem Esquerda do Rio Negro.....	99
Figura 38. a) Embaixo Imagem Landsat 5 TM bandas 543; b) Acima Fusão Imagem x Radar com geração da imagem híbrida.....	102
Figura 39. Mapa de altimetria da área em estudo com a utilização da paleta Atlas Shader. .	103
Figura 40. Mapa de curvas de nível da APA.....	104
Figura 41. Adensamento hidrográfico das bacias que recobrem a área da APA.....	105
Figura 42. Quantificação das Áreas de Preservação Permanente da APA.....	106
Figura 43. Recorte do mapa-imagem na escala 1:15.000.....	108

## LISTAS DE GRÁFICO

<b>Gráfico 1.</b> Resultado da classificação em hectares para os anos de 1990 a 2009.....	97
<b>Gráfico 2.</b> Resultado da classificação em percentuais para os anos de 1990 a 2009.....	98
<b>Gráfico 3.</b> Desflorestamento no PA Tarumã-Mirim para os anos de 1990 a 2009.....	98
<b>Gráfico 4.</b> Ranking percentual do desmatamento na APA Margem Esquerda do Rio Negro.....	100

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Exemplo das várias formas de análise espacial em um ambiente SIG.....	30
Tabela 2. Largura das faixas imageadas pelo Radar SAR. FONTE: IMAGEM.....	50
Tabela 3. Ranking absoluto do desmatamento na APA Margem Esquerda do Rio Negro.....	101

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

EPÍGRAFE

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE FIGURAS

LISTAS DE GRÁFICO

LISTA DE TABELAS

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	16
CAPÍTULO II – OBJETIVOS.....	20
2.1. Geral.....	20
2.2. Específicos.....	20
CAPÍTULO III. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
3.1. Geotecnologias.....	21
3.2. Sistema de Informações Geográficas.....	21
3.2.1. Origem e aplicações.....	24
3.2.2. Estrutura básica e componentes do SIG.....	27
3.2.3. Geoprocessamento e álgebra de mapas.....	30
3.2.4. Aplicações do SIG na gestão ambiental.....	32
3.3. Sensoriamento Remoto.....	33
3.3.1. O espectro de Radiação Eletromagnético.....	36
3.3.2. Resolução das Imagens de Sensoriamento Remoto.....	38
3.3.3. Sistemas Sensores utilizados.....	40
3.3.3.1. Características do sensor LANDSAT 5.....	42
3.3.3.2. QUICKBIRD.....	43
3.3.3.3. SRTM-Shuttle Radar Topography Mission.....	45
3.3.3.4. RADAR SAR/SIPAM.....	46
3.4. Legislação e Meio-Ambiente.....	50
3.4.1. Unidades de Conservação.....	51
3.4.1.1. Área de Proteção Ambiental-APA.....	54

3.4.1.2. Reserva de Desenvolvimento Sustentável-RDS.....	55
3.4.2.Área de Preservação Permanente.....	57
CAPÍTULO IV. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	58
4.1. Histórico de criação da unidade.....	58
4.2. Localização e acesso.....	60
4.3. Situação Fundiária.....	61
4.3.1. APA Tarumã-Ponta Negra.....	62
4.3.2. RDS do Tupé.....	64
4.3.3. Assentamento Tarumã-Mirim.....	65
4.4. Clima .....	68
4.5. Solos.....	60
4.6. Geomorfologia.....	70
4.7. Recursos Hídricos.....	70
4.8. Vegetação.....	71
CAPÍTULO V. MATERIAIS E MÉTODOS.....	73
5.1.Estruturação do trabalho.....	73
5.2.Obtenção das imagens.....	74
5.3.Processamento digital de imagens.....	75
5.3.1. Pré-processamento, correção geométrica e registro.....	76
5.3.2. Composição colorida e realce.....	79
5.3.3. Classificação das imagens.....	81
5.3.4. Fusão das imagens.....	85
5.4. Estruturação da Base cartográfica digital .....	87
5.4.1. Modelo Digital de Elevação – MDE .....	87
5.4.2. Adensamento da hidrografia com uso de SRTM.....	88
5.5. Banco de Dados Geográficos .....	90
5.6. Materiais Utilizados.....	91
CAPÍTULO VI. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
CAPÍTULO VII. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	109
BIBLIOGRAFIA.....	112

## 1. CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Área de Proteção Ambiental – APA é uma categoria de área protegida instituída pela Lei Federal nº 9.985/2000, com o objetivo de contribuir para manutenção da diversidade biológica, proteger paisagens naturais pouco alteradas, proteger, recuperar e resguardar os recursos hídricos e ecossistemas degradados. Essas unidades de conservação deveriam constituir instrumentos da política ambiental, assegurando a participação efetiva das populações tradicionais na criação, implementação e gestão do uso e ocupação do solo nestas unidades (SNUC, 2000).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2000), o processo de gestão dos recursos naturais pressupõe conhecimento específico sobre os fatores naturais – principalmente solo, água, vegetação e fauna – como elementos ecossistêmicos e recursos potenciais.

Os fatores naturais - água, solo, ar, vegetação, fauna – interagem entre si de modo sistêmico, fazendo com que uma alteração sobre qualquer um desses fatores tenha repercussão imediata sobre todos. Portanto, ao se tratar da gestão dos recursos naturais em um determinado espaço físico – uma bacia hidrográfica, uma região, uma localidade, é indispensável considerar a sinergia que existe entre eles e buscar orientar seus respectivos usos, de modo a respeitar essa interação (MMA, 2000).

Segundo VALENTE E CASTRO (1983), uma das dificuldades para o planejamento é a conciliação entre os programas conservacionistas e a exploração econômica. Muitas vezes, os proprietários dos minifúndios que ocupam a área, salvo raras exceções, são pouco sensíveis aos aspectos da conservação do solo e da água.

A APA Margem Esquerda do Rio Negro setor Tarumã-Açú/Tarumã-Mirim, área objeto do desenvolvimento deste trabalho, é um típico exemplo da presença de ocupações

humanas em Área de Proteção Ambiental no contexto peri-urbano. Estas ocupações aconteceram de forma intensificada devido a APA ser limítrofe a área urbana da Cidade de Manaus e ao estabelecimento de legislações que descaracterizaram parte da APA, regulamentando-a como área de transição urbana, conforme Plano Diretor de Manaus - Lei Estadual nº 671 em vigor desde 04 de novembro de 2002.

Este trabalho aborda aspectos relativos a fusão<sup>1</sup> de imagens de multisensores como subsídio a geração de uma imagem híbrida, que favoreça através de sua classificação a extração de indicadores atualizados sobre os temas: cobertura vegetal, estradas, cursos d'água e ocupação do solo. Estes indicadores irão compor a base digital da área da APA M.E. do Rio Negro com o respectivo banco de dados geocodificado, uma ferramenta para estudo e gestão dos recursos naturais existentes na área do assentamento de reforma agrária, agregados ainda a dados de levantamentos existentes na área de entorno, utilizando como instrumento principal o geoprocessamento e sensoriamento remoto.

A integração de dados de radar (imagens SAR-*Synthetic Aberture Radar*) com dados de sensores passivos, mapeamentos temáticos e bases cartográficas constituiu o principal objetivo deste trabalho, que visou implementar procedimentos que garantissem a redução dos prazos e custos nos mapeamentos em unidades de conservação.

Neste contexto o geoprocessamento tornou-se uma ferramenta fundamental no planejamento do uso dos recursos naturais, de forma a garantir uma melhor qualidade de vida às famílias assentadas. Com a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento foi possível resgatar, integrar e analisar informação sobre as diversas formas de uso e ocupações da Área de Proteção Ambiental Margem Direita do Rio Negro. Os

---

<sup>1</sup> O processo de fusão de imagens visa proporcionar uma melhor apresentação em termos de visualização do dado, associando-se uma imagem colorida (menor resolução espacial) com uma imagem pancromática (maior resolução espacial) cujo resultado final é uma imagem colorida com melhor resolução espacial, adquirida da imagem pancromática.

produtos cartográficos gerados com a utilização das técnicas de geoprocessamento complementaram as informações necessárias para a análise das transformações ocorridas na área de estudo desde o início da sua ocupação.

Os projetos de assentamento tem por objetivo assegurar, as famílias assentadas, o desenvolvimento de uma produção agrícola sustentável e conseqüentemente uma melhoria nos rendimentos e condições de vida. Entretanto, nos últimos anos as ações antrópicas provocada por essa atividade tem resultado em uma alteração significativa na cobertura vegetal na área do P.A. Tarumã-Mirim.

Vale ressaltar que um fator agravante no processo de degradação de uma área legalmente protegida é a existência de Projeto de Assentamento superpondo com Unidade de Conservação, que geram inevitáveis conflitos ambientais. Como exemplo tem-se a Área de Proteção Ambiental Margem Esquerda do Rio Negro concorrendo na mesma área do Projeto de Assentamento Tarumã-Mirim, também conhecido como área do Pau Rosa. Criado em 1992 com 662 unidades agrícolas (lotes) inicialmente, em 1998 este número aumentou para 1.042, intensificando ainda mais as explorações predatórias e má utilização do solo e dos mananciais da área da APA.

Essas ações tem provocado também a deterioração dos recursos naturais, principalmente solo e água, que vem crescendo intensamente na APA, sendo possível observar visivelmente o assoreamento e poluição dos cursos d'água. Tal fenômeno é motivado pela retirada da mata ciliar para consolidação de balneários e o desflorestamento para a cultura agrícola e a produção de carvão, como fonte de renda dos assentados no P.A. Tarumã-Mirim, cuja área total representa 83% da área da APA.

Diante deste cenário torna-se cada vez mais urgente, dentro de um processo de gestão dos recursos naturais, a utilização de ferramentas que possam auxiliar no estudo destes locais

onde ocorre a intervenção do homem, seja para sua própria moradia, como para a realização de atividades produtivas, visando geração de renda e melhoria na qualidade devida.

A situação da APA reflete a realidade de muitas UC's no Brasil. São áreas protegidas criadas por um decreto sem nunca haver sido elaborado e implementado seu plano de manejo. Esta unidade de conservação necessita urgentemente da elaboração de seu plano e manejo, a fim subsidiar uma gestão ambiental objetiva com o intuito de se minimizar os conflitos inerentes ao seu interior e entorno.

Os produtos digitais gerados, consolidados em um banco de dados geográficos, serão disponibilizado à Associação de Moradores do P.A. Tarumã-Mirim, INCRA, SDS, IPAAM e seus parceiros, visando melhor gerir o espaço, com enfoque no uso e preservação dos recursos naturais.

## **CAPÍTULO II - OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Analisar e mapear o processo de desmatamento na APA Margem Esquerda do Rio Negro ao longo do tempo (1990 - 2009) para subsidiar políticas públicas no gerenciamento da Unidade de Conservação.

### **2.2. Específicos**

- Elaboração de uma base cartográfica atualizada da área;
- Elaboração de um banco de dados da APA;
- Analisar a evolução do uso do solo da APA a partir da integração dos vários planos de informação no SIG, com geração dos mapas temáticos;

## **CAPÍTULO III - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1. Geotecnologias**

Também conhecidas como "geoprocessamento", as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntos se constituem em poderosas ferramentas para tomada de decisão.

Dentre as geotecnologias estão o SIG - Sistemas de Informação Geográfica, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto por Satélites, GPS - Sistema de Posicionamento Global, Aerofotogrametria, Geodésia e Topografia Clássica, dentre outros (FatorGIS, 2007).

### **3.2. Sistema de Informações Geográficas**

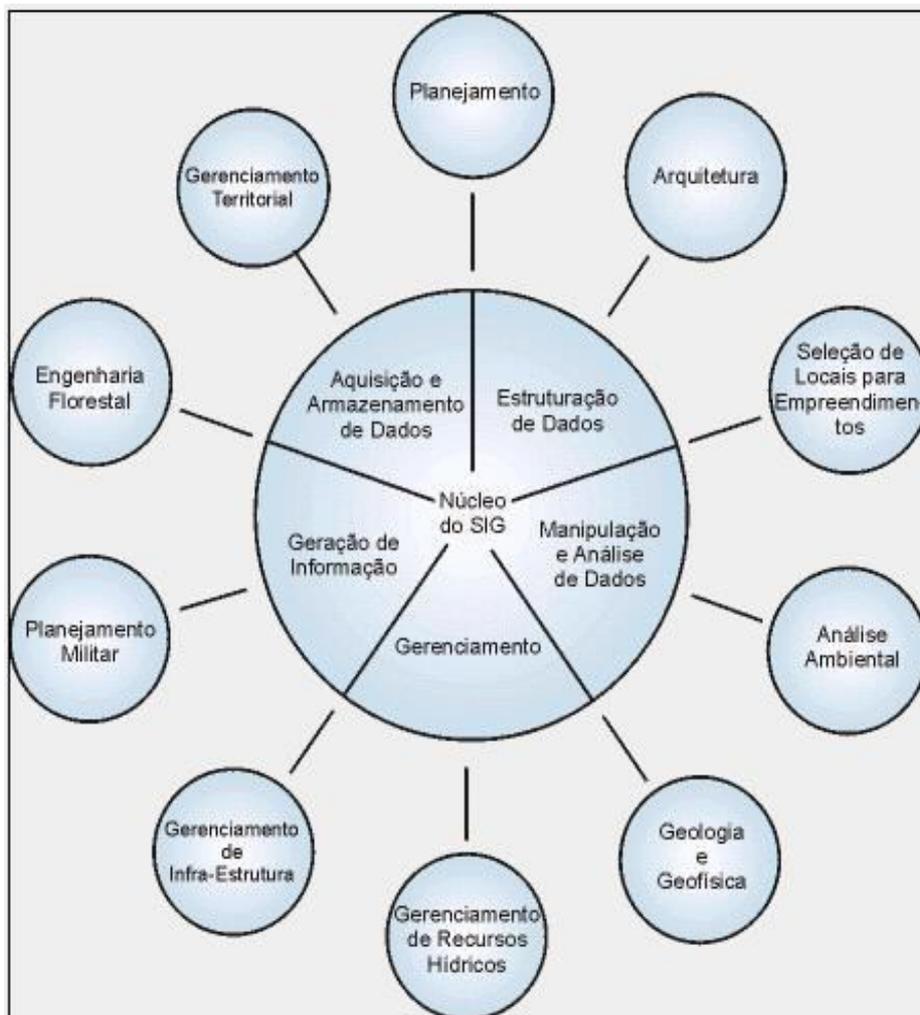
A geotecnologia, que traz mecanismos fundamentais para o trabalho dos analistas da terra, apresenta os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como a ferramenta computacional para um sistema de Geoprocessamento, permitindo realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes em um Banco de Dados Geográficos (BDG). SIG é uma das muitas tecnologias da informação que vem transformando o modo de analisar o espaço geográfico, oferecendo contribuições à sociedade. Nas últimas duas décadas, tal tecnologia da informação auxiliam nas técnicas de pesquisas referentes ao meio ambiente, bem como nos modos gerais nos quais os profissionais da área se comunicam e colaboram.

Os Sistemas de Informações Geográficas, uma tecnologia integradora de várias técnicas discretas para análise de sistemas naturais e sociais permite coletar e analisar a informação muito mais rapidamente do que era possível com técnicas tradicionais de pesquisa.

Devido a sua aplicação em várias áreas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia), há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG (Câmara & Medeiros 1998):

- como ferramenta para produção de mapas.
- como suporte para análise espacial de fenômenos.
- como um Banco de Dados Geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação geográfica.

Estas funções permitem ao SIG uma abrangência maior, tornando-se uma tecnologia utilizada por profissionais de várias áreas (Figura 1). O seu futuro tende a ser cada vez mais multidisciplinar, onde cartógrafos, geólogos, geógrafos, analistas de sistemas, engenheiros agrônomos, engenheiros civis, dentre outros necessitarão dele como ferramenta indispensável de trabalho (Castro, 2002).



**Figura 1.** Exemplos de áreas de atuação dos SIG's. Fonte: SÉRIE GEO.

Um SIG pode ser definido também como um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, restaurar, transformar e mostrar dados espaciais de um mundo real para um propósito particular (Burrough e McDonnell,1998).

Antes da utilização dos computadores, a cartografia apresentava grande limitação em relação a essas capacidades, uma vez que os registros eram realizados manualmente e, basicamente, em papel. Com o desenvolvimento da informática, duas grandes linhas de trabalho começaram a ser desenvolvidas que, em conjunto, fundamentam os Sistemas de Informações Geográficas (SIG): Cartografia Digital e Gerenciamento de Bancos de Dados.

A Cartografia Digital e os programas de Desenhos Assistidos por Computador (CAD) foram concebidos com o propósito de desenhar objetos, especialmente mapas, estando embutido todo o conceito que envolve a cartografia. Assim foi possível automatizar a sua elaboração e melhorar o seu armazenamento, simplificando processos de atualização e disposição dos elementos que representam os objetos cartográficos.

Já os Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados (SGBD) são programas direcionados para o armazenamento e recuperação de dados tabulares (não-gráficos), com foco no processamento de informações numéricas (p.ex.: percentual de desmatamento) e textuais (p.ex.: tipo de vegetação), embora possam também armazenar gráficos, sons e imagens.

A vantagem em utilizar um SIG é a facilidade que este oferece na análise de dados que demandam interação entre análises estatísticas e mapeamento. Por sua vez, outro aspecto importante no SIG é a possibilidade de experimentar combinações com diferentes representações gráficas para a caracterização de mudanças, além da facilidade na produção de mapas e sua atualização quando os dados estão em formato digital (Burrough e McDonnell,1998).

Além de permitir atualização o SIG permite compartilhamento, divulgação e especialmente de armazenamento e gerenciamento de dados geográficos, também chamados gráficos, e não gráficos (tabulares).

As integrações entre dados gráficos e não-gráficos em ambiente SIG, por meio de um código de ligação (geocódigo), proporcionam a organização interna para que todos os dados estejam indexados, e sejam acessados de forma fácil e ágil. As informações extraídas do sensoriamento remoto, assim como dados com informações auxiliares podem ser integrados para análise e geração de novas informações em forma de mapas. O ambiente ideal para este tipo de integração de dados é oferecido pelo Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

De acordo com Câmara (1995), um SIG se distingue de outros sistemas de informação por terem funções que realizam análises espaciais. Sua capacidade de reunir grandes quantidades de dados convencionais de expressão espacial, estruturando-os e integrando-os adequadamente, torna-o uma ferramenta essencial para a manipulação das informações geográficas.

Portanto para os cientistas, os SIG representam uma revolução no conhecimento e delimitação do espaço geográfico armazenando e processando dados que descrevem o meio ambiente e os recursos naturais (geologia, vegetação, hidrografia, uso do solo, rede viária, limites políticos e etc), constituindo uma ferramenta de grande importância para o gerenciamento de recursos naturais e sociais.

### **3.2.1. Origem e aplicações**

As primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos 50, com o objetivo principal de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. Dada a precariedade da informática na época, e a especificidade das aplicações desenvolvidas (pesquisa em botânica, na Inglaterra, e estudos de volume de tráfego, nos Estados Unidos),

estes sistemas ainda não podiam ser classificados como “sistemas de informação”. Os primeiros Sistemas de Informação Geográfica surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Estes sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros, e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima. Não existiam soluções comerciais prontas para uso, e cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo e, naturalmente, muito dinheiro (Rayol, 2007).

A década de 80 representa o momento quando a tecnologia de sistemas de informação geográfica inicia um período de acelerado crescimento que dura até os dias de hoje. Até então limitados pelo alto custo do hardware e pela pouca quantidade de pesquisa específica sobre o tema, os SIG se beneficiaram grandemente da massificação causada pelos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto. Nos EUA, a criação dos centros de pesquisa que formam o *National Centre for Geographical Information and Analysis* (NCGIA, 1989) marca o estabelecimento do Geoprocessamento como disciplina científica independente (CÂMARA, 1996)

Existem vários modelos de dados aplicáveis em SIG. Por exemplo, o SIG pode funcionar como uma base de dados com informação geográfica (dados alfanuméricos) que se encontra associada por um identificador comum aos objetos gráficos de um mapa digital. Desta forma, assinalando um objeto pode-se saber o valor dos seus atributos, e inversamente, selecionando um registro da base de dados é possível saber a sua localização geográfica e apontá-la num mapa.

A partir de 2005, com a disponibilização gratuita do visualizador Google Earth, o formato KML se popularizou, tornando-se um padrão de fato. Vários SIG, em 2006, já apresentam possibilidades de exportação e importação de arquivos KML.

Os SIG permitem compatibilizar a informação proveniente de diversas fontes, como informação de sensores espaciais (detecção remota / sensoriamento remoto), informação recolhida com GPS ou obtida com os métodos tradicionais da topografia.

Entre as aplicações em que um SIG pode ter um papel importante destacam-se:

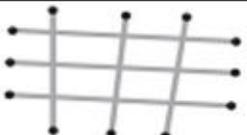
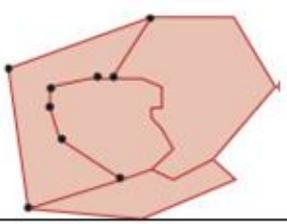
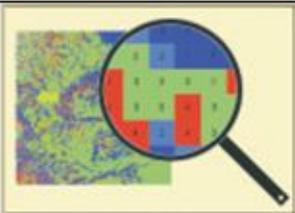
- **Localização:** Permite identificar características de um determinado lugar.
- **Condição:** Cumprimento ou não de condições impostas aos objetos.
- **Tendência:** Comparação entre situações temporais ou espaciais distintas de alguma característica.
- **Rotas:** Cálculo de caminhos ótimos entre dois ou mais pontos.
- **Modelos:** Geração de modelos explicativos a partir do comportamento observado de fenômenos espaciais.
- **Material jornalístico:** O jornalismo online pode usar sistemas SIG para aprofundar coberturas jornalísticas onde a especialização é importante. Este recurso tem sido amplamente utilizado nas coberturas jornalísticas com a disponibilização do Google Earth.

Os campos de aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica, por serem muito versáteis, são muito vastos, podendo-se utilizar na maioria das atividades com uma componente espacial, da cartografia a estudos de impacto ambiental ou de prospeção de recursos ao marketing, constituindo o que poderá designar de Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão.

### 3.2.2. Estrutura básica e componentes do SIG

Segundo BURROUGH e MCDONNELL (1998), os fenômenos do mundo real não são armazenados no computador. Na verdade utilizam-se de representações baseadas em modelos conceituais, meras abstrações da realidade. A discretização do espaço pode ser formalizada através da modelagem de dados, cujos dois modelos básicos consistem de entidades ou campos. No primeiro caso, os fenômenos são modelados através de objetos ocorrendo de forma descontínua no espaço, como casas, estradas, rios, redes de distribuição e etc; descritos por seus atributos ou propriedades. A modelagem baseada em campos, por outro lado, é mais adequada a fenômenos de variação contínua no espaço, representada em termos de coordenadas cartesianas. Exemplos de fenômenos com atributos que variam de forma contínua no espaço são a temperatura, a pressão do ar, a elevação e a vegetação.

Os componentes espaciais das informações geográficas podem ser representados de duas formas, a matriz (raster) e a vetorial. Na vetorial, os objetos ou condições do mundo real são representados por pontos, linhas e polígonos, que definem suas fronteiras. A posição de cada objeto é definido pelo seu posicionamento relativo a um sistema de coordenadas de referência. Este tipo de representação é apropriado para objetos geográficos irregularmente distribuídos no mundo real. No formato matricial, o espaço é regularmente dividido em células e a localização dos objetos ou condições geográficos é definida pela posição de linha e coluna das células que ocupam. A área de cada célula representada define a resolução espacial. Cada célula, que corresponde a uma área da superfície terrestre, armazena um valor único que indica o tipo de objeto ou condição encontrada naquela localização (Figura 2).

<b>Linhas:</b> comumente são usadas para representar ruas;	
Linha única com um início e um final independente.	
<b>Polilinhas:</b> podem representar rios, estradas curvas;	
Várias linhas, já que cada uma possui uma única direção. O programa entende que quando uma termina, no mesmo ponto começa outra e formam uma única <b>entidade</b> .	
<b>Polígonos:</b> para demarcação dos limites de uma área, como, por exemplo, municípios e lagos;	
Similar à polilinha, mas o final se liga ao começo, tornando a área central parte integrante da entidade.	
<b>Pontos:</b> para localização de cidades, árvores, eventos de interesse na saúde, por exemplo;	
Cada ponto possui um par de coordenadas para sua localização. Representa a localização de um evento ou objeto.	
<b>Modelo matricial:</b> usado em fotos aéreas e imagens de satélite.	
Pode ser visto como uma matriz, de dimensões $n$ linhas por $m$ colunas, em que cada célula ( <i>pixel</i> ) desta matriz possui um valor numérico correspondente. Sua <b>resolução</b> é determinada pelo tamanho de cada <i>pixel</i> .	

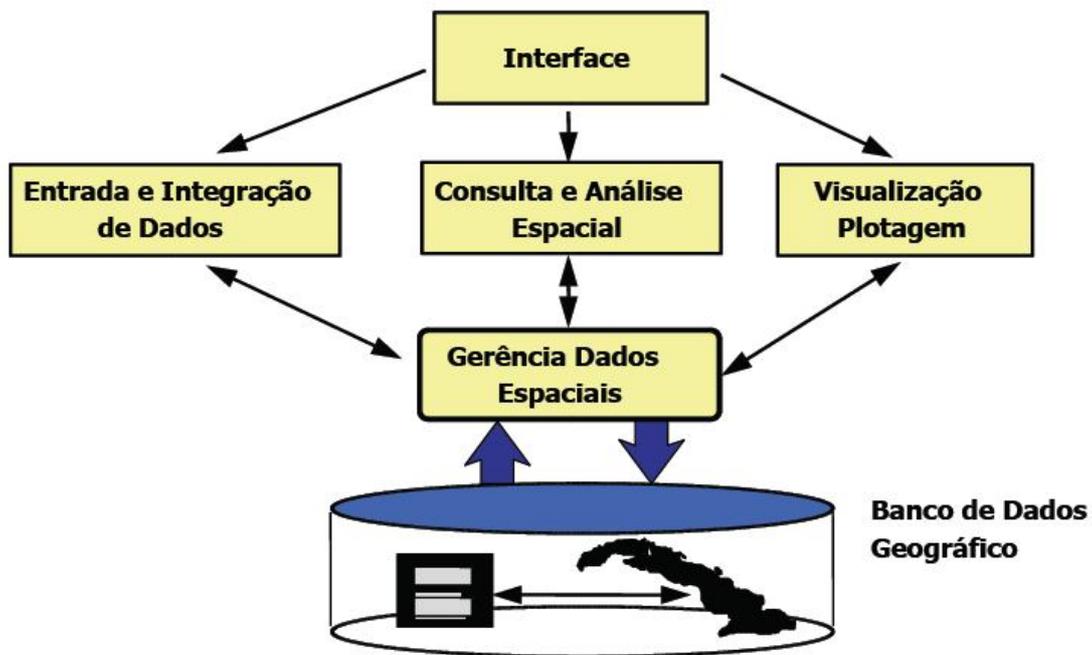
**Figura 2.** Formas de representação dos componentes de um SIG's. Fonte: SÉRIE GEO.

Aronoff (1989), considera que a estrutura básica de um SIG é constituída por quatro componentes principais, conforme apresentado na Figura 3:

- **Entrada de Dados:** realizada a partir de várias fontes, entre as quais dados vetoriais e matriciais (raster), provenientes de fotos aéreas, dados alfanuméricos georeferenciados 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, entre outros.

A Figura 3 indica o relacionamento dos principais componentes ou subsistemas de um SIG.



**Figura 3.** Interface dos componentes de um SIG. Fonte: Rayol, 2007.

Para os cientistas, os SIG representam uma revolução no conhecimento e delimitação do espaço geográfico armazenando e processando dados que descrevem o meio ambiente e os recursos naturais (geologia, vegetação, hidrografia, uso do solo, rede viária, limites políticos e etc), constituindo uma ferramenta de grande importância para o gerenciamento de recursos naturais e sociais.

ANÁLISE	PERGUNTA GERAL	EXEMPLO
Condição	O que está...	Qual a população do loteamento?
Localização	Onde está...?	Quais as áreas com declividade acima de 45%?
Tendência	O que mudou...?	Esta área era desmatada há dez anos atrás?
Roteamento	Por onde ir...?	Qual o melhor caminho para integração da vicinal?

Tabela 1. Exemplo das várias formas de análise espacial em um ambiente SIG.

### 3.2.3. Geoprocessamento e álgebra de mapas

O termo Geoprocessamento denota o conjunto de conhecimentos que utilizam técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. A tecnologia de geoprocessamento influencia de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional (MEDEIROS, 1999).

Sua tecnologia possui uma característica multidisciplinar que possibilita colocar, dentro de um mesmo plano, desde informações de dados físicos, como relevo, vegetação, solos e geologia, a dados socioeconômicos, como nível de renda, idade de uma população, entre outros.

Devido a sua ampla gama de aplicações, que inclui temas como geofísica, agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia), o SIG pode-se caracterizar como um sistema versátil de armazenamento e processamento de dados espaciais.

Conforme descrito anteriormente é importante diferenciar Geoprocessamento e SIG. O primeiro termo, mais abrangente, representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados (localizados espacialmente) visando produção de informação, ganho de

conhecimento acerca de um determinado assunto. Já um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) enfocando análises espaciais e modelagens de superfícies. Associado às representações cartográficas, armazena informações descritivas em um banco de dados.

Ferramentas necessária para integração de dados em um SIG, os métodos de álgebra de mapas permitem que operações matemáticas sejam executadas em superfícies contínuas (geo-campos), utilizando um conjunto de operadores para a manipulação dos dados.

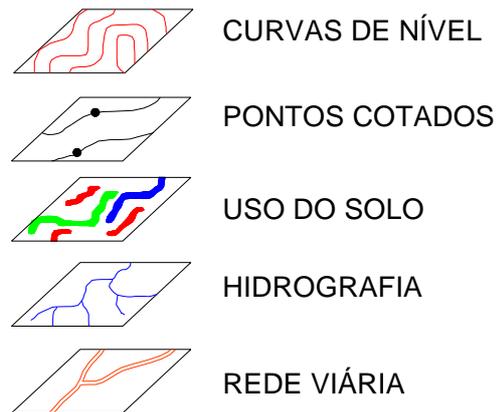
Conforme BARBOSA (1997), o termo "Álgebra de Mapas" é utilizado na literatura de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para denotar o conjunto de operadores que manipulam campos geográficos (imagens, mapas temáticos e modelos numéricos de terreno).

CREPANI et al. (1996); MEIRELLES (1997) utilizaram a álgebra de mapas para realização de estudos definidos como Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), usando integração de mapas temáticos como solos, geologia, vegetação e cobertura do solo e obtiveram resultados satisfatórios.

Para CAMARA et al. (2006), um projeto é usualmente composto por um conjunto de níveis (layers), camadas ou planos de informação (PI), que variam em número, tipos de formatos e de temas, conforme as necessidades de cada tarefa ou estudo. Por exemplo, caso se deseja fazer um estudo de uso atual do solo e seus impactos sobre o ambiente em uma região, definida em um projeto, seria necessário que esse projeto fosse composto de PI, a partir de sete temas, e cada um desses apresentando suas respectivas Unidades Territoriais Básicas - UTB. São os temas:

- 1) Rede de drenagem, 2) Cidades, 3) Rodovias e ferrovias, 4) Altimetria, 5) Geomorfologia, unidades e associações dos solos, 6) Tipologia vegetal e 7) Tipos de uso e ocupação das terras.

Os PI 1, 2 e 3, quando superpostos, formarão a cartografia básica da região ou mapa topográfico. Os PI restantes são os mapas especiais ou temáticos necessários para atingir o objetivo proposto, isto é, cada PI representa uma mesma área, mas com informações geográficas diferentes (Figura 4).



**Figura 4.** Exemplo de PI ou camadas, que podem formar um projeto.

### 3.2.4. Aplicação do SIG na Gestão Ambiental

As técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas tem sido utilizadas de forma conjugada no monitoramento ambiental, com especial atenção para o monitoramento das atividades antrópicas e seus impactos ambientais.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ( INPE ) disponibiliza ferramentas geotecnológicas para monitoramento de queimadas e desmatamentos na Amazônia Legal.

O programa de monitoramento da Amazônia do INPE conta com quatro sistemas operacionais: PRODES, DETER, QUEIMADAS e DEGRAD. Estes sistemas são complementares e foram concebidos para atender a diferentes objetivos.

O SIG pode ser aplicado como um sistema de monitoramento, proporcionando a integração efetiva entre dados gerados de licenciamentos ambientais e fiscalizações, possibilitando o acompanhamento de processos licenciados e de autos de infrações. O sistema

atuará como subsídio para o planejamento das ações de fiscalização em campo visando monitorar os ilícitos ambientais.

A Fundação Estadual de Meio Ambiente do Estado do Mato Grosso ( FEMA ), pioneira na utilização de geotecnologias para monitoramento ambiental, utiliza o SIG como uma ação de monitoramento importante à análise da dinâmica de desmatamento, que permite acompanhar por geoprocessamento, as alterações nos polígonos de áreas desmatadas. Este acompanhamento permite localizar ilegalidades como desmatamento e queimadas em Áreas de Reserva Legal, Preservação Permanente e Unidades de Conservação. Estas ações de monitoramento consolida ainda mais o modelo de controle ambiental, as informações armazenadas em series históricas apóiam a atuação do Ministério Público nas ações de responsabilidade civil e criminal em caso de danos ambientais no estado do Mato Grosso (LEITE, 2002).

Os Estados possuem sistemas próprios de monitoramento baseados em ferramentas de SIG e Geoprocessamento.

O Estado do Amazonas através do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas ( IPAAM ) utiliza ferramentas de geotecnologias para espacialização das atividades passíveis de licenciamento ambiental, bem como suporte na área de SIG a outras instituições do governo. Monitora os dados de desmatamento e queimada como subsídio a fiscalização e ao licenciamento ambiental.

### **3.3. Sensoriamento Remoto**

Com o desenvolvimento das modernas tecnologias espaciais, dentre as quais se incluem os satélites artificiais, tornou-se possível “(re)conhecer” a Terra, através da coleta de diferentes dados e da aquisição de imagens da sua superfície, por meio de sensores remotos.

Os sensores remotos são equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à

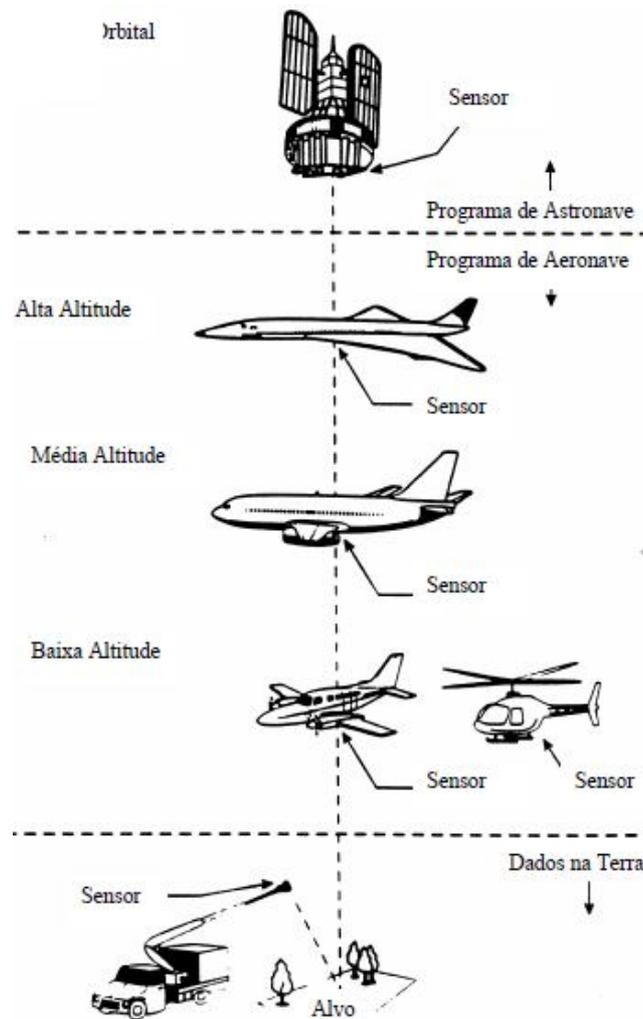
extração de informação (NOVO, 1992), utilizando como principal fonte de energia a radiação eletromagnética, sendo as principais disponíveis pelo sol e a própria terra.

Para MOREIRA (2003), sensoriamento remoto é o conjunto de técnicas que permite obter informações da superfície da terra à distância. Assim, como os nossos olhos observam os objetos permitindo-nos conhecê-los sem tocá-los, os sensores remotos, instalados a bordo de satélites artificiais colocados em órbita da Terra, aeronaves ou mesmo em equipamentos de campo, são capazes de captar dados da superfície terrestre à distância.

Estas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos. A energia eletromagnética utilizada na obtenção dos dados por sensoriamento remoto é também denominada de radiação eletromagnética.

O Sensoriamento Remoto possui ferramentas que possibilitam avaliar a dinâmica do espaço. Conforme o INPE (2003), o Sensoriamento Remoto dispõe de técnicas de aquisição e processamento de imagens, com facilidades para obtenção de dados sobre qualquer lugar do globo terrestre, seja através de sensores orbitais (satélites) ou sensores fotográficos (aerotransportados).

Sensoriamento Remoto tem evoluído no sentido de tornar-se uma importante fonte de informações da superfície terrestre para estudos de características topográficas, tais como a elevação do terreno (TOUTIN *et al.*, 2000). No Brasil, a Região Amazônica apresenta como característica a cobertura quase que permanente de nuvens, chuvas constantes, presença de fumaça e dificuldade de acesso, o que acarreta uma deficiência de mapeamento topográfico e de informações de recursos naturais. O uso de Sensores Remotos é uma opção para obtenção de informações, embora com limitações no espectro ótico em função de condições atmosféricas desfavoráveis, que dificultam o mapeamento sistemático da região (PARADELLA *et al.*, 2001) (Figura 5).

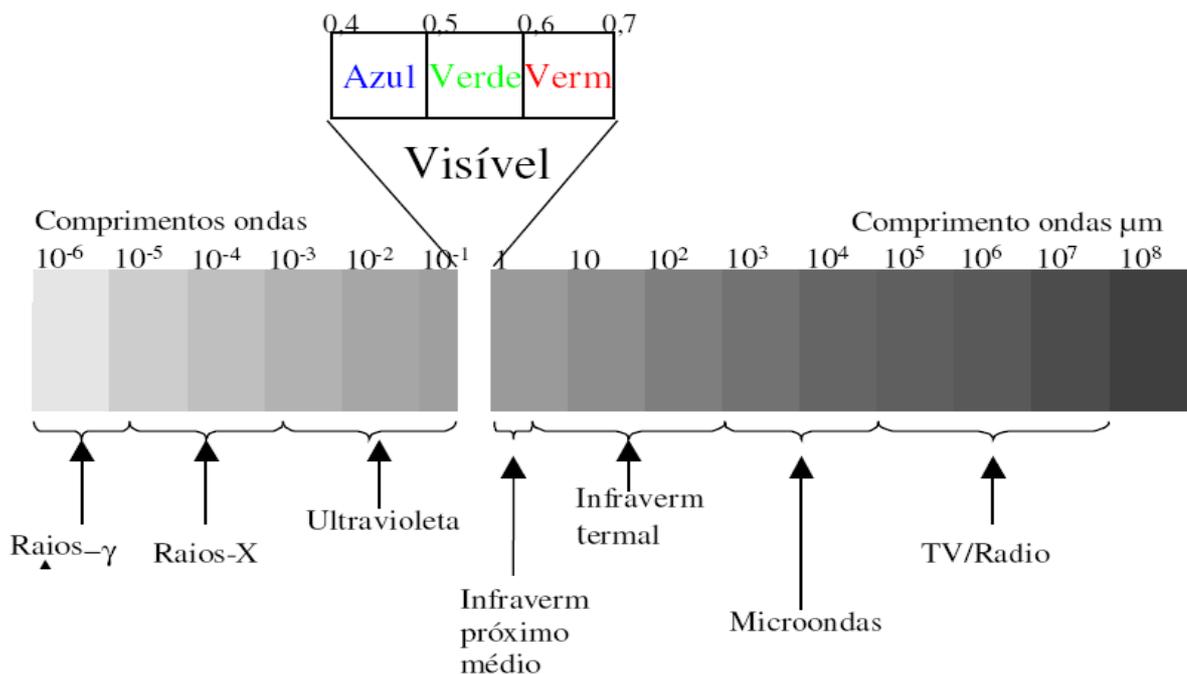


**Figura 5.** Coleta de dados em Sensoriamento Remoto a partir de plataformas em diferentes níveis de altitudes.  
Fonte:Pinto,2005.

Os dados gerados pelos diversos sensores remotos, sobretudo os orbitais (a bordo de satélites), tem servido como base para o desenvolvimento e realização de projetos associados às atividades humanas, no mundo inteiro e em diversas escalas, bem como auxiliando no diagnóstico sobre as implicações ambientais, econômicas, sociais, políticas e culturais desses projetos com relação a ocupação dos espaços geográficos, favorecendo na realização do planejamento sócio econômico ambiental sustentável.

### 3.3.1. O espectro de Radiação Eletromagnético

A energia eletromagnética pode ser ordenada de maneira contínua em função de seu comprimento de onda ou de sua frequência, sendo esta disposição denominada de espectro eletromagnético. Este apresenta subdivisões de acordo com as características de cada região. Cada subdivisão é função do tipo de processo físico que dá origem a energia eletromagnética, do tipo de interação que ocorre entre a radiação e o objeto sobre o qual esta incide, e da transparência da atmosfera em relação à radiação eletromagnética. O espectro eletromagnético se estende desde comprimentos de onda muito curtos associados aos raios cósmicos, até as ondas de rádio de baixa frequência e grandes comprimentos de onda (Figura 6).



**Figura 6.** O espectro eletromagnético  
Fonte: INPE,2003.

O espectro eletromagnético (Figura 6) é subdividido em faixas, representando regiões que possuem características peculiares em termos dos processos ou mecanismos físicos de detecção de energia. Dependendo da região do espectro, trabalha-se com comprimentos de ondas (micrometros) ou frequência (hertz). Exemplificando, na região dos

raios gama e cósmicos usa-se energia; na região entre U.V. e I.V. usa-se comprimento de onda e na região microondas e rádio usa-se a frequência (SPRING,2003).

A cada combinação de comprimento de onda e frequência, corresponde um tipo específico de energia. Dentro do espectro eletromagnético podem ser definidos intervalos de comprimentos de onda e intervalos de frequência de forma a possibilitar a verificação de processos físicos característicos, onde as características intervalos estão descrita abaixo (RAYOL,2007):

Ondas de radio: As ondas eletromagnéticas nesta faixa são utilizadas para comunicações a longa distância, pois, além de serem pouco atenuadas pela atmosfera, são refletidas pela ionosfera propiciando uma propagação de longo alcance.

Microondas: Nesta faixa de comprimento de onda pode-se construir dispositivos capazes de produzir feixes de radiação eletromagnética altamente concentrados chamados radares. Por ser pouco atenuada pela atmosfera ou nuvens, propicia um excelente meio para uso de sensores de microondas em qualquer condição de tempo.

Infravermelho: A radiação I.V. é facilmente absorvida pela maioria das substâncias (efeito de aquecimento).

Visível: É definido como a radiação capaz de produzir a sensação de visão para o olho humano normal, possui uma pequena variação de comprimento de onda (380 a 750 nm), é importante para o Sensoriamento Remoto, pois imagens obtidas nesta faixa, geralmente, apresentam excelente correlação com a experiência visual do intérprete.

Ultravioleta: Películas fotográficas são mais sensíveis à radiação ultravioleta do que a luz visível. Usada para detecção de minerais por luminescência e poluição marinha, estas ondas são também usadas em observatórios de astronomia.

Raio X: São gerados, predominantemente, pela parada ou freamento de elétrons de alta energia. Por se constituir de fótons de alta energia, os raios-X são altamente penetrantes, sendo uma poderosa ferramenta para pesquisa sobre a estrutura da matéria, com muitas aplicações na medicina.

Raios-GAMA: São raios mais penetrantes com relação a emissões de substâncias radioativas. São gerados por átomos radioativos e explosões nucleares, sendo usadas, também, na medicina. Imagens do universo adquiridas por raios gama têm fornecido importantes informações sobre a vida e morte de estrelas.

### **3.3.2. Resolução das Imagens de Sensoriamento Remoto**

As imagens captadas por sensores remotos podem ter diversos tipos de resolução. A resolução é a medida da habilidade que um sistema sensor possui para discriminar respostas próximas espacialmente ou semelhantes espectralmente.

Em sensoriamento remoto o termo resolução desdobra-se em três categorias independentes: resolução espacial, espectral e radiométrica (SULSOFT, 2003).

Resolução espacial: A resolução espacial é determinada pela capacidade do detector em distinguir objetos na superfície terrestre. Em geral, a resolução espacial de um detector é expressa em termos do seu campo instantâneo de visada ou IFOV (“instantaneous field of view”). O IFOV define a área do terreno focalizada a uma dada altitude pelo instrumento sensor, de uma forma simplificada, o IFOV representa o tamanho do pixel.

Resolução espectral: A resolução espectral é um conceito inerente às imagens multiespectrais de sensoriamento remoto. É definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela amplitude do intervalo de comprimento de onda de cada banda. O sistema óptico (espelho e lentes) decide em que partes do sensor será capaz de receber a radiação refletida ou emitida pela superfície terrestre e o tipo do detector é responsável pela sensibilidade e pelo intervalo espectral de cada banda. A quantificação das medidas radiométricas torna-se possível quando o sensor carrega dados de refletância internos e calibrados.

Resolução radiométrica: A resolução radiométrica é dada pelo número de valores digitais representado pelos níveis de cinza, usados para expressar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o número de valores, maior é a resolução radiométrica.

Uma outra qualidade importante é a resolução temporal do sensor, que está relacionada com a repetitividade com que o sistema sensor pode adquirir informações referentes ao objeto. Por exemplo, os sensores do *Landsat 5*, utilizados neste trabalho, possuem uma repetitividade de 16 dias.

Para melhor interpretar os sinais coletados faz-se necessário o conhecimento das condições experimentais como: fonte de radiação, efeitos atmosféricos, características do sensor, geometria de aquisição de dados, tipo de processamento e estado do objeto.

### 3.3.3. Sistemas Sensores utilizados

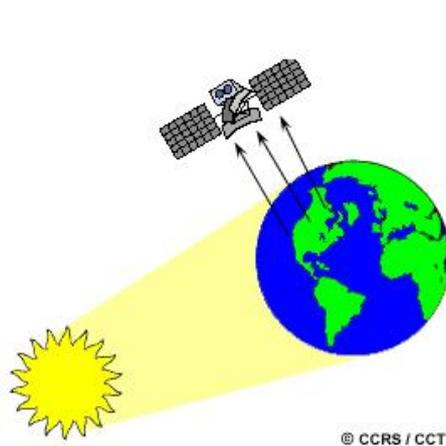
Os sensores são as máquinas fotográficas dos satélites. Têm por finalidade captar a energia eletromagnética (REM) proveniente da superfície terrestre, e transformar a energia conduzida pela onda, em pulso eletrônico ou valor digital proporcional à intensidade desta energia.

A palavra satélite é de origem latina (*satelles, satellitis*), é empregada na literatura portuguesa, com vários significados. No sensoriamento remoto, o satélite artificial é o engenho colocado em órbita pelo homem à volta de um planeta (da Terra, por exemplo) ou até mesmo de um satélite natural (NOVO,1992).

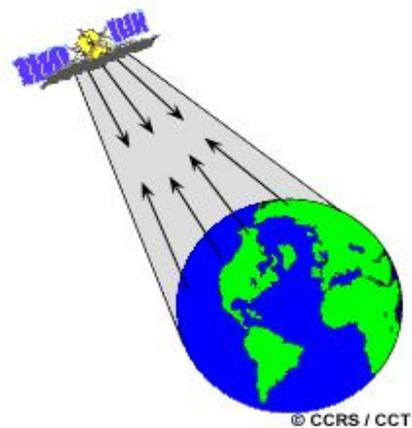
Segundo a fonte da onda eletromagnética os sensores podem ser:

Passivos: Utilizam apenas a REM natural refletida ou emitida a partir da superfície terrestre. A luz solar é a principal fonte de REM dos sensores passivos (Figura 7).

Ativos: Estes sistemas utilizam REM artificial, produzida por radares instalados nos próprios satélites. Estas ondas atingem a superfície terrestre onde interagem com os alvos, sendo refletidas de volta ao satélite (Figura 8).



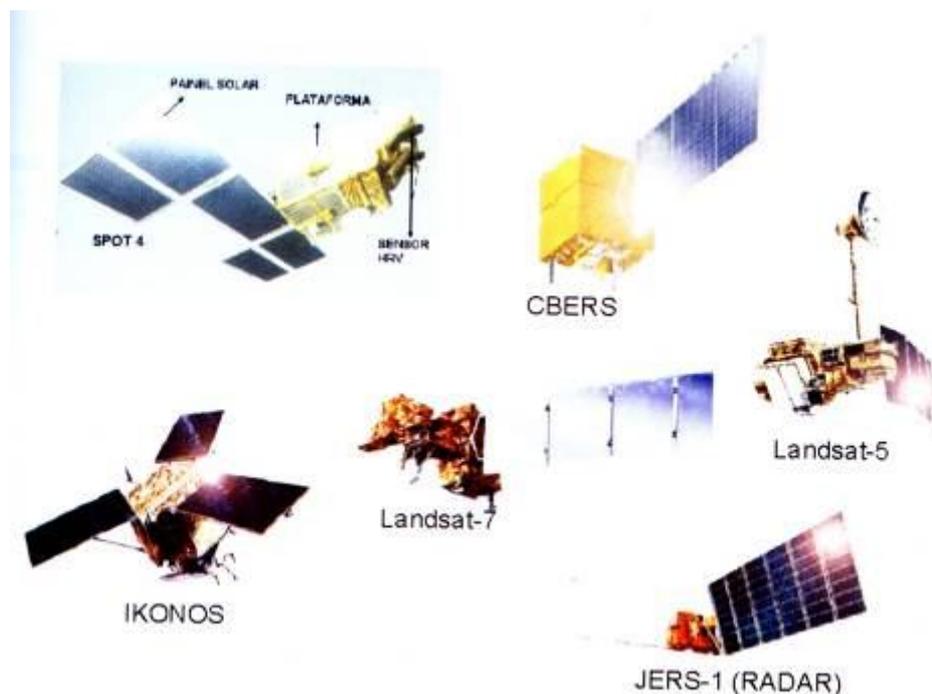
**Figura 7.** Sensores passivos.  
Fonte: INPE, 2007



**Figura 8.** Sensores ativos.  
Fonte: INPE, 2007

Os estudos da viabilidade de uso de sensores a bordo de satélites artificiais para coleta de dados sobre os recursos naturais renováveis e não-renováveis da superfície terrestre, foram inicialmente realizados por equipamentos colocados em plataformas tripuladas. Em 1972, americanos colocaram em órbita o primeiro satélite, denominado EART-1, rebatizado por Landsat-1. Em junho de 1973 entrou em operação a antena de rastreamento de satélites do Brasil, que está localizada em Cuiabá, centro geográfico da América do Sul. Esta foi a terceira antena a entrar em operação no mundo.

Após o Landsat-1, vários outros foram colocados em órbita, por muitos países, inclusive pelo Brasil. Na figura 9 podemos observar a configuração de outros satélites utilizados para coleta de dados de recursos naturais (Figura 9).



**Figura 9.** Satélites utilizados para coleta de dados de recursos naturais.  
FONTE: MOREIRA,2003.

### 3.3.3.1. Características do sensor LANDSAT 5

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 que encerrou suas atividades em 2003, por apresentar problemas de calibragem nos seus sensores, que acabam por disponibilizar imagens de baixa qualidade (Figura10) .

Sistema	Lançamento (fim das operações)	Instru-mentos	Resolução (metros)	Comunica-ção	Altitude (km)	Revi-sita	Taxa de dados (Mbps)
Landsat-1	23/7/1972 (1/6/1978)	RBV	80	TD com gravadores	917	18	15
		MSS	80				
Landsat-2	22/1/1975 (25/2/1982)	RBV	80	TD com gravadores	917	18	15
		MSS	80				
Landsat-3	5/3/1978 (31/3/1983)	RBV	30	TD com gravadores	917	18	15
		MSS	80				
Landsat-4	16/7/1982 (Transmissão TM terminou em 08/1993)	MSS	80	TD com TDRSS	705	16	85
		TM	30				
Landsat-5	1/3/1984	MSS	80	TD com TDRSS	705	16	85
		TM	30				
Landsat-6	5/10/1993 (5/10/1993)	ETM	15 (pan) 30 (ms)	TD com gravadores	705	16	85
Landsat-7	15/4/1999	ETM+	15 (pan) 30 (ms)	TD com gravadores de estado sólido	705	16	150

**Figura 10.** Sistema LANDSAT. Fonte: NASA, 2007

O sistema LANDSAT é o mais longo programa a coletar imagens de forma contínua da superfície terrestre a partir de uma plataforma orbital e compõe-se, até o momento, de uma série de sete (7) satélites.

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 energéticas e 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).

### **3.3.3.2. QUICKBIRD**

QuickBird foi lançado por um foguete Boeing Delta II da Base da Força Aérea de Vandenberg, na Califórnia, em 2001. O lançamento do QuickBird resultou na operação de um satélite comercial de elevadíssima resolução espacial, com resolução nominal de 0,61m no formato pancromático e 2,5m no formato multi-espectral.

Originalmente o sistema foi projetado para imagear com 1 m de resolução espacial na pancromática e 4m na multiespectral, mas por solicitação da DigitalGlobe, esta foi aumentada para 0,61m na pan e 2,5 na multiespectral.

O sistema QuickBird é uma implementação do Ball Global Imaging System 2000 (BGIS 2000), projetado para ser uma plataforma ágil, estável e de elevada acurácia para sensoriamento remoto da Terra. A órbita do QuickBird é sol-síncrona com inclinação de 98°, altitude de 450km e período de 93,4 minutos.

O satélite tem um tempo de revisita médio de 1,9 a 10 dias, dependendo da latitude e do ângulo de visada considerados. Além disso, o satélite apresenta capacidade de visada de 544km e coleta imagens com 16,5km de largura, com ângulos de visada que podem variar de 0° a 45°. O sensor abordo do satélite QuickBird fornece imagens com resolução espacial de 60cm na banda pancromática e 2,44cm nas quatro bandas multiespectrais (Figura 13).



**Figura11.** Lançamento e operação do Quickbird. FONTE:IMAGEM

No sensoriamento remoto de Recursos Naturais, as imagens Quickbird 2 são as que têm sido mais empregadas para monitoramento do meio ambiente urbano.

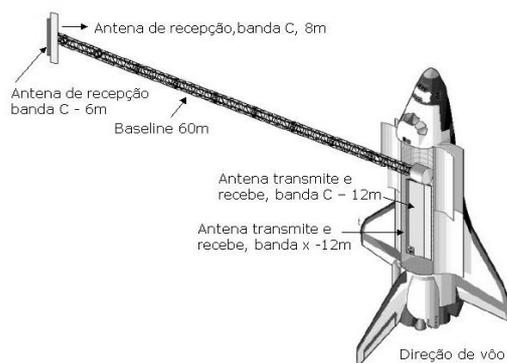
Dentre as muitas aplicabilidade do sensor QuickBird destacam-se:

- Mapeamentos urbanos e rurais que exijam alta precisão dos dados (cadastro, redes, planejamento, telecomunicações, saneamento, transportes);
- Mapeamentos básicos e aplicações gerais em Sistemas de Informação Geográfica;
- Uso da Terra (com ênfase em áreas urbanas);
- Estudo de áreas verdes urbanas;
- Estimativas de colheitas e demarcação de propriedades rurais;
- Laudos periciais em questão ambientais.

### 3.3.3.3. SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

A interferometria<sup>2</sup> de radar é um método alternativo ao método estereoscópico tradicional de extração de informações altimétricas, utilizando as propriedades de coerência do Radar de Abertura Sintética (SAR) e aproveitando as vantagens dos sistemas de radar e do processamento digital de imagen (TOUTIN & GRAY, 2000). Por ser um sensor ativo, o radar não necessita de luz solar para o imageamento e, principalmente por atuar na região de microondas do espectro eletromagnético, não sofre a influência do ambiente. Em função destas características a interferometria SAR possibilita a elaboração de modelos digitais de elevação (MDE), tão importantes para a cartografia, geomorfologia, geologia dentre outras, mesmo nas condições adversas encontradas na Região Amazônica.

Neste contexto, a missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) colocou em órbita em fevereiro de 2000 a nave espacial *Endeavour*. Esta nave levou em seu compartimento de carga um equipamento SAR interferométrico, operando nas bandas C e X. Uma haste mecânica presa à nave, levou em sua extremidade duas antenas receptoras do SAR, bandas C e X (Figuras 12 e 13).



**Figuras. 12** Missão SRTM- Detalhes do Radar Interferométrico.

Fonte: Adaptado de RABUS *et al.* (2003)

<sup>2</sup> 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.

Ao longo de 11 dias, utilizando a técnica de interferometria de uma passagem, foi imageada 80% da superfície terrestre, compreendendo os paralelos 60° N e 56° S, fornecendo modelos tridimensionais com amplitude da grade de 30 metros (SRTM 1) e 90 metros (SRTM 3) (CHIEN, 2000). Essa Missão foi um projeto realizado em conjunto pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e NIMA (*National Imaging and Mapping Agency*), dos EUA, com participação das agências espaciais DLR (*Deutsche Zentrum für Luft-und Raumfahrt*), da Alemanha, e ASI (*Agenzia Spaziale Italiana*), da Itália (SANTOS *et al*).

Os modelos em banda C com 90 m (SRTM-3) estão disponibilizados para o continente Sul Americano, trazendo a expectativa de aplicabilidade para estudos que trarão um maior conhecimento e controle da Região Amazônica (SANTOS *et al*).

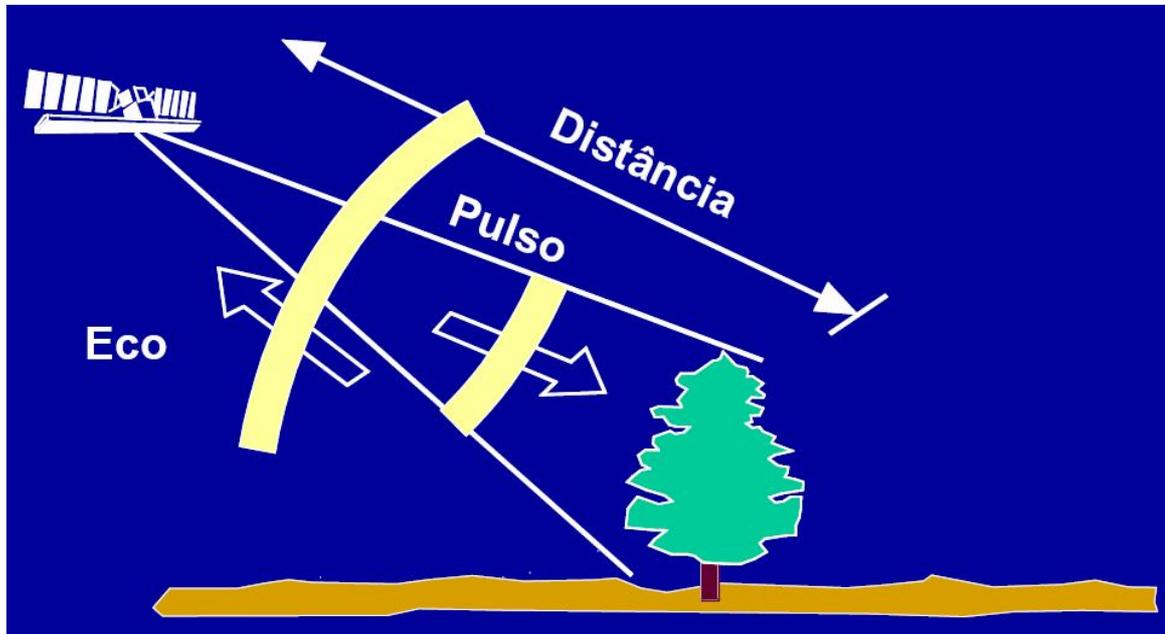
Como as faixas de radar podem adquirir imagens independentes da fonte natural de iluminação (Sol) e das condições climáticas como cobertura de nuvens e chuva, os produtos SRTM constituem ferramentas importantes ao estudo de regiões comprometidas pelas nuvens. A iluminação da cena sendo gerada a bordo pelo próprio sensor permite, também, que ângulos incidentes mais baixos realcem a topografia, facilitando a análise de feições geomorfológicas.

#### **3.3.3.4. RADAR SAR/SIPAM**

O termo RADAS vem de radio detection and ranging, ou detecção de alvos e avaliação de distâncias (“range”) por ondas de rádio. A operação dos radares se dá em comprimentos de onda bem maiores que os do visível e infravermelho. Operam entre 40 GHz (banda K-alfa) e 300 MHz (banda P) (ou entre 0,8 cm e 100 cm), (SIPAM, 2008).

O Radar é um sistema de sensoriamento remoto ativo, isto é, possui sua própria fonte de energia. O princípio básico de um sistema Radar é relativamente simples: o sistema emite um sinal (ondas de rádio e microondas) que "ilumina" o terreno, a energia (sinal) que retorna da

superfície é detectada e gravada como uma imagem<sup>2008</sup> (Figura 16).. Geralmente, utiliza-se a mesma antena para transmissão e recepção dos sinais (antena monostática), (SIPAM 2008).



**Figura. 13** Detalhes de transmissão e recepção de sinais. Fonte: SIPAM 2008.

A região espectral de operação (microondas) permite a alta transmissão das ondas eletromagnéticas na atmosfera independente da iluminação solar, mesmo quando a atmosfera se apresenta nublada ou durante precipitações, podendo assim gerar imagens sob as condições mais adversas, dependendo da banda utilizada. A transmissão das ondas eletromagnéticas por um meio é diretamente proporcional ao comprimento de onda, desta forma quanto menor a frequência do radar maior será a sua penetração (SIPAM 2008).

A imagem SAR é gerada a partir de um pulso curto que é transmitido pelo sensor RADAR, da linha de visada mais próxima (NEAR RANGE) até a mais distante (FAR RANGE), numa seqüência de transmissões e recepções de pulsos.

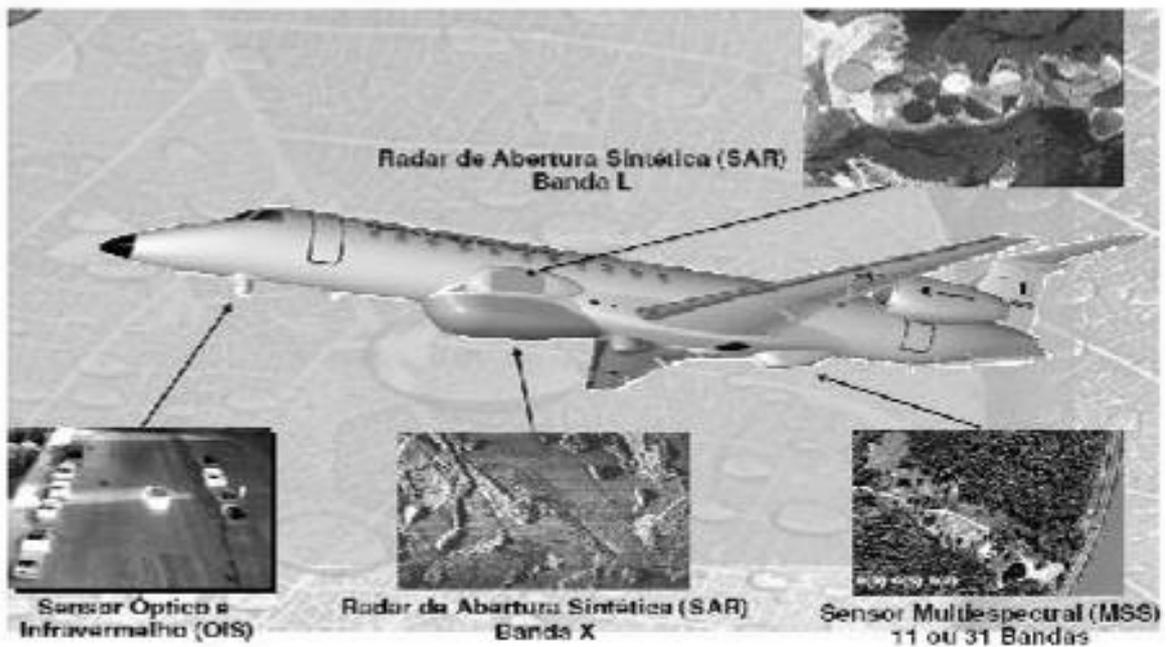
À medida que o pulso varre o terreno, uma fração de energia é difundida na direção do sensor (RETROESPALHAMENTO). A antena do sensor recebe essa energia, amplifica-a e

registra-a como um sinal. A intensidade do retroespalhamento contém informação sobre o terreno imageado.

A seqüência de sinais de retorno, que é formada com o deslocamento da plataforma, forma a imagem do RADAR.

As imagens SAR/SIPAM são caracterizadas pelos seguintes atributos:

- Resolução: low (18), medium (6), high (3)
- Número de Looks : single-look, multi-look
- Polarização: Banda L – HH, VV, VH e HV
- Banda X – HH



**Figura. 14** Aeronave R99 B SAR/SIPAM. Fonte: SIPAM, 2008.

### Resolução espacial de 18m permite:



Fonte: SIPAM, 2008.

- Detecção de rotas de transporte (estrada ou trilhos) mas distingue entre os dois;
- Detecção de rodovias principais (mais de duas vias) e pontes de redes ferroviárias sobre corpos d'água;
- Detecção de rodovias de mais de duas vias com canteiros centrais;
- Detecção de campo de futebol e gofe.

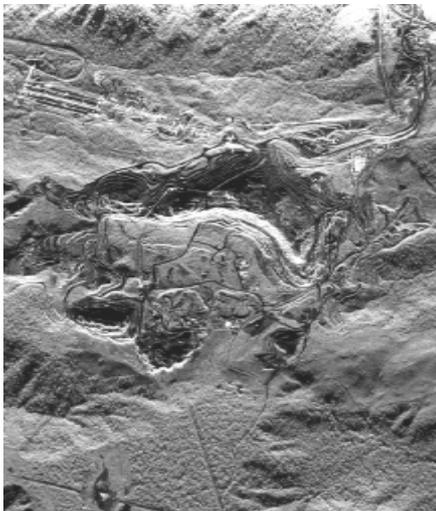
### Resolução espacial de 6m permite:



Fonte: SIPAM, 2008.

- Identificação do padrão das vias principais em uma are urbana;
- Identificação dos quarteirões de uma área metropolitana de forma individualizada;
- Detecção de áreas sendo preparadas para construção de novos prédios ou para expansão de prédios já existentes;
- Detecção de pistas e pontes de via dupla sobre corpos d'água;

### Resolução espacial de 3m permite:



Fonte: SIPAM, 2008.

- Detecção de rodovias de via dupla (reformadas);
- Detecção de faixas de terreno (limpas) em torno de instalações sensíveis;
- Detecção de trilhas abertas em áreas de florestas;
- Detecção de áreas de atividade de exploração de óleo em terreno seco;
- Detecção de torre de controle de um aeroporto;
- Detecção de filas de automóveis em um estacionamento;

Modo de imageamento das cenas SAR/SIPAM:

- Quad L+X – Banda L com 4 polarizações e Banda X
- Dual L+X – Banda L com 2 polarizações e Banda X
- Quad L – Banda L com 4 polarizações
- Single L+X – Banda L com 1 polarização e Banda X

<b>Quad L + X (3m) – 10 km</b>	<b>Quad L (3m) – 10 km</b>
<b>Quad L + X (6m) – 20 km</b>	<b>Quad L (6m) – 20 km</b>
<b>Quad L + X (18m) – 60 km</b>	<b>Quad L (18m) – 60 km</b>
<b>Dual L + X (3m) – 20 km</b>	<b>L + X (3m) – 20 km</b>
<b>Dual L + X (6m) – 40 km</b>	<b>L + X (6m) – 40 km</b>
<b>Dual L + X (18m) – 120 km</b>	<b>L + X (18m) – 120 km</b>

**Tabela 2.** Largura das faixas imageadas pelo Radar SAR. FONTE: IMAGEM

### 3.4. Legislação e Meio-Ambiente

A legislação brasileira e do Estado do Amazonas é muito extensa e inclui uma série de decretos. A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 faz referência à preservação e à restauração dos processos ecológicos de espécies e ecossistemas e à necessidade de preservar o patrimônio genético do país, estabelecer unidades de conservação e proteger a flora e a fauna a fim de evitar sua extinção.

As áreas naturais protegidas visam proteger a biodiversidade de ecossistemas, que são de fundamental relevância ecológica, sendo a principal estratégia mundial para a conservação da natureza, de acordo com a União Internacional para Conservação da Natureza (UICN) (1980). Neste documento, os objetivos básicos da conservação são: manutenção dos processos ecológicos essenciais, preservação da diversidade genética, utilização sustentada das espécies e ecossistemas (DIEGUES, 1999).

Outras disposições legais constam da Lei No 4.771 (1965) que instituiu o novo Código Florestal e especificou as ações de proteção e regulação das atividades florestais. A Lei N° 6.938 (1981) sobre Política Nacional de Meio Ambiente refere de maneira mais específica as políticas relacionadas com a conservação dos ecossistemas, do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Entre os instrumentos de política ambiental incluem-se a criação de espaços territoriais protegidos pela federação, a zonificação ambiental, a avaliação do impacto ambiental, a concessão de licenças, o sistema nacional de informação do meio ambiente, entre outros.

A Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 veio complementar o arcabouço jurídico de proteção ao meio ambiente, sistematizando, em um único documento legal, todas as diferentes categorias de unidades de conservação do País, criando o Sistema Nacional de Unidades de Conservação ( SNUC ).

### **3.4.1.Unidades de Conservação**

No planejamento e ocupação de uma determinada região, além dos espaços destinados às infra-estruturas básicas, limitações de áreas urbanas, cidades, municípios, usinas, hidroelétrica entre outros, algumas áreas são definidas para conservação de seus recursos naturais, denominadas “Unidades de Conservação”. Estas áreas são geralmente definidas por suas peculiaridades naturais, segundo a Lei 9.985 de 2000 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que estabelece normas e critérios para criação, implantação e gestão de unidades de conservação. Nesta lei, entendem-se como “Unidade de Conservação” um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (SCHWEICKARDT,2001).

A primeira Unidade de Conservação criada no Brasil, em 1937, foi o Parque Nacional de Itatiaia. A partir da década de 70, as Unidades de Conservação passaram a receber maior atenção por parte do governo federal, motivado pelo próprio contexto mundial em favor da conservação ambiental. Atualmente, mais de 33 milhões de hectares por todo o país estão protegidos por Unidades de Conservação federais, não sendo contabilizadas aqui as várias áreas criadas nos níveis estaduais e municipais.

No SNUC 2000, existem dois tipos de unidades de conservação: a) Unidades de Proteção Integral ou uso indireto, nas quais não pode ser feito o uso direto dos recursos. Como exemplo, temos os Parques Estaduais; b) Unidades de Uso Sustentável ou uso direto, nas quais pode ser feito o uso dos recursos naturais de forma sustentável. Como exemplo, as Reservas de Desenvolvimento Sustentável, que foram subdivididos, dentro dos tipos de usos, em categorias de unidades de conservação:

*I- Unidades de Proteção Integral;*

*II- Unidades de Uso Sustentável.*

*§1º O objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei.*

*§2º O objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos recursos naturais.*

*Art. 8º O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de unidade de conservação:*

*I- Estação Ecológica;*

*II- Reserva Biológica;*

*III- Parque Nacional;*

*IV- Monumento Natural;*

V- *Refúgio da Vida Silvestre.*

(...)

*Art. 14º Constituem o Grupo das Unidades de Uso Sustentável as seguintes categorias de unidade de conservação:*

- I- *Área de Proteção Ambiental;*
- II- *Área de Relevante Interesse Ecológico;*
- III- *Floresta Nacional;*
- IV- *Reserva Extrativista;*
- V- *Reserva de Fauna;*
- VI- *Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e*
- VII- *Reserva Particular do Patrimônio Natural.*

Cada categoria de unidade de conservação possui especificidades quanto ao seu uso e sistema de gestão, um elemento importante na relação espaço natural e unidades de conservação são as populações tradicionais ou nativas, ou seja, todas as pessoas que já moravam nas áreas antes da criação da unidade de conservação. Estas pessoas influenciam na tomada de decisão à qual tipo de categoria de unidades de conservação deve ser criado. Em casos de categorias de usos sustentáveis a criação da unidade resultará em benefícios e em orientações de como utilizar melhor a floresta, porém todos que vivem dentro de uma unidade serão obrigados a se adequarem as regras de cada categoria.

O estado do Amazonas conta hoje com 41 unidades de conservação estaduais, possui 76.633.007,13 hectares de áreas protegidas, representando 48,78 % do estado sem as sobreposições, onde 12,10% são de Unidades de Conservação Estaduais, 11,83% Unidades de Conservação Federais e 27,50% de terras indígenas (SDS/CEUC, 2009), (Figura 15).



explícita aos loteamentos, mas incluiu determinadas restrições, tais como: "proibição de qualquer movimentação de terra que cause erosão, assoreamento e alteração das condições ecológicas locais", permitindo a aprovação da lei. Na ocasião, o entendimento dos grupos favoráveis à criação dessa categoria era a de que ela propiciaria a conservação da natureza e a melhoria da qualidade de vida, e que estes fatores contribuiriam para valorizar a terra. (ARRUDA *et al.*, 1999).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação, na sua versão atualizada, adota o conceito de que "Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais".

A "APA" é uma das categorias de UC (Unidade de Conservação) que pode ser constituída por terras públicas e/ou privadas. Na APA deve-se restringir o uso e ocupação do solo, desde que observados os limites constitucionais e, nas áreas sob propriedade particular, o proprietário é quem deve estabelecer as condições para visitação e pesquisa de acordo com as exigências legais (ARRUDA *et al.*, 1999).

Ao órgão responsável pela administração da APA, que presidirá o Conselho da UC, cabe também, determinar as condições e restrições para pesquisas científicas no território da APA.

#### **3.4.1.2. Reserva de Desenvolvimento Sustentável - RDS**

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) é uma das categorias de Unidade de Conservação criada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

Esta categoria de manejo é definida como uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica.

Apesar de criada pela Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, a categoria já existia desde 1996, quando foi criada a primeira RDS pelo governo do estado do Amazonas: RDS de Mamirauá. No ano seguinte, inspirado na RDS Mamirauá, o governo do estado do Amapá criou a RDS do Rio Iratapuru (Vianna *et al.*, 2006).

A RDS pode ser criada em nível federal, estadual ou municipal desde que os requisitos básicos previstos na lei sejam observados. Em todos esses níveis, a pesquisa é um importante componente, objetivando gerar o conhecimento científico necessário para embasar o manejo participativo da área. A sua criação legal dar-se-á, sempre que possível, em terras de domínio público. Entretanto, havendo propriedades particulares no seu interior, poderão as mesmas permanecerem como tal, com a devida anuência do proprietário. Caso esta convivência harmônica não seja possível, as terras deverão ser desapropriadas pelo seu justo valor, de acordo com a legislação específica.

A população tradicional deve estar de acordo com a criação da reserva o que se verifica mediante a realização de consultas públicas e é desejável que haja, por parte da mesma, uma solicitação formal para sua criação (Vianna *et al.*, 2006).

### **3.4.2. Área de Preservação Permanente**

A Lei Federal 4.771, de 15 de setembro de 1965, instituiu o novo Código Florestal (BRASIL, 1965), definindo como Área de Preservação Permanente, em seu artigo 2º, as florestas e demais formas de vegetação nativas situadas:

- a) Ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde seu nível mais alto em

faixa marginal, cuja largura mínima seja:

- De 30 (trinta) metros, para cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- De 50 (cinquenta) metros, para cursos d'água que tenham de 10 (dez) metros a 50 (cinquenta) metros de largura;
- De 100 (cem) metros, para cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- De 200 (duzentos) metros, para cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- De 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.

b) Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais e artificiais;

c) Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

d) No topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) Nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45° (quarenta e cinco graus), equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

f) Nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

g) Nas bordas de tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

h) Em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação.

## **CAPÍTULO IV - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1. Histórico de criação da unidade**

A APA Margem Esquerda do Rio Negro foi criada através do Decreto Estadual n.º 16.498 de 02.04.95, com área de 740.750ha com o objetivo de “..proteger e conservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, visando a melhoria da qualidade de vida da população local e também objetivando a proteção dos ecossistemas regionais”. Através da Lei n.º 2.646 de 22.05.2001, tem seus limites e denominação alterados passando a denominar-se APA da Margem Esquerda do Rio Negro – Setor Tarumã-Açu/Tarumã-Mirim, e sua área reduzida a 56.793ha.

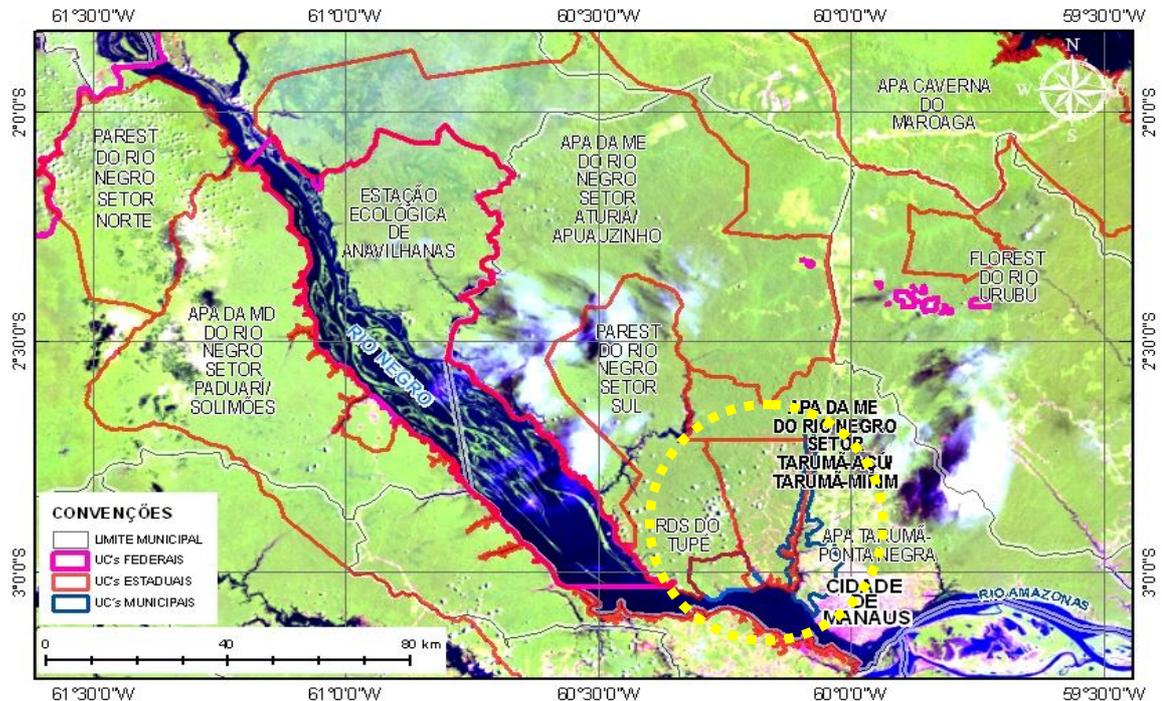
Esta Unidade de Conservação de âmbito estadual foi criada com o intuito de preservar duas importantes bacias hidrográficas (Tarumã-Mirim e Tarumã-Açu) para o turismo ecológico e, principalmente, para a manutenção da qualidade da água consumida em Manaus.

A região do Tarumã constitui um importante espaço geográfico próximo à zona urbana da cidade de Manaus, onde as modificações da paisagem estão diretamente relacionadas com forte tendência de ocupação humana e de expansão de suas atividades, essencialmente, vinculadas a velocidade e ao grau de organização desta ocupação.

É na chamada grande Manaus que se concentra a maior massa urbana do Estado do Amazonas, a quase totalidade da atividade econômica do estado e também, a maior e mais completa oferta de infra-estrutura de serviços públicos e, obviamente, a maior geração de arrecadação de impostos. A somatória destes fatores é responsável também sobre o grau crescente de urbanização, muitas vezes de forma desorganizada, e como consequência a maior pressão sobre os recursos naturais e uma série de problemas ambientais no seu entorno (Pinto,2005).

A unidade encontra-se inserida no Corredor Central da Amazônia (CCA) e no Mosaico do Baixo Rio Negro do Estado do Amazonas, tendo como confrontações o Parque

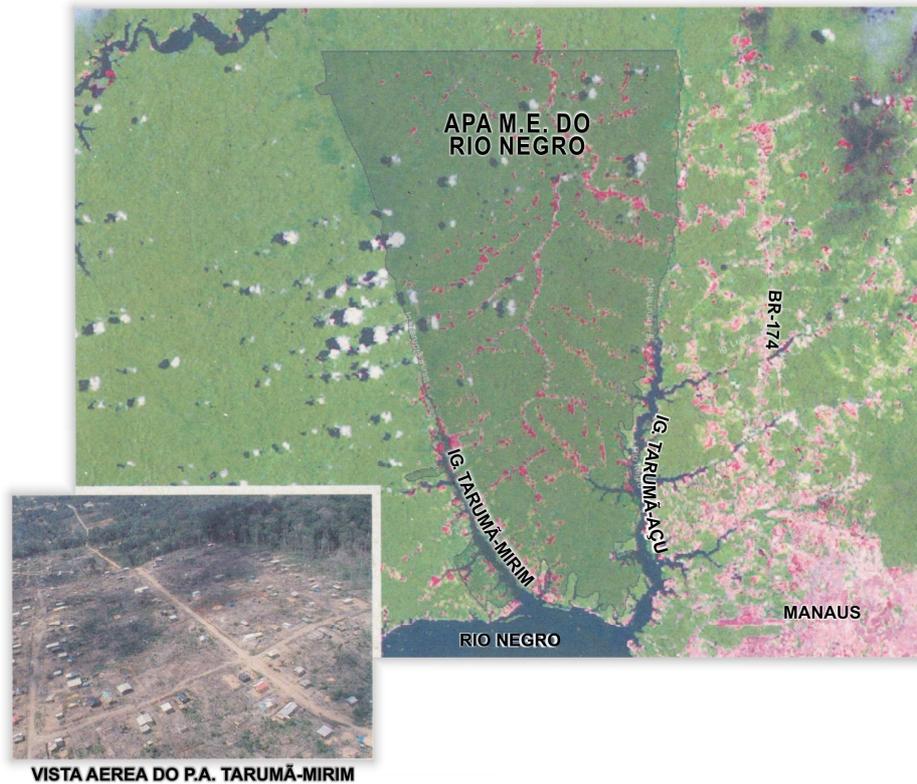
Estadual do Rio Negro Setor Sul, a Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé e a APA Tarumã-Ponta Negra, (Figura 18).



**Figura 16.** Mapa imagem da APA M.E. do Rio Negro Setor Tarumã-Açú/Tarumã-Mirim, inserida no mosaico do baixo Rio Negro .

A região do Tarumã, onde se localiza a APA em estudo, com o passar dos anos tem sofrido explorações predatórias e má utilização do solo e dos mananciais. A deterioração dos recursos naturais, principalmente solo e água vem crescendo intensamente sendo possível observar visivelmente o assoreamento e poluição dos cursos e espelho d'água.

As ações antrópicas em sua maioria são ocasionadas pela execução do Projeto de Assentamento Tarumã-Mirim devido o assentamento estar situado em quase sua totalidade dentro da Área da APA. Apesar da relevância ecológica da área, as atividades antrópicas no assentamento são bastante predatórias, sendo a queima da madeira para produção de carvão, uma das principais atividades. O desmatamento é realizado intensivamente inclusive nas áreas de encosta e matas ciliares e comumente nas áreas desmatadas não há atividades agrícolas.

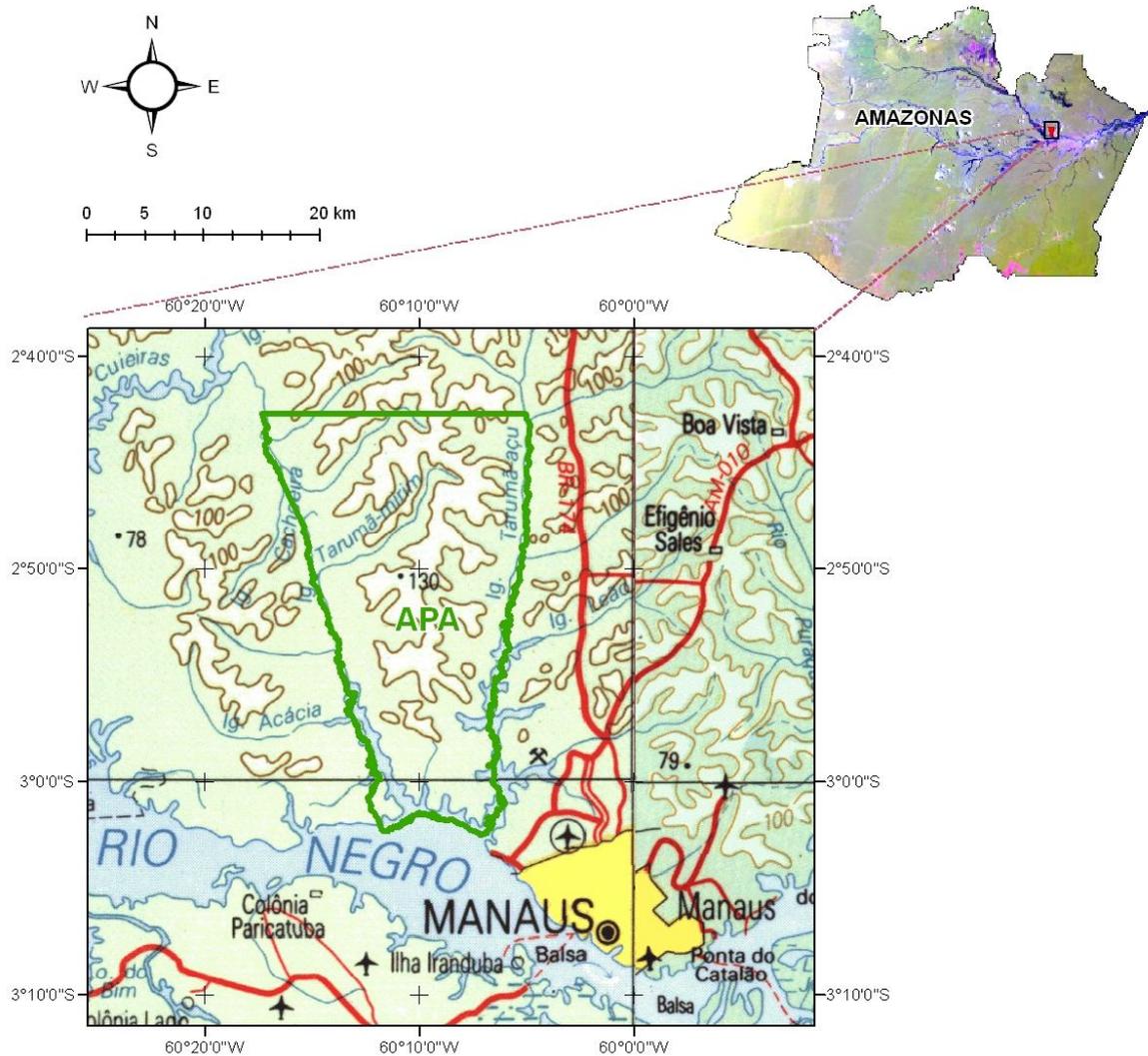


**Figura 17.** APA Margem Esquerda do Rio Negro com detalhe para fotografia aérea do PA Tarumã-Mirim. Fonte:LABGEO/IPAAM 2003.

A situação da APA reflete a realidade de muitas UC's no Brasil. São áreas protegidas criadas por um decreto que pode estar atendendo a interesses pontuais, havendo pouco ou nenhum comprometimento público na sua manutenção.

#### **4.2. Localização e acesso**

A Área de Proteção Ambiental Margem Esquerda do Rio Negro-Sector Tarumã-Açú/Tarumã-Mirim está localizada entre os paralelos 2° 41'44" e 3° 03'371" Latitude Sul e meridianos 60° 03'41" e 60° 18'27" Longitude Oeste, no município de Manaus - Estado do Amazonas. Dista 14 km da área urbana e o aceso a unidade pode ser feito por duas vias: uma terrestre, através do Ramal Pau Rosa, localizado no km 21, à margem esquerda da BR-174, e outra fluvial, através dos igarapés Tarumã-Açú e Tarumã-Mirim, afluentes do Rio Negro pelas sua margens esquerda e direita respectivamente (Figura 18).



**Figura 18.** Localização da área em estudo

### 4.3. Situação Fundiária

A APA está inserida em terras arrecadadas pela União, denominado Imóvel Cuieiras/Tarumã, tendo pequena parcela regularizada a nível de título definitivo pelos órgãos fundiários (ITEAM e INCRA). Possui sobreposição do Assentamento Tarumã-Mirim, da RDS do Tupé e da Área de proteção Ambiental (APA) Tarumã-ponta Negra (Figura 19).

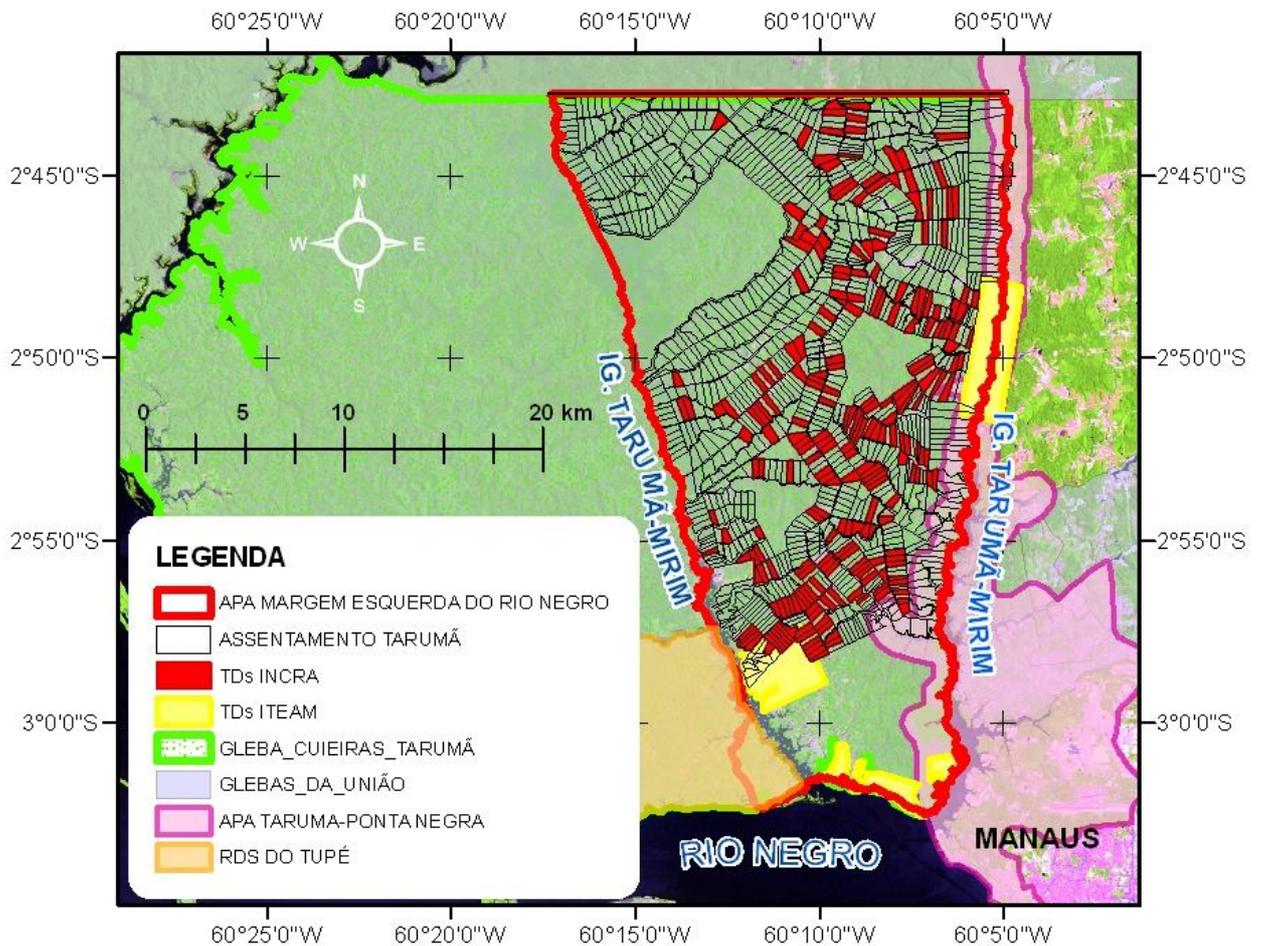


Figura 19. Situação fundiária da APA.

#### 4.3.1. APA Tarumã-Ponta Negra

A APA da Ponta Negra-Tarumã, está localizada na área urbana, zona Oeste da Cidade de Manaus, na Macrounidade Tarumã-Açú, estando inserida na Micro Bacia do Tarumã, margem esquerda do Rio Negro.

O Plano Diretor do Município de Manaus (art. 43 da Lei 671/2001), reenquadra as UNA's na categoria de APA.

A APA do Tarumã/Ponta Negra foi criada pela Prefeitura de Manaus no dia 22 de abril de 2008 e já no decreto de criação está previsto, além da delimitação do território da APA, a criação de um Conselho Consultivo com o objetivo de definir os critérios de utilização da área (Plano de Gestão) visando a instalação de futuros empreendimentos imobiliários no local.

A APA do Tarumã/Ponta Negra fica localizada numa área de 22.698,84 mil hectares, o que corresponde a mais de 1,9% da área do município e perímetro de 86.424,53 m. Seus limites foram traçados em função do curso do igarapé do Tarumã-Açu, que desemboca no Rio Negro, tendo como ponto de partida a coordenada geográfica 60° 7' 19,15''W e 3° 2' 8,48''S. Atualmente, é uma das áreas mais visadas e para onde tende o crescimento da cidade.

O objetivo da Prefeitura é exatamente estabelecer critérios para disciplinar o uso do solo, compatibilizando sua ocupação com a preservação ambiental, que é rica em fragmentos florestais, representativos da flora e fauna amazônicas.

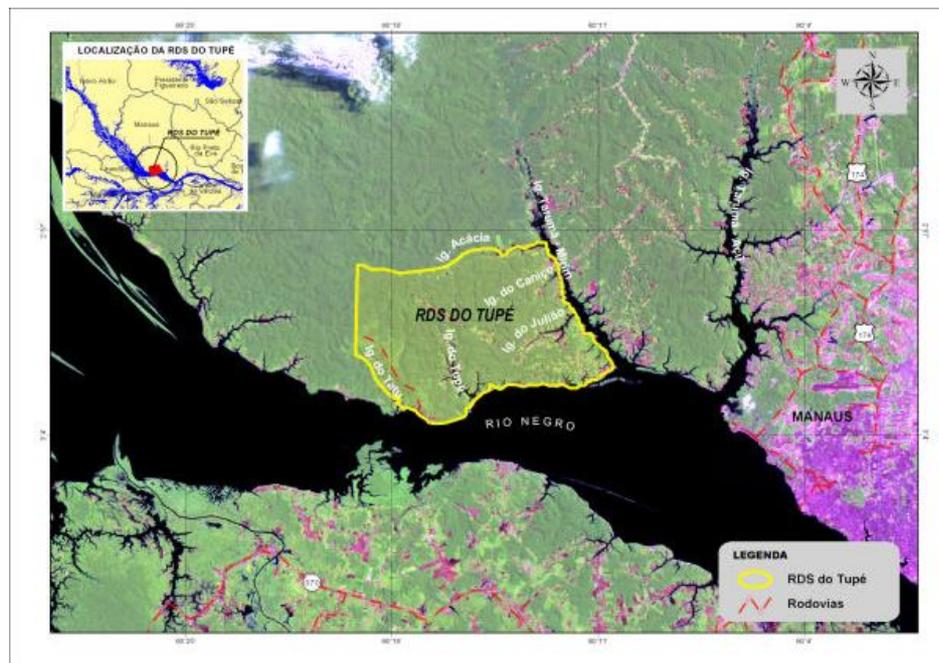
A APA do Tarumã/Ponta Negra abrange as áreas urbana, de transição e rural do município de Manaus (Figura 20).



**Figura 20.** Localização da Área Urbana de Manaus em relação a APA da Ponta Negra/Tarumã

### 4.3.2. RDS do Tupé

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, chamada RDS ou REDES, criada pelo município através do Decreto n.º 8044/2005, está localizado no Estado do Amazonas, a oeste de Manaus, à margem esquerda do Rio Negro, com uma área de 11.973 hectares e perímetro de 47.056m. Encontra-se inserida no Corredor Central da Amazônia e no Mosaico do Baixo Rio Negro do Estado do Amazonas, tendo como confrontações o Parque Estadual do Rio Negro Setor Sul e Área de Proteção Ambiental Margem Esquerda do Rio Negro Setor Tarumã Açu/Tarumã Mirim (Figura 6). Dentro da Reserva estão inseridas seis comunidades denominadas Agrovila, Julião, Livramento, São João, Colônia Central e Tatu (Figura 21).



**Figura 21.** Localização da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé.

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé (RDS do Tupé) é uma unidade de conservação de uso sustentável e mantém os mesmos objetivos das Reservas de Desenvolvimento Sustentável presentes no SNUC (MMA,2000), ou seja, “ *preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos*”.

*naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvido por estas populações”.*

A RDS do Tupé possui ao longo dos quinze anos, um histórico de proteção da região, instituídos pelo poder público municipal através de instrumentos legais. Inicialmente em 1990, a Praia do Tupé foi declarada Área de Relevante Interesse Ecológico, pela Lei Orgânica do Município. Em 1995 por meio da lei Municipal n.º 321, foi criada a Unidade Ambiental do Tupé (UNA-Tupé), em 1999, através do Decreto n.º 4.581 foi atribuída pela Secretária Municipal do Meio Ambiente (SEDEMA), hoje SEMMA a gestão ambiental daquela localidade. Neste mesmo ano, a SEDEMA institui um regulamento onde definiu a área novamente, agora como Área de Relevante Interesse Ecológico do Tupé. Já em 2002, por meio da Lei n.º 671/02, atendendo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), foi reenquadrada como Reserva de Desenvolvimento Sustentável Tupé – RDS Tupé e no ano de 2005 através do Decreto n.º 8044, foi finalmente denominada REDES do Tupé.

#### **4.3.3. Assentamento Tarumã-Mirim**

O Projeto de Assentamento (PA) Tarumã-Mirim foi criado com a resolução n.º 184/92 de 20/03/92, com área de 42.910,7601 ha e capacidade para assentar 1.042 famílias (INCRA, 1998).

Localiza-se em Manaus, com coordenadas geográficas 02° 46' 56'' S e 60° 08' 11'' W (IPAAM 2006). O acesso ao projeto pode ser feito por duas vias: uma terrestre, através do Ramal Pau Rosa, localizado no km 21, à margem esquerda da BR-174, e outra fluvial, através do igarapé Tarumã-Mirim, afluente do Rio Negro pela sua margem esquerda. A área do projeto está inserida na gleba Tarumã Cuieiras pertencentes ao município de Manaus, Amazonas, situadas entre os igarapés do Tarumã-Mirim e Tarumã-Açu, tendo ainda como limites Norte e Sul terras da União, distante 12 Km da expansão urbana, com 8 Km de distância da margem esquerda da rodovia federal BR – 174 (Figura 22).

O Projeto de Assentamento Agrícola denominado Tarumã-Mirim foi criado com o objetivo de promover a adequada ocupação da área, através da absorção de agricultores sem-terra, que vivem em Manaus, bem como a sua integração ao processo produtivo regional.

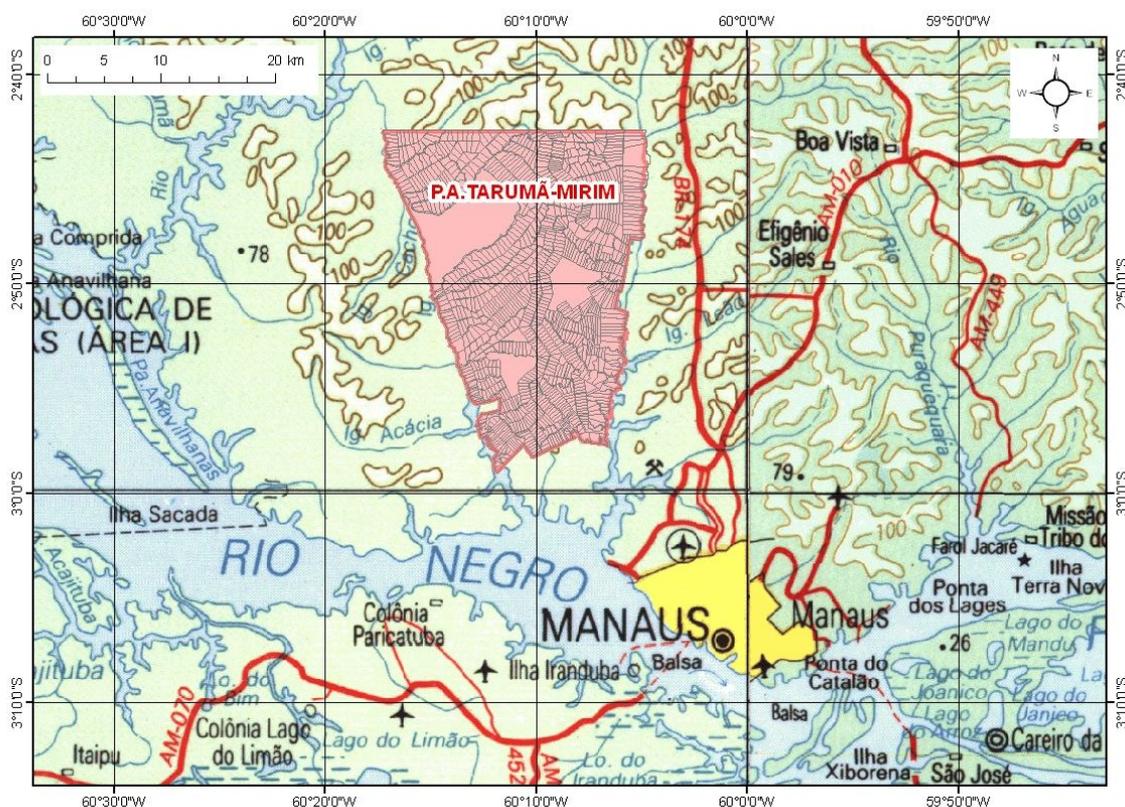


Figura 22 - Mapa de localização do Projeto de Assentamento Agrícola Tarumã Mirim.

Na área do Projeto de Assentamento Agrícola Tarumã-Mirim existem cinco reservas florestais distribuídas de forma descontínua, totalizando uma área de 7.085 ha, com um ciclo de corte de 25 anos.

- Reserva Florestal 1..... 4.696 ha.
  - Reserva Florestal 2..... 1.357 ha.
  - Reserva Florestal 3..... 157 ha.
  - Reserva Florestal 4..... 827 ha.
  - Reserva Florestal 5.....49 ha.
- Total..... 7.085 ha.**

O Projeto de Assentamento Agrícola Tarumã-Mirim é composto de 1042 lotes correspondendo ao mesmo número de famílias, compondo dezessete associações comunitárias.

A economia do assentamento é baseada essencialmente na agricultura familiar, prática agrícola onde o processo de preparo da terra consiste na derrubada da vegetação seguindo-se de queima da biomassa. Uso predominante de mão-de-obra, com implementos agrícolas manuais, e o abandono entre um a dois anos após o desmatamento, são quando a produção declina.

No setor primário, predomina o método tradicional de rotação de cultivo utilizado pelos índios e adotado pelos assentados. Predomina cultivos em pequena escala apenas para subsistência familiar, e o excedente é comercializado em Manaus.

Quanto às culturas anuais, destaca-se o cultivo da mandioca, para a produção de farinha. Entre as culturas permanentes de expressão pode-se citar: cupuaçu, laranja, limão, coco, banana, mamão, abacaxi e maracujá.

Alguns produtos do extrativismo vegetal destacam-se: alimentação, confecção de artesanatos, uso doméstico, embora, não sejam importantes economicamente, pode-se citar: cipós, palhas, cascas lenhosas, e frutos (açai, buriti, bacaba, tucumã, uxi, bacaba e piquiá).

A caça de animais silvestres é uma atividade do cotidiano da maior parte da população residente da área, e ajuda na complementação da dieta alimentar das famílias. Dentre os animais caçados destacam-se: paca, cutia, cutiara, tatu, jacu, mutum, porco do mato, nambu, macaco, veado, jacamim, jacundá, anta, arara, jacaré e quati.

A produção animal tem pouca expressão no P. A. Agrícola Tarumã Mirim com destaque para criação de galinhas caipira, bovinos, suínos e patos. A produção é direcionada principalmente para subsistência das famílias dos assentados.

O transporte terrestre ocorre em viagens diárias direto de Manaus através de duas linhas de ônibus, que atendem as comunidades do assentamento.

#### **4.4. Clima**

As massas de ar que atuam na região têm seu centro de origem no Noroeste da Amazônia, sendo denominadas como Equatorial Continental (MEC). São massas de ar quente e úmida, atuam em toda a Amazônia Ocidental e, no verão, em várias regiões do Brasil. São massas de ar quente que provocam nuvens, criando, na Amazônia zonas de instabilidade permanente com chuvas de convecção. A umidade relativa é bastante elevada, com isohigras em torno de 85% a 95%. As temperaturas médias anuais têm variações isotermas em torno de 24° e 26°.

Em Manaus, há duas estações bem definidas que caracterizam o clima da região: uma estação chuvosa, que se inicia praticamente no mês de novembro e vai até o mês de maio e outra, seca, que vai do mês de junho a outubro, tendo seu ápice no mês de agosto.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo “A” (Tropical Chuvoso), caracterizado por apresentar temperatura média no mês mais frio em torno 18°. Este clima apresenta duas variações climáticas: Af e Amw. A Af, constantemente úmida, corresponde ao clima de florestas tropicais. Tanto a temperatura quanto a precipitação sofre mínima variação anual e mantêm-se em um nível elevado. O clima Amw caracteriza-se por apresentar umidade suficiente para sustentar a floresta do tipo tropical, embora possua uma estação seca de curta duração (IBGE,1978).

A classificação de Köppen, que se baseia, predominantemente, na quantidade e distribuição anual da precipitação e nos valores da temperatura média mensal e anual, define os tipos climáticos predominantes na região do projeto como Amw, que a caracteriza como:

- Região de clima quente e úmido;
- Temperatura média anual de cerca de 26,6 °C;

- Pequena amplitude térmica;
- Umidade relativa variando de 75 a 86%;
- Precipitação anual variando de 1750 a 2500 mm;

Os meses de julho, agosto e setembro os mais secos e o trimestre fevereiro, março e abril os mais chuvosos.

#### **4.5. Solos**

Os solos do região são classificados como:

- Latossolo Amarelo Álico com textura argilosa, muito argilosa a média nas áreas de relevo suave ondulado a ondulado, nas imediações do Igarapé Tarumã-Açú;
- Latossolo Amarelo Álico com textura argilosa nas áreas de relevo plano com bordos dissecados do platô central;
- Latossolo Amarelo Álico com textura média na área de relevo suave ondulado e plano próximo do igarapé do Tarumã - Mirim.

A textura do solo é argilosa nos platôs, nas encostas varia de argilosa a arenosa (próximas ao platô) e areno argilosa, próximos aos baixios, e nos baixios é arenosa, caracterizando como solos muito ácidos com pH variando de 3,7 a 4,3.

Predominante na área de estudo, o Latossolo Amarelo Álico caracteriza-se por apresentar horizonte B Latossólico, o qual apresenta um avançado grau de intemperismo, sendo normalmente composto por óxido hidratado de ferro e alumínio, apresentando argila de 1:1 do grupo caulinita. Possui baixa soma de bases trocáveis, baixa capacidade de troca de cátions e elevado grau de floculação.

Atribui-se a baixa fertilidade destes solos à pobreza do material de origem e a extrema lixiviação das bases, devido a alta precipitação pluviométrica da região.

Entretanto devido, devido às suas boas qualidades físicas podem ser francamente utilizáveis para a agricultura. Para o uso racional destes solos, necessário se torna a escolha de culturas de rendimento comprovadamente econômico, originárias ou adaptadas a região, uma vez que , será exigido obrigatoriamente, o uso de fertilizantes e ainda muitas vezes, aplicar corretivos de acidez (INCRA-AM,1986)

#### **4.6. Geomorfologia**

Quanto à geomorfologia e relevo, a área apresenta interflúvios tabulares e relevos do tipo aplainado, separados por vales de fundo plano e eventualmente por vales em “V”. A intensidade de aprofundamento da drenagem é fraca. A área tem origem geológica em sedimentos terciários que formam o Grupo Barreiras, caracterizado por intercalações de arenitos, argilitos e subordinadamente conglomerados, conforme RADAMBRASIL (1978).

A topografia apresenta seqüências de platôs, encostas e baixios.

#### **4.7. Recursos Hídricos**

Conforme WALKER (1993) os corpos d'águas existentes são constituídos por rios de águas pretas, ácidas e pobres em minerais, sendo que o Rio Tarumã Mirim apresenta água ácida (pH 3,5 a 4,5), pobre em cátions (condutividade elétrica < 10µS/cm) e a variação de temperatura de 24 a 27°C quando corrente, passando a 30° C quando estagnada durante o período das cheias. A velocidade máxima atinge aproximadamente 25m/min. O nível das águas pode variar de 1,5 a 3 metros na época da cheia que alcança seu máximo no mês de junho.

Conforme dados do Projeto RADAMBRASIL (1978), os igarapés Tarumã-Mirim e Tarumã-Açú possuem suas cabeceiras no planalto da bacia sedimentar do Amazonas ou próximo a ele, com direção N/NE-S/SW, desembocando no rio Negro, apresentando foz afogada que se configura por amplos lagos alongados e pouco recortados Brasil (1978).

A região em estudo é caracterizada por um padrão de drenagem subdentrítico com fluxo multidirecional. As principais bacias hidrográficas são representadas pelos rios Tarumã Mirim e Tarumã Açu, além de seus tributários principais, os igarapés do Mariano, do Leão, do Santo Antônio, Branco, Acássia e da Onça.

#### **4.8. Vegetação**

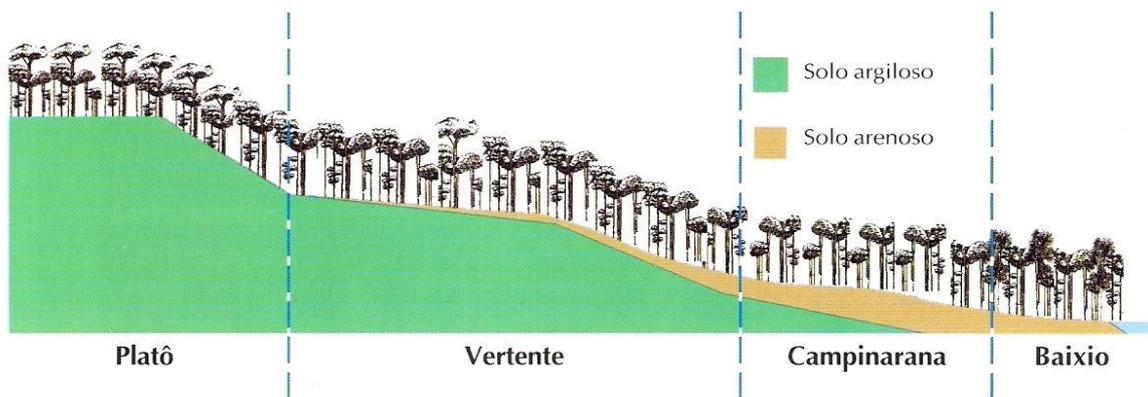
Ferreira (1985) estudou a vegetação numa área próxima ao Assentamento Agrícola do Tarumã Mirim, e concluiu que a variação florística é resposta a fatores ambientais diversos, especialmente tipos de solos, topografia e variação do lençol freático.

A vegetação da região é definida como sendo floresta de terra firme, onde quatro diferentes habitats podem ser distinguidos: floresta de platô, floresta de vertente, floresta de campinarana e floresta de baixio (Ribeiro et al., 1999).

- ❖ Floresta de Platô – Fisionomicamente apresenta uma paisagem homogênea; solos com textura argilosa bem drenada; elevada diversidade de espécies; as árvores apresentam altura média entre 25-30 metros; com muitas árvores emergentes de grande biomassa; no sub-bosque muitas palmeiras; possivelmente o lençol freático é muito mais baixo que em relação a outras tipologias.
- ❖ Floresta de Vertente – Aparentemente não apresenta uma paisagem uniforme; algumas espécies só ocorrem neste ambiente; solos argilosos nas partes mais altas e areno-, argilosos nas mais baixas; as árvores apresentam porte mais fino que as dos platôs; dossel entre 25 a 35 metros.
- ❖ Floresta de Campinarana – Vegetação é relativamente contínua; solos areia branca (podzólicos); dossel 15-25 metros e poucas árvores de grande porte; menor biomassa, menor diversidade; alta densidade de epífitas; alta penetração

de luz; sub-bosque denso de arvoretas e arbustos; o nível do lençol freático atinge níveis que estão fora da rizosfera da vegetação local.

- ❖ Floresta de Baixo – Fisionomia varia muito de acordo com o nível e tempo de encharcamento; dossel 20-35 metros; com poucas árvores emergentes; muitas espécies gregárias; solo do tipo hidromórfico muito profundo, extremamente arenoso; solos apresentam baixíssimos índices de fertilidade natural devido á textura excessivamente arenosa e a intensa lixiviação; lençol freático mais próximo superfície durante a maior parte do ano.



**Figura 23** - Representação dos diversos ambientes de cobertura vegetal. Fonte: RIBEIRO et al, 1999.

## **CAPÍTULO V - MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1. Estruturação do trabalho.**

Neste capítulo encontram-se descritas as etapas metodológicas e os materiais utilizados na obtenção dos dados que permitiram mapear, através de SIG as diferentes formas de uso do solo na Área de Proteção Ambiental Margem Esquerda do Rio Negro, bem como a construção do Banco de Dados Geográfico da Unidade.

O ponto de partida, foi à pesquisa em material técnico e científico produzido sobre a APA Margem Esquerda do Rio Negro – Setor Tarumã- Açú/Tarumã-Mirim e a própria Região do Tarumã. Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica onde foram consultadas dissertações, teses, artigos científicos e livros, visando identificar o nível de aprofundamento das informações geradas a respeito da área em estudo. Posteriormente executou-se a aquisição e coleta de dados pré-existentes disponíveis em meio analógico e digital, tais como: imagens de satélite, cartas topográficas, mapas pré-existentes, entre outros. Os dados foram coletados em diversas instituições, entre eles: Prefeitura Municipal de Manaus (PMM), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Secretaria Executiva de Recursos Hídricos (SDS), SIGLAB/INPA, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 4ª Divisão de Levantamento do Exército (4ª DL).

Aliados a essa pesquisa bibliográfica e documental, foram realizadas classificações não-supervisionadas utilizando imagens de satélite multi-espectrais visando validar e detalhar os mapas cadastrais e as informações coletadas durante a pesquisa.

Nesta etapa do trabalho foi construída preliminarmente a base de dados com a utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG), no intuito de gerenciar as informações obtidas. Os software utilizados para gerenciar as informações foi o ARCGIS 9.3 e o software para tratamento e classificação de imagens o ENVI 4.4. Foram realizadas

atividades de campo durante o decorrer dos trabalhos, onde foram levantadas informações sobre o uso e ocupação do solo e da cobertura vegetal, com o auxílio de um Sistema de Posicionamento Global (GARMIN 12), imprescindível para individualização dos diferentes alvos, com suas respectivas aferições.

Para compor um melhor nível de detalhamento e levantar com precisão a área de preservação permanente, a base hidrográfica da bacia dos igarapés do Tarumã-Açú e Tarumã-Mirim foi vetorizada a partir das cartas topográficas da Divisão de serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro, escala 1:50.000, utilizando como base para adensamento da rede hidrográfica as imagens do radar SRTM. A malha viária teve seu adensamento a partir da vetorização de imagens Quick-Bird, ano de imageamento 2008 e a imagem híbrida gerada a partir da fusão da imagem TM Landsat 5 com a imagem de radar SAR/SIPAM .

O passo seguinte foi a associação das informações temáticas preexistentes com os dados obtidos através da classificação das imagens, para entendimento sobre a dinâmica de evolução do desmatamento na APA. As etapa posterior consistiu na criação do Sistema de Informações Geográficas e a geração dos mapas temáticos. Todo o processo de execução da metodologia, na sequência em que foi implementado, será descrito nas etapas a seguir.

## **5.2. Obtenção das imagens.**

As imagens orbitais TM Landsat 5 foram obtidas gratuitamente do sítio do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), através do download do site de catálogo de imagens <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>, no formato GEOTIFF, com resolução radiométrica de 8 bits, equivalente a 256 níveis de cinza, resolução espacial de 30m e nível de correção 5. O critério de seleção adotado foi a incidência de nuvens, sendo escolhidas como imagens de referência aquelas com menor quantidade (ou ausência) de nuvens. No total foram utilizadas 05 imagens do sensor “TM” (Thematic Mapper) do satélite TM Landsat 5 referentes a órbita/ponto 231/062 nos anos de 1990, 1997, 2001, 2005 e 2009.

As imagens QuickBird, ano 2008, foram adquiridas pela Secretaria do Estado de Política Fundiária (SPF) e disponibilizadas à Gerência de Geoprocessamento do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), que cedeu parte das cenas para o desenvolvimento deste trabalho. As imagens foram entregues com correções radiométricas e geométrica associada a um sistema de coordenadas geográfica (Lat/Long) e Datum SAD 69. Foram utilizadas as imagens de três bandas espectrais, RGB e resolução espacial de 0,60 m.

Dados topográficos (Modelo Digital de Elevação) derivado da Missão Topográfica por Radar Interferométrico, ou Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), refinados para 30m através do Projeto TOPODATA, foram obtidos gratuitamente no site do INPE.

Os segmentos de cenas de radar de abertura sintética (SAR) da aeronave R99 B, ano 2007, foram cedidas pelo Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM). Foram entregues em formato “IMG”, georreferenciada em sistema de coordenadas geográficas (Lat/Long), Datum SAD 69, modo Quad L + X com resolução espacial de 6,00m.

### **5.3. Processamento Digital de Imagens.**

O processamento digital de imagens consiste em técnicas de manipulação numérica de dados contidos em imagens digitais por sistemas computacionais, em que as imagens originais (brutas) são processadas com a finalidade de produzir outras imagens contendo informações específicas, extraídas e realçadas, de tal modo que estas sejam mais facilmente discerníveis pelo interprete (Novo, 1992, Crósta, 1999).

As imagens produzidas por sensores passivos e ativos, como fotografias aéreas, imagens de satélite ou de radar, apresentam uma série de distorções espaciais em função da sua forma de aquisição, fazendo com que elas não possuam precisão cartográfica em relação ao real posicionamento dos objetos ou superfícies representados, necessitando, portanto, de uma etapa de correção geométrica.

Neste contexto, de acordo com Crósta (1999), o processamento digital de imagens deve ser compreendido como um estágio preparatório, embora quase sempre obrigatório, da atividade de interpretação de imagens de sensoriamento remoto. Os dados objeto desse estudo foram processados no software ENVI 4.4 (Environment for Visualizing Images) e o processamento digital das imagens envolveu três estágios: pré-processamento de imagens, realce e análise (classificação).

### **5.3.1. Pré-processamento, correção geométrica e registro**

Os dados recebidos pelo imageamento de sensores orbitais na forma bruta, geralmente apresentam falhas e distorções. Estas distorções podem ser de origem radiométrica, resultante de uma resposta não linear dos detectores e aos efeitos de interferência atmosférica (espalhamento e absorção), e/ou geométrica, relacionadas às distorções espaciais causadas pela variação das condições de aquisição dos dados orbitais. A correção das distorções e a remoção das falhas (ruídos) presentes nos dados são chamados de pré-processamento, isto porque, as operações são realizadas antes que os dados sejam utilizados para algum propósito. Outro aspecto da importância do pré-processamento é que os métodos de detecção de mudança necessitam comparar duas imagens ou mais, e a detecção das diferenças entre elas são dependentes da acurácia da retificação radiométrica e da correção geométrica (Coppin e Bauer, 1994; Dai e Khorram, 1998).

Os dois níveis de correção geométrica estão associados aos erros sistemáticos e a correção de precisão. Os erros ditos sistemáticos são aqueles provocados pela própria característica do sensor, isto é, a instabilidade da plataforma, a distorção panorâmica e a distorção causada pela curvatura da Terra. Esses tipos de erros geralmente já são corrigidos na estação de recepção do satélite e os dados que chegam aos usuários já trazem estas correções (Pinto, 2005). Os dados de sensoriamento remoto utilizados neste trabalho tem nível de correção 5 e, portanto, não foi necessária a realização desta etapa.

Correção geométrica, georreferenciamento ou registro, é realizado pelo ajuste de uma imagem a um espaço definido por sistema de coordenadas de referência. No caso da análise multitemporal para detecção de mudança, quando se deseja comparar as mudanças ocorridas em uma determinada área em diferentes épocas, é necessário que se combine imagens diferentes de um mesmo espaço geográfico. Então, para que as duas imagens sejam perfeitamente coincidentes no espaço é necessário que se faça um registro image-imagem, no qual o sistema de coordenadas de uma imagem é ajustado ao sistema equivalente de outra imagem (Crósta, 1999).

As imagens utilizadas neste trabalho já foram adquiridas com correção de precisão, no entanto apresentavam uma pequena distorção espacial em relação ao real posicionamento dos alvos ou superfícies representados, necessitando, portanto, passar por uma etapa de correção geométrica ou georreferenciamento.

Para esse georreferenciamento foi criado um arquivo de correspondência no software ENVI 4.4, tendo como base a imagem TM Landsat 5 231/062, ano de imageamento 2007 disponibilizada pelo Laboratório de Geoprocessamento do IPAAM. Essa cena faz parte de um acervo de imagens georreferenciadas pelo conjunto de imagens Landsat 7 ETM+ (1990), disponibilizados pela NASA, também conhecido como GEOCOVER .

Nesse processo foram coletados pontos de controle na imagem e tiradas as suas respectivas leituras em coordenadas geográficas para, posteriormente substituírem as coordenadas cartesianas encontradas em pontos correspondentes na imagem orbital. Ao todo foram coletados 45 pontos de controle para cada data, distribuído uniformemente em toda a extensão da imagem, sendo realizada a análise dos resíduos do erro desses pontos e selecionados os melhores pontos de controle, que satisfizesse a precisão cartográfica desejada, resultando em 30 pontos de controle efetivamente utilizados no registro da imagem. A

condição básica para a seleção dos pontos foi a identificação das interseções dos rios, da interface de vegetações e dos usos da terra. (Figura 24).

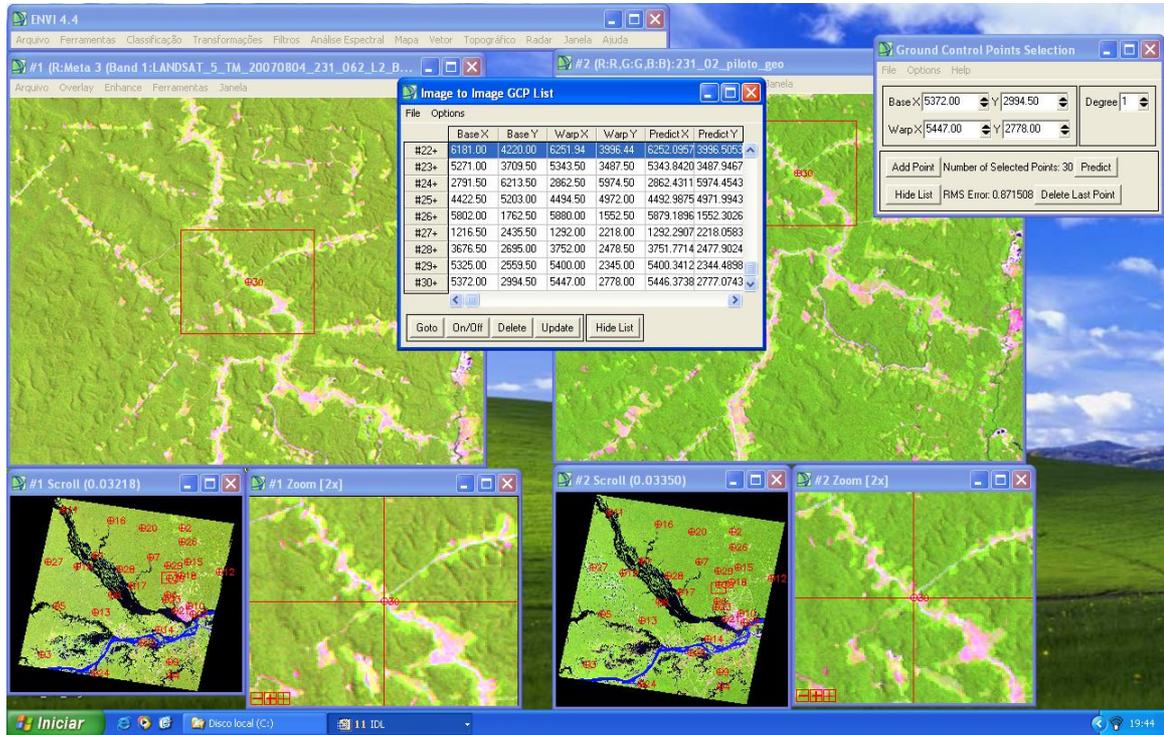


Figura 24. Espacialização dos pontos de controle para obtenção do registro.

Após o processo de montagem do arquivo de correspondência foi executada a transformação das coordenadas originais da imagem a ser georreferenciada para as coordenadas adquiridas na base. Para esta etapa foi aplicada uma transformação polinomial de 2º grau, na qual se obteve uma incerteza média de 0,576 (pixel) em uma resolução espacial de 30m, ou seja, este valor representa 17,28m de incerteza na precisão cartográfica do registro, isto significa quase a metade da menor unidade perceptível pelo sensor do satélite.

O passo seguinte foi realizar um corte na cena completa da imagem Landsat 5 TM, (abrangendo a área de entorno da APA) utilizando ferramentas disponíveis no software ENVI 4.4 de modo a restringi-la ao entorno dos limites da área em estudo. Esse último processo teve por finalidade diminuir o esforço computacional e eliminar os efeitos de borda na classificação, quando efetivada a etapa de recorte dos limites da APA.

### 5.3.2. Composição colorida e realce

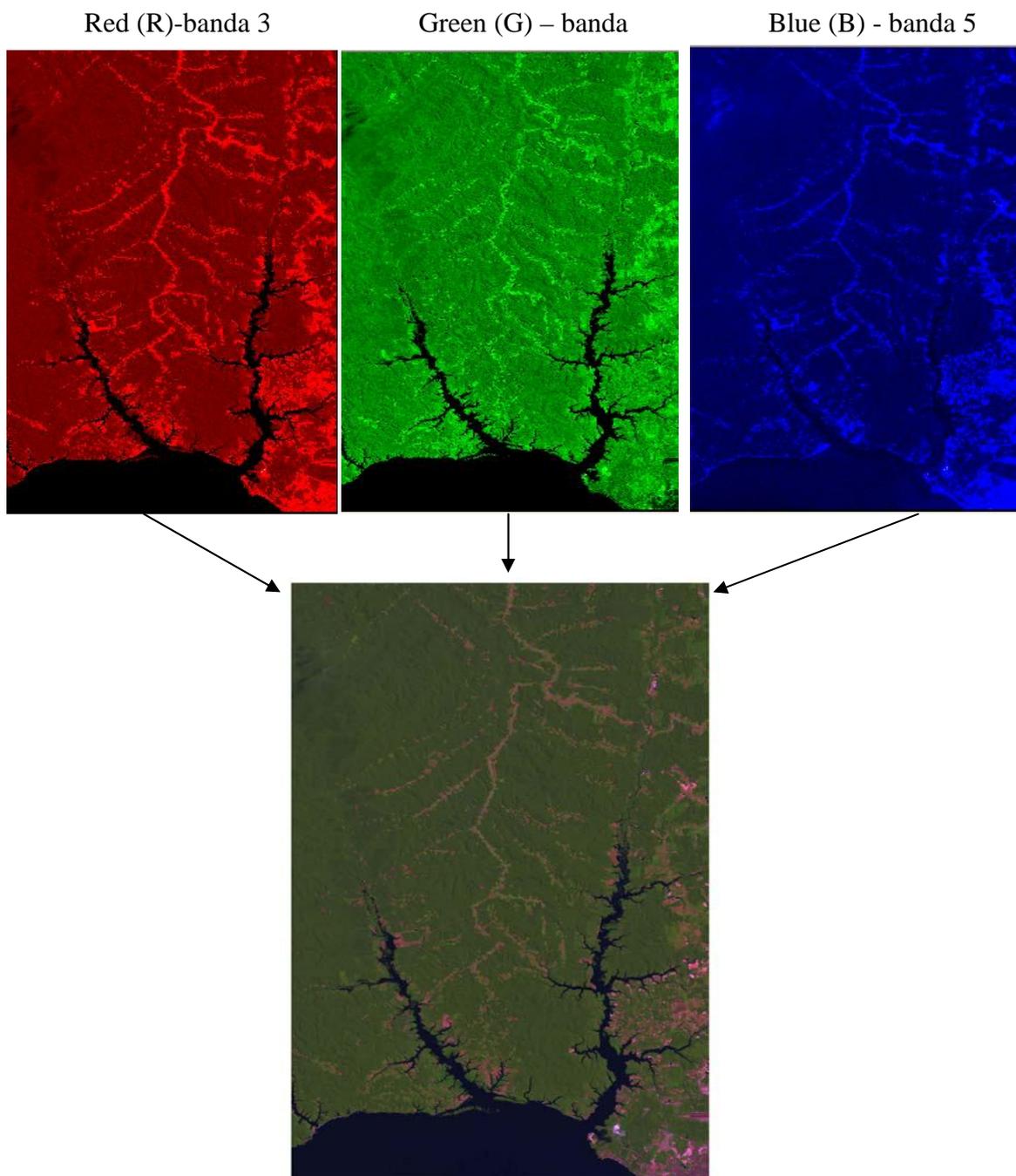
Outra técnica de pré-processamento que também levou a melhoria da qualidade visual das imagens multiespectrais foi a geração de composições coloridas. Considerando que o olho humano só consegue distinguir cerca de 30 classes de tons de cinza e por outro lado consegue reconhecer milhões de cores, o uso de imagens coloridas aumenta o poder de interpretação visual do usuário (CROSTA, 1992). Como os sensores multiespectrais registram dados em várias faixas do espectro, representante das diversas bandas de operação do sensor é fácil fazer a combinação de 3 bandas espectrais diferentes para se compor uma imagem colorida (Pinto, 2005).

Nesse contexto durante o processamento digital das imagens, foram produzidas composições coloridas utilizando três bandas do satélite Landsat 5 TM, associando-as as cores azul (B), verde (G) e vermelha (R), para dar a composição colorida, chamada de “falsa” cor. Este processo, como acima contextualizado, teve como objetivo melhorar o aspecto visual para fornecer subsídios para melhor interpretação e posteriormente, determinação das coletas para classificação. As cores resultantes desse processo não têm nada a ver com as cores reais dos materiais na superfície terrestre, por isso é denominada de falsa cor (Figura 25).

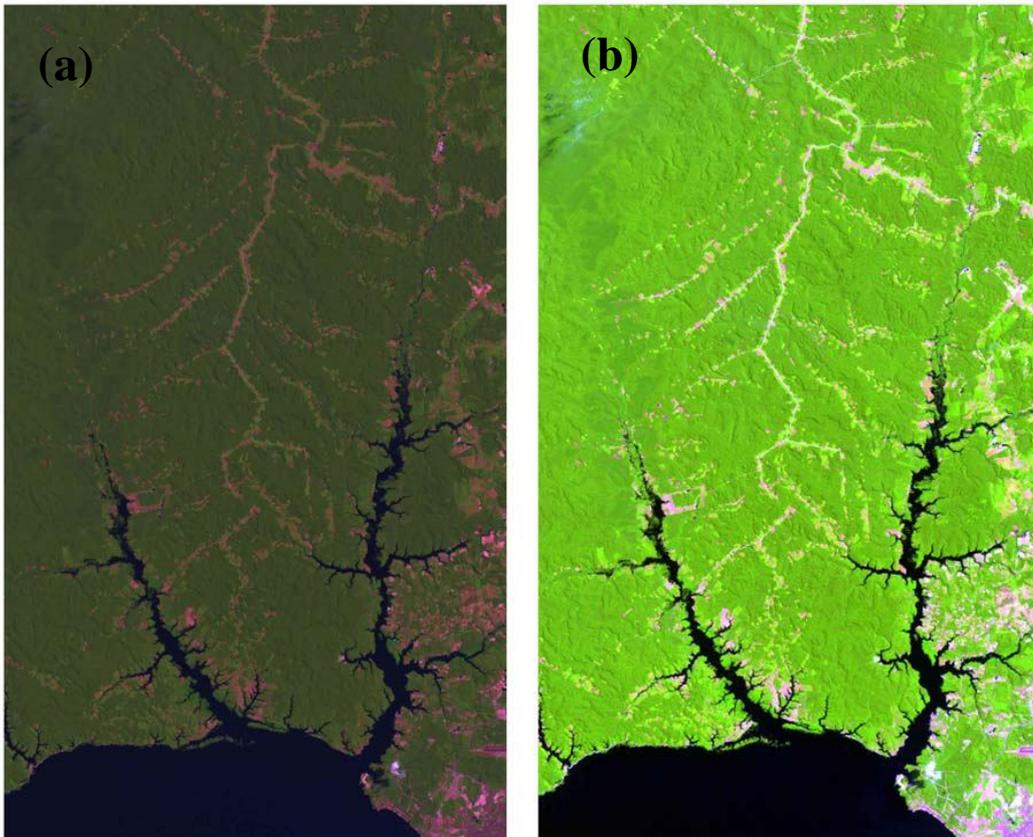
A técnica de realce teve como objetivo aperfeiçoar a visualização das cenas. Quando se fala em realçar uma imagem pretende-se fazer com que o histograma ocupe uma escala mais abrangente no gráfico, espalhando mais os tons de cinza, aumentando mais o contraste e conseqüentemente facilitando a interpretação da imagem pelo olho humano, pois o mesmo só consegue detectar cerca de 30 níveis de cinza. É a técnica mais comum para extração de informações em imagens de sensoriamento remoto (CROSTA, 1992).

O primeiro passo na utilização desta técnica foi a análise dos histogramas com a frequência dos níveis de cinza de cada canal espectral. A manipulação do contraste consistiu em procedimentos que, através da modificação da forma do histograma, ampliou o contraste

da imagem, transformando o nível de cinza da imagem original em outro valor de nível de cinza, de tal modo que o contraste foi aumentado. A manipulação da técnica foi aplicada nas cenas com composições coloridas (RGB) (Figura 26).



**Figura 25.** Composição colorida 3B,4G e 5R, Imagem Landsat 5TM com recorte área objeto do estudo.  
Fonte: Adaptado de Pinto, 2005.



**Figura 26.** Composição colorida 3B,4G e 5R, Imagem Landsat 5 TM, ano 2005 da área em estudo. (a) Imagem bruta (b) Imagem com aplicação da técnica de realce.

### 5.3.3. Classificação supervisionada das imagens

Classificação é o processo de extração de informações de imagens da área estudada visando 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, entre outros).

A imagem Landsat 5TM, foi escolhida como base para extração dos indicadores (classificação) deste trabalho, por apresentar boa resolução espacial (30m) e estar disponível no site do INPE com vasta resolução temporal, tendo seu início datado a partir de 1973.

Um exemplo prático da influência da resolução espacial na classificação pode ser observado em Ponzoni, et al. (2002). Estes autores compararam diferentes resoluções espaciais (60, 100, 120, 200 e 250 m), para quantificar áreas desflorestadas na Amazônia

simulando imagens do TM-Lansat 5. As análises foram obtidas a partir da geração de mapas temáticos, considerando tanto a interpretação visual como a classificação mista (digital seguida pela interpretação visual na tela do monitor). Os resultados demonstraram que resoluções até 200 m foram adequadas para o monitoramento do desflorestamento (não floresta vs. floresta) considerando-se a interpretação visual. Porém, resoluções acima de 100 m, não foram capazes de distinguir temas pouco diferenciados espectralmente, tal como a distinção entre vegetação secundária em fase inicial e avançada de sucessão. Demonstrando que a resolução espacial pode ter grande influência na quantificação de áreas desflorestadas.

De acordo com o preconizado por CROSTA (1992), o processo de classificação consiste em associar cada pixel da imagem a uma determinada "classe" de informações temáticas que descrevem um objeto do mundo real. Nesse sentido, a classificação pode ser supervisionada, onde o usuário interage com o sistema na identificação das classes desejadas, ou não supervisionada, quando o processo é totalmente realizado pelo sistema. No entanto, a partir do conhecimento prévio da região de estudo, auxiliado pelos trabalhos de campo, optou-se pelo processo de classificação supervisionada como sendo a mais adequada.

Na classificação supervisionada, foi indicado os tipos de cobertura vegetal determinando previamente as classes no qual a imagem vai ser rotulada (floresta e floresta secundária, solo exposto e água) e quando necessário rotulou-se a presença de nuvens (nuvem e sombra-nuvem). Para obtenção do processo de reconhecimento de padrões (objetos) e dos resultados da classificação de cada ponto (ou região) da imagem mapeada, classificou-se um tema ou uma classe com cores. O classificador aplicado foi o MAXVER, que classifica a imagem por pixel, classificando-os isoladamente e mapeando-os para uma classe baseada no seu valor. É o método de classificação mais comum, considerando a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes, utilizando para isto uma base estatística relativamente complexa. O método de MAXVER utiliza parâmetros estatísticos

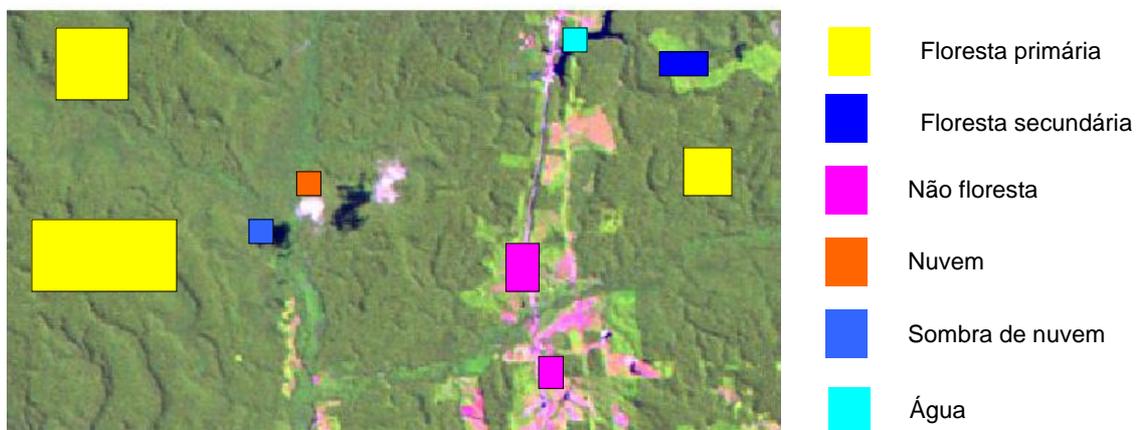
inferidos das amostras de treinamento, como critério de decisão sobre a que classe o pixel pertence.

Etapas da Classificação:

a) Foi informado, inicialmente, o conjunto de classes as quais os pontos da imagem foram mapeados (Treinamento), gerando um arquivo de contexto (bandas + tipo de classificador). Foram identificados os conjuntos de amostras para cada uma das classes. Tais amostras foram usadas para determinar os parâmetros estatísticos num processo sobre a que classe um pixel pertence. Nesta etapa chamada de **Treinamento**, foi adquirido um conjunto de pixels, através do cursor na área objeto, que assumia formas retangulares ou quadráticas de diferentes tamanhos, (Figura 29). Neste processo todas as amostras foram analisadas para uma verificação da qualidade das amostras coletadas.

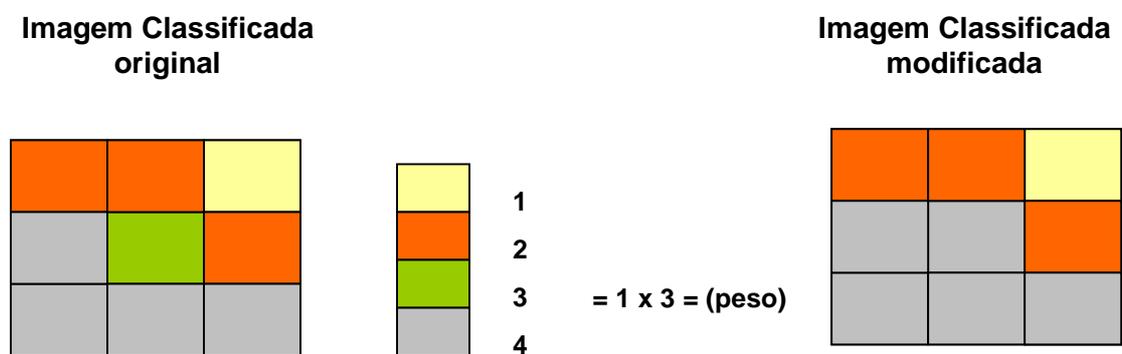
Neste método os conjuntos de treinamento (determinados pelo classificador) definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição de probabilidade Gaussiana para cada conjunto de treinamento.

Crósta (1992) cita "para que a classificação por Máxima Verossimilhança seja precisa o suficiente, é necessário um número razoavelmente elevado de pixels para cada conjunto de treinamento, número esse preferencialmente acima de uma centena".



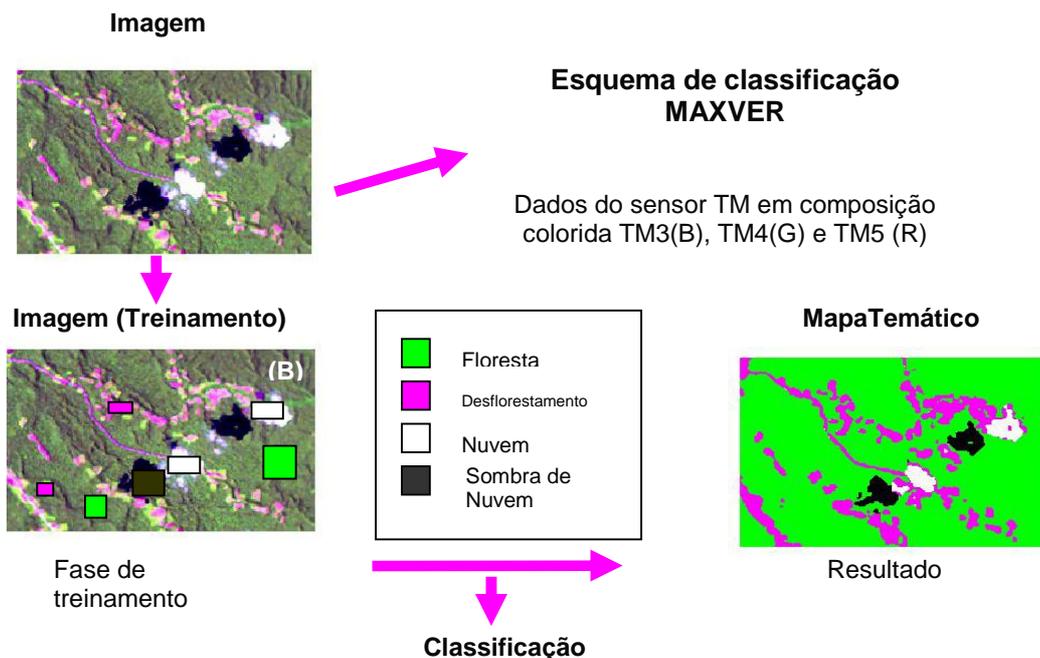
**Figura 27.** Amostras de treinamento.

- b) Execução da **classificação** pelo método MAXVER, sobre as bandas escolhidas, gerando como resultado uma imagem classificada;
- c) Extração dos pixels isolados, onde foi utilizada a função de **pós-classificação**, que é o refinamento, onde foi definido um peso e um limiar, e cada pixel é comparado com os seus vizinhos (3 peso x 3 limiar), (Figura 28), substituindo o pixel pela classe de maior frequência nessa vizinhança.



**Figura 28.** Aplicação de pós-classificação para o refinamento do método MAXVER na classificação supervisionada. FONTE: Tutorial SPRING (2003).

- d) **Mapeamento** para o modelo temático, transformação da imagem classificada para um mapa temático raster (Figura29), onde é mostrada a seqüência de classificação.



**Figura 29.** Etapas da classificação Supervisionada de uma raster para mapa temático. Fonte: Rayol, 2007.

### 5. 3.4. Fusão das imagens

O processo de fusão de imagens teve como objetivo proporcionar uma melhor apresentação em termos de visualização do dado, associando-se uma imagem colorida (menor resolução espacial) com uma imagem pancromática (maior resolução espacial) cujo resultado final é uma imagem colorida com melhor resolução espacial, adquirida da imagem pancromática.

As técnicas de fusão de dados provenientes de fontes diferentes (multifontes) foram utilizadas com intuito de gerar um produto final de boa qualidade visual, para as análises quantitativas e qualitativas e para os procedimentos de interpretação visual, visando a reambulação da base cartográfica digital da área de estudo.

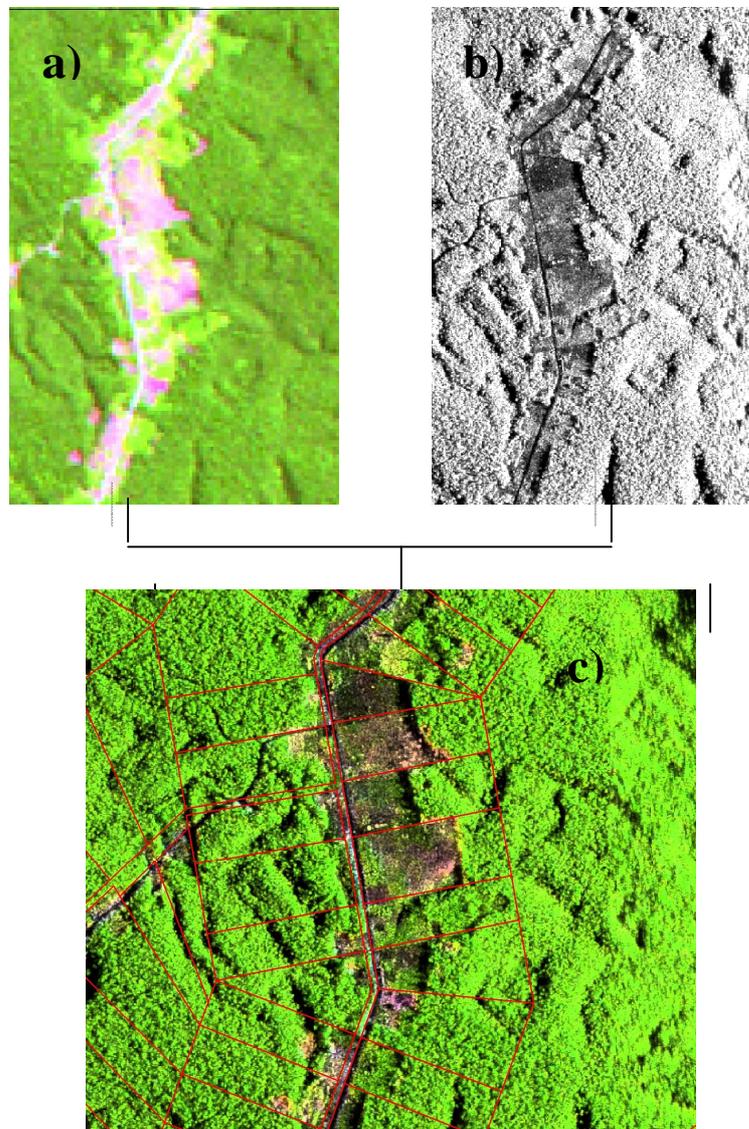
A composição de imagens multifonte abordada neste trabalho é baseada em alguns métodos já existentes na literatura, como produtos derivados da clássica transformação IHS.

O método é baseado em parâmetros de percepção de cor pelo ser humano definido em termos de intensidade (brilho de uma cor), matiz (cor dominante: vermelho, verde, azul, etc) e saturação (pureza da cor). Cores vivas possuem alta saturação, cores pálidas baixa saturação.

Fundamentalmente, a transformação IHS permite a separação da informação espacial como componente intensidade da informação espectral contida nas componentes saturação e matiz de uma imagem colorida. No caso de fusão de imagem, determina-se I,H,S a partir de três bandas TM, aplica-se um aumento de contraste nas componentes H e S e substitui-se I pela banda pancromática. Efetua-se então a transformação IHS para RGB. A fim de assegurar a precisa combinação entre o sistema TM Landsat e o SAR pancromático são co-registradas usando a imagem de maior resolução como referência. A imagem TM Landsat é reamostrada para a mesma resolução do pixel da imagem pancromática (6 metros). A reamostragem é realizada pelo método da convolução cúbica, haja vista a alteração de resolução espacial.

Assume-se que a componente I (intensidade) é equivalente a imagem pancromática (SAR), e a informação espectral estará contida nas componentes H (matiz) e S (saturação). A imagem resultante dita híbrida, mantém a resolução espacial na imagem pancromática e a resolução espectral das bandas Landsat envolvidas.

Esta técnica melhora a resolução espacial das imagens sem deteriorar a resolução espectral. A integração de dados de radar (imagens SAR-*Synthetic Aperture Radar*) com dados de sensores passivos, foi feita com a utilização do software ENVI 4.4.



**Figura 30.** a) Imagem Landsat 5 TM bandas 543; b) Imagem SAR/SIPAM; c) Fusão Imagem x Radar com planta vetorial cadastral do PA Tarumã-Mirim.

#### **5.4. Estruturação da Base cartográfica digital**

Esta etapa teve início com a digitalização das cartas topográficas produzidas pela Divisão de Serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro, folhas SA.20-Z-B-VI-4 (MI-517/4) - FAZENDA AMAZONAS e SA.20-Z-D-III-2 (MI-578/2) - MANAUS, na escala 1:50.000, por ser a base oficial mais atualizada disponível. Também foram utilizadas como subsídio à vetorização o mapa cadastral do PA Tarumã-Mirim e o memorial descritivo de criação da APA para reconstituição fiel da geometria poligonal da unidade.

Na vetorização dos limites da Unidade, a partir do memorial descritivo de criação, foi identificado que a área do polígono gerado através do SIG, é inferior em 228,35ha em relação a área publicada em decreto.

A vetorização foi realizada com a utilização das ferramentas de edição do software ArcGis 9.3, e foram extraídos basicamente os seguintes planos de informações: curvas de nível, rede hidrográfica, vias de circulação e comunidades. Para validação e adensamento dos dados compilados foram utilizados: imagens de alta resolução QuickBird, ano 2008 (parcelas que recobrem parcialmente a APA), as imagens geradas a partir da fusão das imagens TM Landsat 5 com SAR/SIPAM, bem como o Modelo de Elevação Digital do Projeto TOPODATA.

A estruturação da base cartográfica foi trabalhada com os aplicativos de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG). Foram utilizados os softwares ArcGis 9.3 e ENVI 4.4 para: criação do Banco de Dados Geográfico, interpretação visual das imagens, cruzamento e análise geográfica dos dados, elaboração de planilhas e gráficos e geoprocessamento das imagens).

##### **5.4.1. Modelo Digital de Elevação – MDE**

Na forma trivial, modelos digitais de elevação (MDE) são arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, como uma imagem

com um valor de elevação em cada pixel. Os registros altimétricos devem ser valores de altitude do relevo, idealmente, para que o MDE seja uma representação da topografia.

Os dados SRTM, na forma em que foram disponibilizados para nosso continente, apresentam resolução horizontal (i.e., resolução espacial) de 3 arco-segundos (~90m) e resolução vertical de 1m. Toda a aquisição dos dados SRTM foi planejada a suprir mapeamentos em escalas entre 1:100.000 e 1:250.000.

Este trabalho utilizou os produtos gerados no Projeto TOPODATA - Guia para Utilização de Dados Geomorfométricos Locais, que oferece livre acesso a variáveis geomorfométricas locais derivadas de dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) para todo o território nacional. Estes dados foram refinados da resolução espacial original de 3 arco-segundos (~90m) para 1 arco-segundo (~30m) por krigagem. Em seguida, foram aplicados algoritmos de análise geomorfométrica sobre os dados refinados para o cálculo das variáveis declividades, orientação de vertentes, curvatura horizontal e curvatura vertical. Além dessas variáveis, uma derivação de segundo grau foi aplicada para evidenciação de divisores de água, cujos resultados foram combinados à orientação de vertentes para favorecer a interpretação das feições de drenagem e caracterização de sua estrutura (Valeriano, 2008).

#### **5.4.2. Adensamento da hidrografia com uso de SRTM**

Durante a etapa de coleta dos dados analógicos e digitais pré-existentes, foi evidenciado que os arquivos disponíveis da área em estudo não contemplavam uma malha hidrográfica no nível que foi constatado nos trabalhos de campo. Nesse contexto utilizou-se do modelo numérico de terreno (MDE), gerado a partir das imagens de radar interferométrico (SRTM), juntamente com a extensão de hidrologia (Hydrology Modeling) da família ArcGis, para delimitação e adensamento das bacias hidrográficas.

Esta extensão de modelagem hidrológica disponível nos objetos do Spatial Analyst do software ArcGis 9.3, permite a criação de mapas de direção de fluxo, fluxo acumulado, preenchimento de VLQNV (depressões e áreas planas), geração de bacias hidrográficas com base em MDE e redes de fluxo (drenagens) vetoriais automáticas. A geração da nova rede hidrográfica compreendeu três etapas:

a) Preenchimento de Sinks (Fill Sinks)

Um sink é uma área rodeada por elevações com valores de cotas superiores que pode ser associada a uma depressão. A maioria dos sinks pode ser considerada como sendo imperfeições no MNT. É importante para a maioria dos casos que o técnico entenda bem a morfologia da área para saber identificar entre o que realmente são sinks ou dados errados (Roskilde University, 2004, apud Dias, et al., 2005).

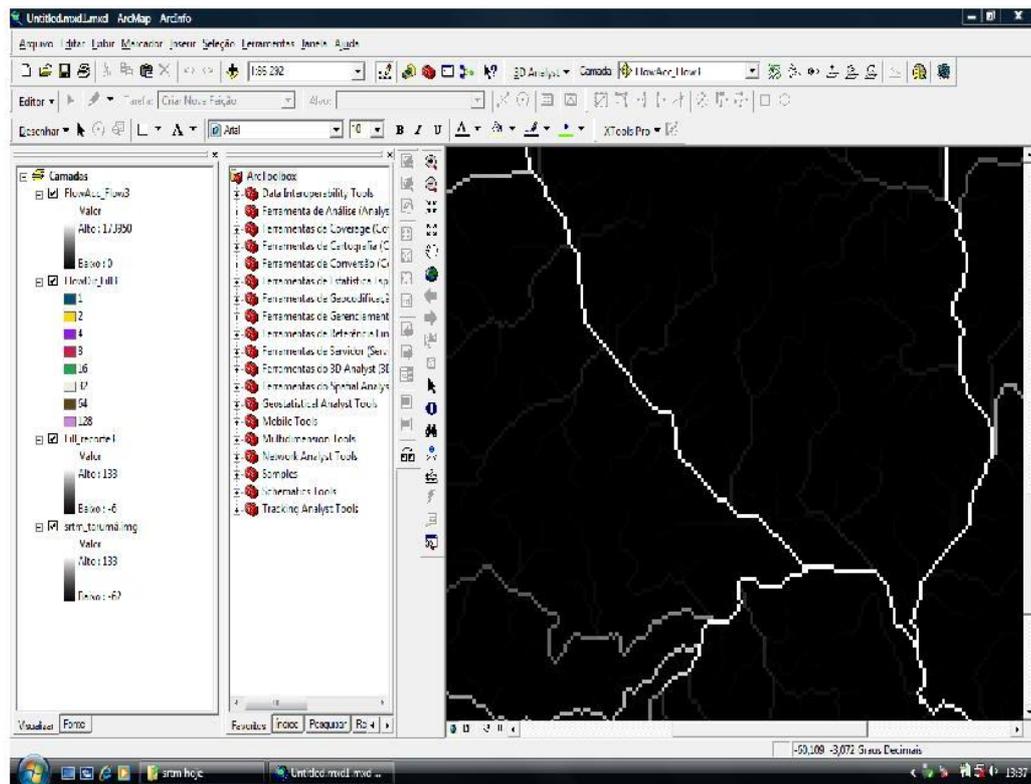
Estas depressões ou sinks são consideradas impedimentos ao escoamento quando da aplicação de modelos chuva-vazão, modelos sedimentológicos e de poluentes de origem difusa (Mendes e Cirilo, 2001).

b) Direção de fluxo (Flow Direction)

Permite definir as direções de fluxo de água, ou seja, quando há um evento de chuva, a água que cai em cada pixel irá escoar para uma determinada direção, esta será a direção da linha de maior declividade do terreno (Figura 31). Este arquivo deve ser gerado a partir da imagem de radar devidamente preenchida (fill sinks) (Mendes e Cirilo, 2001).

b) Direção de fluxo acumulado (Flow Accumulation Direction)

Os dados relativos a fluxo acumulado, sob o ponto de vista da hidrologia, significam uma integração entre o fluxo superficial e subsuperficial da água a montante de um determinado ponto no terreno. A partir da direção de fluxo, o fluxo acumulado é obtido somando-se a área das células (quantidade de células) na direção do fluxo (ou escoamento) (Mendes e Cirilo, 2001).



**Figura 31.** Geração do mapa de fluxo acumulado no ambiente ArcGis

### b) Geração da Bacia Hidrográfica (Watershade)

Após a geração dos mapas de direção de fluxo e fluxo acumulado, pode-se então processar estes dados e se obter a delimitação das bacias hidrográficas que cobrem a área do MDE. O tamanho (área) das bacias a serem geradas é função da quantidade de células que deverão ser processadas.

Como cada célula do MDE obtido das imagens de radar possui pixel de 90 metros, a área de cada pixel equivale a 8.100 m<sup>2</sup>. Se for definido um valor de 500 células, serão processadas bacias de até 4.050.000 m<sup>2</sup>, (Dias, et al., 2005 ).

## 5.5. Banco de dados Geográficos

As análises no ambiente SIG dependem da construção de um Banco de Dados para armazenamento e recuperação de informações, o qual pode também ser aproveitado para gerar outras formas de análises de dados e facilitar a tomada de decisões. O termo “Banco de Dados” significa um conjunto de dados organizados de modo a atender uma determinada

finalidade. Os Sistemas de Banco de Dados (SBD) surgiram no início dos anos 60 e desde então têm sido submetidos a profundas mudanças em seus conceitos e tecnologias.

Os SBD's com a finalidade de proporcionarem um ambiente conveniente e eficiente para armazenamento e recuperação de dados, evoluíram para os atuais Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD), compondo um conjunto de softwares que gerencia a estrutura de dados e controla o acesso aos dados armazenados.

Na base do desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas, que trabalham com objetos e condições do mundo real (coletivamente denominados dados geográficos), está a tecnologia SGBD, portanto, tal tecnologia teve que incorporar o tratamento de tais dados originando os Bancos de Dados Geográficos.

Os níveis de informação que compõem o banco de dados da APA foram construídos a partir das plantas em CAD, disponibilizadas pelo INCRA. Foi necessário fazer o georreferenciamento da planta cadastral do projeto de assentamento Tarumã-Mirim, visto a existência de inúmeras informações que propiciaram o adensamento das informações analisadas neste trabalho.

Converteu-se as plantas do formato gráfico "dwg", do software AutoCad para o formato "shapefile" do software ArcGis 9.3 através do próprio ArcGis 9.3. As geometrias das feições foram trabalhadas no próprio software ArcGis 9.3, que possibilitou a montagem da estrutura topológica básica com vários níveis de informação.

## **5.6. Materiais utilizados**

Para realização do presente trabalho foi necessário a utilização dos seguinte materiais:

### 1. Cartas topográficas na escala 1:50.000 (DSG)

- Folha SA.20-Z-B-VI-4 (MI-517/4) - FAZENDA AMAZONAS;
- Folha SA.20-Z-D-III-2 (MI-578/2) – FOLHA MANAUS

## 2. Materiais computacionais (softwares)

- ENVI 4.4 : processamento e classificação de imagens de satélite;
- GLOBAL MAPPER 6 : transformações de projeção;
- ArcGis 9.3 : Vetorização, poligonização, geração de lay-outs e estruturação do banco de dados;
- GPS TRACKMAKER (Free): Captura de Dados de GPS como: pontos, rotas e trilhas;
- AutoCad 2009 : visualização e poligonização de dados CAD;

## 3. Dados de sensoriamento remoto

- Imagens de Satélite Landsat 5 sensor TM, cenas 231/062 com 7 bandas;
- Imagens do radar Shuttle Radar Topography Mission – SRTM, missão espacial NASA - (National Aeronautics and Space Administration);
- Imagem Quickbird, ano de imageamento 2008, resolução de 60 centímetros, fornecida pela Secretaria do Estado de Política Fundiaria – SPF;
- Dados vetoriais em formato DWG, contidos no Projeto de assentamento Tarumã- Mirim, transformados para formato shapefile (vicinais, lotes, reservas florestais e hidrografia);

## 4. Equipamentos complementares

- Notebook e microcomputador PC com alguns periféricos (impressoras e scanner);
- Aparelho receptor de GPS (Global Positioning System) 12 canais, Garmim;

## **CAPÍTULO VI - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

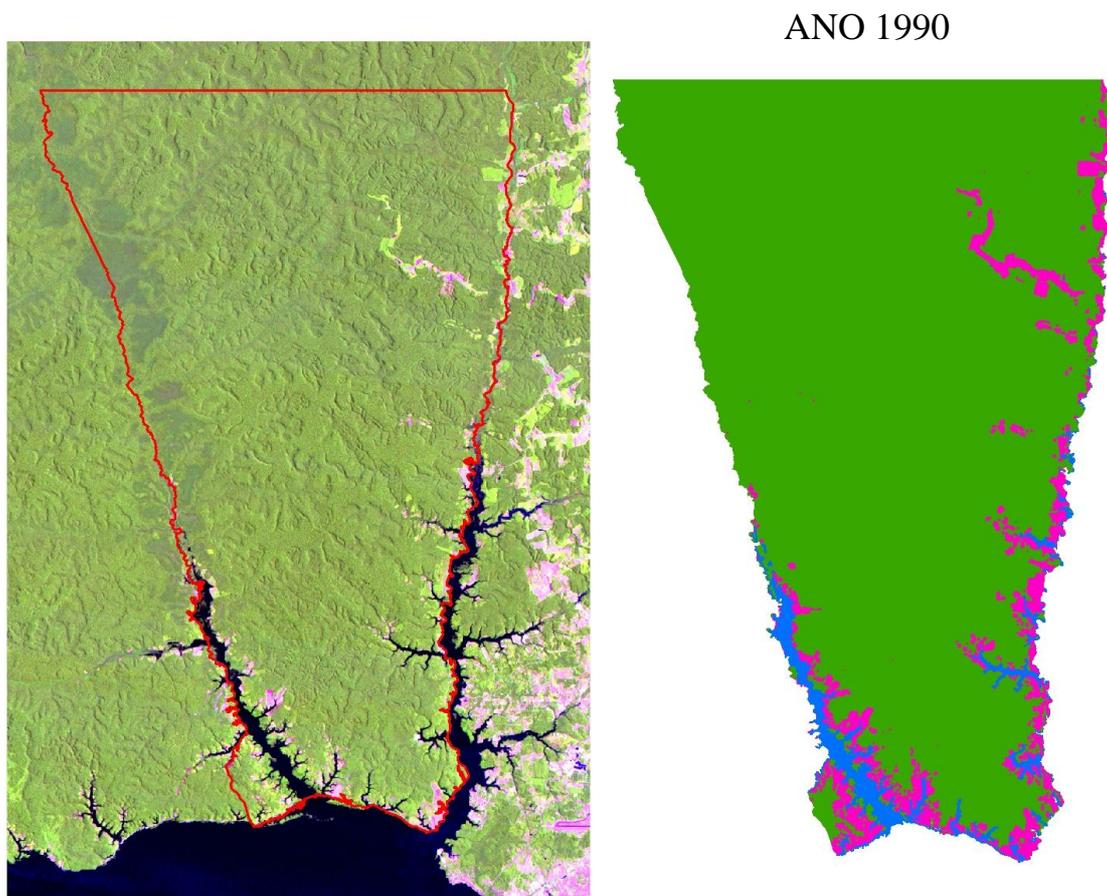
Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos nesta pesquisa, com ênfase inicial para a abordagem das técnicas de sensoriamento remoto utilizadas na preparação das imagens TM Landsat 5, operação base para extração dos indicadores que subsidiaram as análises e a geração dos resultados.

Os resultados serão apresentados seguindo a ordem em que foram gerados, procurando cumprir os procedimentos metodológicos apresentados. Inicialmente serão apresentados os resultados dos procedimentos de pré-processamento até as técnicas aplicadas sobre a fusão das bandas espectrais das imagens objetivando obtenção de um produto mais adequado a interpretação visual. Prossegue com as demais etapas para extração dos indicadores necessários à atualização da base cartográfica digital, passando pela análise da dinâmica do desmatamento tendo como cenário os anos de 1990,1997,2001,2005 e 2009 até a construção do Banco de Dados Geográfico e geração do mapa imagem atualizado da área.

As composições coloridas (falsa cor) 5R4G3B (banda 5 no vermelho; banda 4 no verde e banda 3 no azul), revelaram resultados satisfatórios no processo de interpretação visual. As modificações na forma do histograma, permitiram a ampliação do contraste da imagem fazendo com que vegetação apresentasse realce significativo (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). O magenta, resultado da resposta refletida pelo solo arenoso em porcentagem maior nas bandas 3 e 5 (azul + vermelho = magenta), identificou as áreas com solo exposto, ou com reduzida cobertura vegetal. O azul tem relação direta com a água e a relativa proporção de sedimentos em suspensão nela contidos. Todos os resultados obtidos com as técnicas de realce foram satisfatórios e fundamentais para o nível de acurácia no processo de classificação.

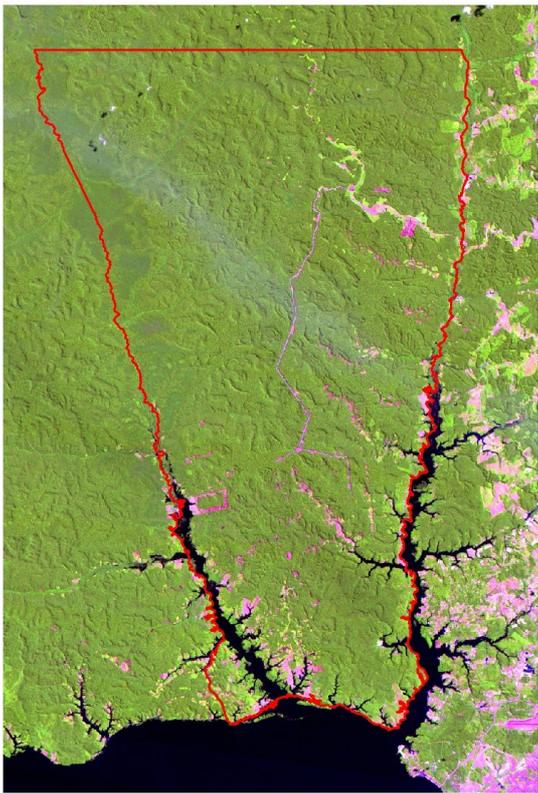
O processo de classificação envolveu varias etapas de ajuste e calibração das informações geradas pelo computador, sendo de extrema importância nessa fase, os trabalhos realizados em campo (auxiliados por um GPS), para checar a precisão dos dados com a coleta de posições georreferenciadas que foram utilizadas também na individualização das classes pré-estabelecidas. As imagens classificadas foram recortadas no limite da Unidade Conservação, já retificada, conforme descrito na metodologia passando a ser adotado nos cálculos a área total da unidade de 56.564,65ha.

Na seqüência de imagens a seguir serão apresentados os resultados da classificação supervisionada com as respectivas imagens originais. As imagens originais foram recortadas no entorno da área de estudo visando eliminar os efeitos de borda na classificação e o resultado desta no limite da unidade, permitindo o cálculo das geometrias adquiridas.



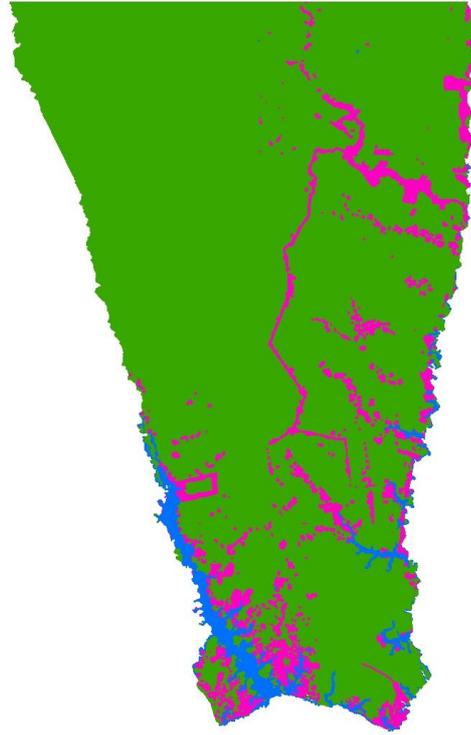
**Figura 32.** 1) Imagem Landsat 5 TM bandas 543, ano 1990;

2) Imagem classificada.

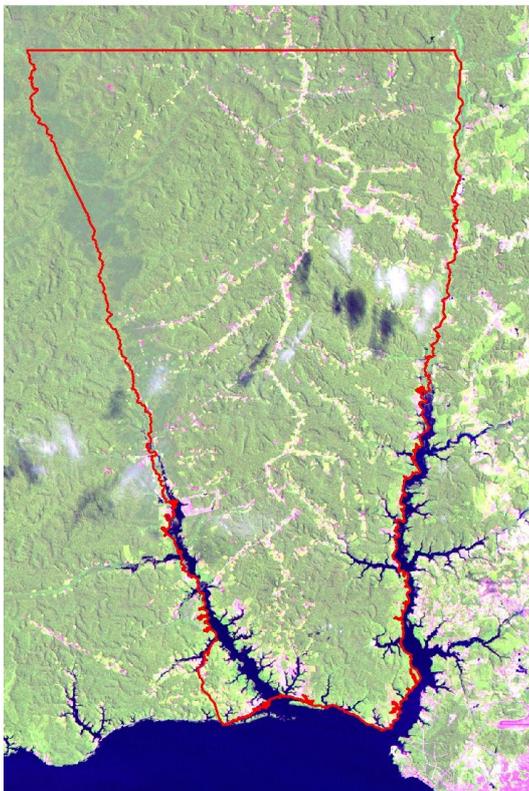


**Figura 33.** 1) Imagem Landsat 5 TM bandas 543, ano 1997;

ANO 1997

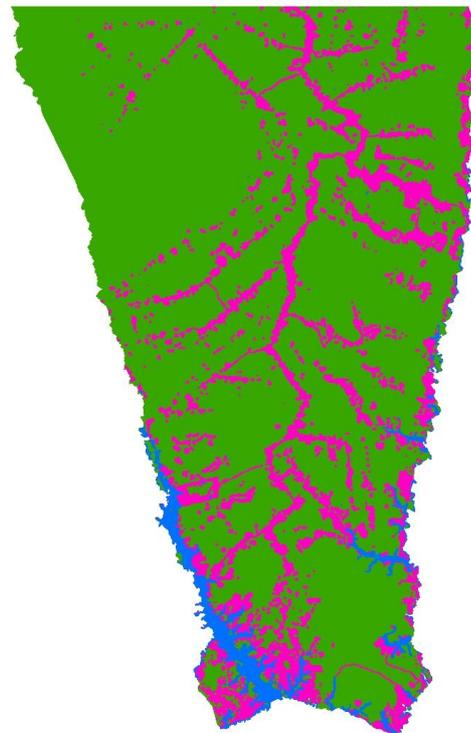


2) Imagem classificada.

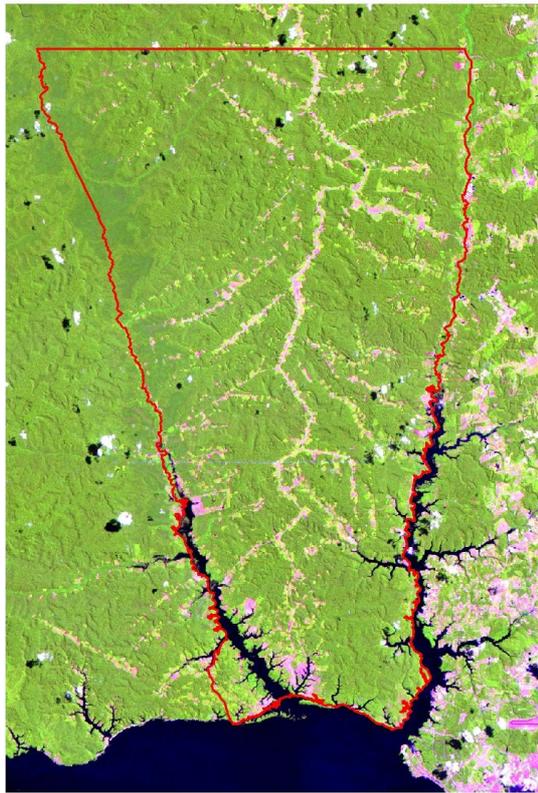


**Figura 34.** 1) Imagem Landsat 5 TM bandas 543, ano 2001;

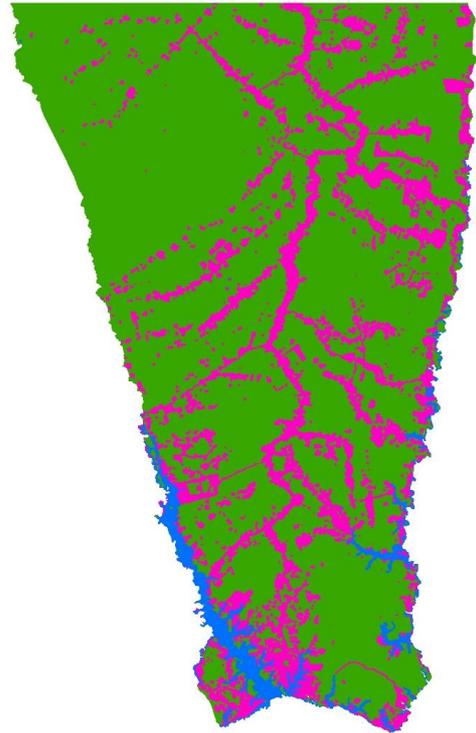
ANO 2001



2) Imagem classificada.

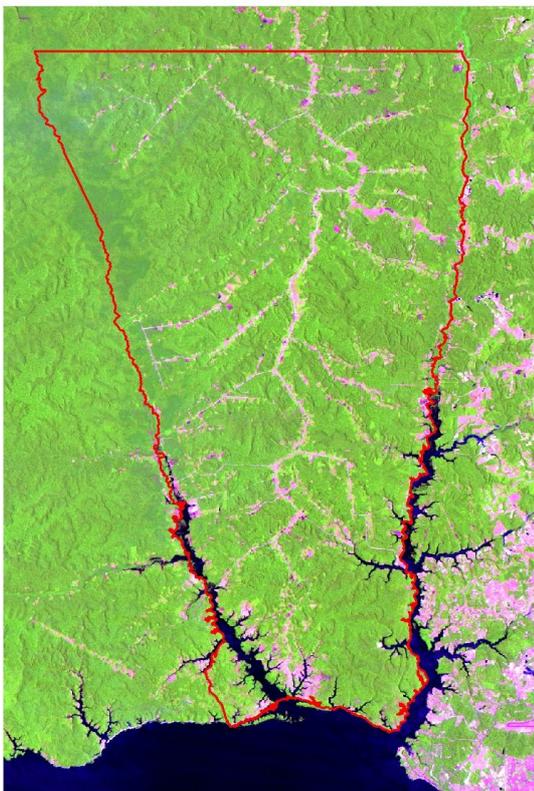


ANO 2005

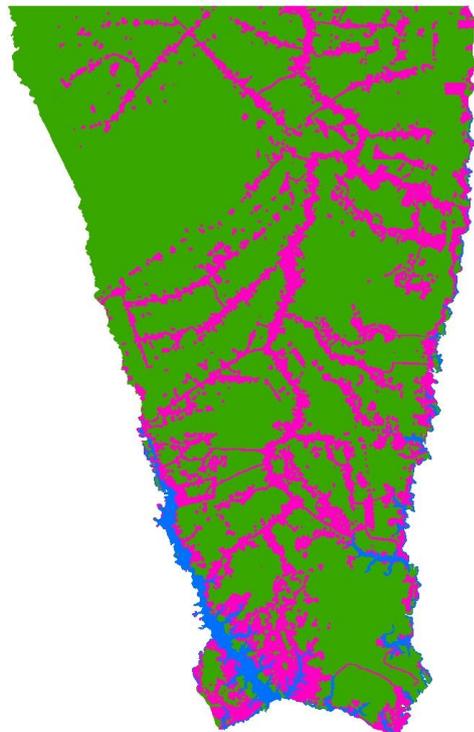


**Figura 35.** 1)Imagem Landsat 5 TM bandas 543, ano 2005;

2) Imagem classificada.



ANO 2009

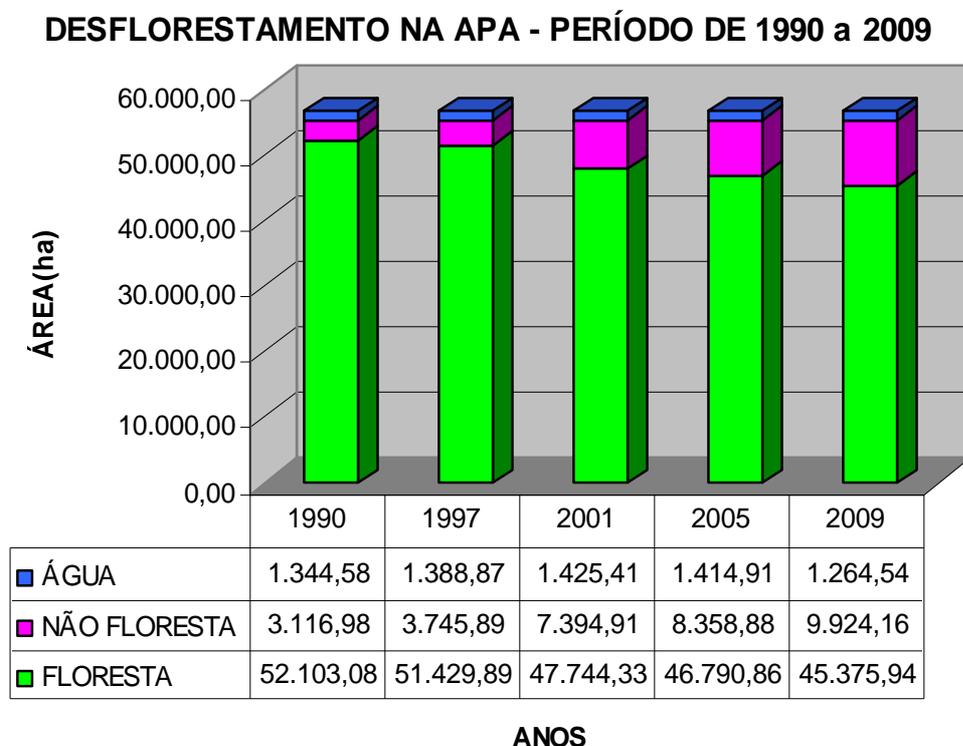


**Figura 36.** 1)Imagem Landsat 5 TM bandas 543, ano 2005;

2) Imagem classificada.

Os atributos oriundos das imagens classificadas foram exportados para uma planilha do Microsoft Excel, onde foram organizados em tabelas, para geração dos gráficos que viabilizaram o entendimento sobre a evolução do uso do solo na APA.

As análises dos dados revelaram uma intensificação do desflorestamento na área de estudo entre os cenários de 1990 e 2009. Conforme dados obtidos na classificação, a APA já apresentava taxa de antropização de 5,51% em 1990, que se intensificaram ao longo dos anos até 2009 quando já registra uma perda de 12,91% de sua cobertura vegetal, equivalente a 6.727,14ha (Gráfico1).



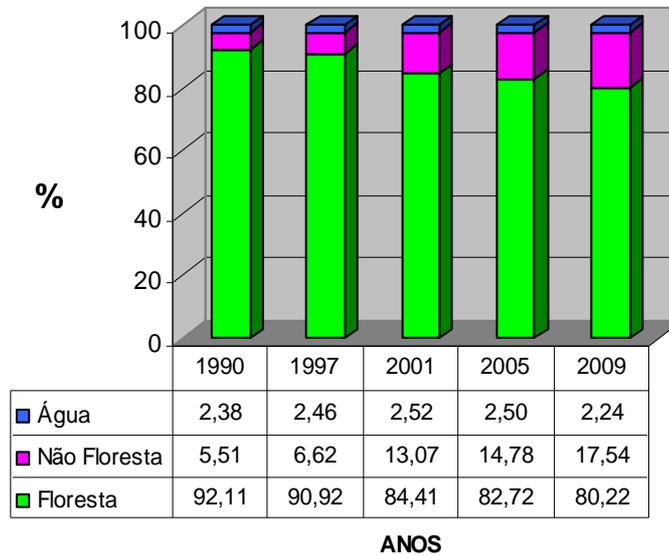
**Gráfico 1.** Resultado da classificação em hectares para os anos de 1990 a 2009.

O gráfico acima demonstra que o período compreendido entre os anos de 1997 a 2001 foi o que apresentou o maior incremento de desflorestamento em relação aos anos anteriores, 3.649,02ha, equivalente a 49,35% de aumento no período de quatro anos.

Para melhor entendimento dos números absolutos apresentados os dados foram espacializados em gráfico com percentuais de incremento do desmatamento nos respectivos períodos. As taxas tomadas como base para o ano de 1990, nas três classes (floresta, não

floresta e água), referem-se ao percentual dos indicadores obtidos na classificação em relação a área total da APA.

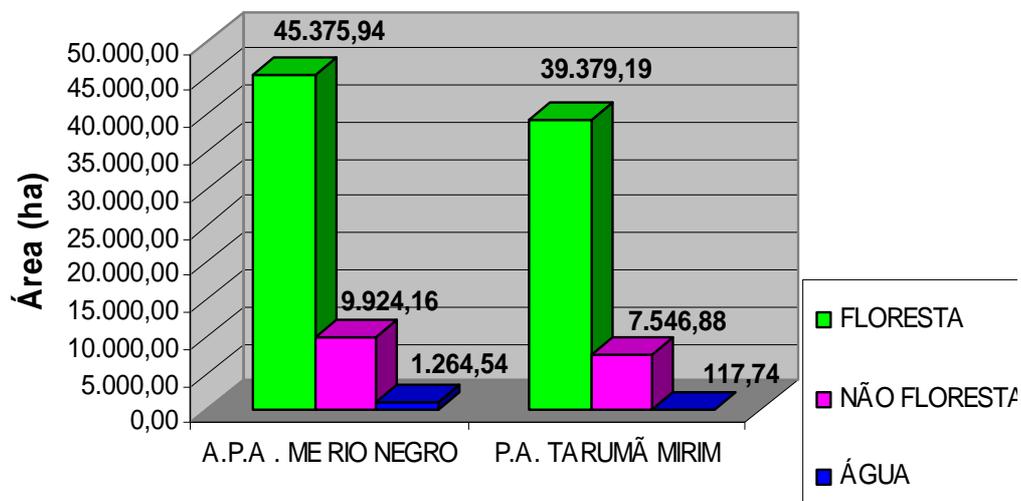
### TAXA DE DESFLORESTAMENTO NA APA PERÍODO DE 1990 a 2009



**Gráfico 2.** Resultado da classificação em percentuais para os anos de 1990 a 2009.

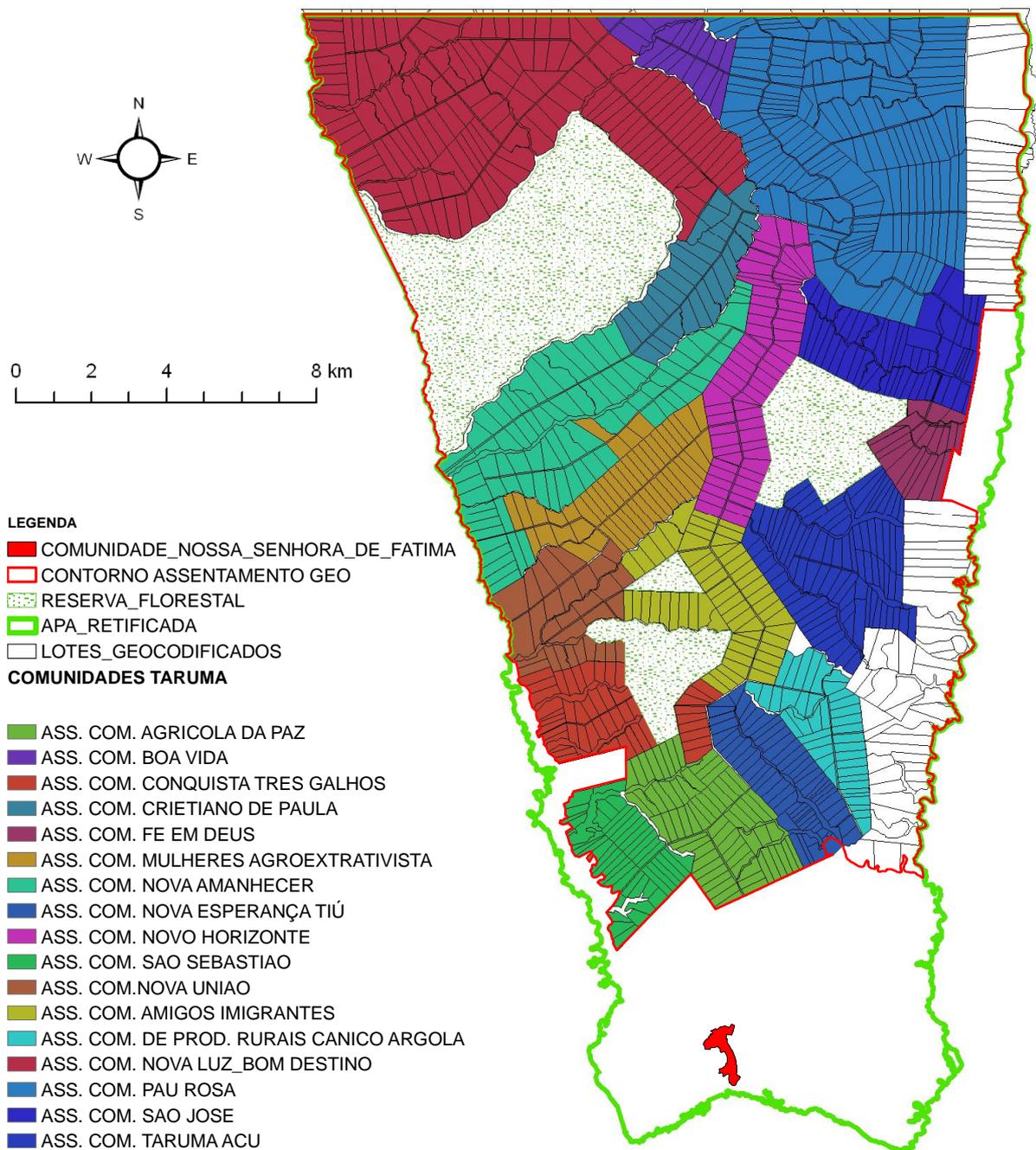
Foi identificado que o Projeto de Assentamento Tarumã-Mirim ocupa 83% da área da APA e é responsável por 78% de todo o desflorestamento ocorrido na Unidade de Conservação até o ano de 2009 (Gráfico 3).

### DESFLORESTAMENTO DO P.A. TARUMÃ MIRIM EM RELAÇÃO A APA EM 2009

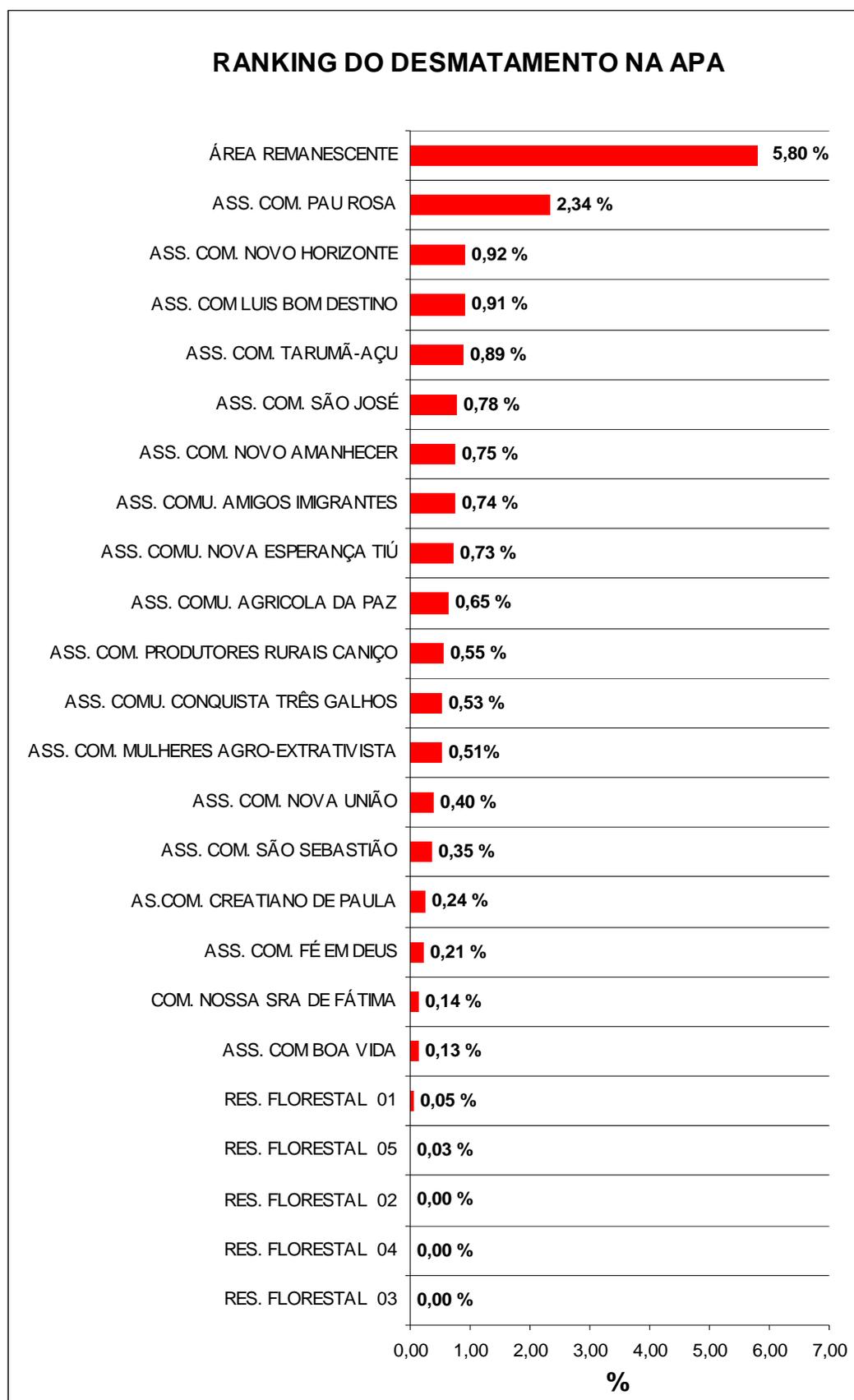


**Gráfico 3.** Desflorestamento no PA Tarumã-Mirim para os anos de 1990 a 2009.

Como parte integrante da construção da base cartográfica digital da APA, foram mapeadas todas as comunidades existentes no interior do Projeto de Assentamento (total de 17), bem como a Comunidade Nossa Senhora de Fátima, porta de entrada via fluvial na Unidade (Figura 37). Os resultados deste mapeamento possibilitou a geração do ranking do desmatamento na APA Margem Esquerda do Rio Negro (Gráfico 4).



**Figura 37.** Comunidades existentes na APA Margem Esquerda do Rio Negro.



**Gráfico 4.** Ranking percentual do desmatamento na APA Margem Esquerda do Rio Negro.

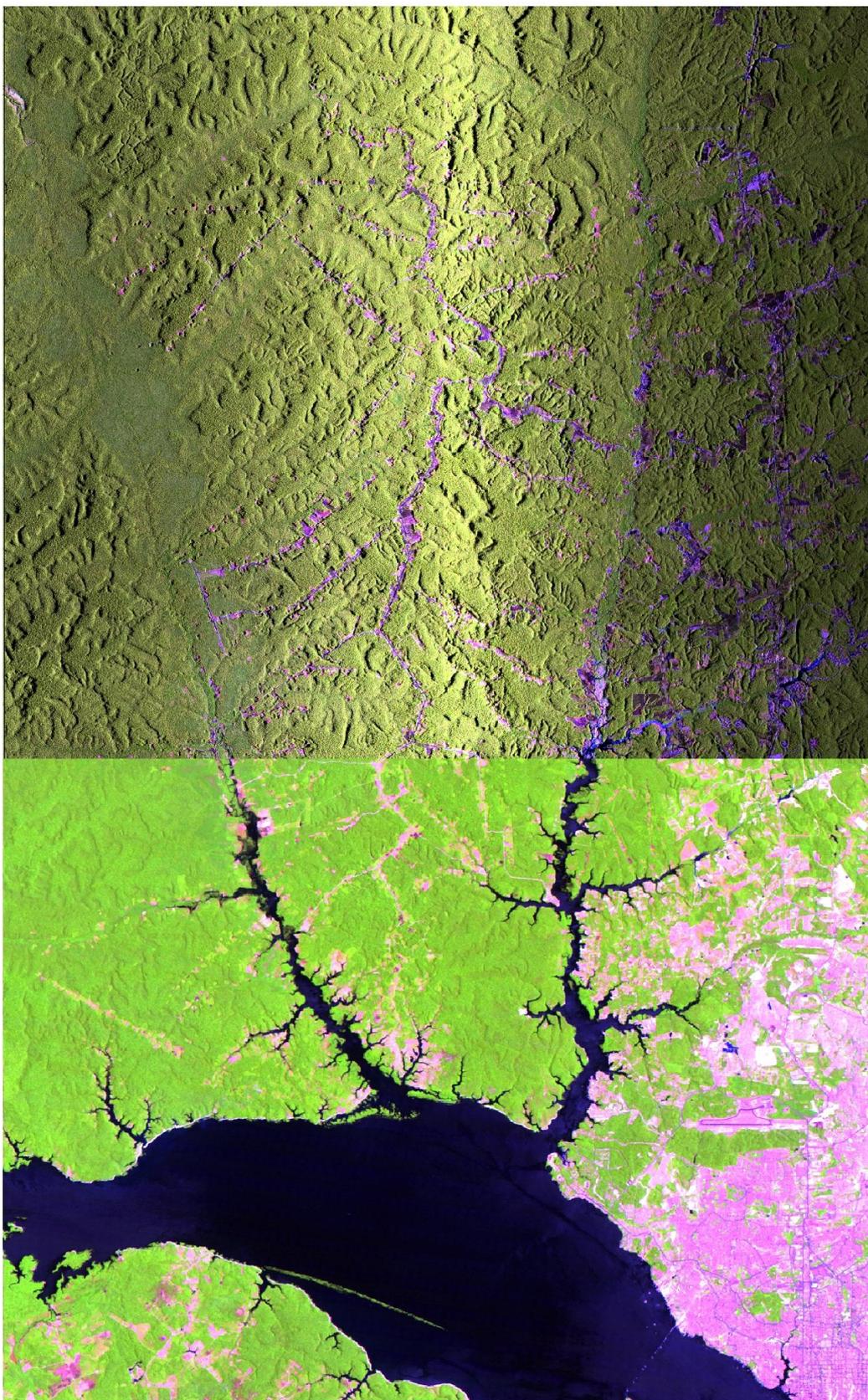
COMUNIDADE	Floresta	Não Floresta	Água	Área Total
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA LUIS BOM DESTINO	5.976,89	516,45		6.493,34
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA BOA VIDA	640,25	73,07		713,32
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA CREATIANO DE PAULA	1.081,34	133,65		1.214,99
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA SÃO JOSÉ	1.213,48	442,60		1.656,08
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA PAU ROSA	4.743,33	1.322,65	0,54	6.066,52
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA NOVO AMANHECER	2.928,35	422,68	0,09	3.351,12
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA NOVO HORIZONTE	1.341,59	519,65		1.861,24
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA MULHERES AGRO-EXTRATIVISTA	1.352,78	291,06		1.643,84
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA FÉ EM DEUS	416,79	118,11		534,90
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA TARUMÃ-AÇU	1.733,90	501,63		2.235,53
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA AMIGOS IMIGRANTES	1.264,05	418,12		1.682,17
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA NOVA UNIÃO	1.106,97	223,67		1.330,64
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA CONQUISTA TRÊS GALHOS	1.027,81	298,54		1.326,35
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA SÃO SEBASTIÃO	852,23	200,22	0,56	1.052,45
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA AGRICOLA DA PAZ	1.304,06	367,56		1.671,62
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA NOVA ESPERANÇA TIÚ	830,59	414,18	2,78	1.244,77
ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA PRODUTORES RURAIS CANIÇO	710,18	312,53		1.022,71
COMUNIDADE NOSSA SENHORA DE FÁTIMA		80,29	6,74	87,03
RESERVA FLORESTAL 01	4.676,20	27,38		4.703,58
RESERVA FLORESTAL 02	1.360,52	0,08		1.360,60
RESERVA FLORESTAL 03	645,16			645,16
RESERVA FLORESTAL 04	44,74			44,74
RESERVA FLORESTAL 05	142,51	15,08		157,59
ÁREA REMANESCENTE	14.464,36	3.282,96	1260,57	14.464,36

**Tabela 3.** Ranking absoluto do desmatamento na APA Margem Esquerda do Rio Negro

Após essa etapa foi feita a fusão da imagem TM Landsat 5 com a SAR, melhorando substancialmente a resolução espacial da imagem, que permitiu a digitalização e reambulação da base cartográfica existente.

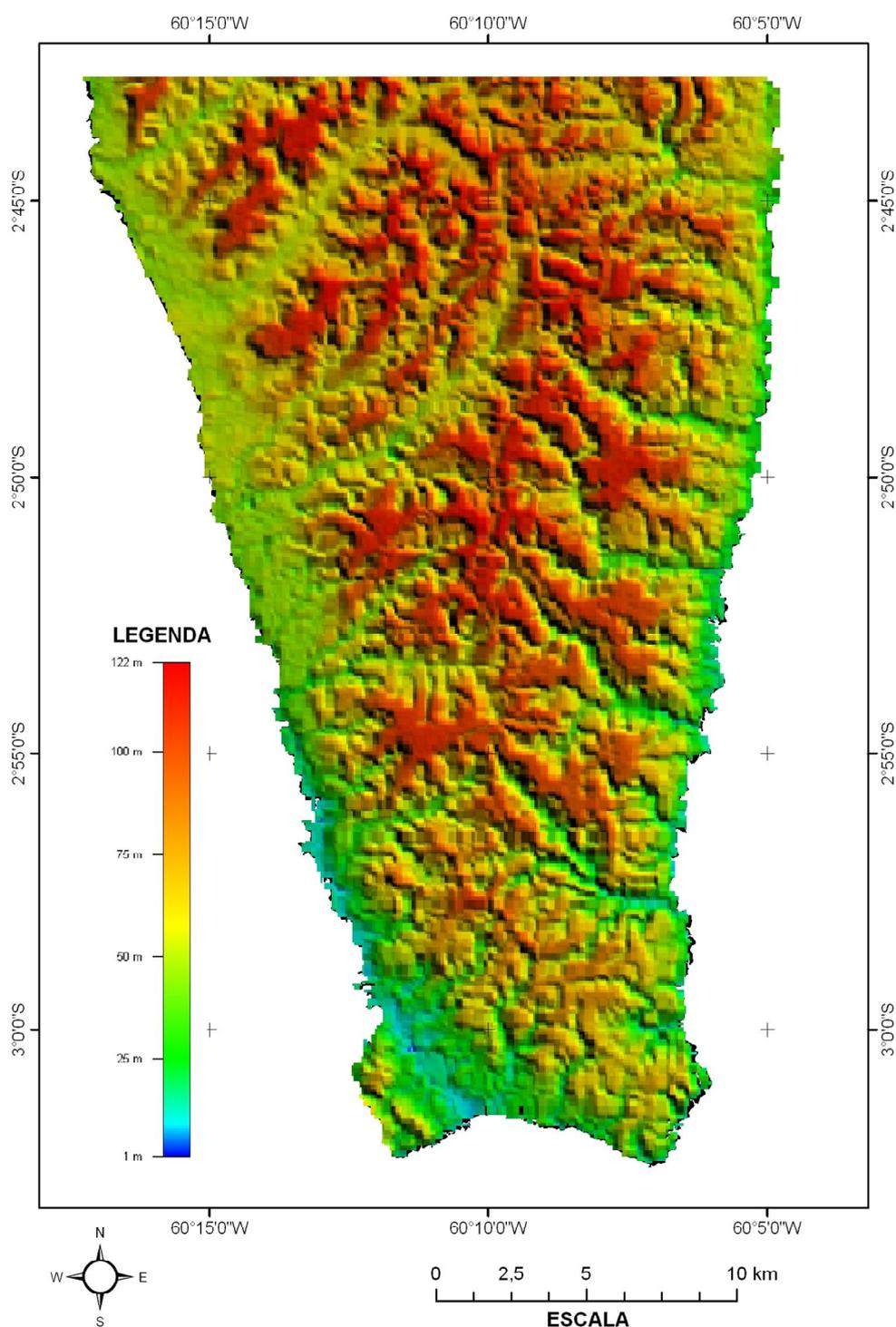
A imagem TM Landsat 5 foi reamostrada para a mesma resolução do pixel da imagem de Radar (6 metros). A imagem resultante, dita híbrida, manteve a resolução espacial da imagem pancromática e a resolução espectral das bandas Landsat 5 envolvidas.

Esta técnica melhorou a resolução espacial das imagens sem deteriorar a resolução espectral. A integração de dados de radar (imagens SAR-*Synthetic Aperture Radar*) com dados de sensores passivos, foi feita com a utilização do software ENVI 4.4 e o resultado obtido foi uma imagem híbrida (Figura 38). Esta resolução permitiu a digitalização das feições geométricas que compõem a Unidade de Conservação.



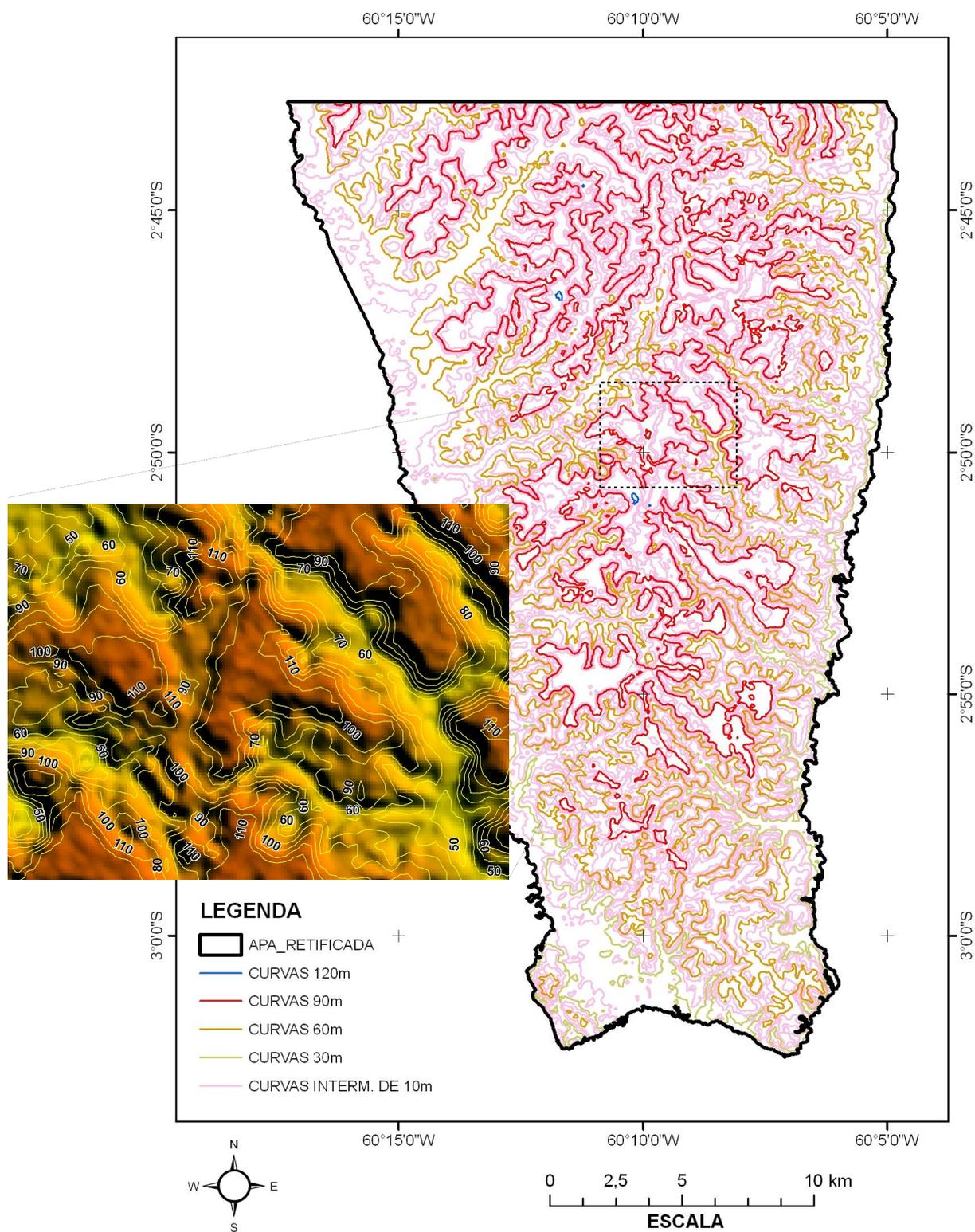
**Figura 38.** a) Embaixo Imagem Landsat 5 TM bandas 543; b) Acima Fusão Imagem x Radar com geração da imagem híbrida.

Foi elaborado no primeiro momento o mapa altimétrico da área de estudo, onde se identificou que as cotas da área variam de 0 a 122m em relação ao nível do rio. A Figura 39 mostra a altimetria da área em estudo onde foi utilizado a paleta de relevo sombreado (paleta *Atlas Shader*) do software *Global Mapper*, para melhor visualização.



**Figura 39.** Mapa de altimetria da área em estudo.

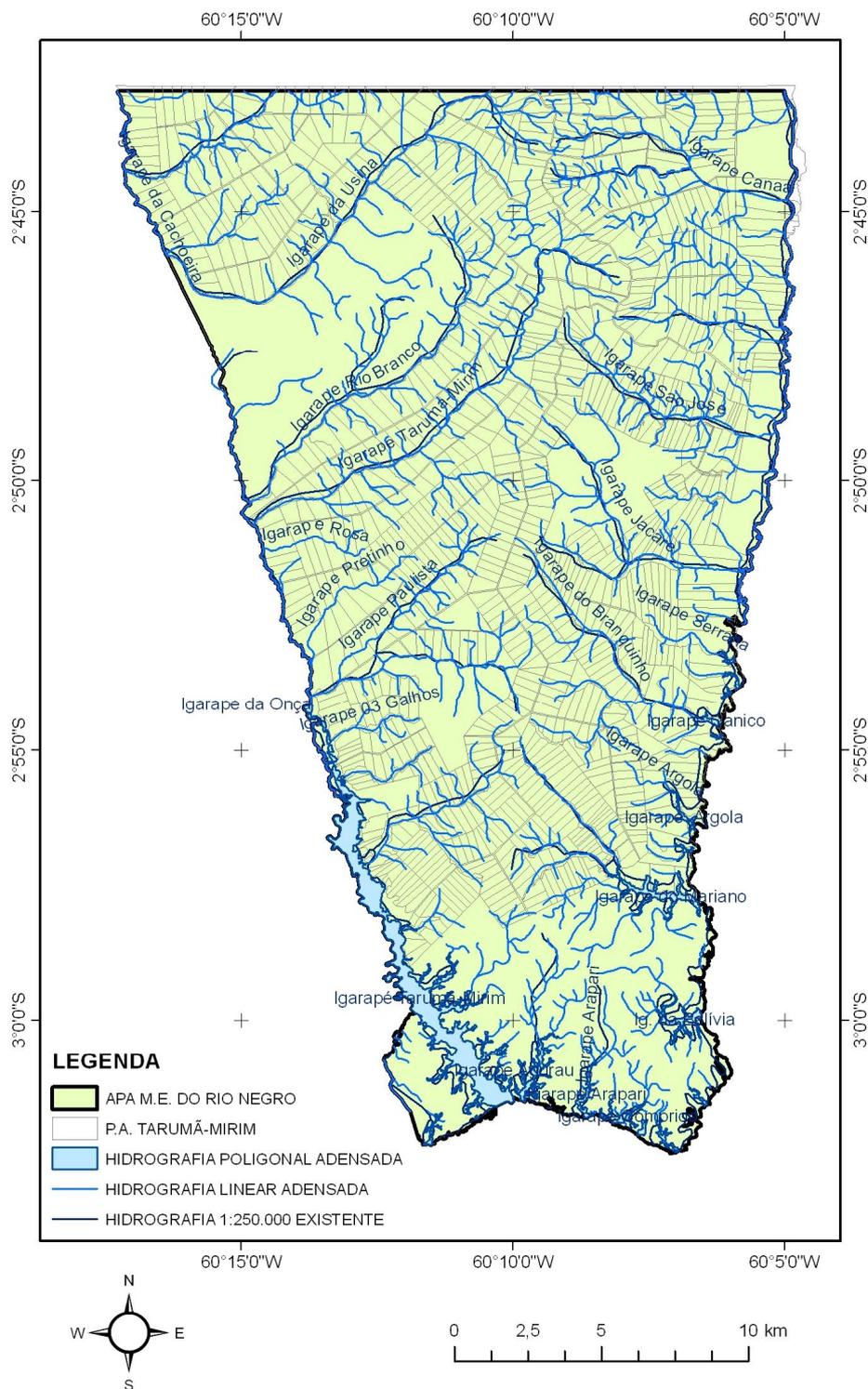
Outro produto gerado com a utilização do modelo digital de elevação foram as curvas de nível. As curvas foram geradas para utilização em análises vetoriais e possuem equidistâncias de 10m (Figura 40).



**Figura 40.** Mapa de curvas de nível da APA. No detalhe, sobreposição sobre o MDE.

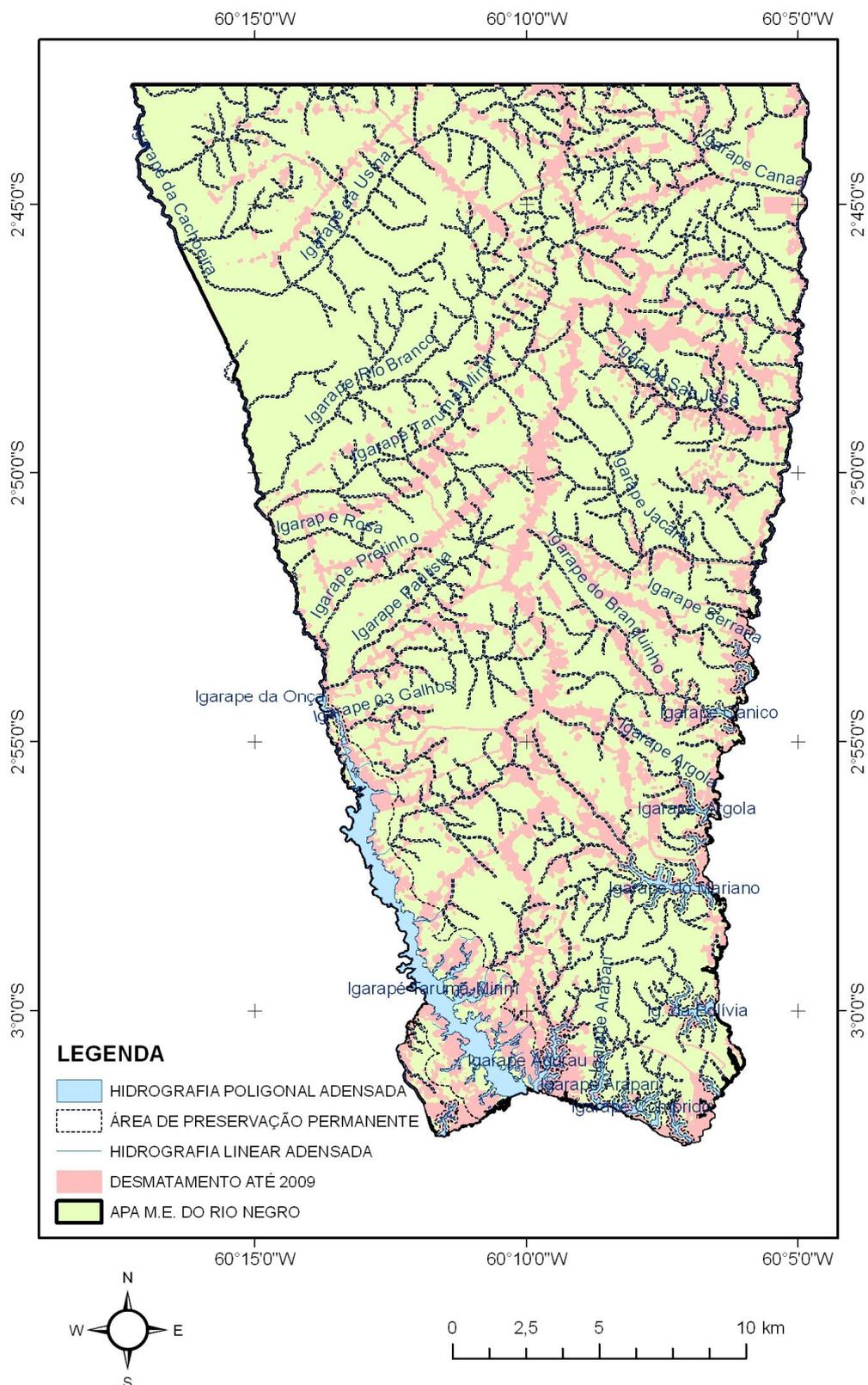
A etapa seguinte foi o adensamento da malha hidrográfica com a utilização da extensão de hidrologia, conjuntamente com o MDE obtido do projeto TOPODATA.

Executou-se o processo de geração automática das bacias hidrográficas, que depois de delimitadas foi verificada a sua compatibilidade espacial com a base existente, tendo os dados demonstrado bons resultados em relação a base existente (Figura 41).



**Figura 41.** Adensamento hidrográfico das bacias que recobrem a área da APA.

Após determinação das Áreas de Preservação Permanente (APP), identificou-se que 399,97ha de desmatamento estavam inseridos em APP. Isso representa 3,96% de todo o desmatamento ocorrido até o ano de 2009 (9.924,16ha) na APA (Figura 42).



**Figura 42.** Espacialização das Áreas de Preservação Permanente na APA

Buscando desenvolver uma ferramenta de gestão e apoio para a tomada de decisões de forma eficiente de toda a Unidade de Conservação, criou-se um banco de dados SIG da APA.Margem Esquerda do Rio Negro, a partir dos dados e indicadores gerados no decorrer das atividades acima descritas.

Foram construídos a partir das plantas em CAD, dois níveis gráficos básicos de informação, onde foi associado aos bancos de dados gerados, um ao nível de lotes com agregação das informações cadastrais do Projeto de Assentamento e outro com dados específicos da Unidade Conservação. De posse dos dados gráficos do levantamento topográfico e cadastral cedido pelo INCRA, foi necessário fazer o georeferenciamento do desenho em CAD e sua posterior transformação para ambiente SIG..

O Banco de Dados Geográficos foi estruturado em um projeto SIG, por meio do software ARCIS 9.3. A sistematização das pastas é constituída de: Banco de Dados Vetorial (feições poligonais, lineares e pontuais), Banco de Dados Raster (imagens, cenas de radar e raster resultante dos dados geoprocessados), Pontos de GPS (coordenadas geográficas, coletadas *in loco*), Mapeamentos e Arquivos de Impressão. Todos os resultados inseridos neste Banco de Dados Geográficos foram espacializados em um projeto comendo três arquivos das quais inclui-se: Arquivo de Projeto (discriminando todas as pranchas que compõem o projeto); Arquivo Vetorial onde criou-se um personal geodatabase (com todos os dados gerados); e Arquivo Raster (comendo todas as bases de imagens que serão possíveis utilizar em análises posteriormente).

O passo seguinte foi a construção do projeto contendo o mapa-imagem na escala 1:15.000 (Figura 43) resultado da integração das diversas camadas de dados constantes do banco de dados geográficos.



Figura 43. Recorte do mapa-imagem na escala 1:15.000.

## **CAPÍTULO VII – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

Neste trabalho foi apresentada abordagem metodológica que enfocou a utilização de imagens digitais TM/Landsat 5 e SAR/SIPAM, definindo-se a transformação IHS como um aplicativo para obtenção de imagem híbrida que resultou em um produto que se mostrou bastante informativo na caracterização e aferição das classes de uso da terra na APA Margem Esquerda do Rio Negro.

Com base na análise dos produtos temáticos oriundos da classificação supervisionada gerada para os anos 1990, 1997, 2001, 2005 e 2009, observou-se que a área de estudo foi submetida à intensificação da intervenção antrópica no período 2001/2005. Ressalta-se a presença de expressiva área de vegetação natural de floresta no cenário de 1990, que foram gradativamente reduzidas no período que decorre até o ano de 2009 por ocupação preferencialmente agrícola (oriundas do Projeto de Assentamento Tarumã-Mirim), que segundo constatado no estudo é responsável por 78% de todo o desflorestamento ocorrido na Unidade de Conservação até o ano de 2009.

Se for levada em consideração a potencialidade do solo dos assentamentos e o tipo de uso e ocupação existente, chega-se à conclusão que existe uma sub-utilização das terras. A concepção de novos modelos de assentamentos rurais, capazes de diminuir os impactos ambientais oriundos da própria ocupação humana, deve ser estudada pelo INCRA, pois o parcelamento tradicional das áreas, além de se mostrar ineficiente do ponto de vista da produção, tem ocasionado impactos difusos no meio ambiente, dificultando qualquer mecanismo de controle e monitoramento.

Este trabalho evidenciou a importância do Geoprocessamento e a sua aplicabilidade direta como subsídios na montagem do banco de dados georeferenciados da APA, que através de suas ferramentas, atualizou tematicamente as informações, referentes a geometria das

feições que recobrem a APA. Pode ainda através do cruzamento dos planos de informação contidos nele identificar situações críticas em termos quantitativos e qualitativos, devido a proximidade entre os lotes, fatores que podem refletir na melhoria da qualidade de vida das comunidades existentes no local e numa instancia maior do próprio município, visto que a APA é entrecortada por dois Rios muito próximos a área urbana de Manaus.

A aplicabilidade do Geoprocessamento na APA Margem Esquerda do Rio Negro, comprova como a ordenação de informações extraídas de dados sócio-econômicos e geográficos, pode resultar na consolidação de uma base cartográfica estruturada, que possa ser compartilhada nas diversas esferas. A utilização deste processo de compartilhamento tem relação direta na obtenção de resultados positivos de gestão, com a integração das diversas esferas na tomada de decisões e a democratização das informações e dos dados .

Um dos resultados mais importantes na construção do banco de dados geográficos, partir das informações mapeadas, é tornar possível realizar uma série de análises sobre a região da APA. Tais análises poderão ser realizadas por consulta ao banco de dados ou visualmente por sobreposição dos níveis de informação geradas em plantas, como exemplos:

- Situação fundiária das parcelas (lotes);
- Quantitativo das áreas de reserva legal;
- Qual a população da APA;
- Numero de habitantes por família, número de famílias por lote;
- Faixa etária dos habitantes e renda mensal;
- Cadastro de todas as atividades executadas na APA, etc;

Comprovou-se a utilização do Geoprocessamento como instrumento complementar ao planejamento e a gestão da APA Margem Esquerda do Rio Negro. Existe ainda uma grande distância a ser percorrida entre as análises das informações obtidas e a solução dos problemas

identificados. No entanto é salutar ressaltar que apesar de passarem por diversos pontos de vista, as decisões serão norteadas por informações atuais, extraídas de dados confiáveis.

A integração dos dados de cada parcela da APA, seja por meio de imagens de satélite atualizadas, cartas temáticas ou controle de campo, possibilitará ainda estabelecer formas de controle e gestão da APA e da área de reforma agrária nela inserida.

A definição das áreas de sobreposição, com a conseqüente redelimitação das unidades territoriais deve ser uma medida emergencial a ser adotada. Isso permitirá uma cobrança mais eficaz dos comunitários aos órgãos envolvidos, quando definido se as áreas são de domínio Estadual ou Municipal.

A deterioração e a poluição dos recursos naturais hoje existentes, podem ser modificadas com a implantação de um programa racional de utilização e manejo desses recursos. A participação total e direta das comunidades, bem como a consolidação de parcerias, entre elas os movimentos sociais, os órgãos de assistência técnica, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA e as organizações não-governamentais, que poderão contribuir para reorganização desses espaços.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, P. Manejo florestal comunitário. Relatório da primeira oficina de manejo florestal comunitário realizado de 20 a 25 de abril. Porto Dias: WWF/SUNNY/CTA,1998. 41p.

ARONOFF, S. Geographic information systems: a management perspective. WDL Publications, Ottawa, Canadá. 294 p., 1995.

ARRUDA, M.B.; CURVELLO, C.L.V; DIAS, I.F.; FALCOMER, J.; BESERRA, M.M.L.; RICARDO, M. ; MARRA, R.J.C.; roteiro metodológico para a gestão de área de proteção ambiental - APA. Maio, 1999.

BARBOSA, C.C.F. Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE, São José dos Campos. 1997. 152p.

BARROS, A.C.; Uhl,C. Logging along the Amazon river and estuary: patterns, problems and potential. Forest Ecology and Management, v.77, p.87-105, 1995.

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.

BRASIL, Lei Federal nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Constituição Federal Coletânea de Legislação de Direito Ambiental. Ed. Revista dos Tribunais. São Paulo.

BRASIL. Casa Civil Lei nº 9985 de 18 de julho de 2000: Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 200a. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivi\\_03/LEIS/L9985.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivi_03/LEIS/L9985.htm). Acesso em: 12 jan. 2007.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA. 20 Manaus : geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1978. v. 18.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R.A. Principles of geographical information systems.Oxford, Oxford University Press, 1998.

CHIEN, P. Endeavour maps the world in three dimensions. Geoworld, n. 37, p. 32 – 38. Abril 2000.

CREPANI, E., MEDEIROS, J.S. de, AZEVEDO, L. G., FLHO, P. H., FLORENZANO, T. G., DUARTE, V. Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico econômico. INPE. São José do Campos, 1996.18p.

CÂMARA, Gilberto. Fundamentos de Geoprocessamento. Anatomia do SIG. São José dos Campos – SP, 1996.

CÂMARA, G., DAVIS, C e MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap10-aplicacoesambientais.pdf>. acessado em 17 de setembro de 2006.

CÂMARA G., Medeiros J.S. 1998. Princípios Básicos em Geoprocessamento. In: Assad E.D. e Sano E.E. (eds.) Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura. Brasília, DF, 3-11.

CASTRO A.F. 2002. Modelagem e desenvolvimento de um banco de dados geográficos: Aplicação à elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo na área costeira entre Galinhos e São Bento do Norte – RN. Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, p. 4,11-12,19.

COPPIN, P.R. e Bauer, M.E.. Processing of multitemporal Landsat TM imagery to optimize extraction of forest cover change features. IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, v.60, p. 287-298,1994.

CROSTA, Álvaro P. Processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto. São Paulo. Edusp, 1992.164 p.

Crósta, A.P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas: IG/UNICAMP, 1999. 170p.

DAI, X.; e Khorram, S. The effects of image misregistration on the accuracy of remotely sensed change detection. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v.36, n.5, p. 1566-1577,1998.

DIEGUES, Antonio Carlos. Etnoconservação. Novos rumos para a Conservação da Natureza Comunidade e Comunidades Tradicionais no Brasil. São Paulo, 2000.

ECLAC. “Sustainable Development: Changing Production Patterns, social Equity and the Environment”. Santiago, ECLAC,1991, p. 17;

ESTEIO. Projeto SRTM - Estágio Atual. Disponível em: <<http://www.esteio.com.br>>  
Acesso em: 12 de dezembro de 2007.

FATORGIS. Disponível em: <http://www.fatorgis.com.br/geotec.asp?orig=A4>  
Acessado em: 25 de outubro de 2007.

FELFILI, J.M. & SANTOS, A.A.B., SAMPAIO, J.C., Flora e Diretrizes ao Planejamento de Manejo da APA Gama e Cabeça de Veado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília, 2004.

INCRA-AM, 1986. Ante-Projeto do PA/ Tarumã-Cuieiras. Manaus. 32p.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazônia por Satélites Sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e queimadas 2007-2008 [online]. Disponível em: <[http://www.obt.inpe.br/prodes/Relatorio\\_Prodes2008.pdf](http://www.obt.inpe.br/prodes/Relatorio_Prodes2008.pdf)>. Acesso em 2008 e 2009.

LEITE, Paulo dos Santos. Uso do Sensoriamento Remoto e SIG no Monitoramento e Licenciamento Ambiental de Propriedades Rurais em Mato Grosso. Resultado do workshop realizado em Brasília, DF, nos dias 2 e 3 de abril de 2002. MMA/SCA/PPG7. Brasília, DF 2002.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. THE LANDSAT PROGRAM [online]. Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em 2007 e 2008.

NOVO, Evelyn. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Edgar Blucher, 1992.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Gestão dos Recursos Naturais: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira. Brasília, 2000.

MEDEIROS, J. S. de. Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: Tecnologia de apoio à gestão de território. Tese de doutoramento. Departamento de geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. 1999. 236p.

MENDES e CIRILO. Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, Integração e Aplicação.. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2001, 536 páginas.

MOREIRA, Mauricio Alves. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. 2 ed.- Viçosa: UFV, 2003.

PARADELLA, W.R.; CECARELLI, I.C.F.; OLIVEIRA, C.G.; LUIZ, S.; MORAIS, M.C.; COTTINI, C.P. A geração de modelos digitais de elevação pela estereoscopia de radar: conhecimento atual e resultados com imagens radarsat-1 na Amazônia. In: X SBSR, Foz do Iguaçu, 2001. Anais, 2001.

PINTO, Willer Hermeto Almeida. Geoprocessamento Aplicado a Análise Físico-Territorial da Área do Tarumã – AM / Willer Hermeto Almeida Pinto. – Manaus: UFAM, 2005. 91 f.; il. color.

PONZONI. et al. Influência da resolução espacial de imagens orbitais na identificação de elementos da paisagem em Altamira-PA, 2002. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/488/48826402.pdf>>. Acesso em: dezembro de 2008.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography-a new class of digital elevation models acquired by space borne radar- ISPRS. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v.57, 241-262, 2003.

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.

RAYOL, Keila Cristina de Carvalho. Geoinformação como subsídio para o planejamento da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé . Manaus, Amazonas, Brasil. Dissertação – Universidade Federal do Amazonas, 2007.

ROCHA, C.H.B. Geoprocessamento Tecnologia Transdisciplinar, Juiz de Fora – MG: ED. Do autor, 1999.

SANTOS, Simone M., SANTOS, Reinaldo Souza. Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública / Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz - Brasília: Ministério da Saúde, 2007. 148 p.: il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) (Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde; 2).

SANTOS, Paulo R.A.; Gaboardi, Clovis; Oliveira, Leonardo C.:. Avaliação da Precisão Vertical dos Modelos Srtm Para a Amazônia. Rio de Janeiro, 2006.

SÉRIE GEO, Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública / Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz; Simone M. Santos, Reinaldo Souza-Santos, organizadores. - Brasília : Ministério da Saúde, 2007. 148 p. : il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) (Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde; 2).

SPRING. Material didático do Programa do Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. São José dos Campos/SP, 2003.

SDS/SEAPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável/Secretaria Executiva Adjunta de Projetos Especiais. Indicadores de Efetividade da Implementação de Unidades de Conservação Estaduais do Estado do Amazonas. Série Técnica n.8, Manaus 2006.

SDS/CEUC. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável/Centro Estadual de Unidades de Conservação. Manaus, Amazonas 2009.

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7. Curitiba, PR, 10-14 maio, 1993. Anais. Curitiba v.1, p. 163-171, 1993.

SIPAM, Sistema de Proteção da Amazônia. CTO – Centro Técnico Operacional de Manaus. Curso de Processamento Digital de Imagens SAR/SIPAM. Manaus, AM 2008.

SCHWEICKARDT, Kátia Helena Serafina. Um olhar sobre a produção do espaço na Amazônia: Encontros e desencontros entre a política de reforma agrária e a política ambiental do Estado do Amazonas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Amazonas, Manaus/AM, 2001.

SULSOFT. Tutorial de Processamentos de Imagens do software ENVI 4.0. Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2003.

TERUIYA, R. K. (2005) - Curso de Radar

TOUTIN, T.; Mattar, K.; Brisco, B.; Gray, L.; Manore, M. Producción de MDA a partir de Radarsat: Panorama y Ejemplos. Revista Cartografica, Instituto Panamericano de Geografía y Historia, 135-174, 2000.

TOUTIN, T & GRAY, L. State-of-the-art of elevation extraction from satellite SAR data. Canada Centre for Remote Sensing (CCRS), 2000.

TUNDISI, José Galizia. Água no século XXI: Enfrentando a Escassez. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2003.

VALENTE, O.F.; CASTRO, P.S. A bacia hidrográfica e a produção de água. Informe Agropecuário, Belo horizonte, v.9.

VALERIANO, Márcio de Morisson. TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais - São José dos Campos: INPE, 2008 00p. ; (INPE-0000 -TDI/00)

VIANNA, L.P.; SALLES, R.V; Reserva de Desenvolvimento Sustentável – Análise da categoria de manejo e proposta de regulamentação. Brasília, Abril, 2006.

VIEIRA, I.M. KURKDJIAN, M.L.N.O. Integração de dados de expansão urbana e dados geotécnicos como subsidio ao estabelecimento de critérios de ocupação em áreas urbanas. In:

WALKER, I. 1993. The benthic litter-dwelling macrofauna of the Amazonian forest stream Tarumã-Mirim: patterns of colonization and their implications for community stability. *Hidrobiologia* 291: 75-92.