



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS - DCF
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais – PPG-CIFA

**Dinâmica do uso e cobertura da terra com a utilização de
geotecnologias: Estudo na Área de Proteção Ambiental da
Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari-Solimões.**

MARCOS HENRIQUE BRAINER MARTINS

Manaus
2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS - DCF
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais – PPG-CIFA

**Dinâmica do uso e cobertura da terra com a utilização de
geotecnologias: Estudo na Área de Proteção Ambiental da
Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari-Solimões.**

MARCOS HENRIQUE BRAINER MARTINS

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção de título de Mestre. Área de Concentração: Ciências Florestais e Ambientais; Linha de pesquisa: Conservação da Natureza.

Orientador: Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa

Manaus
2012

Martins, Marcos Henrique Brainer

M386d Dinâmica do uso e cobertura da terra com a utilização de geotecnologias: estudo na Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari-Solimões / Marcos Henrique Brainer Martins. – Manaus: UFAM, 2012. 78 f. ; il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa

1. Sistema de Informações Geográficas 2. Unidades de Conservação 3. Geoprocessamento I. Costa, Lizit Alencar da (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU (2007): 528.8.04(811.3)(043.3)

MARCOS HENRIQUE BRAINER MARTINS

Dinâmica do uso e cobertura da terra com a utilização de geotecnologias: Estudo na Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari-Solimões.

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção de título de Mestre. Área de Concentração: Ciências Florestais e Ambientais; Linha de pesquisa: Conservação da Natureza.

Aprovado em 03 / 12 / 2012

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa, presidente
Universidade Federal do Amazonas

Dr. Moacir Alberto Assis Campos
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Dr. Carlos Benedito Santana da Silva Soares
Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA



PARECER

Defesa nº 127

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir do mestrando **MARCOS HENRIQUE BRAINER MARTINS**, em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado **"DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA COM A UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS: ESTUDO NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA MARGEM DIREITA DO RIO NEGRO, SETOR PADUARI-SOLIMÕES"**, é de parecer favorável à APROVAÇÃO do mestrando habilitando ao título de Mestre "*Magister Scientiae*" em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em **CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS (CIFA)**.

Dr. Lizit Alencar da Costa
Professor da Faculdade de Ciências Agrária da Universidade Federal do Amazonas
Presidente da banca examinadora

Dr. Moacir Alberto Assis Campos
Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Primeiro examinador

Dr. Carlos Benedito Santana da Silva Soares
Pesquisador do Sistema de Proteção da Amazônia
Segundo examinador

Manaus, 03 de dezembro de 2012.

Prof. Dr. Julio César Rodríguez Tello
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais - PPG-CIFA



À minha mãe Cely e ao meu pai Ramiro
(*in memoriam*),
dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem fé os desafios da vida se tornam ainda maiores;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa pela sabedoria transmitida sempre de forma simples e direta, por suas críticas que sempre enriqueceram o trabalho e pela confiança depositada;

A Universidade Federal do Amazonas e todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais por dedicaram tempo precioso na tarefa de ensinar. Somos eternamente gratos àqueles que dividem conosco o conhecimento, maior riqueza que acumulamos na vida;

A minha noiva Danielle Sousa pelo apoio e compreensão. Suas palavras de incentivo sempre me fortalecem e foram fundamentais diante de todas as dificuldades que surgiram;

Aos meus colegas de turma pelo companheirismo, amizade e profissionalismo em especial a Maria Antônia por me reapresentar ao Spring;

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais que tanto facilitam nosso dia a dia na instituição;

Ao Centro Regional de Manaus do Sistema de Proteção da Amazônia, na pessoa do seu gerente executivo, pela compreensão e apoio;

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, que na etapa final dos trabalhos concedeu a licença necessária para sua conclusão.

A todos meu muito obrigado!

RESUMO

Essa pesquisa teve como objetivo estudar a dinâmica recente do processo de uso e cobertura da terra na Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões, com o uso de técnicas de sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas – SIG. Para isso, foi estruturada uma base cartográfica atualizada com os aspectos biofísicos da área, seguido de mapeamento multitemporal das alterações ocorridas no uso e cobertura da terra entre os anos de 2005 a 2011 utilizando-se de imagens do satélite Landsat-5 e, por fim, foram identificados os conflitos de uso da terra frente a legislação ambiental. A área estudada trata-se de uma unidade de conservação estadual de uso sustentável, localizada no interflúvio dos rios Negro e Solimões, no estado do Amazonas. Seu perímetro alcança parte dos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, todos pertencentes a região metropolitana de Manaus. Foram gerados mapas com os temas: solos, geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, hidrografia, rede de drenagem, vegetação, desflorestamento e áreas de preservação permanentes. A classe de solos Latossolo Amarelo predomina em 79,22% da área. O conjunto geológico Formação Alter do Chão corresponde a 78,51% da superfície. A unidade morfoestrutural Planalto Dissecado dos rios Negro e Uatumã predomina geomorfologicamente com 88,37%. É de 69,07% o percentual de estratos do terreno situados entre 50 a 80 m de altitude. O relevo predominante vai de plano a suavemente ondulado em 81,27% da superfície. A extensão total dos canais fluviais calculada foi de 5.769,28 km que corresponde a uma densidade de drenagem de 1,27 km/km². As florestas ombrófilas densas recobrem 80,6% da superfície. O desflorestamento acumulado até o ano de 2005 foi de 431,06 km², correspondente a 9,25% da extensão da A.P.A.. Nos seis anos seguintes o desflorestamento avançou em média 3,04% ao ano, chegando ao ano de 2011 com total de 515,83 km² que representa um crescimento de 19,66% da área desflorestada no período. As áreas de preservação permanente, basicamente matas ciliares e nascentes, ocupam 11,72% da área desse total, 15,72% estão antropizadas e consideradas com uso conflituoso. A área apresenta um preocupante e acelerado processo de antropização influenciado principalmente pelo pólo oleiro e rodovias. Intensificar políticas públicas capazes de ordenar e disciplinar a ocupação e uso da terra aliada à mudança da matriz energética atualmente empregada nas indústrias de cerâmicas que operam localmente pode ajudar a desacelerar o avanço do processo antrópico sobre as áreas de floresta no futuro.

Palavras chave: Sistema de Informações Geográficas, Unidade de Conservação, Amazônia. Geoprocessamento.

ABSTRACT

This research main objective is to study the recent dynamics in the usage and coverage of the land in The Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro; Setor Paduari - Solimões (Negro River Right Bank Environmental Protection Area; Sector Paduari - Solimões), with the use of remote sensing techniques and geographical information systems – GIS. To achieve this, an updated cartographic base has been structured containing biophysical aspects of the area, followed by a multi-temporal mapping of all changes occurred to the land's usage and coverage during the years of 2005 and 2011, using images from the Landsat-5 satellite. Finally, all the aspects in the land's usage that go against the environmental legislation were identified. The area analyzed is a conservation unit for sustainable use, located in the interfluvium of Rivers Negro and Solimões, in the state of Amazonas, Brazil. Its perimeter crosses part of the Iranduba, Manacapuru and Novo Airão cities, all belonging to the metropolitan area of Manaus. Maps were generated for each of the following topics: soil, geology, geomorphology, hypsometry, declivity, hydrography, drainage network, vegetation, deforestation and areas of permanent preservation. The soil class Yellow Podzolic Latosol is predominant in 79.22% of the area. The geological set named Formação Alter do Chão corresponds to 78.51% of the surface. The morphostructural unit Dissected Highlands of the Negro and Uatumã Rivers, dominates geomorphologically with 88.37%. 69.07% is the percentage of ground layers situated between 50 and 80 m of altitude. The relief is predominantly flat and mildly hilly in 81.27% of the surface. The total extension of river channels was calculated in 5,769.28 km that corresponds to a drainage density of 1.27 km/km². The dense ombrophilous forest represents 80.6% of the surface. The accumulated deforestation until 2005 was of 431.06 km² corresponding to 9.25% of the extension of environmental protection area. In the following 6 years the deforestation continued to grow on a yearly average of 3.04%. In 2011 the total deforestation has reached 515.83 km² that represents a growth of 19.66% of the deforested area in the period. The areas of permanent preservation, mainly riparian forests and springs, occupy 11.72% of the area and, of this total, 15.72% have a greater human impact and are considered to have a conflicted usage. The area shows a worrying and accelerated process of human impact influenced mainly by the red ceramics industries and roads. A better application of public policies, that helps arrange and discipline the land's occupation and usage, together with a change in the energy matrix adopted nowadays by the local ceramic industry can help to slow down the process of human impacts to forests in the future.

Keywords: Geographical Information Systems, Conservation Unit for Sustainable Use, Amazon, Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Ilustração do processo de captação da energia eletromagnética por sensor passivo.....	08
Figura 02	Esquema de propagação da onda eletromagnética.....	08
Figura 03	Espectro eletromagnético.....	09
Figura 04	Representação artística do satélite Landsat-5.....	11
Figura 05	Estrutura básica do sistema de informações geográficas.....	16
Figura 06	Modelos de dados para representação em SIG.....	17
Figura 07	Mapa de localização da área de estudo.....	25
Figura 08	Detalhe entre os limites da área de estudo obtidos junto ao órgão gestor e os limites obtidos após o trabalho de refinamento.....	31
Figura 09	Fluxograma com as etapas do mapeamento multitemporal da antropização no interior da área de estudo.....	33
Figura 10	Ordenamento dos cursos d'água proposto por Strahler.....	36
Figura 11	Fluxograma com as etapas para a obtenção das áreas com conflito de uso da terra.....	37
Figura 12	Mapa de solos da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	40
Figura 13	Mapa geológico da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	43
Figura 14	Mapa geomorfológico da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	45
Figura 15	Mapa hipsométrico da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	47
Figura 16	Mapa de declividade da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	49
Figura 17	Mapa com a hidrografia das principais drenagens da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	50
Figura 18	Mapa da rede de drenagem gerada a partir de dados SRTM/TOPODATA para a A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	53
Figura 19	Mapa de vegetação da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	55

Figura 20	Desflorestamento total acumulado anualmente na A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões e seu crescimento relativo ao período anterior.....	60
Figura 21	Evolução do desflorestamento na A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões e o incremento relativo ao período Anterior.....	61
Figura 22	Desflorestamento total acumulado anualmente na A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões e seu crescimento em relação ao período anterior.....	62
Figura 23	Mapeamento do desflorestamento no interior da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões entre os anos de 2005 a 2011.....	64
Figura 24	Detalhe do mapeamento realizado o interior da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	65
Figura 25	Mapa com detalhe do mapeamento das áreas de preservação permanente no interior da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	68
Figura 26	Mapeamento das áreas de preservação permanente.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Relação das cenas do satélite Landsat-5 utilizadas com respectivas datas de passagem.....	26
Tabela 02	Distribuição das classes de solos encontradas no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	40
Tabela 03	Distribuição das formações geológicas encontradas no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	42
Tabela 04	Distribuição das unidades geomorfológicas encontradas no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	45
Tabela 05	Estratificação das superfícies compreendidas por cada classe hipsométrica no interior da APA da MD Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	46
Tabela 06	Classes de declividade encontradas no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	49
Tabela 07	Relação dos principais corpos d'água encontrados no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	51
Tabela 08	Distribuição da drenagem hierarquizada na APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	52
Tabela 09	Tipos de vegetação verificados no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	54
Tabela 10	Dados do desflorestamento anual ocorrido na APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões entre os anos de 2005 a 2006.....	60
Tabela 11	Dados do desflorestamento anual ocorrido na APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões entre os anos de 2005 a 2006 distribuídos por município.....	63
Tabela 12	Extensão, em km ² , e participação, em percentual, das áreas de preservação permanente no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.....	67
Tabela 13	Resultado do mapeamento dos conflitos no uso da terra no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.....	70

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	05
2.1. Objetivo Geral	05
2.2. Objetivos Específicos	05
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	06
3.1. O Espaço Geográfico	06
3.2. Sensoriamento Remoto	07
3.2.1. A plataforma orbital Landsat - 5	10
3.2.2. Modelos Digitais de Elevação-MDE e dados SRTM	13
3.3. Uso e Cobertura da Terra	14
3.4. Sistema de Informação Geográfica – SIG	15
3.5. Legislação Ambiental e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1. Caracterização da Área de Estudo	24
4.2. Materiais Utilizados	25
4.3. Procedimento Metodológico	28
4.3.1. Estruturação da Base Cartográfica	28
4.3.1.1. Levantamento dos Dados	28
4.3.1.2. Processamento dos Dados	29
4.3.2. Obtenção dos Dados Multitemporais de Uso e Cobertura da Terra	31
4.3.3. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente	34
4.3.4. Identificação dos Conflitos de Uso	37
4.3.5. Geração dos Mapas e Análises	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1. Caracterização dos Aspectos Biofísicos	39
5.1.1. Solos	39
5.1.2. Geologia	41
5.1.3 Geomorfologia	43
5.1.3.1. Hipsometria	46
5.1.3.2. Declividade	47
5.1.4. Recursos Hídricos	50
5.1.4.1. Hidrografia	50

5.1.4.2. Rede de Drenagem.....	51
5.1.5. Vegetação.....	53
5.2. Mapeamento do Uso da Terra.....	58
5.3. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente.....	65
5.4. Conflitos no Uso da Terra.....	69
6. CONCLUSÕES.....	71
7. RECOMENDAÇÕES.....	73
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

1. INTRODUÇÃO

A região Amazônica é considerada o bioma com a maior biodiversidade do planeta e sua preservação é de suma importância para nosso planeta. Johnson (2002), citado por Bickel (2004), estima que este bioma hospede cerca de 55.000 espécies vegetais, 428 espécies de mamíferos, 3.000 de peixes e 2.000 de aves, representando um terço da biota brasileira e 5% da fauna e flora mundiais. Ao mesmo tempo, toda essa biodiversidade se baseia em um ecossistema frágil e qualquer alteração sofrida nesse sistema, o efeito da sinergia de fatores produz consequências que afetam todo seu equilíbrio. De acordo com dados oficiais recentes, 748.520 km² da Amazônia em sua porção brasileira encontra-se desmatado, representando 18,74% de área de sua área total (PRODES, 2011).

As regiões metropolitanas das grandes cidades sofrem nos últimos anos de um processo acelerado e desordenado de expansão urbana, Gonçalves *et al.* (2004). Esse fenômeno também pode ser observado na região amazônica e acaba por resultar em antropização de áreas ocupadas originalmente por florestas, inclusive aquelas áreas submetidas a algum regime especial de proteção. Vários estudos indicam que esse processo acelerado de alteração no uso e cobertura do solo tem contribuído para significativas modificações em variáveis meteorológicas causando grande impacto ao meio ambiente e contribuindo negativamente na preservação e na conservação da biodiversidade (Coppin & Bauer, 1994; Pinheiro Junior *et al.*, 2005).

De acordo com Lorena (2003), a expressão “uso e cobertura do solo” pode ser compreendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo

homem ou preenchido pela cobertura natural. O mesmo autor conclui que o levantamento do uso e cobertura da terra de uma determinada área ou território é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração do ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados de reservatórios e cursos d'água são consequências do uso inadequado da terra.

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal é de fundamental importância para a compreensão de como o espaço está organizado e suas alterações. Brito & Prudente (2004) destacam a importância do conhecimento do uso da terra ao afirmarem que se verificando a utilização atual de uma área, gestores podem elaborar melhores políticas de uso da terra para o desenvolvimento mais adequado da região. Nobre *et al.* (1991) em seu estudo sobre mudanças climáticas reforça esse entendimento referindo-se à capacidade de suporte ambiental e legal do terreno.

Muitos estudos foram desenvolvidos com o objetivo de tornar as ferramentas de geotecnologias, em especial nas áreas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográficas - SIG, cada vez mais acessíveis ao grande público. Vale ressaltar que a diminuição dos custos em *hardwares* cada vez mais potentes e iniciativas como a do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE em disponibilizar gratuitamente o acesso a imagens atualizadas de satélites orbitais também contribuíram fortemente nesse processo.

Os dados de sensores remotos vêm sendo cada vez mais amplamente utilizados pela comunidade científica como insumo. Esses dados, adquiridos por esses sensores orbitais ou aerotransportados, são empregados com sucesso

principalmente em aplicações que envolvem grandes extensões territoriais e tem permitido estudos com resultados cada vez mais promissores (Soares, 2006; Martins & Silva, 2007).

A utilização de dados obtidos de sensores remotos em estudos de identificação e monitoramento da cobertura da terra visam detectar as alterações ocorridas na superfície terrestre, sejam elas de origem natural ou causada pelo homem (antrópica). Através da identificação de tais fenômenos nas imagens produzidas pelos sensores é possível realizar análises e mapeamentos em diversas escalas. O estudo de classificação da cobertura da terra permite visualizar de forma espacializada a distribuição geográfica dos padrões de uso do solo e contribui para o melhor entendimento do processo de modificação da paisagem.

Em estudos como este, o Sistema de Informações Geográficas - SIG assume papel fundamental, facilitando o gerenciamento das informações geoespacializadas permitindo a análise correlacionada desses dados para a obtenção de diagnósticos e previsões.

A Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões, é uma unidade de conservação estadual de uso sustentável que vem sofrendo nos últimos anos uma forte pressão antrópica. Em seu interior está inserido o pólo oleiro dos municípios de Iranduba e Manacapuru, que de acordo com Souza *et al.* (2008) é o maior consumidor de lenha no estado do Amazonas e o responsável pela quase totalidade do abastecimento com telhas e tijolos para o mercado de Manaus. Segundo Souza *et al.* (2006), o setor foi o responsável por grande parcela do desmatamento naquela região. D'Antona *et al.* (2007), complementa dizendo que o recurso florestal utilizado como lenha na região provém do extrativismo

desordenado das florestas primárias ou secundárias, onde não é aplicada nenhuma técnica de manejo. Dados recentes apontam que vários pontos daquela unidade de conservação vêm sofrendo forte pressão antrópica caracterizada pela especulação imobiliária, através de loteamentos e ocupações de áreas motivadas pela facilidade de acesso em função da construção da ponte sobre o Rio Negro que ligou a região à cidade de Manaus.

A finalidade desta dissertação é realizar o estudo da dinâmica recente do processo de uso e cobertura da terra na Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões, com o uso de técnicas de sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas - SIG, estruturando base cartográfica atualizada sobre os aspectos biofísicos da área, realizar análise multitemporal das alterações ocorridas no uso e cobertura da terra entre os anos de 2005 a 2011 e proceder o mapeamento dos conflitos de uso da terra frente a legislação ambiental.

Espera-se que os dados obtidos nesse estudo contribuam na formulação de políticas públicas capazes de disciplinar o processo de ocupação no interior da Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões, afim de que ela possa cumprir o seu papel de uso sustentável dos recursos naturais e preservação da biodiversidade.

Conciliar desenvolvimento com a preservação ambiental desponta-se como o grande desafio do nosso século e a solução dessa equação trará reflexos no futuro da humanidade e, por que não, na sua sobrevivência no planeta.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar a dinâmica recente do processo de uso e cobertura da terra na Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões, com o uso de técnicas de sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas - SIG, visando subsidiar futuras ações de zoneamento para a ordenação da ocupação e utilização local.

2.2. Objetivos Específicos

- i) Estruturar base cartográfica atualizada sobre os aspectos biofísicos da área de estudo para conhecer e analisar suas características biofísicas
- ii) Realizar estudo multitemporal das alterações ocorridas no uso e cobertura da terra entre os anos de 2005 a 2011 para mapear e analisar esse processo localmente;
- iii) Proceder a identificação e análise dos conflitos de uso da terra em relação à legislação ambiental que poderá subsidiar futuras intervenções de ordenamento territorial.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os fundamentos teóricos mais importantes para a elaboração desse estudo envolvem aspectos relacionados aos conceitos de espaço geográficos, sensoriamento remoto com ênfase nos sensores ópticos ou passivos, sistemas de informação geográfica e legislação ambiental. Desta forma, este capítulo apresenta de forma sintética, estes conceitos e fundamentos que subsidiaram o desenvolvimento do trabalho.

3.1. O Espaço Geográfico

A palavra Geografia tem origem grega e significa “escrever sobre a terra”. Atualmente essa definição evoluiu e esta ciência procura compreender as transformações que ocorrem no espaço geográfico de forma dinâmica, interagindo o homem e a natureza (Rodríguez, 2005).

A Geografia tem o espaço geográfico como seu principal objeto de estudo. Suas alterações, em função da relação homem-natureza, são influenciadas pelos interesses socioeconômicos e ambientais.

Para Moraes (1983) e Fitz (2008a) o objeto de estudo da Geografia pode ser definido de diversas formas, orientações metodológicas e concepções de mundo. Rodriguez (2005) destaca o estudo da superfície terrestre, da paisagem, da individualidade dos lugares, da relação homem-natureza e do espaço geográfico como objetos de estudo da geografia.

O espaço geográfico pode ser compreendido como uma porção delimitada da superfície terrestre identificada pela sua natureza, pelas as alterações humanas ou ainda por sua localização geográfica (Corrêa, 2003).

Para melhor estudar os espaços geográficos e os fenômenos que ocorrem em seu interior, a Geografia utiliza-se ainda da Cartografia que lhe permite espacializar esses fenômenos de forma a representá-los visualmente através da linguagem cartográfica (Duarte, 2006; Fitz 2008a). De acordo com Costa (2001), a Cartografia é a arte do levantamento, construção e edição de mapas e cartas de qualquer natureza.

3.2. Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é a tecnologia que permite a coleta de informações sobre objetos, determinadas áreas ou fenômenos na superfície terrestre através da captação da energia eletromagnética refletida ou emitida por esse alvo sem que haja o contato direto entre o sensor e o alvo, conforme ilustrado na figura 01.

A energia mais comumente utilizada no sensoriamento remoto é a Radiação Eletromagnética (REM) que se propaga em forma de ondas eletromagnéticas que viajam a velocidade da luz. A frequência de onda é o número de vezes que essa onda passa por um mesmo ponto no espaço por unidade de tempo medido em hertz (Hz). O comprimento de onda é a distância entre dois picos sucessivos medido em unidade do sistema métrico decimal. A figura 02 mostra a representação da onda eletromagnética publicada por Moreira (2005).

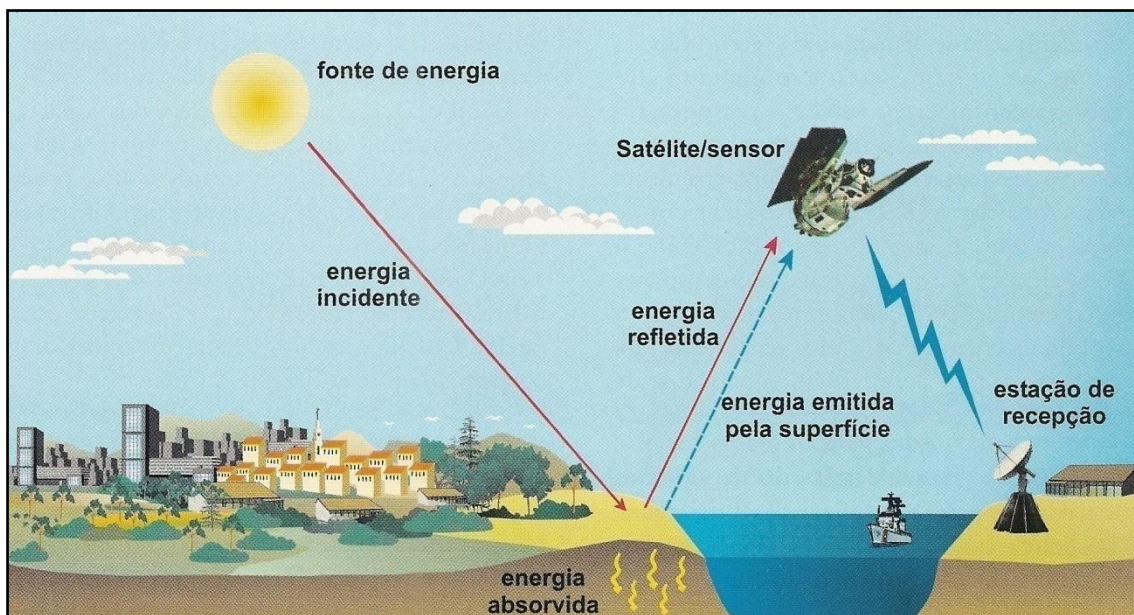


Figura 01. Ilustração do processo de captação da energia eletromagnética por sensor passivo.
Fonte: Florenzano (2002)

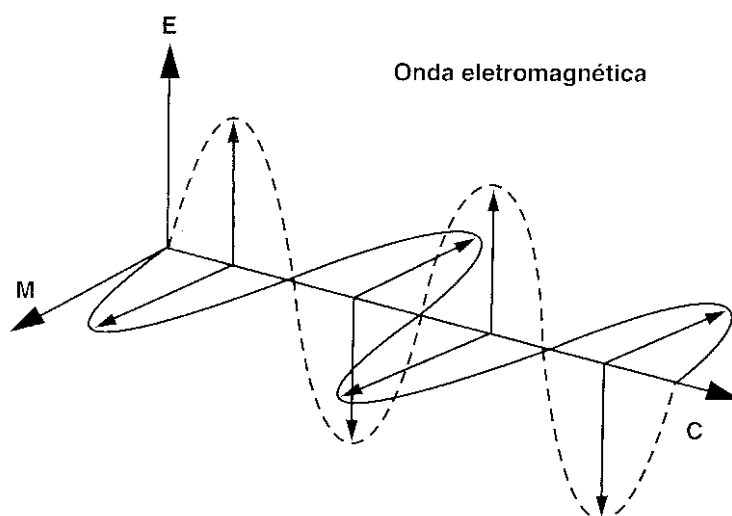


Figura 02: Esquema de propagação da onda eletromagnética: campo elétrico (E), campo magnético (M) e sentido de propagação (C). Fonte: Moreira (2005).

As ondas eletromagnéticas podem variar em função da sua frequência e do seu comprimento e sua ordenação é chamada de espectro eletromagnético, representado na figura 03. O espectro eletromagnético parte dos comprimentos de

onda mais curtos e com alta frequência, como os raios gama e raios X até ondas de baixa frequência e curto comprimento, como as ondas de rádio. O intervalo compreendido entre 0,39 a 0,70 μm , gradiente que parte da cor violeta até a cor vermelha, é chamado de radiação visível por ser percebida pelo olho humano. De 0,70 a 1.000 μm temos a radiação infravermelha (IV), a qual ainda divide-se em infravermelho próximo, infravermelho médio e infravermelho distante.

A radiação eletromagnética interage com os alvos na superfície terrestre que a refletem e absorvem-na em distintas proporções. Em alguns casos esses alvos também emitem sua própria energia eletromagnética. O conhecimento dessas características de cada alvo é o que permite ao usuário do sensoriamento remoto inferir propriedades a respeito do objeto, área ou fenômeno analisado remotamente.

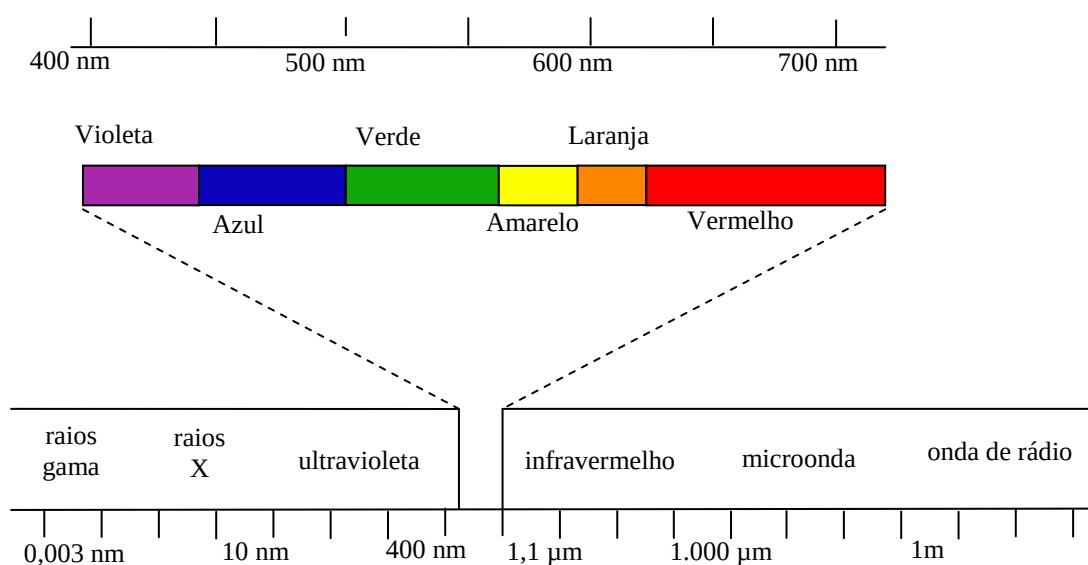


Figura 03: Espectro eletromagnético. Adaptado de Moreira (2005).

A radiação eletromagnética emitida pelo sol ainda é a principal fonte de energia utilizada pelos sensores atualmente que, nesse caso, são chamados de sensores passivos. Porém, há sensores que produzem sua própria radiação eletromagnética e captam essa energia quando ela é refletida pelo alvo. Nessa categoria têm-se os sensores denominados sensores ativos, como o radar e o *laser scan*.

O desenvolvimento de *hardwares* cada vez mais potentes e de menor custo e o grande número de *softwares* disponíveis, inclusive não proprietários, têm contribuído de sobremaneira para a disseminação do uso das técnicas de sensoriamento remoto, principalmente nos últimos anos. Cabe destacar a iniciativa pioneira do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE em disponibilizar gratuitamente via rede mundial de computadores e de forma não burocrática as imagens produzidas pelos satélites da série CBERS, e em outro momento também as cenas do satélite americano Landsat, fato que certamente contribuiu para a popularização desse conhecimento.

O uso do sensoriamento tem sido fundamental ferramenta para o monitoramento de alterações na cobertura e uso do solo principalmente em áreas extensas e de difícil acesso, como as encontradas em boa parte da região Amazônica (Martins & Silva, 2007)

3.2.1. A plataforma orbital Landsat-5 e o sensor *Thematic Mapper* -TM

A série de satélites de recursos Landsat teve início em julho de 1972 com o lançamento pela *National Aeronautics & Space Administration* - NASA, responsável

pelo programa denominado “*Earth Resource Technology Satellite - ERTS*”, do primeiro satélite da série o Landsat-1 (Florenzano, 2002; Jensen, 2009; USA-NASA, 2011). Desde o início do programa foram lançados sete satélites sendo que apenas o Landsat-5 manteve-se operacional até a data de 22 de novembro de 2011, quando deixou de enviar seus dados às estações receptoras terrestres. Lançado em 1984, e mesmo apresentado ao longo dos anos alguns problemas técnicos, esse satélite ultrapassou em muito sua vida útil. Na Figura 04 vemos uma ilustração artística do satélite Landsat-5.



Figura 04: Representação artística do satélite Landsat-5. Fonte: NASA (2011).

O Landsat-5 foi posicionado a 705 km de altitude em órbita circular, quase polar e síncrona com o Sol, com resolução temporal de 16 dias (Fitz, 2008b). Traz em sua carga útil o sensor passivo *Thematic Mapper* - TM que apresenta resolução espectral de sete bandas, sendo três na região do visível, três na região do infravermelho refletido e uma na região termal. A resolução radiométrica é de 8 bits, o que permite imagear em 256 níveis de cinza (Jensen, 2009). A largura da faixa imageada no terreno é de 185 km. A resolução espacial do sensor que opera na região do visível e do infravermelho refletido é de 30 m, enquanto que o sensor da região do termal opera com 120 m (USA-NASA, 2011). No quadro 01 temos as características das sete bandas do sensor TM.

Quadro 01: Características espectrais e espaciais do sensor TM. Retirado de Moreira (2005)

Bandas	Faixa	Região do Espectro	Resolução
	Espectral		Espacial
			μm
1	0,45 – 0,52	Azul	30
2	0,52 – 0,60	Verde	30
3	0,63 – 0,69	Vermelho	30
4	0,76 – 0,90	IV próximo	30
5	1,55 – 1,75	IV médio	30
6	10,4 – 12,5	IV termal	120
7	2,08 – 2,35	IV médio	30

As imagens fornecidas pelo sensor TM tem aplicação no estudo das mudanças de uso e cobertura do solo, hidrografia, estimativa de produção agrícola, levantamento de biomassa, mineração, entre outros (Bühning, 2010).

3.2.2. Modelos Digitais de Elevação - MDE e dados SRTM

De acordo com Valeriano (2008), os 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*. O mesmo autor destaca ainda a importância de que os registros altimétricos sejam, idealmente, valores de altitude do relevo para que o MDE seja uma representação topográfica.

Um MDE pode ser obtido de dados de fontes diversas, por exemplo, mapas topográficos de onde são digitalizadas as isolinhas com posterior registro dos valores estimados de altitude, interpolados ponto a ponto, em uma grade regular (matriz) para armazenamento.

Dados topográficos obtidos de sensores, como os disponibilizados pelo projeto denominado *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM, também podem ser utilizados para construção de MDE.

O projeto *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM (mapeamento do relevo terrestre) foi realizado no ano de 2000 pela Agência Espacial Americana - NASA em parceria com a Agência Nacional de Inteligência Geoespacial - NGA dos Estados Unidos e consistiu na obtenção de dados topográficos digitais de 80% da superfície terrestre entre os paralelos 60° N e 56° S coletados por um radar de abertura

sintética-SAR acoplado ao ônibus espacial *Endeavour* (USA-USGS, 2000; Valeriano, 2004).

Os MDE's foram gerados por interferometria de radar. Neste processo, o sinal emitido é recebido por duas antenas separadas por uma distância fixa de 60 m, permitindo assim o cálculo da elevação da superfície, com uma acurácia vertical absoluta de 16 metros com 90% confiança (Miranda, 2005).

Os dados originais foram disponibilizados na internet na página do *Eros Data Center* da *United States Geological Survey - USGS* em formato *raster*, com resolução espacial de 1 arco de segundo (~30m) para o território americano e 3 arcos de segundo (~90m) para o restante do globo, com resolução radiométrica de 16 bits, em formato HGT, projeção geográfica, elevações referenciadas para o geóide WGS84 EGM96 e *Datum* Horizontal WGS84 (USA-USGS, 2011).

Os dados derivados do radar SRTM tem um vasto campo de aplicação e utilidade para as ciências da Terra. No caso específico da Geomorfologia os dados são utilizados como base cartográfica para levantamento de campo sendo capaz de auxiliar na delimitação automática de bacias hidrográficas, extração de níveis hipsométricos, curvas de nível, criação de perfis topográficos, dentre outros (Vital *et al.*, 2010).

3.3. Uso e cobertura da terra

Pereira & Pinto (2007), destacam a importância do mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal para a compreensão da organização do espaço e suas mudanças. Os autores prosseguem dizendo que tal estudo consiste em buscar

conhecimento sobre a utilização da terra, além de caracterizar as diferentes classes vegetais que compõe a área.

Os diversos tipos de uso e ocupação da terra são facilmente identificáveis através da utilização dos dados de sensoriamento remoto (Rodriguez, 2005). A utilização de satélites orbitais, que proporcionam coberturas repetitivas em intervalos relativamente curtos, tem tornado uma das principais ferramentas de detecção de mudanças da paisagem (Pinheiro Júnior, *et al.*, 2005). Lorena (2003), complementa afirmando que a detecção das alterações no ambiente pode ser realizada através de técnicas visuais e digitais.

De acordo com Pereira & Pinto (2007), o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal fornece importantes dados aos planejadores e gestores que, por exemplo, podem utilizá-los para o reconhecimento das condições do quadro natural e da ocupação territorial da área de estudo, permitindo estabelecimento de ações para a utilização racional dos recursos disponíveis.

3.4. Sistema de Informação Geográfica – SIG

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema que reúne *hardware*, *software*, dados e pessoal treinado com a finalidade de possibilitar a captura, gerenciamento, manipulação, análise, modelagem e visualização de dados espacialmente referenciados com o objetivo de prover apoio à tomada de decisões em atividades de gerenciamento e planejamento (Costa, 2001).

Segundo Costa (2001), existem pelo menos três grandes maneiras de se utilizar um SIG:

- a) como ferramenta para a produção de cartas;
- b) como suporte para a análise espacial de fenômenos e
- c) como banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Moreira (2005), considera que o SIG é composto de cinco componentes independentes, porém interligados uns aos outros através de funções específicas, sendo eles: interface, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem e banco de dados geográficos. A figura 05 mostra a representação básica do SIG.

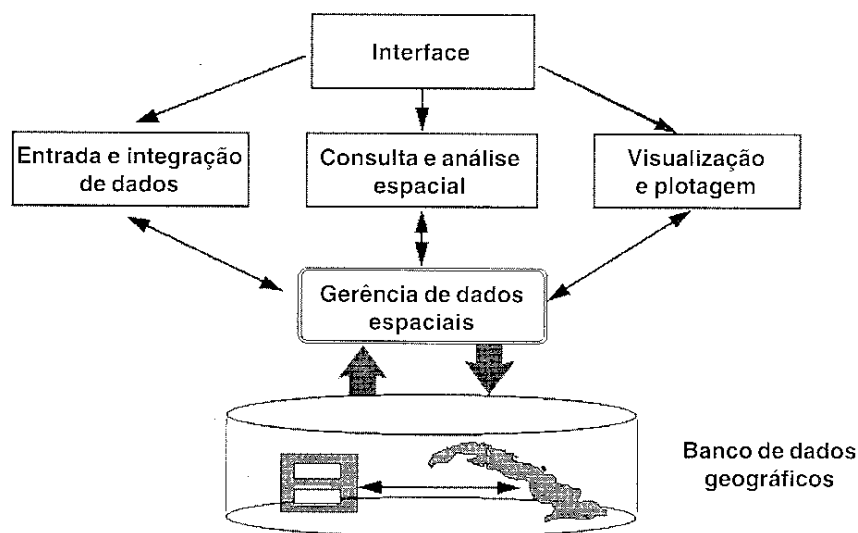


Figura 05: Estrutura básica do sistema de informações geográficas. Fonte: Moreira (2005), adaptada de Câmara e Medeiros (1996).

Os dados cartográficos, fotografias aéreas, imagens de satélite e mapas temáticos são armazenados no Banco de Dados Geográficos-BDG para que sejam utilizados em SIG. Esses dados podem ser agrupados em duas grandes classes de representação: matricial e vetorial (Câmara *et al.*, 1996).

Em Costa (2001), vê-se que na representação matricial o espaço geográfico é tratado como superfície cartesiana plana, consistindo de matriz de células, onde cada célula é referenciada por seu número de linha e coluna, trazendo valores representativos do atributo do objeto mapeado; no caso da representação vetorial o objeto é representado através de três entidades geográficas principais: pontos, linhas e área, que podem ser associadas a atributos dos objetos do mundo real. Na figura 06 temos os modelos de dados para representação em SIG.

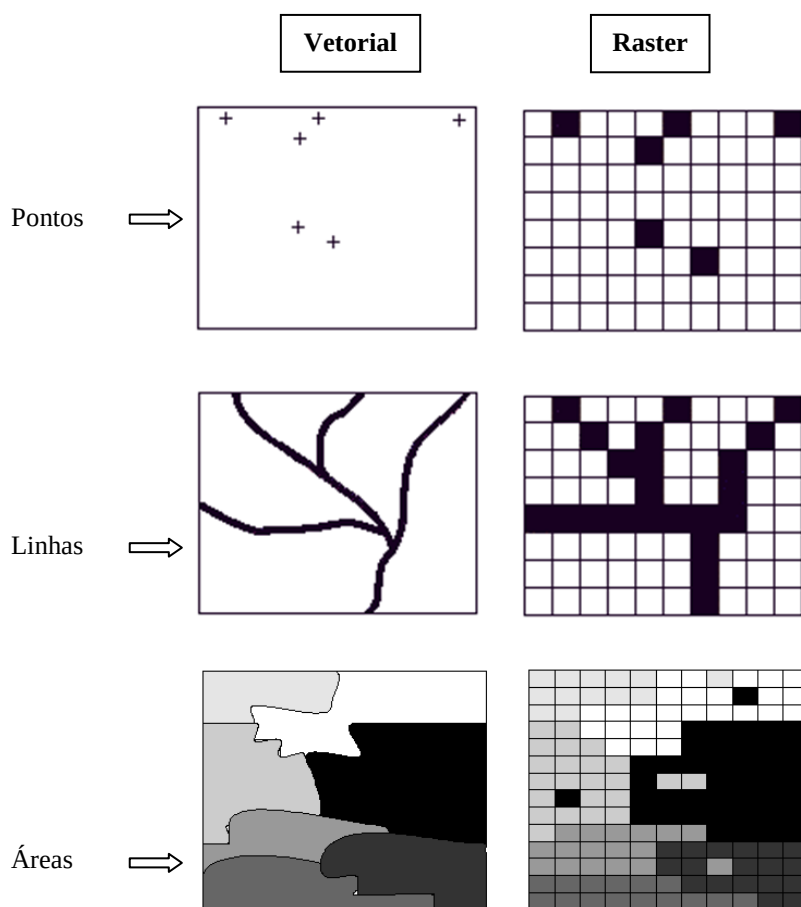


Figura 06: Modelos de dados para representação em SIG.

3.5. Legislação Ambiental e Sistema Nacional de Unidades de Conservação

A Constituição Federal de 1988 possibilitou que muitos avanços fossem incorporados à política ambiental brasileira considerando que as regulamentações introduzidas na carta magna ofereceram suporte para a implementação de novas leis ambientais nas esferas federal, estadual e municipal. Do conjunto das leis que fazem parte do arcabouço legal ambiental brasileiro, duas terão especial importância nesse trabalho, a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 e a Lei Nº 9.985 de 18 de julho 2000, conhecidas respectivamente como o Novo Código Florestal Brasileiro e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

O Novo Código Florestal Brasileiro, Lei 12.651 de 25 de maio 2012, veio em substituição ao Código Florestal Brasileiro, Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965, após um longo processo de discussão entre diversas correntes ideológicas tendo como principais atores de um lado os “ambientalistas” e do outro os chamados “ruralistas”. Com visões muitas vezes opostas entre desenvolvimento e preservação ambiental, essas correntes tentaram influenciar cada artigo da nova lei e fazer valer suas convicções. A Lei 12.651 de 25 de maio 2012 é o resultado desse debate no âmbito do poder legislativo.

O conceito de Área de Preservação Permanente – A.P.P. foi incorporado em nossa legislação pela Lei 4.771 de 15/10/1965, que trazia em seu Art. 1º o seguinte:

As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a

todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade, com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem.

A Lei 12.651 de 25 de maio 2012 ao substituir a Lei 4.771 de 15/10/1965 trouxe o entendimento mais atual sobre a Área de Preservação Permanente. No item II de seu Art. 3º, temos:

Área de Preservação Permanente-APP:
Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

No capítulo II dessa mesma lei, com alguns pontos alterados pela Lei 12.727 de 17 de outubro de 2012, são abordadas todas as questões relativas as Áreas de Preservação Permanente e estabelecidos os critérios que determinam quais as áreas se enquadram nesse regime especial de uso. São assim consideradas Áreas de Preservação Permanente por efeito lei:

- I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

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

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

- IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
- VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- VII - os manguezais, em toda a sua extensão;
- VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;
- X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;
- XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Em seu Art. 7º, a Lei 12.651 de 25 de maio 2012 ao tratar do regime de proteção dessas áreas, diz:

A vegetação situada em Área de Preservação Permanente deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado.

Sendo então áreas protegidas, a supressão da sua vegetação deve ser exceção, apenas nos casos devidamente previstos em Lei e autorizados pelo órgão ambiental competente.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza-SNUC foi instituído através da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000 e está consolidado de modo a ordenar as áreas protegidas nos níveis federal, estadual e municipal. O SNUC em seu Art. 7º classifica as unidades de conservação em duas grandes categorias de acordo com seu uso, as unidades de proteção integral e as unidades de uso sustentável. Ainda em seu Art. 7º essa Lei estabelece que o objetivo básico das unidades de proteção integral é a preservação da natureza admitindo apenas o uso indireto dos seus recursos naturais e que o objetivo básico das unidades de conservação de uso sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais

Conforme estabelecido no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC, 2000), as estações ecológicas, reservas biológicas, parques nacionais, monumentos naturais e refúgios de vida silvestre figuram dentro do grupo de unidades de conservação de proteção integral. Já no grupo de unidades de

conservação de uso sustentável estão incluídas as áreas de proteção ambiental, áreas de relevante interesse ecológico, florestas nacionais, reservas extrativistas, reservas de fauna, reservas de desenvolvimento sustentável e reservas particulares do patrimônio natural.

As Áreas de Proteção Ambiental, denominadas APA, em geral são constituídas por extensas áreas próximas as grandes cidades nas quais a propriedade privada não só é permitida como prevalece; apresentam acentuado grau de ocupação humana, possuem atributos abióticos, bióticos, estéticos e culturais importantes para a manutenção da qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas. Entre seus objetivos básicos encontram-se proteger a biodiversidade, ordenar o processo de ocupação humana e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (Brasil-SNUC, 2000; Amazonas-SDS, 2009; Nascimento & Silva, 2010).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi conduzido na APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões. Unidade de conservação estadual de uso sustentável instituída pelo Decreto nº 16.498 de 02/04/1995 posteriormente alterado pela Lei nº 3.355 de 26/12/2008. Possui oficialmente 461.740,67 ha, localizando-se entre os paralelos 02°6'13"S e 03°18'55"S e os meridianos 59°59'08"W e 61°30'56"W. Sua abrangência alcança os municípios de Novo Airão, Iranduba e Manacapuru que fazem parte da região metropolitana de Manaus, capital do estado do Amazonas (SDS, 2009). Na figura 07 pode-se observar um mapa de localização da área de estudo.

Predomina o clima tropical chuvoso com pequeno período seco, regime pluviométrico maior que 2.000 mm anuais, sendo que durante a curta estação seca, 1 a 2 meses, a precipitação pluviométrica é menor que 60 mm, regime térmico com média em torno de 26° C e variações entre 20° C e 36° C e umidade relativa alta (INMET, 2012).

A APA está inserida no interflúvio dos rios Negro e Solimões sendo recortada por diversos igarapés e lagos tributários desses dois grandes rios.

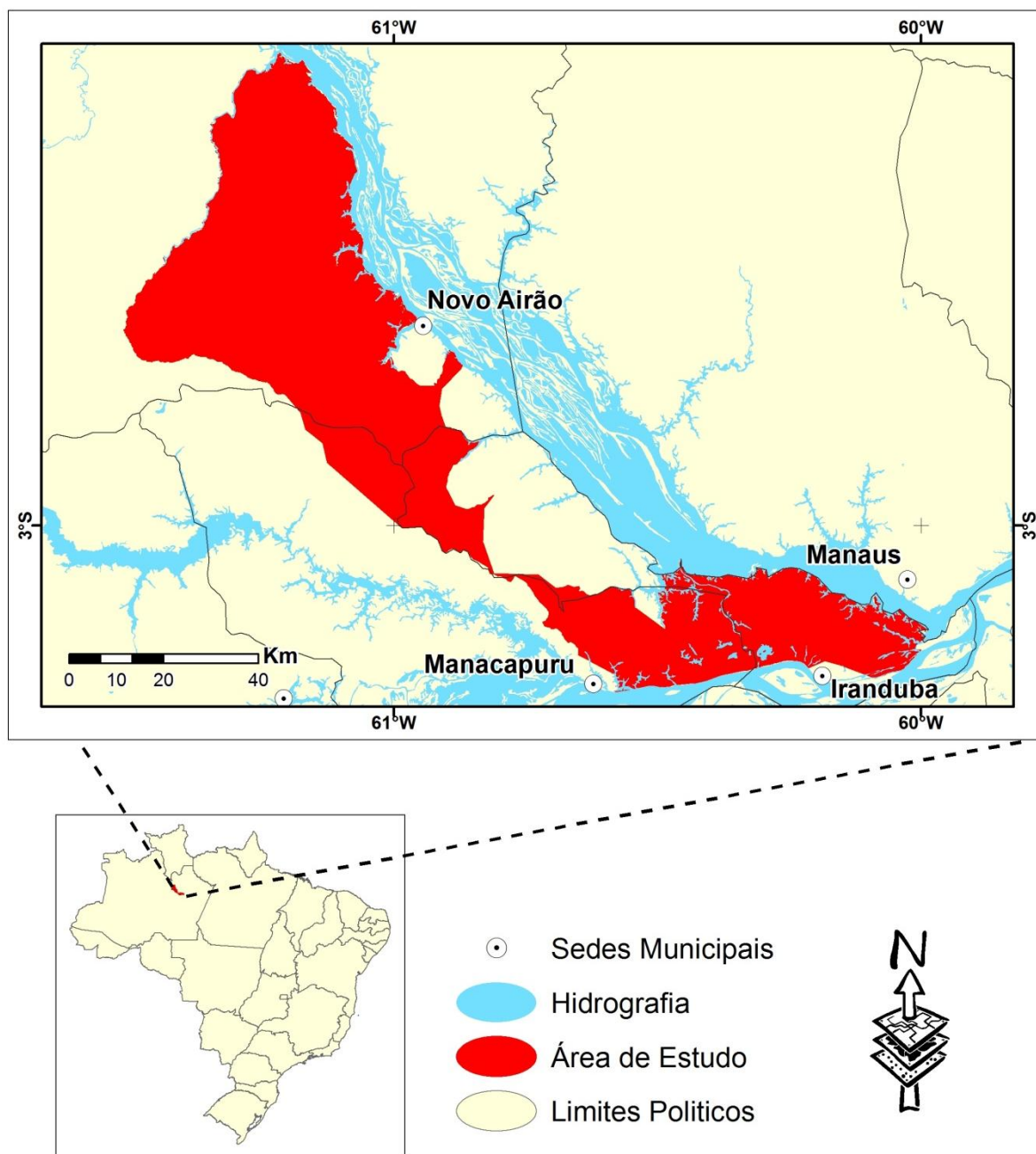


Figura 07: Mapa de localização da Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

4.2. Materiais Utilizados

Foram utilizadas Imagens do sensor *Thematic Mapper - TM* do satélite Landsat-5

com resolução espacial de 30 metros, bandas espectrais 3, 4 e 5 referentes ao vermelho (0,63 - 0,69 μm), infravermelho-próximo (0,76 - 0,90 μm) e infravermelho-médio (1,55 - 1,75 μm) respectivamente. As cenas utilizadas foram das órbitas 231 e 232 e pontos 61 e 62 dos anos de 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 e 2011. A escolha em cenas concentrou-se aos meses de julho a setembro devido à menor cobertura de nuvens nesse período. As imagens são disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE no endereço eletrônico <www.dgi.inpe.br/CDSR>. A tabela 02 relaciona as cenas selecionadas e suas respectivas datas de passagem.

Tabela 01: Relação das cenas do satélite Landsat-5 utilizadas com respectivas datas de passagem.

Órbita/Ponto	Data da Passagem						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
231/062	29/jul	02/set	04/ago	06/ago	10/set	27/jul	31/ago
232/061	22/set	09/set	26/jul	28/ago	01/set	04/set	07/set
232/062	05/ago	08/ago	26/jul	29/ago	01/set	*	07/set

* Sem imagem selecionada devido a alta cobertura de nuvens nas cenas disponíveis.

Um Modelo Digital de Elevação - MDE obtido de dados da missão *Shuttle Radar Topography Mission – SRTM*, refinados pelo projeto TOPODATA/INPE que converteu a resolução espacial original de 90 para 30m aplicando interpolação pelo método de krigagem (Valeriano M. M., 2008). Utilizou-se os dados referentes as cenas 02S63_ZN, 02S615_ZN, 03S60_ZN e 03S615_ZN. As cenas estão disponíveis no endereço eletrônico <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/geotiff>>.

Para georreferenciamento das imagens Landsat-5 foi utilizado como base o mosaico ortorretificado S-20-00 da base *Mrsid – ZULU* disponível no endereço

eletrônico <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>>.

Os dados cartográficos em arquivos digitais no formato *shapefile* de localidades, rodovias, limites estaduais e municipais, hidrografia, geomorfologia, geologia, solos e vegetação foram adquiridos da base de dados do Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM. Os limites oficiais da área de estudo em arquivo digital no formato *shapefile* estão disponíveis no Centro Estadual de Unidade de Conservação - CEUC do Estado do Amazonas no endereço eletrônico <www.ceuc.sds.am.gov.br/downloads/category/3-shapes.html>.

Dados históricos anuais de uso da terra digitalizados pelo método “*heads-up*” a partir das cenas Landsat-5 dos anos de 2005 a 2011.

Dados do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia - PRODES/INPE disponíveis no endereço eletrônico <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>.

Os programas computacionais utilizados em sensoriamento remoto, processamento digital das imagens, estruturação e manipulação do Sistema de Informação Geográficas-SIG foram:

- Spring, versão 5.2.1: utilizado para criação do banco de dados geográfico, análises geográficas e obtenção dos dados de hipsometria e declividade do MDE;
- ArcGis, versão 9.3: georreferenciamento das cenas Landsat-5, vetorização e elaboração dos mapas temáticos.

4.3. Procedimento Metodológico

A abordagem metodológica consistiu de cinco etapas principais. A primeira etapa foi a estruturação da base cartográfica atualizada para a área de estudo. A segunda etapa consistiu na análise multitemporal anual das imagens de satélite buscando identificar as mudanças de uso e cobertura da terra no interior da unidade de conservação entre os anos de 2005 a 2011. Na terceira etapa foram mapeadas todas as áreas de preservação permanente presentes na área de estudo. Na quarta etapa foram identificados os conflitos de uso dessas áreas frente legislação. Na quinta e última etapa foi realizada a análise dos dados e confecção dos mapas.

4.3.1. Estruturação da Base Cartográfica

Essa etapa consistiu de dois momentos distintos. No primeiro momento houve o levantamento dos dados disponíveis e no segundo momento o processamento desses dados e seu armazenamento estruturado em banco de dados geográfico.

4.3.1.1. Levantamento dos dados

Esta fase compreendeu a triagem das informações geoespaciais da área de estudo necessárias e úteis à pesquisa. Da base de dados do Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM foram adquiridos os dados cartográficos digitais de classes de solos, geologia, geomorfologia, vegetação, limites municipais, rede viária e hidrografia. O arquivo digital dos limites da Área de Proteção Ambiental da Margem

Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões foi acessado diretamente da página na *internet* do Centro Estadual de Unidades de Conservação – CEUC, órgão da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SDS do Estado do Amazonas, no endereço eletrônico <www.ceuc.sds.am.gov.br/downloads/category/3-shapes.html>.

Os arquivos de imagens do satélite Landsat-5 e dados SRTM-TOPODATA foram adquiridos nessa etapa da pesquisa.

4.3.1.2. Processamento dos dados

Foi adotado como referência para os dados geográficos nessa pesquisa o Datum Horizontal WGS 84 e o sistema de coordenadas planas UTM no fuso 20S. Sendo assim, todos os dados que originalmente possuíam Datum e projeção diferentes do estabelecido, foram convertidos para padrão adotado antes do armazenamento no banco de dados geográfico.

Para cada cena Landsat-5 selecionada foi gerada uma composição colorida *RGB* com a seguinte relação filtro-banda: *Red=SWIR*, *Green=NIR* e *Blue=RED*. Essas imagens compostas tiveram seu histograma ajustado para melhorar o realce e o contraste da cena facilitando a diferenciação visual para o intérprete entre as diferentes formas de uso do solo e cobertura vegetal existentes na área de estudo. Para a correção geométrica (registro) dessas cenas foi utilizada a transformação por afinidade (polinômio de primeiro grau) tendo como base o mosaico ortorretificado S-20-00 da base *Mrsid – ZULU* com pelo menos 20 pontos de controle e *Root Mean Square Error - RMSE* menor que um 'pixel' da imagem. As imagens Landsat-5 com

suas geometrias corrigidas foram agrupadas por ano e convertidas em uma única imagem, chamada de mosaico. Em uma etapa posterior, esse mosaico foi recortado utilizando os limites da área de estudo como máscara.

Os dados SRTM-TOPODATA tiveram seu sistema de coordenadas geográficas convertido para o sistema de coordenadas planas UTM mantendo o Datum original WGS84. Posteriormente, também foi realizado um processo de mosaicagem e recorte dessas cenas tendo os limites da área de estudo como parâmetro. A partir desses dados foi gerado um Modelo Digital de Elevação – DEM que serviu para a confecção dos mapas de hipsometria, declividade e drenagem.

Observou-se que o arquivo dos limites da Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões disponibilizado pelo seu órgão gestor não apresentava a precisão compatível com a escala desejada nesse estudo (figura 08). Como alternativa, optou-se pela confecção de um novo arquivo vetorial de limites da área de estudo observando o que está estabelecido em seu instrumento legal de criação, o Decreto nº 16.498 de 02/04/1995, posteriormente alterado pela Lei nº 3.355 de 26/12/2008. O processo consistiu na vetorização dos limites do memorial descritivo, que consta no instrumento legal de criação da unidade, tendo como base as cenas Landsat-5 do ano de 2005. Com esse refinamento dos limites, a área total da A.P.A. passou a ser de 4.661,32 km². Esse valor, diferente da área oficial que é de 4.617,41 km², foi adotado para os cálculos e análises dessa pesquisa por estar mais adequado ao detalhamento desejado.

Os dados vetoriais de classes de solos, geologia, geomorfologia, vegetação, limites municipais, rede viária e hidrografia, após terem suas informações geográficas reprojetadas foram recortados observando os limites da área de estudo.

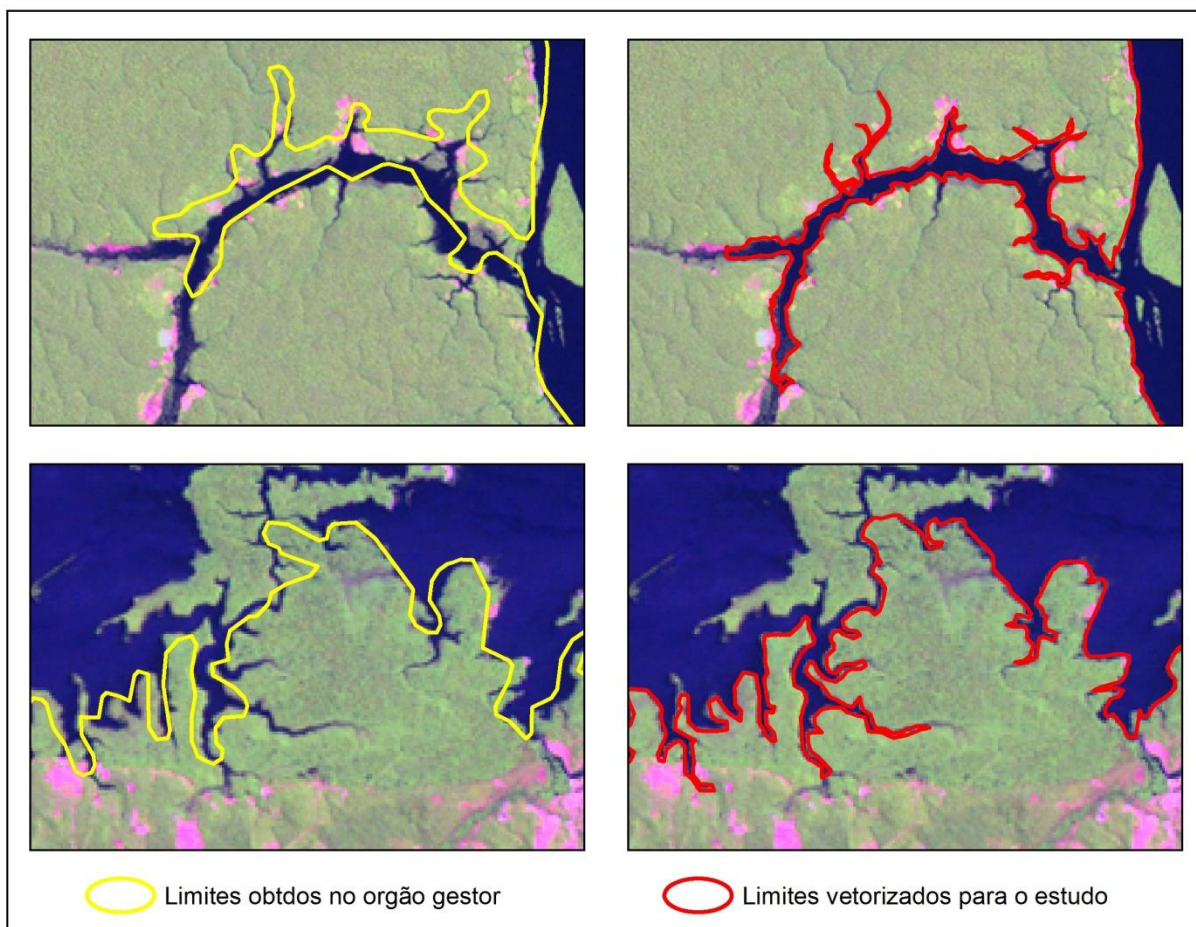


Figura 08: Detalhe entre os limites da área de estudo obtidos junto ao órgão gestor e os limites obtidos após o trabalho de refinamento.

4.3.2. Obtenção dos Dados Multitemporais de Uso e Cobertura da Terra

Nessa etapa da pesquisa foi realizado o mapeamento temático dos mosaicos anuais das imagens Landsat-5. Utilizou-se o método “*heads-up*”, ou seja, digitalização direta na tela do computador observando os elementos de interpretação visual de imagens: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização.

As feições foram agrupadas no processo de mapeamento em três classes

temáticas: áreas antropizadas, áreas não antropizadas e corpos d'água. A classe “áreas antropizadas” incluiu as áreas de floresta que sofreram alteração antrópica tais como desmatamento a corte raso, raleamento da vegetação, implantação de pastagens ou lavouras, etc. Na classe “áreas não antropizadas” foram incluídas as áreas de florestas ou com pouca intervenção. Os rios, igarapés e lagos foram digitalizados na classe “corpos d'água”.

O mapeamento iniciou-se no mosaico das imagens Landsat-5 referentes ao ano de 2005, obtendo-se um mapa temático da antropização acumulada na área de estudo até aquele ano. Esse dado foi considerado como “T0” para análises realizadas.

O mapeamento da evolução do processo de antropização ocorrido entre os anos de 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010 e 2010-2011 foi realizado com a vetorização das alterações detectadas na cobertura da terra entre os mosaicos anuais compostos por imagens do satélite Landsat-5. Ao fim desse processo obteve-se um mapa de uso e cobertura da terra com o incremento anual do processo de antropização ocorrido no interior da área de estudo. O esquema desse processo pode ser visualizado no fluxograma representado na figura 09.

A análise quantitativa da antropização foi realizada por meio de tabulação cruzada entre os dados de antropização anuais e os limites da área de estudo.

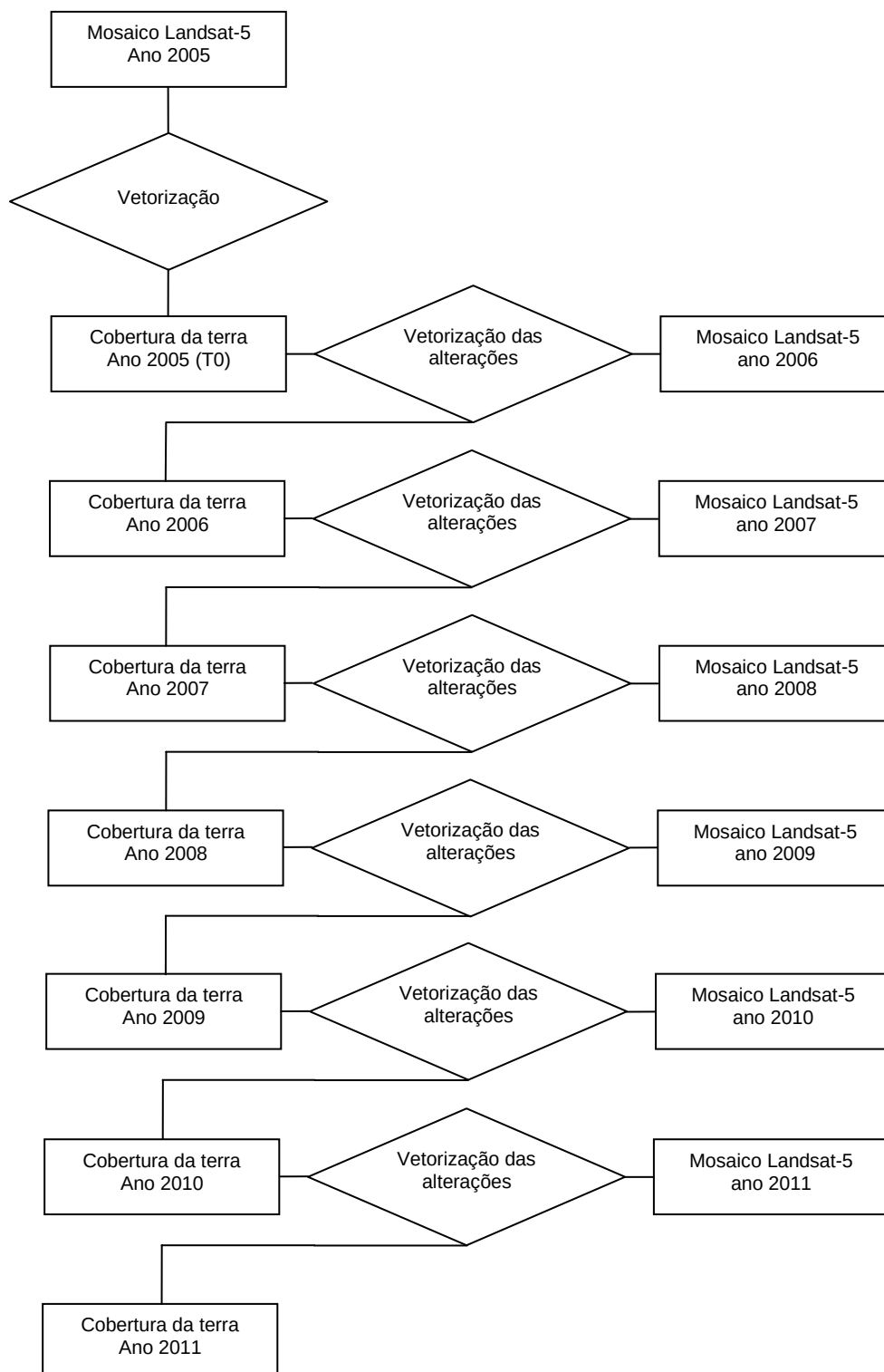


Figura 09: Fluxograma com as etapas do mapeamento multitemporal da antropização no interior da área de estudo.

4.3.3. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente

Com os valores de altimetria do Modelo Digital de Elevação – DEM, adquiridos dos dados SRTM-TOPODATA, foram gerados mapas de hipsometria, declividade e drenagem.

O mapa de hipsometria foi confeccionado com isolinhas (curvas de nível) espaçadas verticalmente em 10 metros. Analisando os dados hipsométricos, não foram encontradas elevações (morros) que se enquadrassem nos critérios estabelecidos na legislação para que seus topos fossem considerados áreas de preservação permanente, ou seja, diferença mínima de 100 m entre as cotas de topo e base e inclinação média maior que 25°.

O mapa de declividade foi analisado em busca de encostas com declividade maior que 45°. Não foram localizadas, em nossa escala de mapeamento, áreas que se enquadrassem nesse critério.

Sendo assim, o mapeamento das áreas de preservação permanente se concentrou nas áreas marginais dos rios, igarapés e lagos. Essa etapa do mapeamento consistiu de três momentos distintos: obtenção da rede de drenagem com a vetorização dos corpos d'água a partir do MDE, mapeamento das nascentes e aplicação dos *buffers* correspondentes as áreas de preservação.

Para a obtenção da rede drenagem a partir dos dados do Modelo Digital de Elevação – MDE foi utilizado o utilitário *ArcHydro* presente no aplicativo ArcGis 9.3 de acordo com a metodologia descrita por Andrades Filho *et al.* (2009). Na etapa correspondente ao cálculo de direção de fluxo, foi adotado um limiar no valor de 500 *pixels* que proporcionou a categorização de rios na área de estudo até a 7ª ordem. O

padrão adotado para essa categorização foi proposto por Strahler (1957), onde os rios são classificados em ordens de acordo com o número de tributários que recebe (figura 10). Horton (1945), citado por Strahler (1957), apresenta a metodologia para o cálculo da densidade de drenagem que serve para avaliar o grau de evolução do sistema de drenagem ao indicar a velocidade com que a água deixa esse sistema. A seguinte fórmula é utilizada para esse cálculo:

$$Dd = \frac{\Sigma L}{A}$$

Onde, Dd é a densidade de drenagem (km/km²), ΣL é total do comprimento de todos os canais (km) e A é a área de drenagem (km²).

Strahler (1957), propôs a seguinte classificação para os valores obtidos de densidade de drenagem:

- baixa Dd : < 5,0 km/km²
- média Dd : 5,0 a 13,5 km/km²
- alta Dd : 13,5 a 155,5 km/km²
- muito alta Dd : > 155,5 km/km²

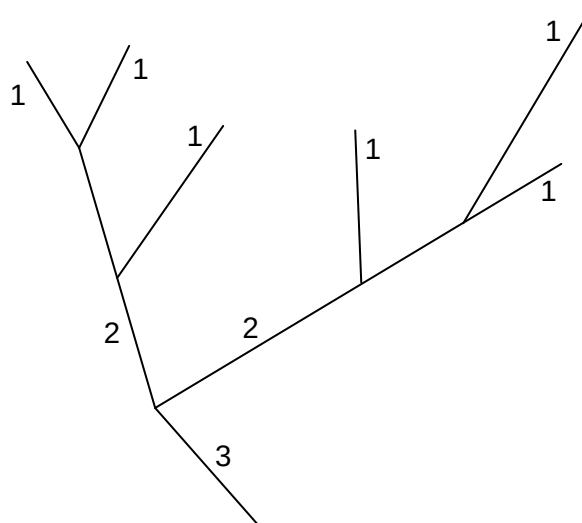


Figura 10: Ordenamento dos cursos d'água proposto por Strahler. Fonte: Strahler (1957)

Obtido a rede de drenagem o passo seguinte foi mapear todas as nascentes existentes, ou seja, identificar em cada curso d'água de 1ª ordem qual seu ponto de origem. Esses locais foram identificados como nascentes e atribuído a eles um ponto georeferenciado em um arquivo vetorial chamado de “nascentes”.

Os corpos d'água digitalizados conforme descrito no item 4.3.2. também foram utilizados no mapeamento das áreas de preservação permanente. Esses corpos d'água passaram por um processo de ordenamento que buscou categorizá-los de acordo com suas faixas de áreas de preservação permanente conforme a legislação.

Na última etapa dessa fase foram atribuídos *buffers* aos arquivos vetoriais da rede de drenagem, nascentes e corpos d'água vetorizados, correspondentes as suas respectivas áreas de preservação permanente. Esses *buffers* geraram polígonos que foram agregados em um único arquivo vetorial. Após a exclusão das áreas sobrepostas, foi gerado um mapa com todas as áreas de preservação permanente.

4.3.4. Identificação dos Conflitos de Uso

De posse dos dados anuais de uso da terra e das áreas de preservação permanente, por meio de tabulação cruzada, foi possível identificar e quantificar as áreas que apresentam conflito quanto de uso frente a legislação ambiental, bem como a evolução desses cenários no período estudado. Na figura 11 pode-se visualizar o esquema dessa etapa da pesquisa.

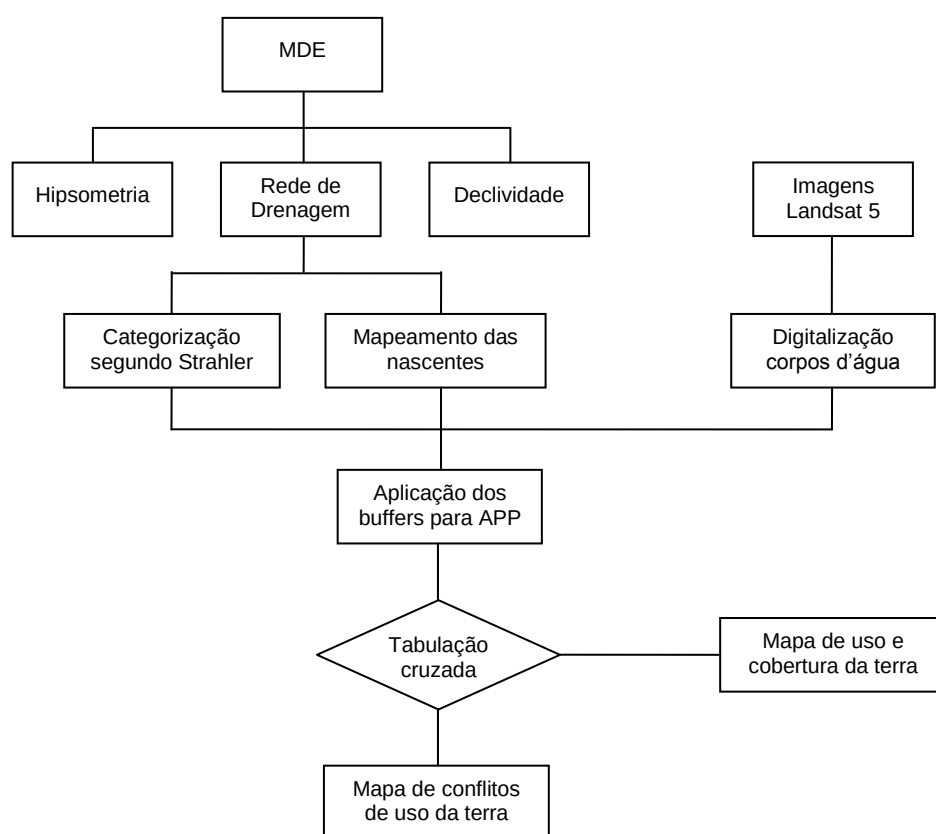


Figura 11: Fluxograma com as etapas para a obtenção das áreas com conflito de uso da terra.

4.3.5. Geração dos Mapas e Análises

Em ambiente SIG, os dados devidamente estruturados serviram para a extração das informações e análises que possibilitaram determinar as relações existentes entre os dados e seus efeitos na Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões. Foram confeccionados mapas temáticos atuais de: limites da A.P.A., tipos de solos, geologia, geomorfologia, tipos de vegetação, drenagem, hidrografia, uso e cobertura da terra, áreas de preservação permanente, hipsometria, declividade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização dos Aspectos Biofísicos

5.1.1. Solos

Os dados obtidos do projeto RADAMBRASIL.(1978) demonstraram que a Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões apresenta 79,22% de sua extensão composta por solos da classe Latossolo Amarelo, concentrados principalmente em sua porção norte a partir dos sedimentos das formações geológicas Alter do Chão e Grupo Trombetas. Em seguida, temos os solos da classe Plintossolo com 8,35% da superfície principalmente na porção sudeste da A.P.A. nas formações Alter do Chão e Solimões. Nas regiões próximas as margens dos rios Negro, Paduari e Solimões, onde encontram-se os aluviões holocênicos, estão concentradas as áreas com solos da classe Gleissolo representando 5,83% da superfície da unidade de conservação. Por último, temos os solos da classe Espodossolo (podzóis hidromórficos) originários principalmente da formação geológica Alter do Chão nas regiões de cotas de maior altitude do setor norte na unidade com 5,23% de participação na superfície da A.P.A.. A tabela 02 apresenta a participação de cada uma dessas classes de solos aqui descritas em relação a superfície total da área de estudo e na figura 12 temos a distribuição espacial dessas classes.

Tabela 02: Distribuição das classes de solos encontradas no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

Classes	Km²	%
Latossolo Amarelo	3.692,63	79,22%
Gleissolo	271,82	5,83%
Podzol Hidromórfico (Espodossolos)	243,68	5,23%
Plintossolo	389,01	8,35%
Total	4.597,139	98,62%

Fonte: RADAMBRASIL (1978).

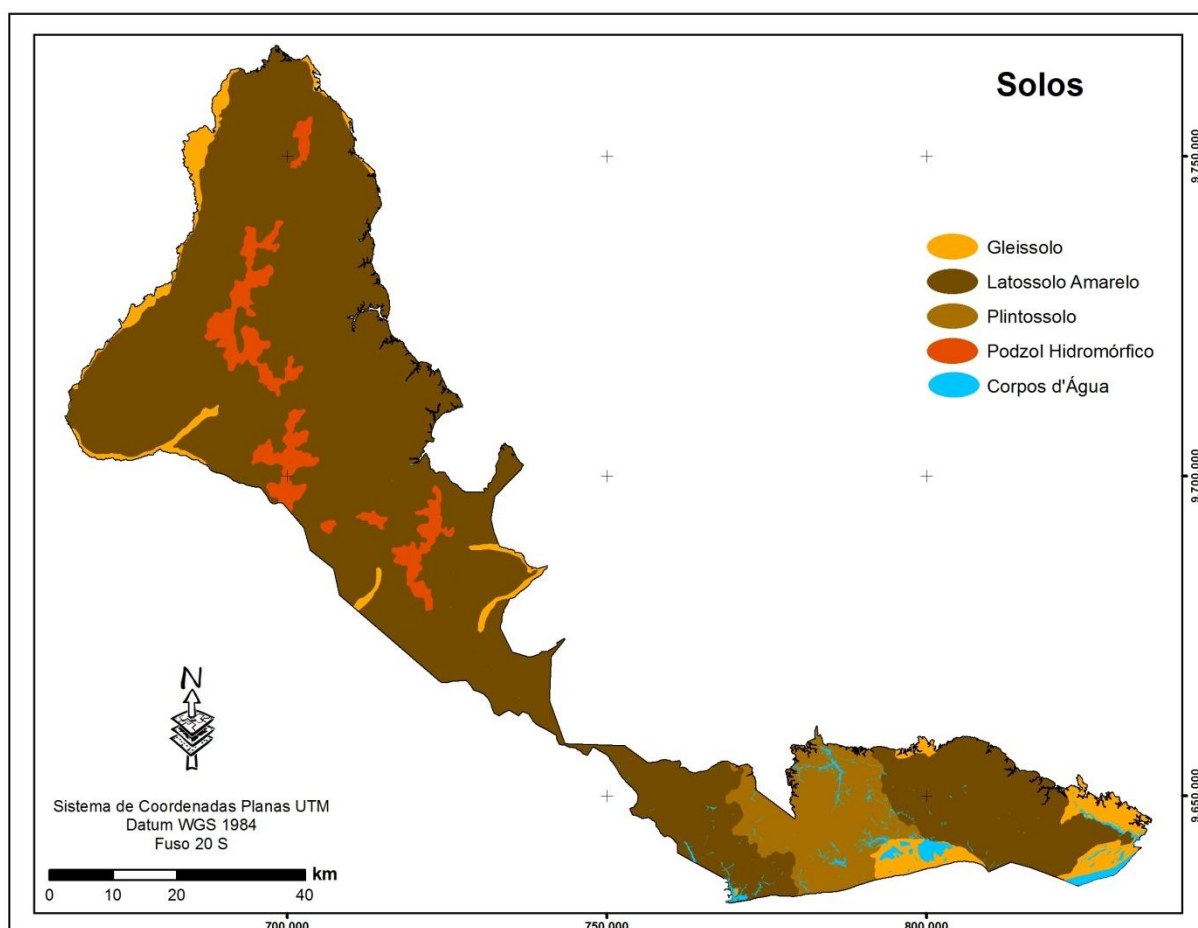


Figura 12: Mapa de solos da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões. Fonte: RADAMBRASIL (1978).

5.1.2. Geologia

A Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões é constituída por quatro conjuntos geológicos distintos: Grupo Trombetas, Aluviões Holocênicos, Formações Alter do Chão e Solimões de acordo com os dados obtidos do projeto RADAMBRASIL.(1978).

Analisando a tabela 03 percebe-se que a formação Alter do Chão corresponde a 78,51% da superfície da A.P.A.. Segundo D'Antona *et al.* (2007), essa forma litológica do período Cretáceo Superior é constituída basicamente por quartzos arenitos, arenitos arcoseanos, arenitos caulínicos e caulins sedimentar. Ainda segundo os mesmos autores, diversos depósitos argilosos de Latossolos originários da Formação Alter Chão são propícios para o uso na construção civil, por exemplo, na fabricação de tijolos, telhas e lajotas.

O Grupo Trombetas representa 9,75% da área de estudo. É composto, da base para o topo, pelos depósitos siliciclásticos das formações Nhamundá, Pitinga e Manacapuru inseridas no intervalo Siluro-Devoniano da Bacia do Amazonas (CPRM, 1998).

Os aluviões Holocênicos ocupam 6,30% da área de estudo. D'Antonna *et al* (2007) caracteriza essa formação como terrenos aplanados e sazonalmente inundáveis que ao formarem as planícies aluvionares ou várzeas acumulam sedimentação fluvial. Os aluviões Holocênicos ocupam faixas marginais ao longo das principais drenagens.

A Formação Solimões contribui com 4,08% da extensão da A.P.A.. Maia *et al.* (1977), citado por Motta (2008), diz que, litologicamente, essa formação é composta

por arenitos finos a grossos subangulares e subarredondados, intercalados com camadas centimétricas a métricas de argila branco-avermelhada.

A figura 13 apresenta a distribuição das formações geológicas no interior da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.

Tabela 03: Distribuição das formações geológicas encontradas no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

Classes	Km²	%
Grupo Trombetas	454,58	9,75%
Aluviões Holocênicos	293,49	6,30%
Formação Alter do Chão	3.659,80	78,51%
Formação Solimões	190,17	4,08%
Total	4.598,034	98,64%

Fonte: RADAMBRASIL (1978).

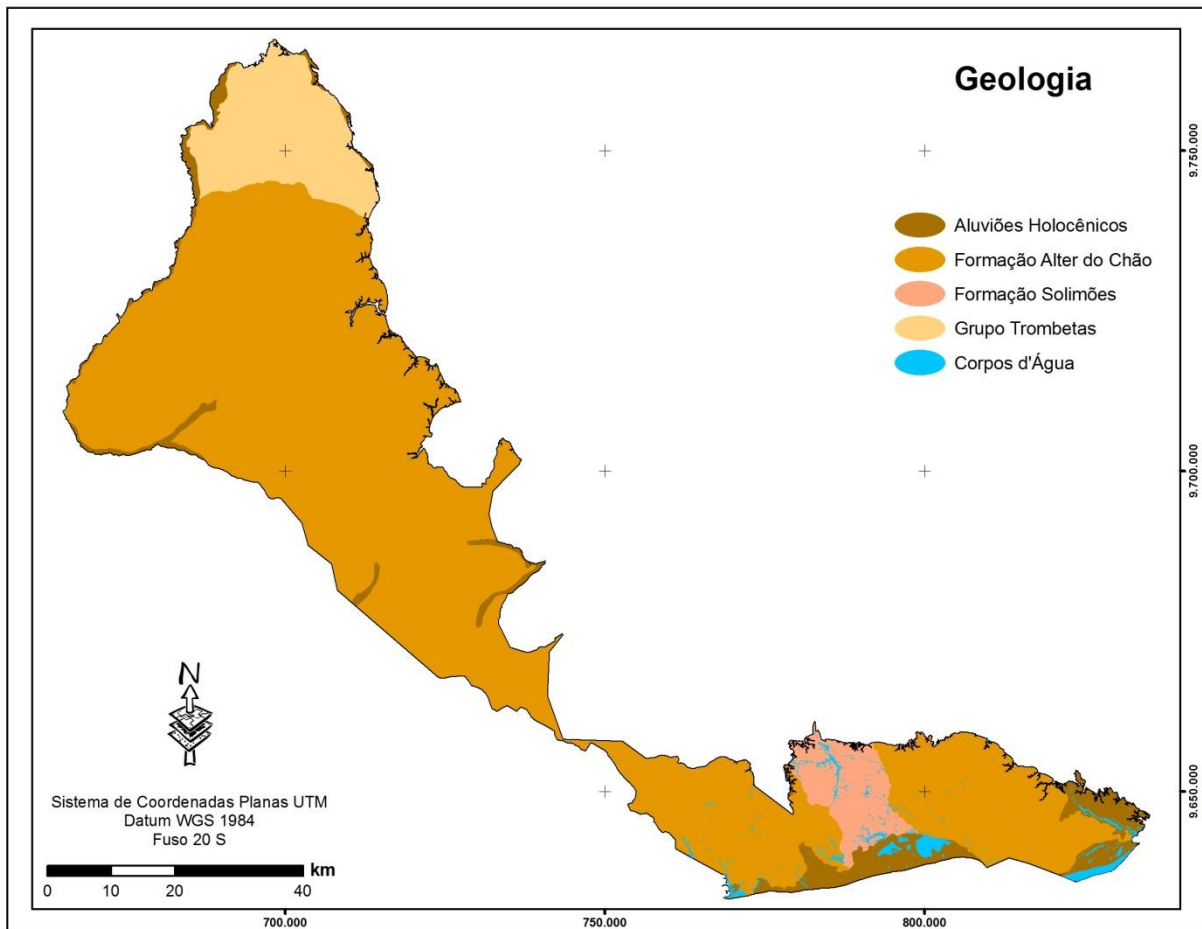


Figura 13: Mapa geológico da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões. Fonte: RADAMBRASIL (1978).

5.1.3 Geomorfologia

Foram mapeadas a partir dos dados do projeto RADAMBRASIL (1978) duas unidades morfoestruturais no interior na área de estudo: Planície Amazônica e Planalto Dissecado dos rios Negro – Uatumã.

O Planalto Dissecado dos rios Negro – Uatumã se caracteriza por apresentar um relevo formado por interflúvios tabulares de dimensões médias que lhe confere a qualificação de “dissecado”, com ocasionais setores de topos convexos, separados por vales alargados e rasos que possuem vertentes retilíneas ravinadas em

processo de movimentação de massa e desmoronamentos. O rio Negro é o principal agente de drenagem dessa unidade geomorfológica. Predominam sobre essa unidade morfoestrutural a classe de solo Latossolo Amarelo com cobertura vegetal de Floresta Densa (RADAMBRASIL, 1978; EMBRAPA, 1986; Silva, 2010). Concentrando-se nas regiões mais altas da área estudada, acima de 40 m de altitude, essa unidade geomorfológica alcança uma superfície correspondente a 88,37% da Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.

A Planície Amazônica sofre influência direta do rio Amazonas que a divide em áreas alagadas e inundáveis. Nessas áreas registram-se fatos específicos como os paranás, furos, igarapés, vales fluviais com foz afogada, lagos com forma ou gênese diferenciada, diques aluviais, áreas de inundação, áreas constantemente alagadas, cursos fluviais anastomosados com numerosas linhas, além de outros (RADAMBRASIL, 1976). Essa unidade geomorfológica está presente em 10,28% da superfície da área de estudo concentrando-se nas regiões com cota de até 50 m de altitude.

Na tabela 04 temos a participação das duas unidades geomorfológicas na área de estudo em km² e percentual relativo, e na figura 14 está ilustrada a distribuição espacial dessas unidades.

Tabela 04: Distribuição das unidades geomorfológicas encontradas no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

Classes	Km ²	%
Planalto Dissecado dos Rios Negro e Uatumã	4.119,23	88,37%
Planície Amazônica	479,05	10,28%
Total	4.598,279	98,65%

Fonte: RADAMBRASIL (1978).

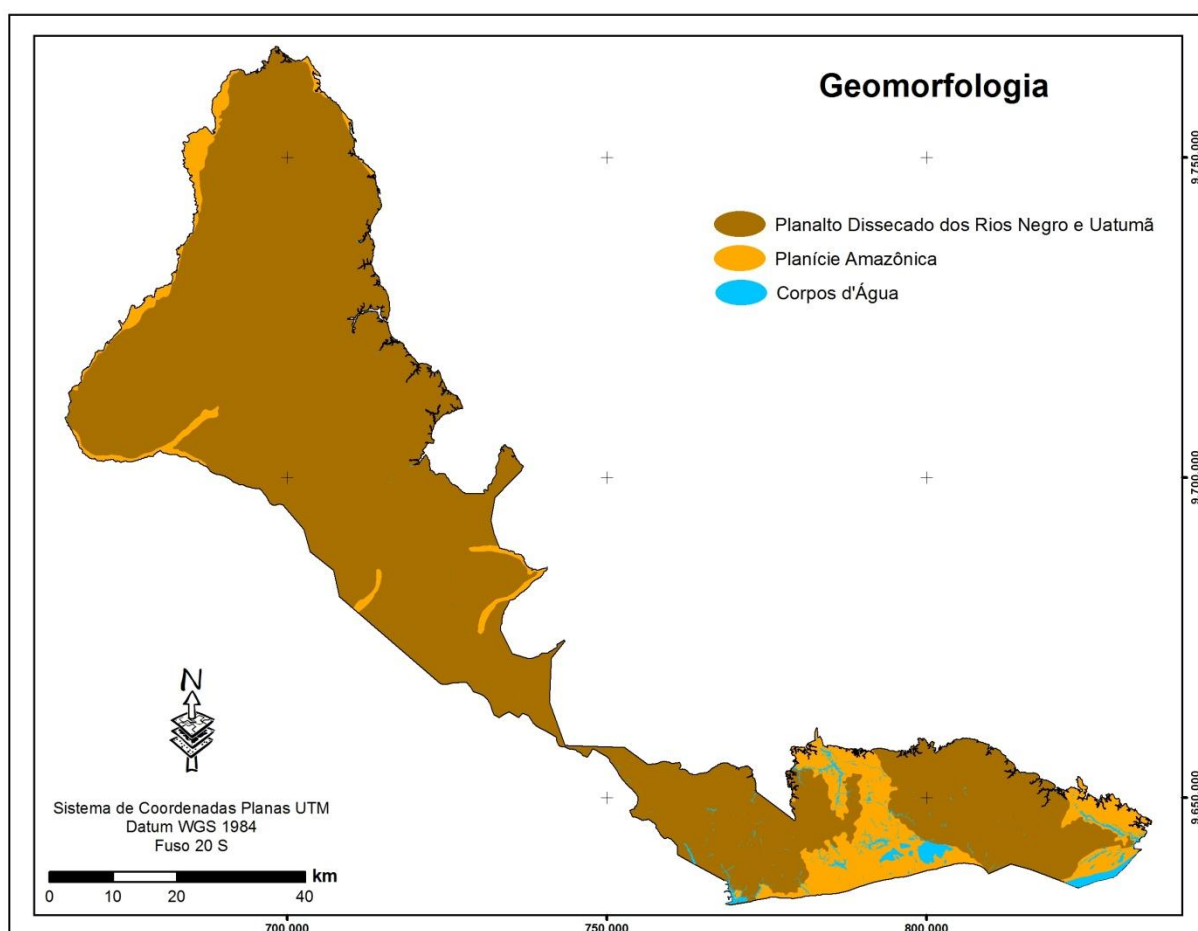


Figura 14: Mapa geomorfológico da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões. Fonte: RADAMBRASIL (1978).

5.1.3.1. Hipsometria

O mapa hipsométrico (figura 15) ilustra espacialmente os dez níveis, chamados de classes hipsométricas, em que o relevo da área estudada foi estratificado atribuindo um gradiente de cor referente a altimetria desses patamares. Percebe-se que não há grande variação altimétrica, com a cota máxima atingindo 100 m em uma pequena área.

Analisando a tabela 05, percebemos que na área em estudo os patamares de terreno com altimetria entre 50 a 80 m representam 69,07% da superfície. Abaixo da cota de 40 m temos 23,91% da área estudada. Apenas 3,23% do terreno está localizado em uma altitude superior a 80 m.

Tabela 05: Estratificação das superfícies compreendidas por cada classe hipsométrica no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

Classes Hipsométricas	Km²	%
0 – 10 m	3,94	0,08%
10 – 20 m	180,91	3,88%
20 - 30 m	326,62	7,01%
30 – 40 m	603,31	12,94%
40 – 50 m	176,01	3,77%
50 - 60 m	780,79	16,75%
60 - 70 m	1.164,10	24,97%
70 - 80 m	1.275,07	27,35%
80 - 90 m	143,65	3,08%
90 - 100 m	6,92	0,15%
Total	4.661,32	100,00%

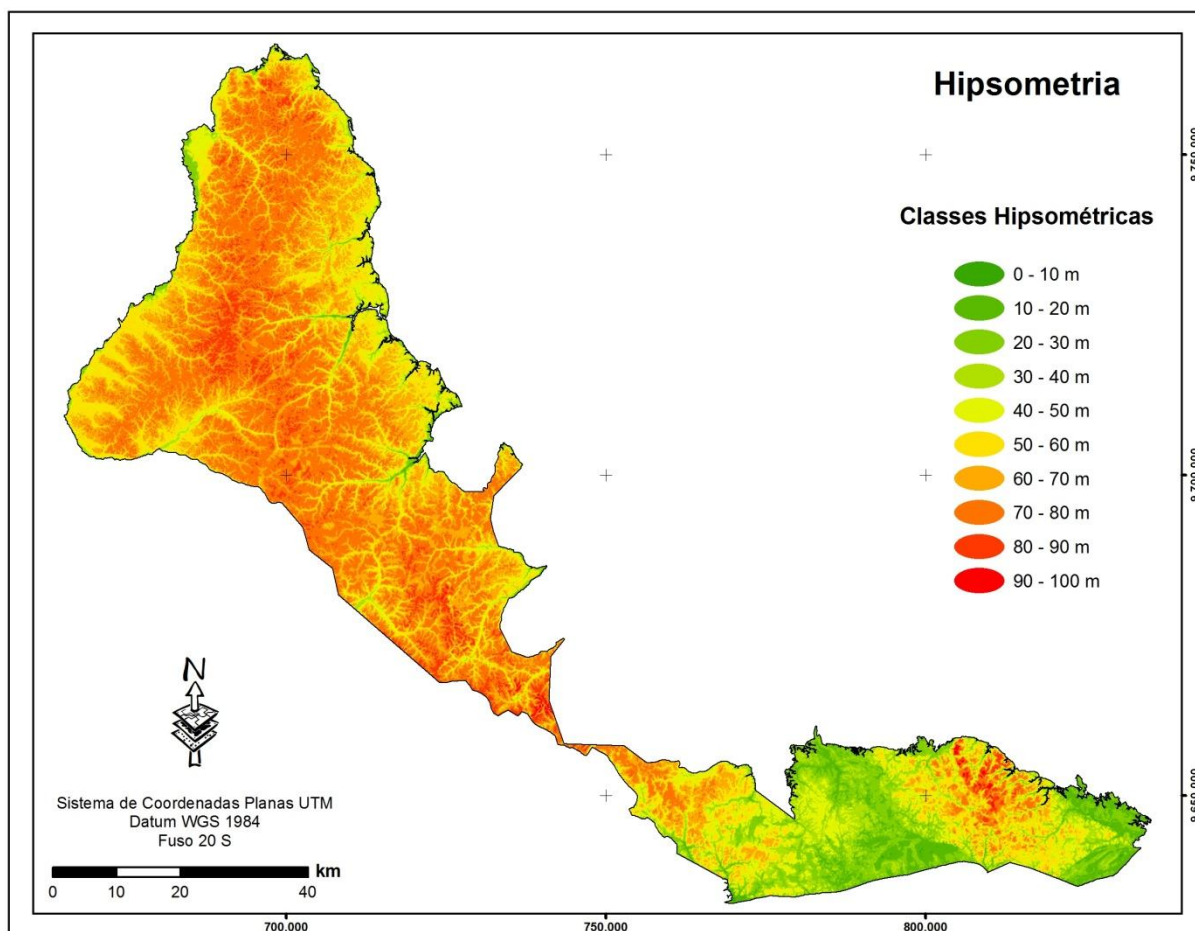


Figura 15: Mapa hipsométrico da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.

5.1.3.2. Declividade

O mapa de declividade está representado na figura 16. Sua elaboração foi baseada nas classes de declividade propostas pela EMBRAPA (1979) e apresentadas na quadro 02.

Analisando os resultados obtidos de declividade (tabela 06), percebe-se que a Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões apresenta predominância de relevos planos e relevos suavemente ondulados, que somados representam 81,27% de sua superfície.

Prosseguindo com a análise da tabela 06 em conjunto com o mapa da figura 16, percebe-se que apenas 17,66% da área estudada apresenta relevo ondulado concentrado principalmente nas regiões justafluviais.

Cardoso *et al.* (2006), destaca que a declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio, sobretudo devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial, reduzindo a possibilidade da infiltração de água no solo. No mesmo estudo, o autor conclui dizendo que a declividade juntamente com a cobertura vegetação são fatores que devem ser observados para o correto manejo de uma área.

Quadro 02: Classificação da forma do relevo em relação a declividade em porcentagem.

Declividade	Forma do Relevo
0 – 3%	Plano
3 – 8%	Suave ondulado
8 – 20%	Ondulado
20 – 45%	Fortemente ondulado
> 45%	Montanhoso/escarpado

Fonte: EMBRAPA (1979)

Tabela 06: Classes de declividade encontradas no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

Classes	Km²	%
0 – 3%	1.535,17	32,93%
3 – 8%	2.253,16	48,34%
8 – 20%	823,13	17,66%
20 – 45%	22,41	0,48%
> 45%	0,02	0,00%
Total	4.633,89	99,41%

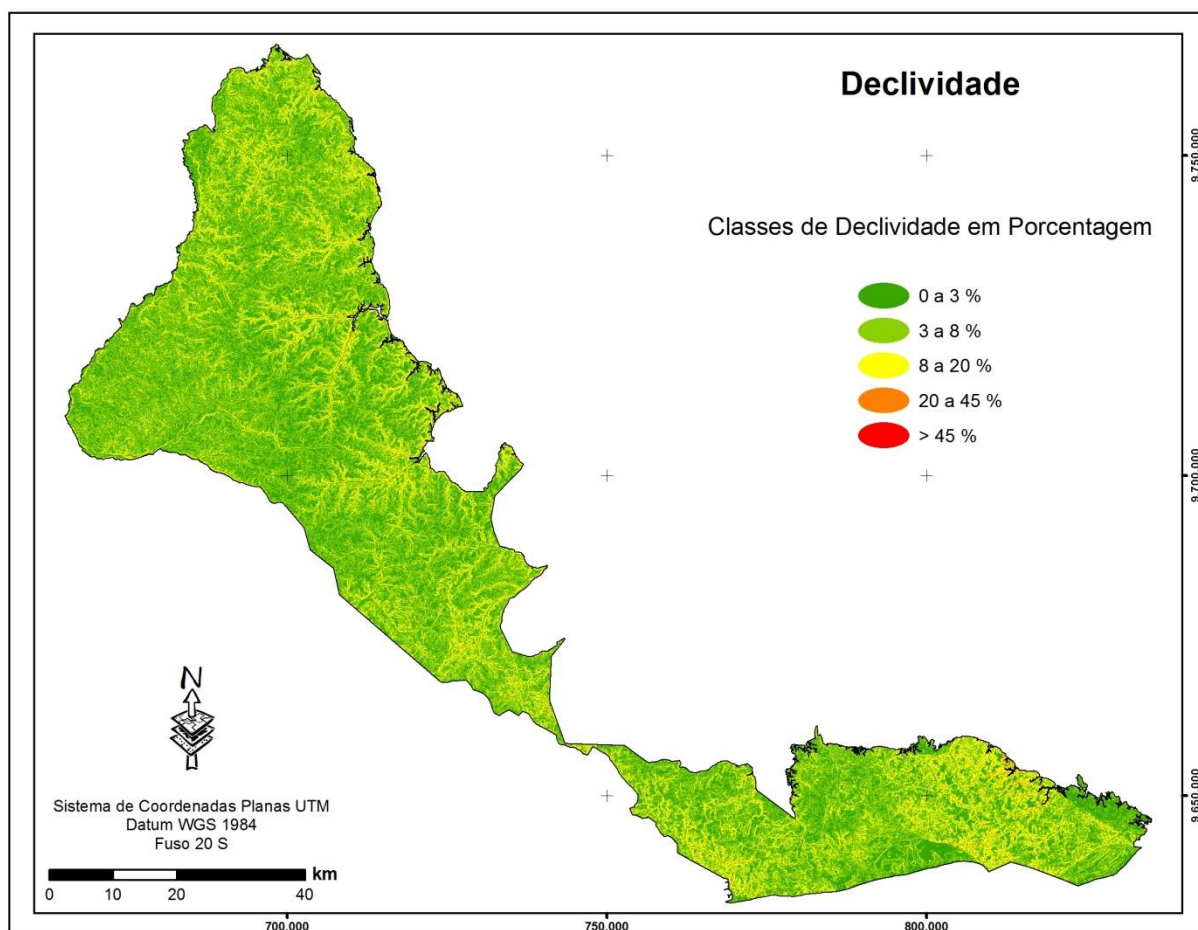


Figura 16: Mapa de declividade da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.

5.1.4. Recursos Hídricos

5.1.4.1. Hidrografia

A área de estudo está localizada entre duas grandes bacias hidrográficas: do rio Negro, na porção norte e do rio Solimões, na porção sul. Em certos trechos, o contorno dos canais principais serve como limites legais da unidade, como é o caso do rio Puduari, na porção noroeste e do rio Negro que delimita trechos na porção norte da A.P.A.. Na tabela 07 temos a relação dos principais canais de drenagem e a figura 17 ilustra a hidrografia da área com a identificação desses canais.

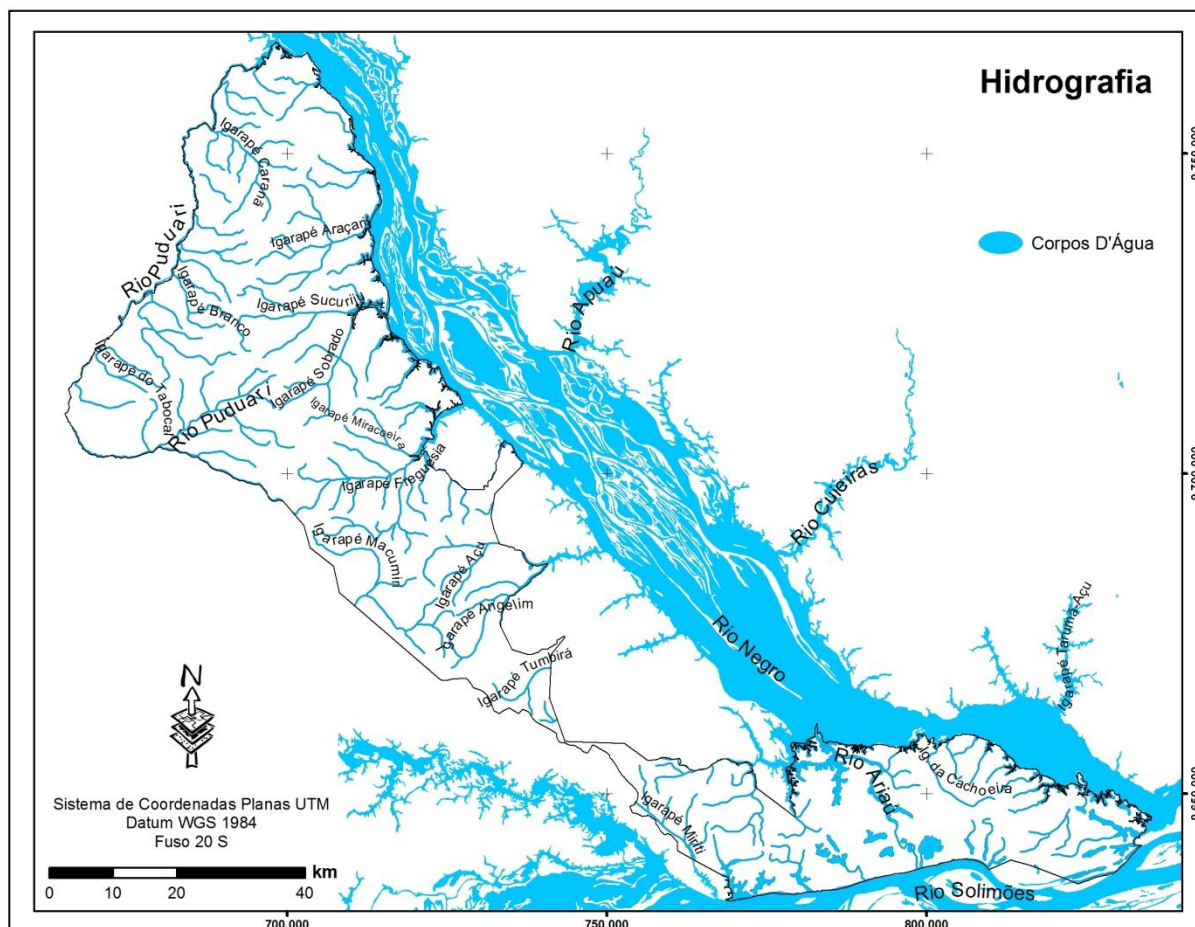


Figura 17: Mapa com a hidrografia das principais drenagens da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.

Tabela 07: Relação dos principais corpos d'água encontrados no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

Igarapés	Lagos	Rios	Paraná
Igarapé Açú	Lago Acajituba	Rio Ariaú	Paraná do Janauari
Igarapé Angelim	Lago do Bim	Rio Negro	
Igarapé Araçari	Lago do Limão	Rio Puduari	
Igarapé Branco	Lago do Matias	Rio Solimões	
Igarapé Caranã	Lago Miriti		
Igarapé da Cachoeira	Lago Santana		
Igarapé da Freguesia			
Igarapé do Tabocal			
Igarapé Faustino			
Igarapé Grande			
Igarapé Macumiri			
Igarapé Marajó			
Igarapé Miracoera			
Igarapé Miriti			
Igarapé Sobrado			
Igarapé Sucuriju			
Igarapé Tumbira			
Igarapé Tumbiró			

5.1.4.2. Rede de Drenagem

A rede drenagem obtida a partir dos dados SRTM – TOPODATA, observada na figura 18, apresenta um padrão dendrítico, ou seja, assemelham-se aos galhos de uma árvore. Aplicando a hierarquização dos rios segundo Strahler (1957), foi possível mapear canais até a sétima ordem que juntos, incluindo aqueles

vetorizados manualmente, totalizam uma extensão de 5.769,28 km. A densidade de drenagem calculada a partir desses dados foi de 1,238 km/km², valor que segundo a classificação proposta por Strahler (1957) é considerado como de baixa densidade. Na tabela 08 temos o resultado da hierarquização dos rios com a extensão total de cada ordem hierárquica.

Tabela 08: Distribuição da drenagem hierarquizada na APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

Ordem	Km
1°	2.450,10
2°	1.214,68
3°	998,79
4°	446,52
5°	134,58
6°	141,19
7°	383,42
Total	5.769,28

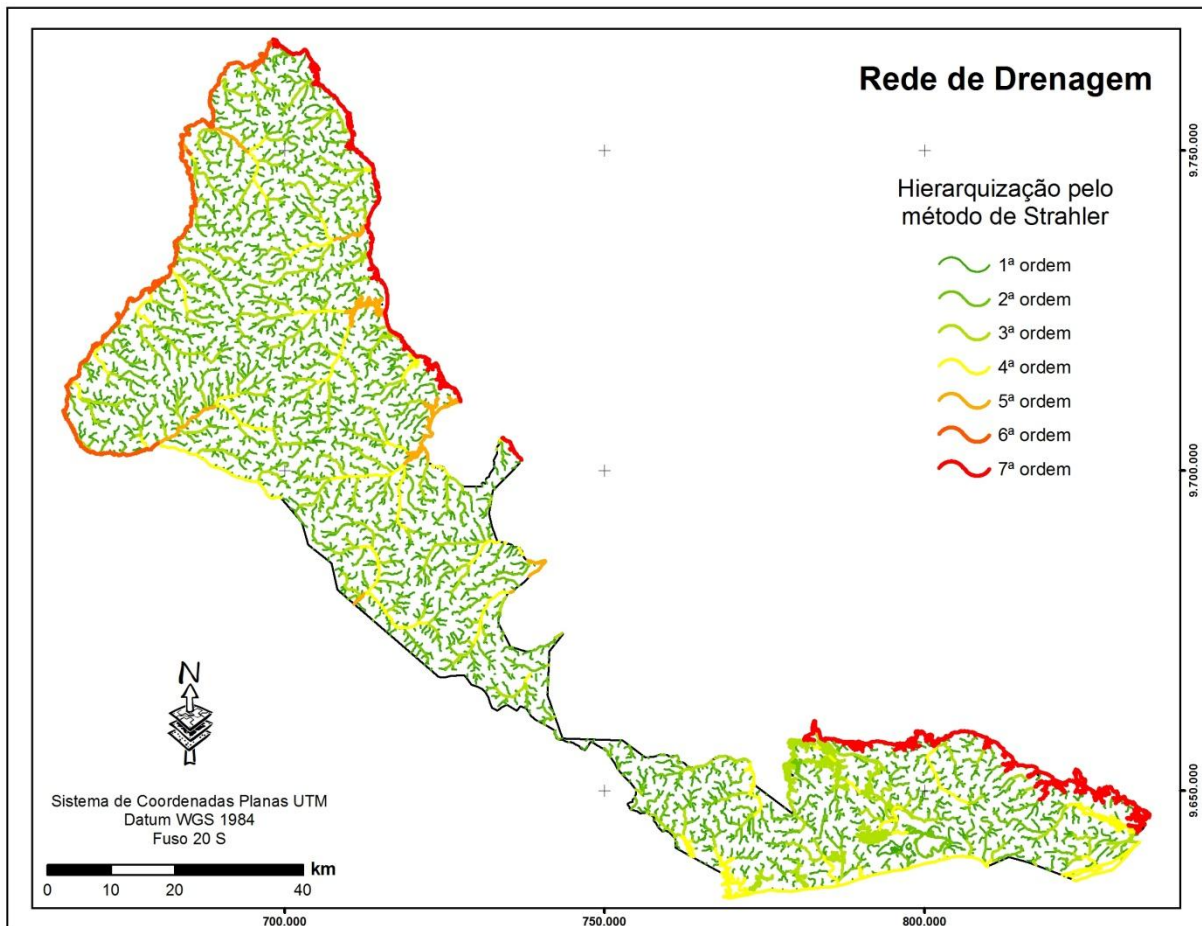


Figura 18: Mapa da rede de drenagem gerada a partir de dados SRTM/TOPODATA para a A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.

5.1.5. Vegetação

De acordo com os dados do RADAMBRASIL (1978), a região estudada é dominada pela floresta ombrófila densa de terras baixas, com e sem dossel emergente, que somadas cobrem 73,62% de sua superfície. A floresta ombrófila densa aluvial com dossel emergente representa 6,98%, seguida da Floresta ombrófila aberta de terras baixas com palmeiras que corresponde a 5,51% da área estudada. A tabela 09 quantifica as fitofisionomias encontradas na A.P.A. enquanto que a figura 19 espacializa esses dados em um mapa de vegetação.

Tabela 09: Tipos de vegetação verificados no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

Classes	Km²	%
Campinarana arborizada com palmeiras	11,74	0,25%
Floresta ombrófila aberta aluvial	11,10	0,24%
Floresta ombrófila aberta aluvial com palmeiras	44,95	0,96%
Floresta ombrófila aberta terras baixas com palmeiras	256,77	5,51%
Floresta ombrófila densa aluvial dossel emergente	325,57	6,98%
Floresta ombrófila densa terras baixas	206,94	4,44%
Floresta ombrófila densa terras baixas dossel emergente	3.224,66	69,18%
Sem informação	519,307	11,14
Total	4.633,89	98,71%

Fonte: RADAMBRASIL (1978).

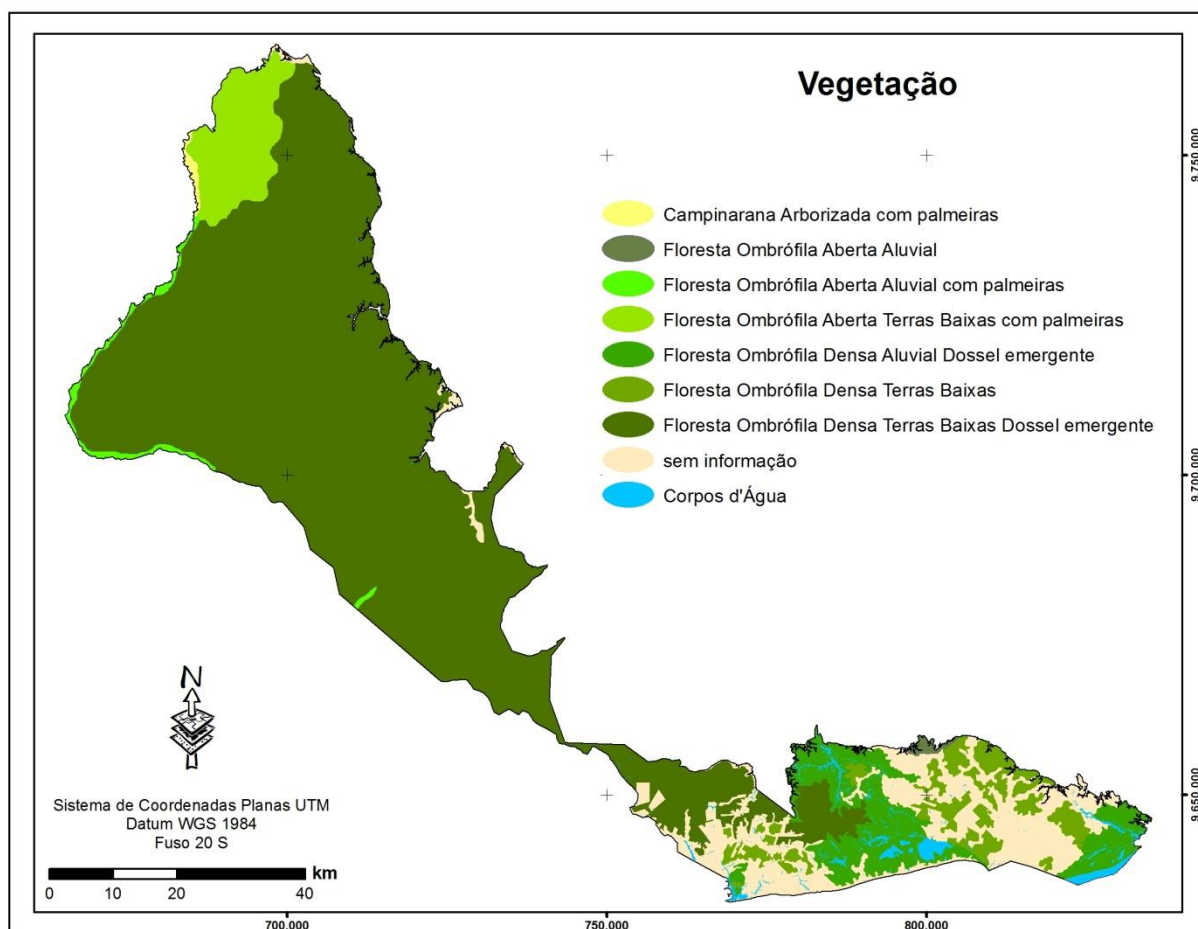


Figura 19: Mapa de vegetação da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões. Fonte: RADAMBRASIL (1978).

A partir das informações do Projeto RADAMBRASIL (1978), Veloso *et al.* (1991) propôs a metodologia para a classificação da vegetação brasileira atualmente adotada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Bispo *et al.* (2009), por sua vez, em seu artigo que trata de variáveis geomorfométricas e vegetação em dada região entre as bacias dos rios Madeira e Purus, fez uma didática descrição dessas classes de vegetação:

- Floresta ombrófila densa das terras baixas

Formação que apresenta agrupamentos de árvores emergentes nas elevações mais pronunciadas dos interflúvios, como o angelim-da-mata (*Hymenolobium petraeum*), angelim-pedra (*Dinizia excelsa*), tauari (*Couratari* spp.), castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*) entre outras. É significativa a presença de palmeiras que competem por luz no estrato arbóreo superior: babaçu (*Orbygnia* spp.), patauá (*Oenocarpus bataua*), açaí (*Euterpe* spp.), e ocorrendo preferencialmente nos locais mais úmidos. Em geral ocupa as planícies costeiras, capeadas por tabuleiros pliopleistocênicos do Grupo Barreiras. Ocorre desde a Amazônia, estendendo-se por todo o Nordeste até o estado do Rio de Janeiro.

- Floresta ombrófila densa aluvial

Formação característica das áreas inundáveis pelas cheias sazonais, ecologicamente adaptadas às intensas variações do nível da água e beneficiada pela renovação regular do solo decorrente das enchentes periódicas. A sumaúma (*Ceiba pentandra*), provida de enormes raízes tabulares, é a representante mais expressiva neste grupo de formação. Apresenta também muitas palmeiras no estrato intermediário.

- Floresta ombrófila aberta das terras baixas

Formação característica por feição mista de palmeiras e árvores latifoliadas, sempre verdes e bem espaçadas, de altura irregular (entre 15 e 25m), com grupamentos de babaçu e patauá, principalmente nos interflúvios

do Terciário. Nos vales de fundo chato, de encharcamento constante, ocorre concentração de buriti (*Mauritia flexuosa*) em povoamentos puros.

- Floresta ombrófila aberta aluvial

É uma formação arbórea com palmeiras que ocupa principalmente as planícies e terraços dos rios. Característica de regiões inundáveis pelas cheias sazonais, ecologicamente adaptadas às intensas variações do nível da água, beneficiadas pela renovação do solo decorrente das enchentes periódicas.

- Campinaranas

Esta vegetação é típica das bacias dos Rios Negro, Orinoco e Branco chegando a alcançar pequenas áreas na Venezuela e Colômbia. No território brasileiro ocupa áreas tabulares arenosas, bem lixiviadas. Também é comum encontrar esse tipo de vegetação nas grandes depressões fechadas, que se encharcam no período das chuvas e que sofrem influência de grandes rios. Apresenta três subgrupos de formação: arbórea densa, arbórea aberta ou arborizada e gramíneo-lenhosa. Especificamente tratando-se das campinaras arborizadas temos a predominância de plantas raquíticas, porém das mesmas espécies que ocorrem nos interflúvios tabulares da região, sendo anãs em face dos terrenos capeados por Podzol Hidromórfico.

5.2. Mapeamento do Uso da Terra

Os dados de desflorestamento no período de 2005 a 2011 digitalizados a partir das imagens do satélite Landsat-5 estão apresentados na tabela 10. Os resultados indicam que a A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões, apresentava no ano de 2005 um desflorestamento total de 431,06 km² que corresponde a 9,25% de sua superfície. Percebe-se que ao longo do tempo a A.P.A. vem passando por um processo constante de desflorestamento, aumentado em média 3,04% a área desflorestada a cada ano, destacando-se o período entre os anos de 2009 a 2010 quando houve um crescimento de 4,16% ou 20,21 km² da área total desflorestada. Em todo período estudado, entre os anos de 2007 a 2008 foi quando menos se desflorestou no interior da A.P.A. que apresentou um total de 8,53 km² de supressão da cobertura vegetal naquele ano. Mesmo assim, esse número ainda representou um considerável aumento de 1,86% no desflorestamento acumulado na área de estudo. Os dados mais recentes, referentes ao ano de 2011, indicam que a A.P.A. acumula uma perda de 515,83 km² ou 11,07% de sua cobertura florestal, representando um aumento de 19,66% da superfície desflorestada em relação ao encontrado no ano de 2005. Na figura 20 tem-se a evolução do total de área desflorestada no interior da A.P.A. entre os anos de 2005 a 2011 e o percentual desse crescimento em cada ano.

A evolução relativa anual do desflorestamento em relação ao período anterior, chamado de incremento, é o percentual do desflorestamento ocorrido em um biênio em relação ao desflorestamento do período anterior e indica o comportamento do processo de perda da cobertura florestal. Valores positivos indicam aceleração do

processo de desflorestamento ao passo que valores negativos apontam que houve diminuição no ritmo com que novas áreas de florestas estão sendo convertidas. Fatores diversos como questões climáticas, cotação das *commodities* agrícolas, avanço da pecuária, migrações, políticas públicas, dentre outras, contribuem no comportamento desse número. Analisando a tabela 10, percebe-se que houve uma aceleração no desmatamento no período de 2008 a 2009 quando os 17,79 km² observados representaram um aumento de 108,57% frente aos 8,53 km² desflorestados no período anterior. Esse fato coincide com importantes intervenções ocorridas no ambiente como o início da construção na ponte sobre o rio Negro entre a cidade de Manaus e o distrito do Cacau-Pirêra, no município de Iranduba. No gráfico apresentado na figura 21 está representado o comportamento desse incremento ao longo de todo período estudado.

A partir dos dados do PRODES (2012), obteve-se os valores aplicados na elaboração do gráfico da figura 22. Percebe-se novamente, a exemplo do comportamento verificado no gráfico da figura 20, um processo gradual de avanço no desflorestamento. A curva de crescimento relativo do desflorestamento em ambos os gráficos apresentou comportamento semelhante com uma desaceleração entre os anos de 2006 a 2008, acelerando entre os anos de 2008 a 2009 e novamente desacelerando entre os anos de 2010 a 2011. Apenas entre os anos de 2009 e 2010 o comportamento dessa curva diferiu entre os gráficos.

Tabela 10: Dados do desflorestamento anual ocorrido na APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões entre os anos de 2005 a 2006.

Ano	Desflorestamento km²/ano	Incremento %	Acumulado km²	Crescimento %
2005			431,06	
2006	16,14	-	447,19	3,74%
2007	12,50	-22,57%	459,69	2,79%
2008	8,53	-31,74%	468,22	1,86%
2009	17,79	108,57%	486,01	3,80%
2010	20,21	13,59%	506,22	4,16%
2011	9,60	-52,48%	515,83	1,90%

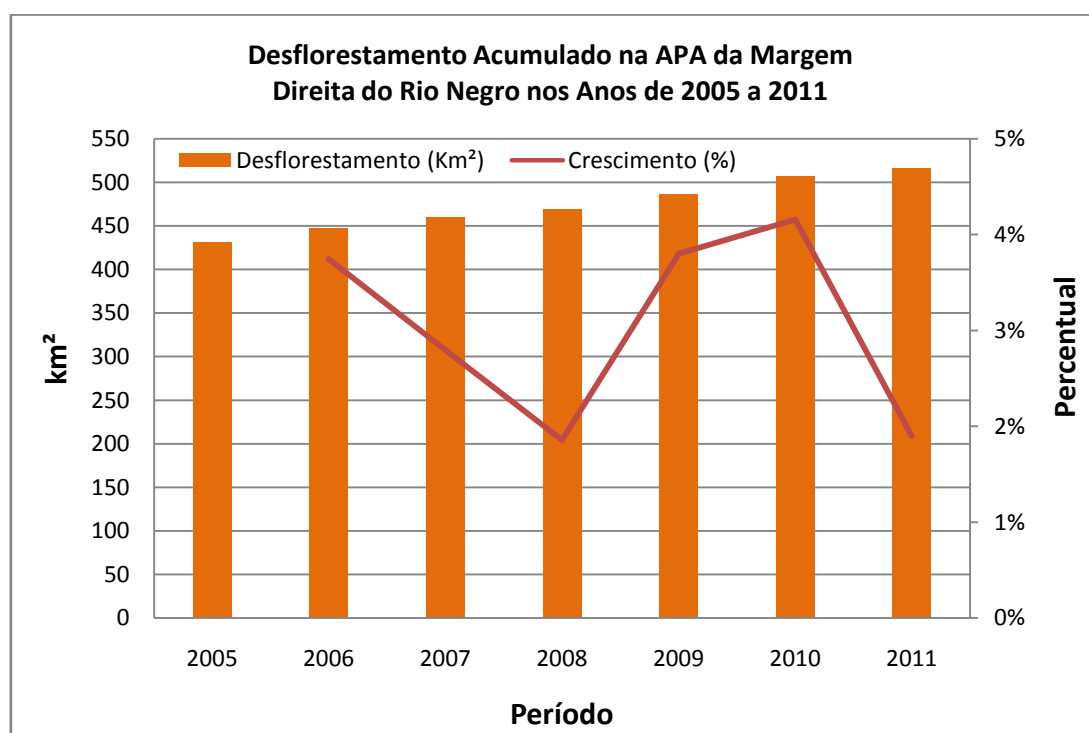


Figura 20: Desflorestamento total acumulado anualmente na A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões e seu crescimento relativo ao período anterior.

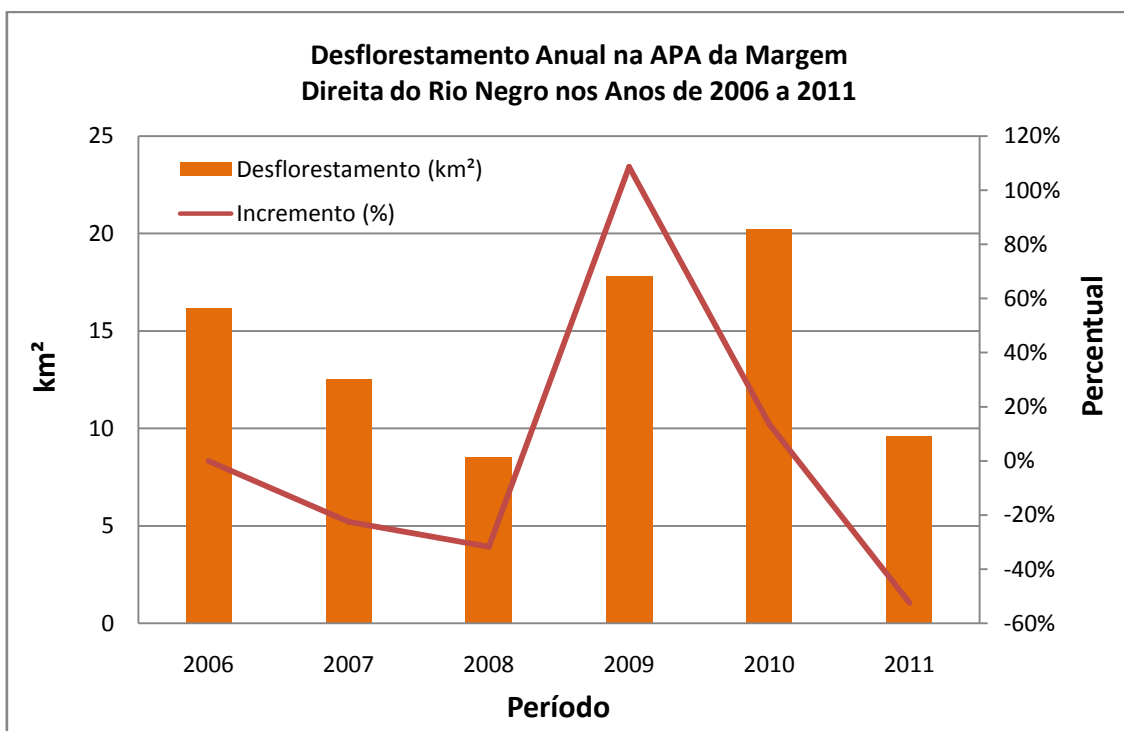


Figura 21: Evolução do desflorestamento na A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões e o incremento relativo ao período anterior.

Na figura 23 tem-se um mapa onde estão espacializadas as áreas desflorestadas até o ano de 2005 e as áreas desflorestadas entre os anos de 2005 a 2011. É possível constatar visualmente o processo de aglutinação dessas áreas nas porções sul e sudeste da A.P.A., notadamente nessa última. Entre as possíveis causas dessa aglutinação, podemos citar a proximidade dessa região com as sedes dos municípios de Manacapuru, Iranduba e Manaus o que acaba por resultar em uma maior concentração demográfica e, conseqüentemente, aumento na demanda pela ocupação do solo, a influência direta da rodovia AM-070 e a construção da ponte sobre o rio Negro. Outro importante fator é a presença, no distrito do Cacau-Pirêra, do maior pólo oleiro e consumidor industrial de lenha no estado Amazonas (Souza & Nascimento, 2006; Souza & Azevedo, 2006).

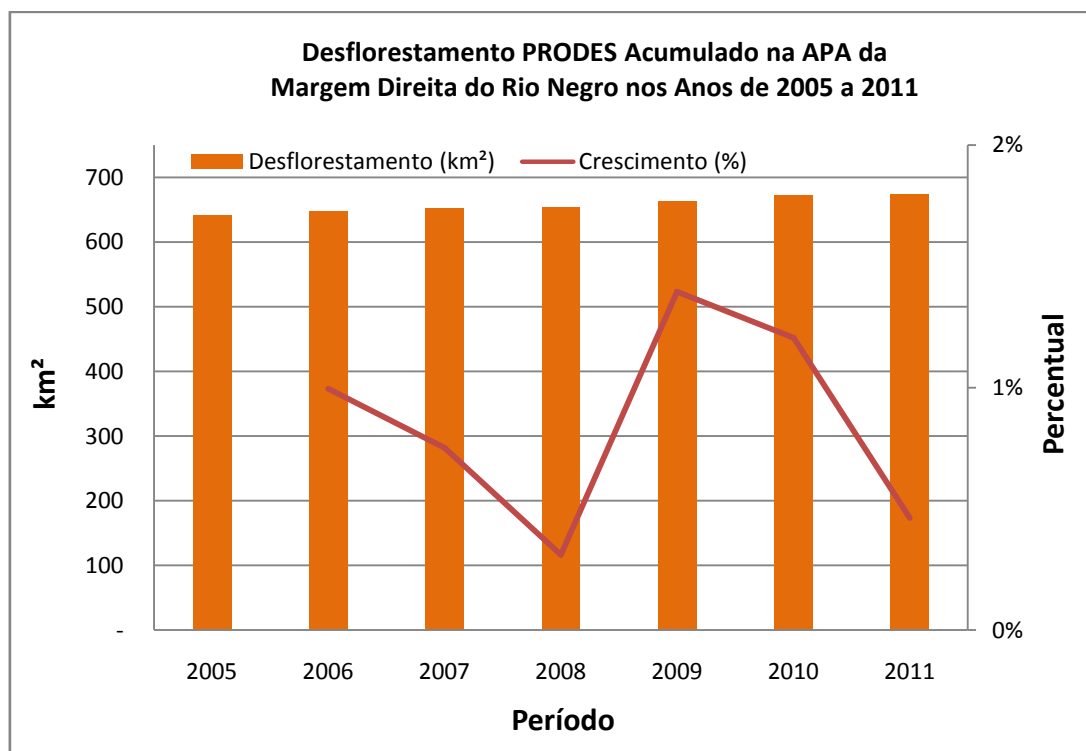


Figura 22: Desflorestamento total acumulado anualmente na A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões e seu crescimento em relação ao período anterior. Fonte: PRODES (2012).

A tabela 11 apresenta os valores de desflorestamento anual, estratificado por municípios, ocorrido no interior da A.P.A.. O município de Iranduba, com 316,02 km² de áreas desflorestadas, responde por 61,26% do total observado atualmente de desflorestamento na A.P.A.. Em seguida, tem-se Manacapuru com 176,34 km² de superfície desflorestada, o que representa uma participação de 34,18% no desflorestamento acumulado até o momento na área estudada. Por último, tem-se o município de Novo Airão com 23,45 km², respondendo por apenas 4,55% do desflorestamento atualmente observado em toda A.P.A..

Santos (2012), estudando o desflorestamento ocorrido no município de Iranduba nos anos de 2003, 2005, 2010 e 2011, identificou a porção leste daquele município como a mais antropizada, resultado de um processo crescente de redução

da vegetação. Atribui a isso o fato de estar localizado naquela região do município o pólo ceramista e a ocorrência de maior concentração da atividade agrícola. A autora continua sua análise destacando que o processo de redução da vegetação em Iranduba mostra-se de forma crescente apesar do mesmo estar inserido na A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.

Tabela 11: Dados do desflorestamento anual ocorrido na APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões entre os anos de 2005 a 2006 distribuídos por município.

Municípios	Desflorestamento em km²							Total
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Iranduba	265,33	8,70	7,80	5,12	9,51	15,29	4,29	316,02
Manacapuru	152,99	5,46	2,98	2,33	5,85	3,23	3,50	176,34
Novo Airão	12,75	1,98	1,71	1,08	2,43	1,70	1,81	23,45
Total	431,06	16,14	12,50	8,53	17,79	20,21	9,60	515,82

Soares (2006), pesquisando sobre a dinâmica de uso e cobertura da terra na A.P.A. Encontro das Águas, que apresenta a sua porção seca integralmente sobreposta a A.P.A. objeto desse estudo, notadamente em sua região mais antropizada, analisou as alterações ocorridas na paisagem nos anos de 1995 e 2003. O autor alerta, já naquela época, que havia na região uma forte tendência de supressão da cobertura vegetal e destacou a presença de olarias no distrito do Cacau-Pirêra, aliado ao processo desordenado de uso e ocupação da terra, como os dois principais motivadores desse desflorestamento.

Moreira *et al.* (2009), analisando as alterações sofridas na cobertura vegetal dos municípios pertencentes a A.P.A. nos anos de 1978 e 2005, constatou que o desflorestamento em Iranduba e Manacapuru observado nas porções do município

pertencentes a A.P.A., praticamente dobrou em 27 anos passando, em valores médios, de 10% em 1978 para 20% em 2005.

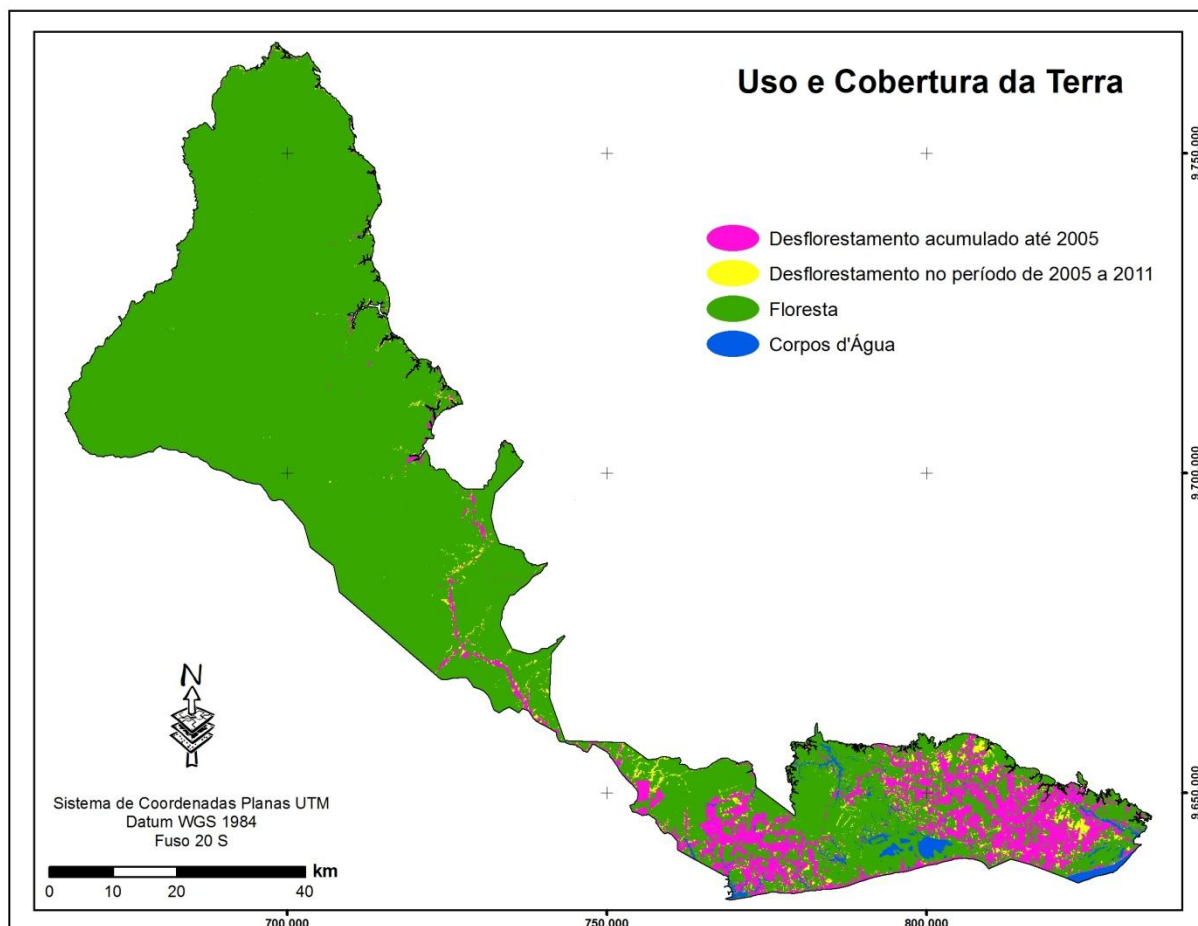


Figura 23: Mapeamento do uso e cobertura da terra no interior da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões entre os anos de 2005 a 2011.

Na figura 24 é apresentado um detalhe do mapeamento realizado no interior da A.P.A. em uma região localizada entre a rodovia AM-352 e o igarapé Freguesia, afluente do rio Negro.

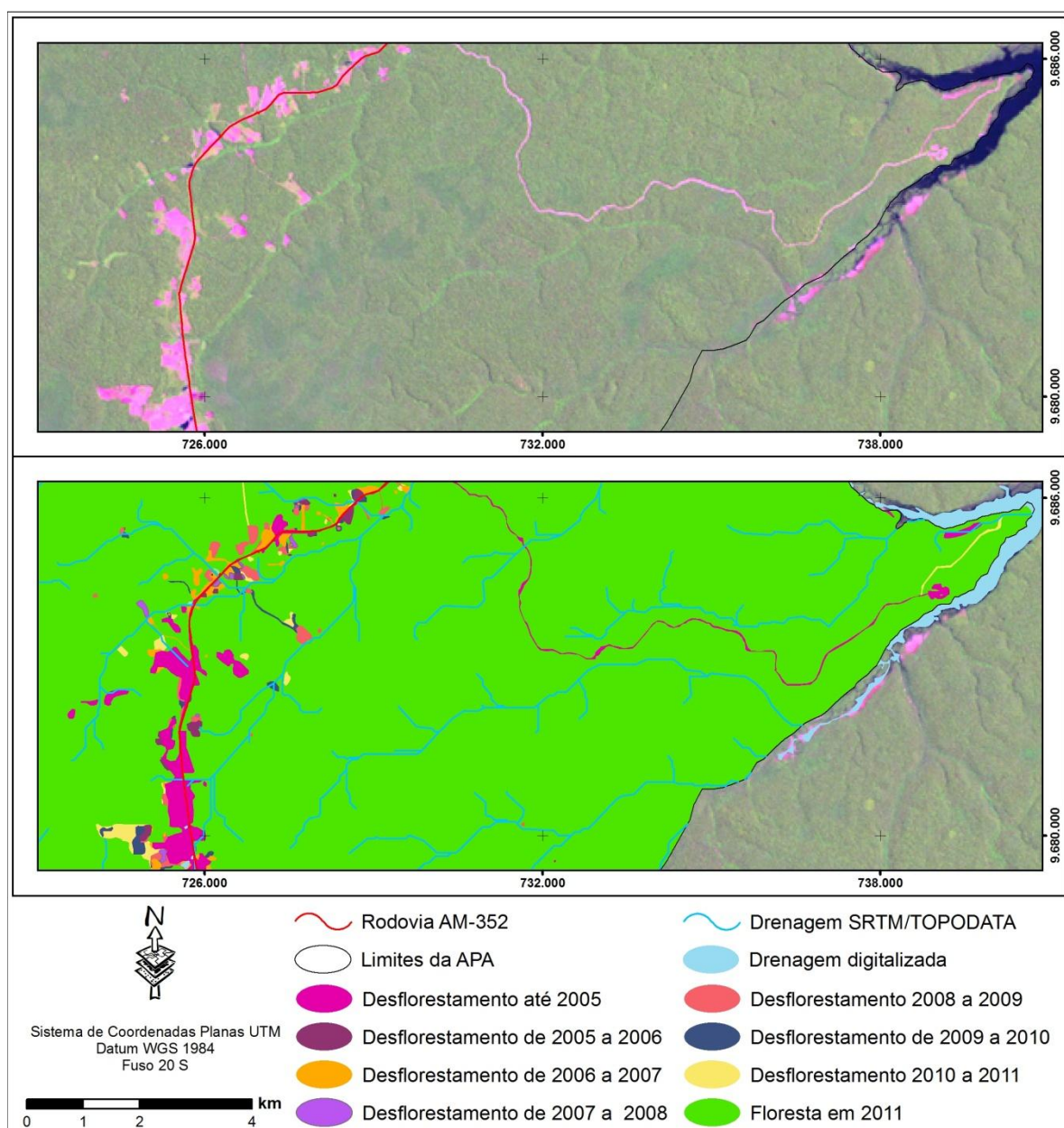


Figura 24: Detalhe do mapeamento realizado o interior da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.

5.3. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente

Essa pesquisa não identificou, no interior da área estudada, regiões de morros conforme o conceito estabelecido no código florestal. Foi localizado 0,023

km² de áreas com declividade superior a 45° localizados na porção nordeste da A.P.A. próximo à margem direita do rio Negro, que já estão inseridos na área de preservação permanente daquele rio. Dessa forma, a pesquisa se concentrou no mapeamento das áreas de preservação permanente pertencentes aos rios, igarapés, lagos e demais corpos d'água.

Os corpos d'água identificáveis na interpretação visual da imagem Landsat-5 de 2011 foram digitalizados pelo método “*heads-up*” como polígonos de um arquivo vetorial. Em seguida, esses polígonos foram categorizados conforme sua extensão no caso de rios e área no caso dos lagos, sendo gerado um *buffer* com a correspondente área de preservação permanente para cada um desses corpos d'água.

O arquivo vetorial em formato de linhas da rede de drenagem, gerado a partir do modelo digital de elevação – MDE, serviu para a obtenção dos cursos d'água com menor extensão e não mapeáveis visualmente dada a limitação da resolução espacial da imagem Landsat-5. A essa drenagem, após a exclusão das áreas já mapeadas visualmente, foi aplicado um *buffer* correspondente a uma área de preservação permanente de 30 m.

Para o mapeamento das nascentes, foi gerado um ponto no início de cada linha de drenagem de 1ª ordem. A esse ponto foi aplicado um *buffer* de 50 m de raio correspondente a área de preservação permanente da nascente daquele curso d'água.

Os arquivos gerados com as diferentes áreas de preservação permanente foram resumidos em um único arquivo. Em seguida, cada uma dessas áreas teve sua extensão mensurada. Na tabela 12 tem-se a extensão das áreas de

preservação permanente e sua participação em percentual da área da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões. Analisando os dados apresentados, observa-se que 546,195 km² ou 11,72% da superfície da A.P.A. é composta por áreas de preservação permanente.

Para ilustrar o resultado dessa etapa da pesquisa, a figura 25 apresenta um mapa com o detalhamento de uma porção da área estudada e as respectivas áreas de preservação permanente mapeadas.

Tabela 12: Extensão, em km², e participação, em percentual, das áreas de preservação permanente no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

Tipo de APP	Faixa	Distribuição	
		Km ²	%
Nascentes	50 m	20,833	0,45
Cursos d'água menores que 10 m	30 m	239,829	5,15
Cursos d'água de 10 a 50 m	50 m	22,307	0,48
Cursos d'água de 50 a 200 m	100 m	43,065	0,92
Cursos d'água de 200 a 600 m	200 m	8,837	0,19
Cursos d'água maiores que 600 m	500 m	211,324	4,53
Total		546,195	11,72

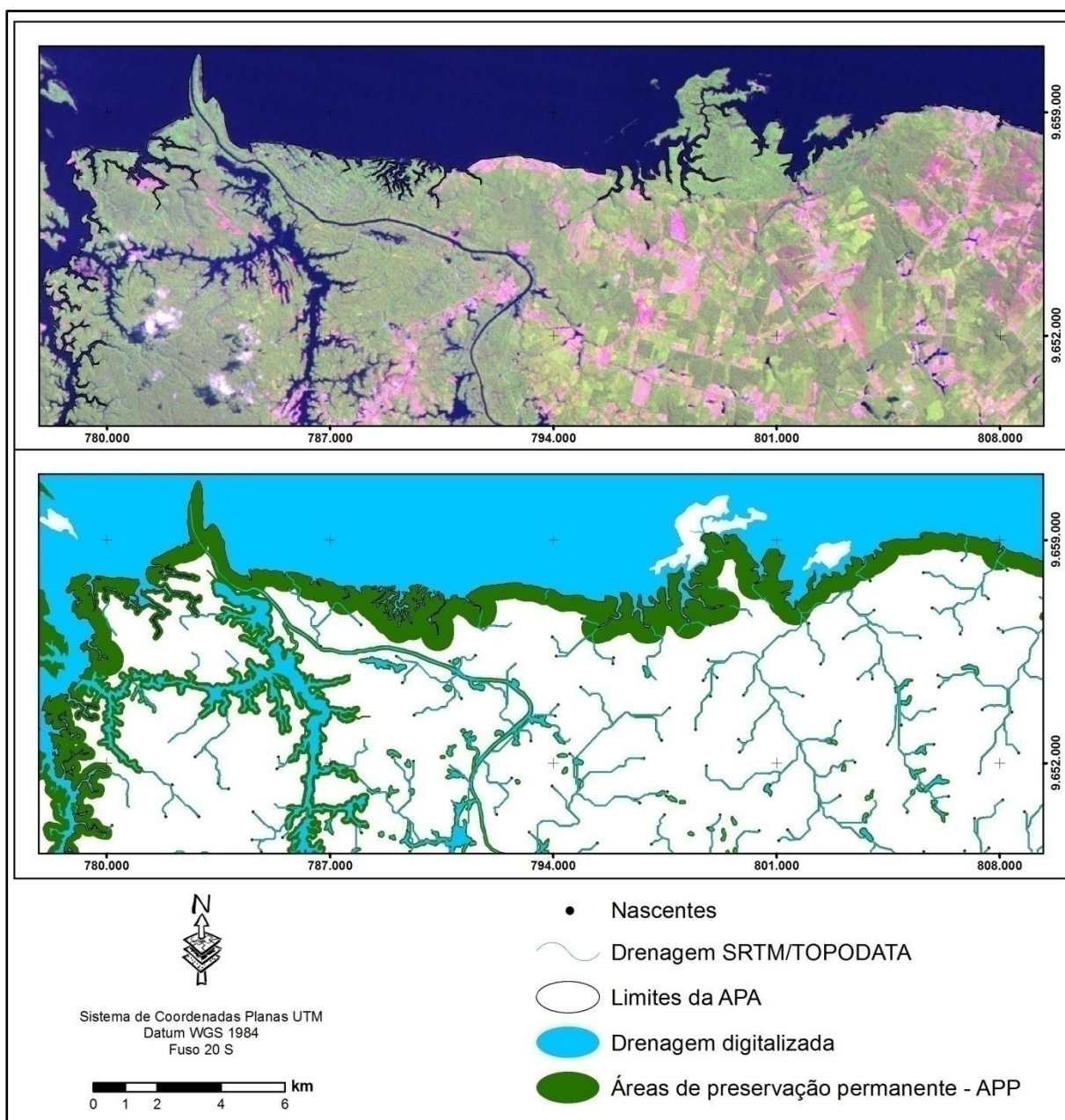


Figura 25: Mapa com detalhe do mapeamento das áreas de preservação permanente no interior da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.

A figura 26 apresenta um mapa com o resultado final do mapeamento das áreas de preservação permanente no interior da área estudada.

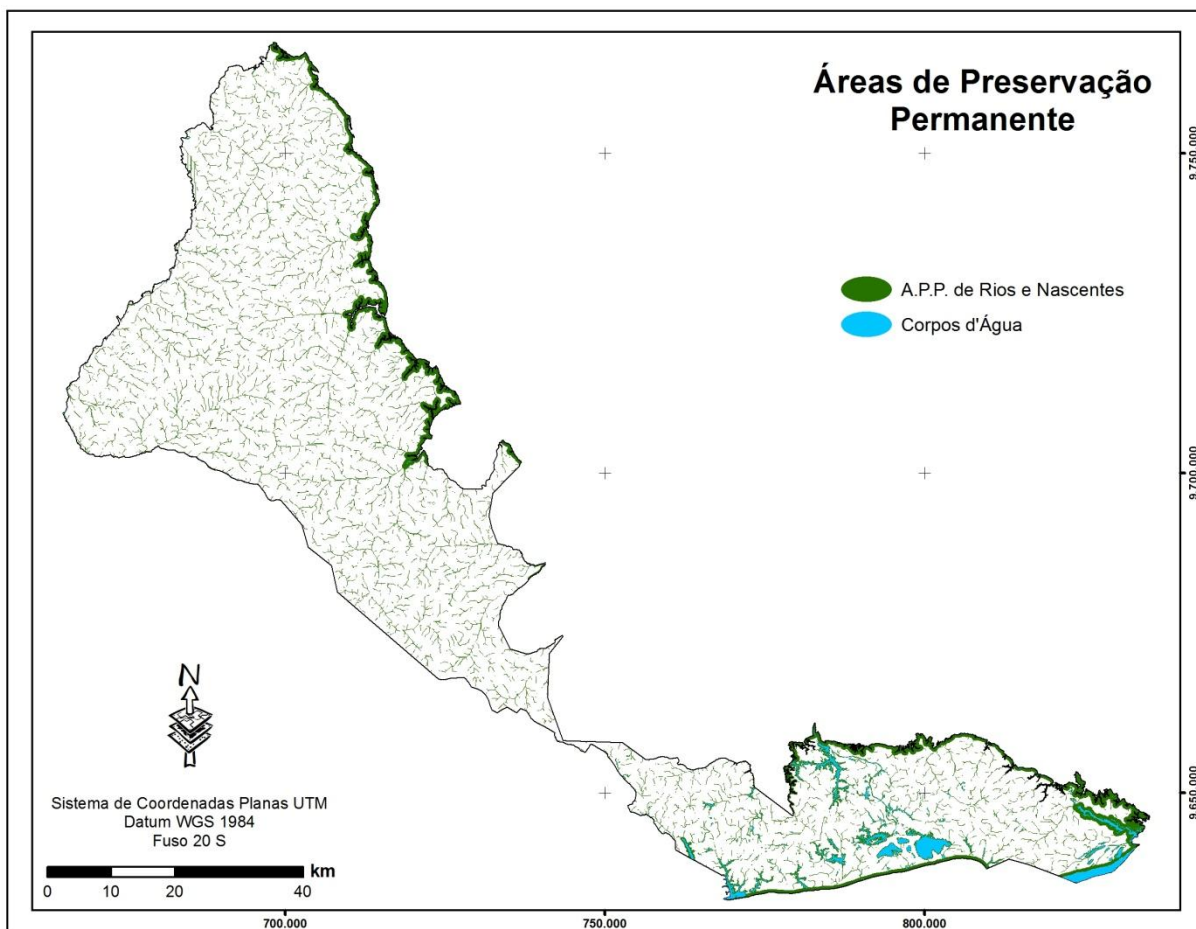


Figura 26: Mapeamento das áreas de preservação permanente no interior da A.P.A. da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari – Solimões.

5.4. Conflitos no Uso da Terra

Nessa última etapa da pesquisa, os mapas de uso da terra e de áreas de preservação permanente foram sobrepostos e realizada uma tabulação cruzada entre as áreas desflorestadas e as áreas de preservação permanente. O resultado foi o mapeamento e quantificação das áreas de uso da terra em conflito com a legislação ambiental, no que tange a áreas de preservação permanente.

Analisando os dados da tabela 13, consta-se que dos 546,195 km² de áreas de preservação permanente, 13,60% estavam desflorestados no ano de 2005. O

total dessas áreas ocupadas ilegalmente avançou em 15,58% nos anos seguintes, chegando ao ano de 2011 com 85,86 km² de áreas de preservação permanente desflorestadas. Significa dizer que atualmente, pelo menos, 15,72% das áreas de preservação permanente que deveriam estar protegidas de acordo com a legislação ambiental, sofreram antropização nos últimos anos na Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

Soares (2006), obteve números ainda mais preocupantes de ocupação de áreas de preservação permanente em seu estudo na A.P.A Encontro das Águas, que se sobrepõem-se em sua parte seca à porção leste da A.P.A. objeto desse estudo. Seus resultados indicaram uma ocupação de 40% das áreas de preservação permanente no ano de 2003. É conveniente destacar que em relação ao objeto dessa pesquisa, trata-se de sua porção mais antropizada e se fosse levada em consideração apenas essa região na análise seria de quase 30% a antropização em áreas de preservação permanente.

Tabela 13: Resultado do mapeamento dos conflitos no uso da terra no interior da APA da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari - Solimões.

Ocupação da APP	Distribuição	
	Km ²	%
Desflorestamento acumulado até o ano de 2005	74,294	13,60%
Desflorestamento entre os anos de 2005 e 2006	2,929	0,54%
Desflorestamento entre os anos de 2006 e 2007	1,551	0,28%
Desflorestamento entre os anos de 2007 e 2008	1,247	0,23%
Desflorestamento entre os anos de 2008 e 2009	2,781	0,51%
Desflorestamento entre os anos de 2009 e 2010	1,695	0,31%
Desflorestamento entre os anos de 2010 e 2011	1,362	0,25%
Total	85,86	15,72

6. CONCLUSÕES

Os dados biofísicos estruturados em banco de dados geográficos e sistematizados na forma de S.I.G., bem como os *softwares* utilizados, foram eficientes para a compreensão do espaço geográfico estudado e realizar as análises necessárias.

Os mapas temáticos gerados nesse estudo podem servir como subsídios ao tomador de decisão no processo de gestão da A.P.A..

A análise dos dados indicou que 81,27% da superfície da área estudada possui relevo plano a suavemente ondulado, coberto praticamente por floresta ombrófila densa que ocupa 80,6% da extensão total da A.P.A..

A análise multitemporal realizada com a interpretação das imagens do satélite Landsat-5, em detalhamento compatível com a escala de 1:100.000, permitiu mapear e quantificar o processo de antropização ocorrido anualmente na área de estudo desde ano 2005 até o ano 2011.

Os dados obtidos revelam que no ano de 2011 a área estudada apresentou uma perda acumulada de 515,82 km² (11,07%) de sua cobertura florestal, representando um aumento de 19,66% em relação a área desflorestada existente no ano 2005. Em média, 14,13 km² de florestas estão sendo suprimidas anualmente na A.P.A., o equivalente a 3,04% de sua superfície.

De acordo com a legislação ambiental, 11,72% da superfície da A.P.A. é composta de áreas de preservação permanente pertencentes às nascentes e matas ciliares. Desse total, 15,72% estão antropizadas e seu uso está em conflito com a norma legal.

De modo geral, a Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari-Solimões tem apresentado um preocupante e acelerado processo de antropização, concentrado principalmente na sua porção leste sob a influência direta do pólo oleiro e da rodovia AM-010. Se o atual ritmo for mantido, nos próximos 13 anos o desflorestamento poderá alcançar praticamente 50% da superfície da A.P.A., expandindo-se principalmente para a porção norte ao longo da rodovia AM-352.

7. RECOMENDAÇÕES

Baseado no que foi apresentado, sugerimos:

Que sejam intensificadas as políticas públicas capazes de ordenar e disciplinar a ocupação e o uso da terra no interior da A.P.A..

A implementação de plano de gestão para a unidade e a criação do conselho gestor como instrumentos facilitadores do processo de gestão.

A substituição do uso de lenha, principal componente da matriz energética utilizada nas olarias presentes na A.P.A., por outras fontes como o gás natural abastecido pelo gasoduto Coari-Manaus.

Dessa forma, espera-se que a Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari-Solimões cumpra seu papel estabelecido no Art. 2º do Decreto nº 16.498/95 que é o de “proteger e conservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, visando a melhora da qualidade de vida da população local e também objetivando a proteção dos ecossistemas regionais”.

8. REFERÊNCIAS

- Andrades Filho, C. O.; Hayakawa, E. H.; Prado, B. R. 2009. Avaliação comparativa da qualidade da extração automática de drenagens a partir de dados SRTM provenientes de diferentes fontes. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, Viçosa. **Anais...** 2009. Disponível em: <www.geo.ufv.br/simposio/index.htm>. Acesso em: 26/01/2011.
- Amazonas. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável-SDS. 2009. Coletâneas de unidades de conservação no estado do Amazonas: Leis, Decretos e Portarias. Manaus: SDS/CEUC. 98p.
- Bickel, U. Brasil: Expansão da soja, conflitos sócio-ecológicos e segurança alimentar. Bonn, Alemanha, 2004.169f. Tese (Mestrado em Agronomia Tropical) - Faculdade de Agronomia, Universidade de Bonn. Disponível em <http://assets.panda.org/downloads/tese_expansao_soja_brasil2004_by_bickel.pdf>. Acesso em: 13/11/2009.
- Bispo, P. C.; Valeriano, M. M.; Kuplich, T. M. 2009. Variáveis geomorfométricas locais e sua relação com a vegetação da região do interflúvio Madeira-Purus (AM-RO). Acta Amazonica. Manaus, v. 39, n. 1.
- Brasil. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Código Florestal Brasileiro. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 29/03/2011.
- Brasil. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 02/03/2011.
- Brasil. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação-SNUC. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>>. Acesso em: 08 nov 2010.
- Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal Brasileiro. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm >. Acesso em: 01 nov 2012.
- Brasil, INPE. Projeto PRODES. 2011. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo, Brasil. Disponível em <www.obt.inpe.br/prodes>. Acesso em: 07/11/2012.
- Brito, J.L.S.; Prudente, T.D. 2005. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal do município de Uberlândia-MG, utilizando imagens CCD/CBERS 2. *Caminhos de Geografia*, EDUFU, v.13, nº 15, p. 144 – 153, jun., 2005.
- Bühning,R. 2010. Estudo da dinâmica de uso do solo e cobertura vegetal e elaboração de uma proposta de zoneamento para a bacia hidrográfica do Tarumã, Manaus, Amazonas. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 243p.

- Câmara, G. N.; Casanova, M. A.; Hermely, A. S.; Magalhães, G. C.; Medeiros, C. M. B. 1996. Anatomia de sistemas de informação geográficas. Campinas, SP. Unicamp, IV Escola de Computação. 19p.
- Cardoso, C. A.; *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista Árvore, Viçosa, v. 30, n. 2, 2006.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. 1998. Recursos Minerais – Programa de integração mineral em municípios da Amazônia. V. 1, p. 19.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. 2002. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de APP. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>>. Acessado em 01/11/2012.
- Coppin, P. R.; Bauer, M. E. 1994. Processing of multitemporal Landsat TM imagery to optimize extraction of forest cover change features. In: Transactions on Geosciences and Remote Sensing, 32(4), p 918-927.
- Corrêa, R. L. 2003. Espaço, Um conceito chave da Geografia. In: Castro, I.E. de Gomes; P.C. da C.; Corrêa, R. L. Geografia Conceitos e Temas. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil
- Costa, L. A. 2001. Proposta de zoneamento de áreas rurais utilizando sistemas de informações geográficas. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 158p.
- D'Antona, R. de J. G.; Reis, N. J.; Maia, M. A. M.; Rosa, S. F.; Nava, D. B. 2007. Projeto Materiais de Construção na Área de Manacapuru – Iranduba – Manaus –Careiro: domínio Baixo Solimões. Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil.
- Duarte, P. A. 2006. Fundamentos da Cartografia. 3ed – Florianópolis: Ed. da UFSC, 208p.
- EUA, NASA. *Program Earth Resource Technology Satellite-ERTS*, Disponível em <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 16 abr 2011.
- EMBRAPA-CPATU. Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental: relatório final do convênio EMBRAPA-CPATU-GTZ. Belém, 1986. 291p.
- EMBRAPA-.SNLCS. Reunião técnica de levantamento de solos, 10. 1979, Rio de Janeiro: **Súmula**...Rio de Janeiro, 1979. 83p.
- Fitz, P. R. (a) 2008. Cartografia básica. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008, 143p
- ____ (b) 2008. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Editora Oficina de Textos. 160p.
- Florenzano, T. G. 2002. Imagens de satélite para estudos ambientais. 1ª Edição. São Paulo: Editora Oficina de Textos. 97p

- Gonçalves, C. D. A. B., *et al.*. Análise do ambiente residencial urbano visando a inferência de população utilizando dados de sensoriamento remoto orbital de alta resolução. In: XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais - ABEP, **Proceedings**. Caxambu (MG), 2004.
- Jensen, J. R. 2009. Sensoriamento do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres; Tradução Epiphany, J. C. N. *et al.* São José dos Campos, SP: Parêntese.
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Gráficos Climatológicos para a Região de Manaus-AM. Disponível em: www.inmet.gov.br/html/clima.php?lnk=http://www.inmet.gov.br/html/clima/graficos/index4.html. Acesso em 07 nov 2012.
- Lorena, R. B. 2003. Evolução do uso da terra em porção da Amazônia Ocidental (Acre), com uso de técnicas de detecção de mudanças. São José dos Campos, 116p. Dissertação de Mestrado – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Martins, M. H. B.; Silva, S. F. Uso de imagens dos satélites CBERS-2 e Landsat V para mapeamento do desflorestamento no Município de Ipixuna - AM – Uma proposta de metodologia para a fiscalização ambiental na Região Amazônica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4021-4028. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.09.50>. Acesso em: 13 nov 2010
- Martins, M. H. B.; Costa, L. A.; Oliveira, M. A. F.; Mendes-Pinto, T. J. Análise multitemporal da antropização da Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari-Solimões. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 4519-4525. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <http://urlib.net/3ERPFQRTW/3A276G8>. Acesso em: 28 nov. 2011.
- Miranda, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 8 nov. 2012.
- Moraes, A. C. R. 1983. Geografia, pequena história crítica. 2ª Ed. São Paulo: HUCITEC.
- Moreira, M. A. 2005. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. 3ª Edição. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 320p.
- Moreira, M. P.; Santos, C. J.; Ferreira, O. J. M. R. Desflorestamento ao longo das estradas AM-070 (Manaus/Iranduba/Manacapuru) e AM-352 (Manacapuru/Novo Airão) na Amazônia Central: subsídios para o planejamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 747-754. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.11.15.11>. Acesso em: 24 set. 2012.
- Motta, M. B. 2008. Proveniência da formação lã e de sedimentos do rio Solimões, entre os municípios de Tefé e Manacapuru – Amazonas. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 112p.

- Nascimento, J. L. A; Silva, N. M. da. Uso de geoteconologias no monitoramento de unidades de conservação: ocupações peri-urbanas na APA da Margem Esquerda do Rio Negro. In: I Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, 2010, Manaus, **Anais...** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2010. Disponível em <<http://seminariodoambiente.ufam.edu.br/2010/anais/rn64.pdf>>. Acesso em: 18 nov 2010.
- Nobre, C. A., P.J. Sellers, Shukla, J. Amazonian deforestation and regional climate change. 1991. *J. Climate*, 4: 957-988.
- Pereira, L. H.; Pinto, S. A. F. Utilização de imagens aerofotográficas no mapeamento multitemporal do uso da terra e cobertura vegetal na Bacia do Rio Corumbataí - SP, com o suporte de sistemas de informações geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 1321-1328. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.18.27>>. Acesso em: 23 nov. 2011.
- Pinheiro Júnior, J. R.; Silva, P. A. da; Costa, L. A.; Barros, S. Classificação da cobertura do solo por meio de imagem CBERS na área do entorno da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus-AM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1063-1066. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep-/tid.inpe.br/sbsr/2004/11.11.18.43>>. Acesso em: 10 nov 2010.
- RADAMBRASIL. 1978. Folha SA 20 Manaus: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. DNPM. Rio de Janeiro. 628p. (Levantamento de recursos naturais, 18)
- Rodríguez, A. C. M. 2005. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados na análise da legislação ambiental no município de São Sebastião-SP. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 217p.
- Santos, R.M.S. 2012. Estudo do desflorestamento e qualidade ambiental no município de Iranduba, Amazonas. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 94p.
- Soares, C. B. S. da S. 2006. Estudo da dinâmica de uso e cobertura da terra com auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG), na Área de Proteção Ambiental (APA) encontro das águas, no município de Iranduba – Amazonas. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 69p.
- Souza, C. R.; Azevedo, C. P.; Lima, R. M. B.; Rossi, L. M. B. Espécies florestais para a produção de energia. Embrapa Amazônia Ocidental, 2008, Manaus. Circular Técnica 31. ISSN 1517-2449. Disponível em <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/669033/1/CircTec312008.pdf>>. Acesso em 07 Nov. 2012
- Silva, M. B. da. 2010. Análise gravimétrica de uma anomalia morfoestrutural na cidade de Manaus. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 102p

- Souza, C. R.; Nascimento, L. M. do. 2006. Desempenho inicial de *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* para produção de lenha na região de Iranduba-AM. In: II Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental, 2006, Manaus. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. Artigos, p 29-35.
- Strahler, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. American Geophysical Union*, 1957. p. 913 - 920.
- USA, NASA. *Program Earth Resource Technology Satellite* - ERTS. Disponível em <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 16 abr 2011.
- USA, USGS. *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM. Disponível em <<http://srtm.usgs.gov/>>. Acesso em: 16 abr 2011.
- Valeriano, M. M. Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. Ministério da Ciência e Tecnologia - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – (INPE -10550-RPQ/756). São José dos Campos, 2004.
- Valeriano, M. M. Topodata: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE- 15318-RPQ/818). 72p. 2008.
- Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.R.; Lima, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991. 124 p.
- Vital, S. R. O; Silveira, T. A. S.; Alencar, H. M. Q; Ferreira, B. Uso de imagem SRTM (*shuttle radar topography mission*) para o mapeamento geomorfológico na microbacia do açude Taperoá II, Paraíba, Brasil. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010, Recife **Anais...** p. 001-005. Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/FotoeSR/SR_e_PDI/A_37.pdf>. Acesso em: 15 jan 2012.