



UFAM

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

**ESTUDO DO DESFLORESTAMENTO E QUALIDADE
AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE IRANDUBA, AMAZONAS.**

ROBERTA MONIQUE DA SILVA SANTOS

Manaus

2012



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

ROBERTA MONIQUE DA SILVA SANTOS

**ESTUDO DO DESFLORESTAMENTO E QUALIDADE
AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE IRANDUBA, AMAZONAS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção de título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração Gestão Ambiental e Áreas protegidas.

Orientador: Prof ° Dr. Júlio César Rodriguez Tello.

Co-orientador: Prof ° Dr. Lizit da Costa Alencar.

Manaus

2012



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

ROBERTA MONIQUE DA SILVA SANTOS

**ESTUDO DO DESFLORESTAMENTO E QUALIDADE
AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE IRANDUBA, AMAZONAS.**

Banca Examinadora

**Prof ° Dr. Júlio César Rodriguez Tello
Universidade Federal do Amazonas - UFAM**

**Prof ° Dr. Lizit da Costa Alencar
Universidade Federal do Amazonas - UFAM**

**Prof° Dr. Roberval Monteiro de Lima
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA**

Manaus

2012

À Deus, pois sem Ele nada é possível fazer; aos meus pais, irmãs, familiares e amigos, que de muitas formas me incentivaram e ajudaram para tornar possível a conclusão de mais esta etapa, e ainda, ao amigo de curso Telêmaco Jason Mendes Pinto (*in memoriam*), que precocemente partiu, mas permanece conosco através de seu grande exemplo de determinação e alegria.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me sustentado ao longo desta caminhada, dando-me força, saúde, persistência e sabedoria, amparando-me nos momentos difíceis e mostrando o caminho nas horas incertas.

Aos meus pais, dedicados e motivadores, pelo incentivo contínuo na minha busca por meus objetivos.

Às minhas irmãs Wanderléia e Sendy, pela compreensão nos dias difíceis.

Aos amigos de graduação Stiffanny Alexa, Álefe Viana, Nelson Felipe, Maikel Lamego, Alessandra Fonseca e Newton Coelho, pelo carinho e companheirismo, que tanto contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

Aos amigos de Mestrado, cuja companhia e apoio foram fundamentais nessa trajetória, Mônica Vasconcelos, Raquel Serique, Maria Antônia Falcão, Graça Garcia, Alex-Sandra Farias e Elias Neto. Ótimas pessoas, ótimos profissionais. Os admiro muito.

À Universidade Federal do Amazonas - UFAM, pela oportunidade de cursar o Mestrado, uma etapa essencial no processo de aprimoramento profissional.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais.

À secretária, Antônia da Costa Pereira, pela paciência e apoio durante as solicitações na secretaria.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo durante o período do curso.

Ao Prof. Dr. Julio Cesar Rodriguez Tello, pela orientação neste trabalho, colaboração, conhecimentos transmitidos e estímulo ao longo de todo o trabalho.

Ao Prof. Dr. Lizit da Costa Alencar, pelos conhecimentos transmitidos e conselhos que foram para mim indispensáveis. O admiro muito.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho,

Muito Obrigada!

"Sabemos que todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus,
daqueles que são chamados segundo o seu propósito."

Carta aos Romanos, Capítulo 8.

RESUMO

Esta pesquisa analisou, a partir de imagens de satélite e índices ambientais, de que forma o processo de expansão urbana tem contribuído para a perda de vegetação no município de Iranduba, Amazonas. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*) dos anos de 2003, 2005, 2010 e 2011, a partir das quais realizou-se o estudo temporal do uso e cobertura do solo, e pode-se observar a redução da vegetação no decorrer dos anos estudados, bem como a substituição da vegetação pela urbanização, agricultura e outros elementos antrópicos de transformação da paisagem natural. A classe de vegetação Floresta Ombrófila entre os anos de 2003 e 2011, sofreu uma perda de 233.261 km², o equivalente a 10.53% da área total do município. A Floresta secundária, no mesmo intervalo de tempo, teve um crescimento de 206.725 km² (9.33 %). Quanto à classe de Área antropizada, mostrou crescimento em todas as datas estudadas, tendo um crescimento de 2003 a 2011 de 79.144 km² (3.57%). A partir de informações coletadas em campo, calculou-se o Índice de Qualidade Ambiental, que variou entre 0,60 e 0,43, indicando que a área apresenta níveis críticos de qualidade ambiental. Utilizando imagem landsat 5 - TM, do ano de 2011, elaborou-se o mapa de vegetação do município através do qual se extraíram informações para a determinação dos Índices de Cobertura Vegetal e Cobertura Vegetal por Habitante. Os índices de vegetação calculados (ICV – 73,05; ICVH – 1.765). De forma geral, os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios, dentro da proposta de trabalho.

Palavras-Chave: Landsat-5, Vegetação, Qualidade ambiental.

ABSTRACT

This research seeks to analyze from satellite image and environmental index, how the process of urban sprawl has contributed to the loss of vegetation in the municipality of Iranduba, Amazonas. We used satellite images from Landsat 5 TM sensor (Thematic Mapper) for the years 2003, 2005, 2010 and 2011, from which the study was conducted temporal use and land cover, and can observe the reduction of vegetation over the years studied, as well as the replacement of vegetation by urbanization, agriculture and other elements of anthropogenic transformation of the natural landscape. The rain forest vegetation class between the years 2003 and 2011, suffered a loss of 233,261 km², equivalent to 10.53% of the total area of the municipality. The secondary forest, in the same time interval, had an increase of 206 725 km² (9.33%). As for the class of disturbed area showed growth on all dates studied, an increase from 2003 to 2011 of 79,144 km² (3.57%). From information collected in the field, we calculated the Index of Environmental Quality, which ranged between 0.60 and 0.43, indicating that the area presents critical levels of environmental quality. Using Landsat 5 image - TM, the year 2011, we elaborated the vegetation map of the city through which information is extracted for determination of Coverage Ratios Plant and Vegetation Cover by Inhabitant. The vegetation indices calculated (ICV - 73.05; ICVH - 1,765). Overall, the results were satisfactory, in the proposed work.

Key Words: Landsat-5, Vegetation, Environmental Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Etapas do sensoriamento Remoto.....	19
Figura 02 - Sensor passivo e ativo.....	20
Figura 03 - Diferença de resolução radiométrica em área urbana.....	22
Figura 04 - Localização do Município de Iranduba.....	37
Figura 05 - Fluxograma elaboração do mapa de uso e cobertura do solo.....	45
Figura 06 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Município de Iranduba, ano de 2003.....	52
Figura 07 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Município de Iranduba, ano de 2005	54
Figura 08 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Município de Iranduba, ano de 2010	56
Figura 09 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Município de Iranduba, ano de 2011	58
Figura 10 - (A, B) Venda de lotes no município de Iranduba. (C,D) Condomínios residenciais em Iranduba.....	64
Figura 11 - (A) Implantação de condominio residencial. (B) Venda de lotes. (C) Retirada de barro para construção civil. (D) Lixo em remanescentes florestais. (E) Processo erosivo. (F) Retirada de vegetação. (G) Indústria cerâmica. (H) Agricultura Extensiva.	67
Figura 12 - Desmatamento nas Unidades de Conservação do Baixo Rio Negro2012. Fonte: Portal Iranduba, 2012.....	73
Figura 13 - Mapa de Cobertura Vegetal – Iranduba.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Resolução espacial de imagens.....	21
Quadro 02 - Resolução Temporal de alguns satélites	22
Quadro 03 - Tipos de classificação e alguns algoritmos classificadores mais utilizados.....	25
Quadro 04 - Sistemas de Informações Geográficas livres, gratuitos e proprietários.....	27
Quadro 05 - Satélites Landsat.....	29
Quadro 06 - Metas do Planejamento da Paisagem.....	31
Quadro 07 - Dados de Sensoriamento Remoto	39
Quadro 08 - Origem dos Vetores.....	39
Quadro 09 - Características das bandas	41
Quadro 10 - Chave de interpretação das classes temáticas - Composição RGB.....	43
Quadro 11 - Intervalo de aceitação dos resultados do Índice Kappa.....	45
Quadro 12 - Categoria de fatores numéricos e seus intervalos para os impactos antrópicos evidenciados no município.....	47
Quadro 13 - Chave de identificação das classes de vegetação – Composição RGB..	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Classes e respectivas quantidades de pixels das amostras de treinamento.....	42
Tabela 02 - Distribuição das classes estudadas no ano de 2003.....	51
Tabela 03 - Distribuição das classes estudadas no ano de 2005.....	53
Tabela 04 - Distribuição das classes estudadas no ano de 2010.....	56
Tabela 05 - Distribuição das classes estudadas no ano de 2011.....	57
Tabela 06 - Uso e Cobertura do Solo – 2003 a 2011.....	59
Tabela 07 - Teste Estatístico.....	61
Tabela 08 - Avaliação dos mapas gerados.....	61
Tabela 09- Crescimento populacional no município de Iranduba nos anos 2000 e 2010.....	65
Tabela 10 - Domicílios, Iranduba.....	65
Tabela 11 - Destinação do lixo, Iranduba.....	66
Tabela 12 - Check-list dos impactos identificados.....	66
Tabela 13 - Hierarquia dos impactos.....	68
Tabela 14 - Índice de Qualidade Ambiental para cada setor estudado.....	69
Tabela 15 - Distribuição das classes estudadas.	74
Tabela 16 - Índices calculados.....	77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Uso e Cobertura do Solo – 2003.....	53
Gráfico 02 - Uso e Cobertura do Solo – 2005.....	54
Gráfico 03 - Uso e Cobertura do Solo – 2010.....	56
Gráfico 04 - Uso e Cobertura do Solo – 2011.....	58
Gráfico 05 - Dinâmica de Uso e cobertura do solo no município de Iranduba, nos anos 2003, 2005, 2010 e 2011.....	60
Gráfico 06 - Índices de Qualidade Ambiental.....	70
Gráfico 07 - Cobertura vegetal - Iranduba.	75

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01 - Algoritmo Maxver	26
Equação 02 - Índice de Cobertura Vegetal.....	34
Equação 03 - Índice de Cobertura Vegetal por Habitante.....	34
Equação 04 - Equação para obtenção do Índice Kappa.....	44
Equação 05 - Índice de Qualidade Ambiental.....	48

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. Problema de Pesquisa	16
1.2. Pressuposto da Pesquisa	16
2. OBJETIVOS.....	17
2.1. Objetivo Geral.....	17
2.2. Objetivos Específicos	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1. Geotecnologias	18
3.1.1. Sensoriamento Remoto	18
3.1.1.1. Definição.....	19
3.1.1.2. Histórico e Evolução	19
3.1.1.3. Etapas do Sensoriamento Remoto.....	19
3.1.1.4. Sistemas Sensores.....	20
3.1.1.5. Resolução	20
3.1.1.6. Processamento Digital de Imagens.....	23
3.1.1.7. Classificação.....	23
3.1.1.7.1. Máxima Verossimilhança Gaussiana (Maxver).....	25
3.1.1.8. Sistemas de Informações Geográficas.....	26
3.1.1.9. SPRING/INPE.....	27
3.1.1.10. Uso de imagens de satélite no estudo de ambientes naturais.....	28
3.1.1.11. Sistema Landsat	28
3.1.1.12. Uso e Cobertura do Solo.....	29
3.1.1.13. Estudos aplicados ao uso e cobertura do solo.....	30
3.1.1.14. Planejamento e Qualidade Ambiental.....	31
3.1.1.15. Índices de Cobertura Vegetal (ICV) e Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH).....	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1. Classificação da Pesquisa	35
4.1.2. Área de Estudo	37
4.1.3. Materiais Utilizados	39
4.1.4. Procedimentos Metodológicos	39
4.1.4.1. <i>Mapeamento multitemporal do crescimento espacial da área urbana e perda de vegetação do Município de Iranduba, Amazonas, entre o período de 2001 e 2011.</i>	40
4.1.4.2. <i>Estudo da dinâmica de ocupação da área, características e tipos das interferências humanas resultantes do processo de ocupação, e sua relação com a qualidade ambiental.</i>	46
4.1.4.3. <i>Análise da qualidade ambiental do município de Iranduba utilizando Sistema de Informações Geográficas e índices de cobertura vegetal.</i>	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
5.1. Mapeamento e quantificação da perda de vegetação entre o período de 2003 e 2011 no município de Iranduba, Amazonas.	51
5.1.1. Mapa de Uso e Cobertura do Solo – Ano de 2003.....	51

5.1.2. Mapa de Uso e Cobertura do Solo – Ano de 2005.....	53
5.1.3. Mapa de Uso e Cobertura do Solo – Ano de 2010.....	55
5.1.4. Mapa de Uso e Cobertura do Solo – Ano de 2011.....	57
5.1.5. Estudo Temporal de Uso e Cobertura do Solo – 2003 a 2011.....	59
5.1.6. Avaliação da Classificação dos Mapas gerados.....	60
5.2. Estudo da dinâmica de ocupação da área, características e tipos das interferências humanas resultantes do processo de expansão urbana e sua relação com a qualidade ambiental.	62
5.2.1. Processo da evolução urbana de Iranduba.	62
5.2.2. Crescimento populacional e Expansão Urbana no município de Iranduba, Amazonas.....	63
5.2.2. Os impactos antrópicos decorrentes da expansão urbana em Iranduba e suas consequências sobre a qualidade ambiental.	66
5.3. Estudo da Qualidade Ambiental utilizando o índice de Cobertura Vegetal (ICV) e do índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH).....	69
5.3.1. Crescimento Urbano e Cobertura Vegetal do Município de Iranduba.....	69
5.3.2. Unidades de Conservação	71
7. CONCLUSÕES.....	78
6. RECOMENDAÇÕES.....	80
8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS.....	92

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia, reconhecida mundialmente como a maior floresta tropical existente, corresponde a cerca de 5% da superfície terrestre, o equivalente a 2/5 da América do Sul, e ocupa cerca de 1/3 das reservas de florestas tropicais úmidas e é o maior banco genético do planeta. A região tem cerca de 7,5 milhões de Km², dos quais cerca de 5,0 milhões km² (em torno de 60%) estão localizados no território brasileiro (CÁUPER, 2006).

Apesar de sua grandiosidade e relevância econômica, social e ambiental, a Amazônia tem tido sua biodiversidade ameaçada devido ao crescente desmatamento que tem ocorrido nos últimos anos, processo decorrente principalmente da exploração madeireira, queimadas, agricultura e expansão urbana.

De acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2011), através do Prodes (Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira Por Satélite), foi registrado no ano de 2011 taxa de desmatamento na Amazônia de 6.400 km², uma área quatro vezes maior que a da cidade de São Paulo.

Nesse sentido, monitorar os focos de desflorestamento é essencial tanto para a manutenção das áreas, quanto para contribuir para a formulação de políticas públicas que busquem minimizar as taxas de desflorestamento.

Dentre as ferramentas utilizadas para o monitoramento dos focos de desflorestamento, destacam-se as ferramentas geotecnológicas, que através de imagens de satélite, possibilitam o mapeamento e a obtenção de informação com referência espacial (localização geográfica). Destacam-se entre as ferramentas geotecnológicas, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o Sensoriamento Remoto.

Outro instrumento importante nesse monitoramento são os indicadores ambientais, que podem auxiliar na identificação de um determinado problema e orientam os gestores públicos nas ações a serem implementadas para combater e até prevenir tais problemas.

A área de estudo da pesquisa abrange o município de Iranduba, localizado no Estado do Amazonas, e que ocupa uma área de 2.214,250km² cujos limites abrangem os municípios de Careiro, Manaquiri, Manacapuru, Novo Airão e Manaus (IBGE, 2011), e de acordo com o censo IBGE (2010), possui 40.781 habitantes.

Com a construção da Ponte sobre o Rio Negro, ligando Manaus a Iranduba, o município tem sido alvo de grande desfiguração da paisagem em virtude da implantação de loteamentos, conjuntos habitacionais e ocupações irregulares.

De acordo com dados do IBGE (2011), no ano de 2009 o município possuía 33.884 habitantes, passando para 40.781 habitantes no ano de 2011, denotando o significativo crescimento populacional municipal. Outro dado importante é que o desmatamento no município, no ano de 2010, ultrapassou o limite de 20% estabelecido pelo Código Florestal (CBNMANAUS, 2011), o que levou o município a ser o primeiro do Estado do Amazonas a receber o programa de Regularização Ambiental Rural e o Plano Estadual de Prevenção e Controle do Desmatamento no Amazonas (PPCD-AM).

Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo realizar o estudo do desflorestamento no município de Iranduba, utilizando Sistemas de Informações Geográficas e Imagens do Satélite Landsat 5 entre os anos de 2003 e 2011, analisando sua influência sobre a qualidade ambiental do município, utilizando indicadores ambientais.

Através desta pesquisa, espera-se contribuir na formulação de políticas públicas que visem o combate e redução do desmatamento no município, bem como contribuir para o entendimento da evolução da ação antrópica através do estudo do uso e ocupação do solo com base em imagens de satélite.

1.1. Problema de Pesquisa

Buscará responder a seguinte questão: “De que forma a expansão urbana no município de Iranduba, entre os anos de 2003 e 2011, tem contribuído para o aumento do desflorestamento no município e influenciado na qualidade ambiental do mesmo?”.

1.2. Pressuposto da Pesquisa

Pressupõe-se que, através da utilização de imagens de satélite e apoio das ferramentas geotecnológicas, será possível quantificar a perda de vegetação em Iranduba, bem como verificar sua influência sobre a qualidade ambiental do município.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar o processo de perda de cobertura vegetal e sua influência sobre a qualidade ambiental no município de Iranduba utilizando Sistemas de Informações Geográficas e Indicadores Ambientais.

2.2. Objetivos Específicos

- Quantificar a perda de vegetação entre o período de 2003 e 2011 no município de Iranduba, Amazonas;
- Identificar e caracterizar os diferentes tipos de interferências humanas resultantes do processo de ocupação, relacionando essas mudanças com a qualidade ambiental;
- Analisar os aspectos da qualidade ambiental através do Índice de Cobertura Vegetal (ICV) e do Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH), fornecendo subsídios ao planejamento ambiental no município.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Geotecnologias

Geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias podemos destacar: Sistemas de Informações Geográficas, cartografia digital, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global e a topografia (ROSA, 2005).

De acordo com Gonzaga (2009), com relação ao estudo da dinâmica de uso e ocupação da terra, a utilização de ferramentas geotecnológicas é de fundamental importância, pois permite identificar a ação antrópica, quantificar, espacializar e analisar as diferentes classes de uso e cobertura da terra e conhecer suas influências no nível de desflorestamento atual e futuro, servindo de suporte à tomada de decisões.

3.1.1. Sensoriamento Remoto

3.1.1.1. Definição

De acordo com Ferreira et al., (2000), o Sensoriamento Remoto pode ser definido como sendo a aquisição de informações sobre um objeto sem que haja contato físico com o mesmo.

Novo (1992) propôs a seguinte definição:

“Sensoriamento Remoto é a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações”.

Através da definição de Sensoriamento Remoto proposta por Novo (1992) é possível observar a importância do papel da energia no processo de obtenção de dados do objeto para o sensor.

O Sensoriamento Remoto é um instrumento que através dos seus sensores, permite a obtenção de uma grande quantidade de informações aplicadas em vários campos de estudo. As imagens obtidas permitem o monitoramento ambiental, quer em escala local, quer na global, e tem contribuído para o conhecimento da superfície da terra (VICENS, et al., 2001).

3.1.1.2. *Histórico e Evolução*

De acordo com Florenzano (2002), a história do sensoriamento remoto está vinculada principalmente ao surgimento da fotografia aérea e seu uso inicialmente militar. As fotografias eram utilizadas para reconhecimento de tropas, espionagem, área de combate, entre outros. Só após muitos anos, com o fim da Guerra fria, que essas informações e técnicas foram liberadas aos civis. O Brasil, há mais de três décadas vem desenvolvendo pesquisas envolvendo a ciência espacial, deixando de ser apenas um usuário da tecnologia espacial.

3.1.1.3. *Etapas do Sensoriamento Remoto*

As etapas do sensoriamento remoto abrangem a aquisição, processamento e análise de dados coletados por sensores remotos.

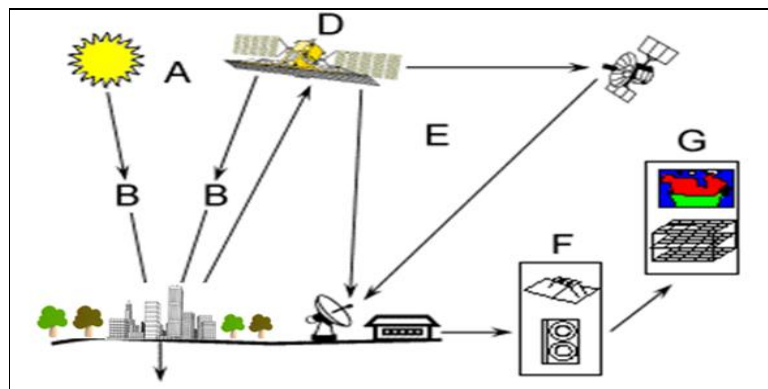


Figura 01: Etapas do sensoriamento Remoto. A: Fonte de radiação eletromagnética (REM); B: propagação da REM na atmosfera; C: Interação da REM com os objetos; D: Detecção da REM pelos sensores; E: Armazenamento dos dados detectados; F: Interpretação dos dados detectados; G: Geração de produto: mapas ,tabelas, relatórios.
Fonte: Adaptado de Gonzaga (2009).

3.1.1.4. Sistemas Sensores

Um sistema sensor, de acordo com Novo (2008), é qualquer equipamento capaz de transformar alguma forma de energia em um sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente. Um sensor remoto utiliza como fonte de energia, a energia eletromagnética, ou seja, a energia solar.

Quanto à fonte de energia, os sistemas sensores podem ser classificados em sensores ativos e sensores passivos.

Os sensores ativos são aqueles que produzem sua própria energia (radiação). Como exemplo de sensores ativos, têm-se os radares, pois produzem a energia que irá interagir com os objetos da superfície (NOVO, 1992).

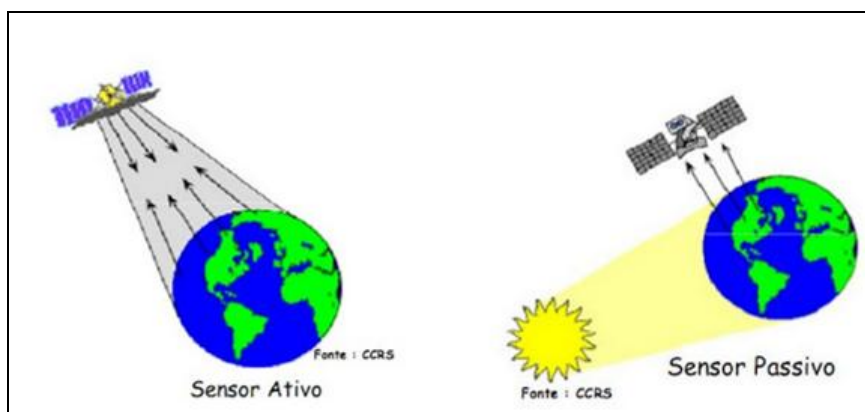


Figura 02: Sensor passivo e ativo. Fonte: Rudorff, 2007.

Os Sensores passivos são aqueles que não produzem sua própria energia, porém detectam a energia (radiação solar) refletida ou a radiação solar emitida pelos objetos da superfície (NOVO, 1992).

3.1.1.5. Resolução

De acordo com Novo (1992) resolução é uma medida da habilidade que um sistema sensor possui de distinguir entre respostas que são semelhantes espectralmente ou próximos espacialmente.

Pode ser classificada em resolução espacial, resolução espectral, resolução radiométrica e resolução temporal.

a) Resolução espectral

De acordo com Centeno (2003), está relacionada ao número de bandas e largura das faixas espectrais de um sistema sensor, nas quais a radiação eletromagnética é medida. Quanto maior o número de faixas e menor as larguras, maior é a resolução espectral (maior a capacidade de registro das diferenças entre os objetos).

b) Resolução espacial

Mede a menor separação angular ou linear entre dois objetos. Portanto, quando se diz, por exemplo, que um sistema possui resolução de 30 metros, não significa que objetos distanciados entre si menos que 30 metros não serão, em geral, discriminados pelo sistema (NOVO, 1992).

Quadro 01: Resolução espacial de imagens.

Resolução Espacial	Características
0,2 - 0,5 metros	- Medição de áreas construídas com precisão; - Permite mapeamento detalhado de infra-estrutura (postes, tampas de esgoto, caixas de telefone e etc.)
0,6 - 5 metros	- Permite diferenciar tipos de edificações (casas, forma dos prédios, características dos telhados; - É possível individualizar árvores, carros, ônibus, monumentos, arruamentos urbanos.
10 – 15 metros	- Identificação dos quarteirões de uma cidade, edifícios e ruas principais; - Detalhamento de áreas florestais; - Identificação de minerações e áreas agrícolas.
20 – 30 metros	- Identificação de regiões urbanas, aeroportos, rodovias principais e ferrovias; - Identificação de grandes áreas florestais e agrícolas, bacias hidrográficas e caracterização do solo; - Identificação de lineamento geológico
80 – 100 metros	- Cartografia de estruturas geológicas regionais; - Cartografia de grandes bacias hidrográficas e extensas áreas florestais e agrícolas.

Fonte: Adaptado de Holler (2012).

c) Resolução Radiométrica

Relaciona-se diretamente à sensibilidade do sensor. A resolução radiométrica é calculada em função da quantidade de bits utilizados para armazenar os dados referentes a um pixel, representados pelos níveis de cinza (CENTENO, 2003).

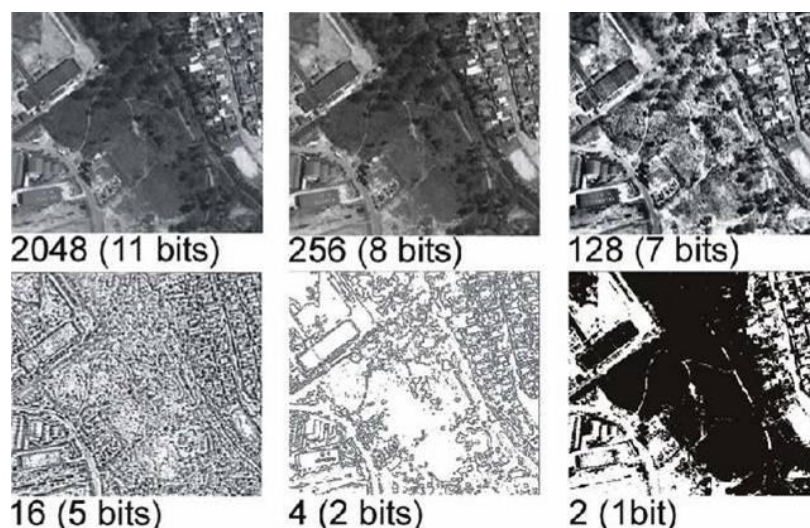


Figura 03: Diferença de resolução radiométrica em área urbana. Fonte: Melo, 2002.

d) Resolução Temporal

Está relacionada à repetitividade na aquisição de imagens em uma mesma área em um menor intervalo de tempo, visto que à medida que aumenta o intervalo de tempo menor será a resolução temporal (CENTENO, 2003).

Quadro 02: Resolução Temporal de alguns satélites

Satélite	Sensor	Resolução temporal
Landsat	TM	16 em 16 dias
SPOT	HRV	26 em 26 dias

Fonte: Adaptado de Chuvieco (1996)

A sequência temporal dos sistemas varia de acordo com os objetivos fixados para o sensor. Os satélites meteorológicos oferecem informações em períodos curtos de tempo, pois se dedicam a observar um fenômeno muito dinâmico, por esta razão sua resolução temporal é de 30 minutos (Meteosat, GOES, etc.) ou de 12 horas como o do satélite NOAA (CHUVIECO, 1996).

3.1.1.6. Processamento Digital de Imagens

As imagens digitais apresentam grande vantagem em relação às imagens analógicas, pois as mesmas podem ser processadas, serem combinadas com outras imagens de diferentes datas, ou imagens de sensores diferentes (NOVO, 2008).

De acordo com Crosta (1992), pode-se definir processamento digital de imagens como um conjunto de técnicas e operações aplicadas sobre uma imagem digital, com o objetivo de facilitar a identificação e extração de informações a partir dela e sua posterior interpretação.

No processamento digital de imagens são realizados procedimentos como o pré-processamento, realce das imagens e a análise das imagens.

De acordo com Souza (2003), o pré-processamento consiste na preparação dos dados de satélite para realizar a classificação. Inclui a restauração quantitativa de imagem para corrigir degradações radiométricas e geométricas inseridas pelo sensor no processo de formação das imagens.

O mesmo autor afirma que o realce de imagem é baseado em técnicas que melhoram a qualidade visual da imagem, auxiliando na interpretação das mesmas. Ele define o processo de análise como a extração de informações contidas nas imagens. Esse processo de extração de informação é realizado através da classificação das imagens.

3.1.1.7. Classificação

A extração de informações de imagens para a geração de mapas de uso e cobertura do solo pode ser realizada por meio de procedimentos de interpretação visual ou por métodos de classificação de imagens (PINHO, 2005).

De acordo com Novo (2008), o processo de classificação consiste em atribuir a cada pixel uma dada “classe espectral” utilizando os dados espectrais disponíveis, a partir de uma análise numérica.

Os métodos de classificação (ou classificadores) podem ser divididos em classificadores por pixel ou por regiões e podem levar em conta uma ou mais bandas da imagem (no caso de imagens multiespectrais). Os classificadores por pixel utilizam a informação espectral de cada pixel isolado para encontrar regiões homogêneas,

definidas como classes. Classificadores por regiões baseiam-se na informação de um conjunto de pixels vizinhos (região) (RODRIGUES et al., 2003).

A análise de uma imagem digital pode ser enquadrada em dois grandes grupos: análise digital e análise visual. Dentro do grupo da análise digital pode ser citada ainda a classificação supervisionada e classificação não-supervisionada (NOVO, 1992).

A classificação supervisionada consiste na classificação controlada pelo usuário. Baseado em uma chave da fotointerpretação o analista seleciona na imagem amostras (pixels) de feições conhecidas previamente. Estas amostras devem representar o melhor possível as feições a serem classificadas. Este tipo de classificação é indicado quando o analista tem facilidade de reconhecer todos os padrões da imagem e classes bem distintas entre si (ANTUNES, 2011).

Nesse tipo de classificação, o usuário deve identificar na imagem uma área representativa de cada classe. As amostras de treinamento selecionadas devem ser homogêneas e incluir toda a variabilidade dos níveis de cinza. Recomenda-se que o usuário adquira mais de uma área de treinamento, utilizando o maior número de informações disponíveis, como trabalhos de campo, mapas, etc. Para a obtenção de classes estatisticamente confiáveis, são necessários de 10 a 100 “pixels” de treinamento por classe. O número de “pixels” de treinamento necessário para a precisão do reconhecimento de uma classe aumenta com o aumento da variabilidade entre as classes (INPE, 2011).

A classificação não-supervisionada requer do usuário apenas alguns parâmetros tais como número de classes e interações. O algoritmo permite agrupar pixels com características espectrais similares. É necessário posteriormente associar classes aos agrupamentos, procedimento este que é feito de maneira totalmente automatizada, através de algoritmos classificadores. Este processo também pode ser denominado de segmentação, que significa o agrupamento de pixels dentro de determinados intervalos de variação. Assim sendo, cada pixel é associado a determinado agrupamento ou cluster. O resultado da classificação não supervisionada é a segmentação da imagem dentro de intervalos pré-fixados de variação espectral (ANTUNES, 2011).

Nesse tipo de classificação, as áreas escolhidas devem ser heterogêneas para assegurar que todas as possíveis classes e suas variabilidades sejam incluídas. Os

“pixels” dentro de uma área de treinamento são submetidos a um algoritmo de agrupamento (“clustering”) que determina o agrupamento do dado, numa feição espacial de dimensão igual ao número de bandas presentes. Este algoritmo assume que cada grupo (“cluster”) representa a distribuição de probabilidade de uma classe (INPE, 2011).

No Quadro 03 podem ser visualizados os algoritmos de classificação mais utilizados:

Quadro 03: Tipos de classificação e alguns algoritmos classificadores mais utilizados.

Classificação	Características	Tipo	Algoritmo
Supervisionada	Informações feições conhecidas previamente através de trabalhos posteriores.	Pixel a pixel	Paralelepípedo
			Distância mínima
			Máxima verossimilhança
Não-supervisionada	Não requer conhecimento prévio da área de estudo.	Por região	Bhattacharya
			Mahalanobis (isoseg)

Neste trabalho utiliza-se o classificador baseado na técnica de Máxima Verossimilhança Gaussiana, método de classificação de abordagem estatística, conhecido como MAXVER.

3.1.1.7.1. Máxima Verossimilhança Gaussiana (MAXVER)

Segundo Erbert (2001), o método da Máxima Verossimilhança (MAXVER), é o mais utilizado em sensoriamento remoto dentro da abordagem estatística. É um método considerado paramétrico, pois envolve parâmetros (vetor média e matriz de covariância) da distribuição gaussiana multivariada e é supervisionado, pois estima estes parâmetros através das amostras de treinamento.

Este método considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos (Equação 01). Este classificador avalia a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma categoria a qual ele tem maior probabilidade de associação (INPE 2011).

$$P_c = \left[-0,5 \log_e (Det (V_c)) \right] - \left[0,5 (X - M_c)^T (V_c)^{-1} (X - M_c) \right]$$

Equação 01: Algoritmo Maxver. Fonte: INPE, 2002.

Onde: X = vetor de medidas dos pixels desconhecidos; P_c = probabilidade de o vetor X ser assinalado na classe c; V_c = matriz de covariância da classe c contemplando todas as bandas (K,..., L); Det (V_c) = determinante da matriz de covariância V_c; M_c = vetor das médias para cada classe c; e T = matriz transposta.

O algoritmo da máxima verossimilhança avalia a variância e a covariância das categorias de padrões de resposta espectral quando classifica um *pixel* desconhecido. Para isto, assume-se que a distribuição da nuvem de pontos que forma a categoria dos dados de treinamento é Gaussiana (distribuição normal). A distribuição de um padrão de resposta espectral da categoria pode ser complementemente descrita por um valor de média e a matriz de covariância. Através desses parâmetros calcula-se a probabilidade estatística de um dado valor de *pixel* pertencente a uma classe particular de cobertura da terra (LILLESAND & KIEFFER, 1994).

3.1.1.8. Sistemas de Informações Geográficas – SIG.

De acordo com Florenzano (2002), SIG é um sistema computacional que permite armazenar e integrar informações geográficas de diferentes formas e escalas. As informações em um SIG devem estar georreferenciadas (com localização geográfica definida).

Alves (1990) define Sistema de Informações Geográficas como:

“(...) sistemas destinados ao tratamento de dados espaciais. Estes sistemas manipulam dados de diversas fontes como mapas, imagens de satélite, cadastros e outras, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados”.

Ferreira (2006) complementa as definições anteriores, afirmando existir dois significados distintos para SIG. O primeiro se refere a uma aplicação real de SIG, incluindo equipamentos, dados, programas computacionais, recursos humanos e métodos necessários para resolver um problema (uma aplicação de SIG). O segundo se

refere a um tipo de programa computacional vendido (proprietário) ou então disponibilizado por um desenvolvedor de programas computacionais (livre ou gratuito).

No Quadro 04 podem ser visualizados alguns exemplos de Sistemas de Informações Geográficas livres, gratuitos e proprietários.

Quadro 04: Sistemas de Informações Geográficas livres, gratuitos e proprietários.

Livre	Gratuito	Proprietário
SPRING	SPRING	IDRISI KILIMANJARO
POSTGIS	POSTGIS	ENVI
MAPSERVER	PHILCARTO	ORACLE
TERRAVIEW	MAPSCAN	ARCVIEW

O Sistema de Informações Geográficas possui grande importância para o estudo, monitoramento, planejamento e análise do meio ambiente e cidades, por possuir uma ampla gama de aplicações.

Atualmente, um SIG pode ser aplicado a praticamente todas as atividades humanas, uma vez que essas atividades são sempre executadas em algum local, em alguma posição geográfica (FERREIRA, 2006).

3.1.1.9. Spring/INPE

O SPRING é um Sistema de Informações Geográficas com funções de processamento de imagens, análise espacial e bancos de dados espaciais. Foi desenvolvido pelo INPE, através da DPI (Divisão de Processamento de Imagens) com a participação de instituições como EMBRAPA e Petrobrás.

De acordo com INPE (2011), o Software SPRING foi desenvolvido com o objetivo de construir um sistema de informações geográficas para aplicações em Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional, acessível e de rápido aprendizado, com o objetivo de fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para diversas aplicações.

O software SPRING é distribuído gratuitamente no site do INPE.

3.1.1.10. Uso de imagens de satélite no estudo de ambientes naturais.

Segundo Florenzano (2007), as imagens de satélites proporcionam uma visão de conjunto e multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre, sua transformação e destacam os impactos causados por fenômenos naturais e pela ação do homem com o uso e ocupação do espaço.

As imagens de satélite são utilizadas para diversas finalidades e tem auxiliado em pesquisas científicas e no monitoramento de fenômenos naturais.

De acordo com Ferreira et al., (2000), dentre as possibilidades de utilização das imagens de satélite para fins ambientais, destacam-se:

- Detecção e monitoramento de focos de incêndio e áreas de queimadas;
- Monitoramento do desmatamento;
- Inundações;
- Feições de relevo e de ambientes aquáticos;
- Manejo florestal;
- Monitoramento de ambientes naturais transformados.

3.1.1.11. Sistema Landsat

O Programa LANDSAT constitui-se de uma série de 7 satélites desenvolvidos pela NASA a intervalos médios de 3 a 4 anos. Em operação desde 1972, permitiu a aquisição de imagens da superfície terrestre para atender uma ampla comunidade de usuários (NOVO, 2008).

No Quadro 05 podem ser visualizadas as principais características dos satélites LANDSAT.

Quadro 05: Satélites LANDSAT.

Sistema	Sensor	Resolução (m)	Altura de órbita	Revisita (dias)
Landsat 1	RBV MSS	80 80	917	18
Landsat 2	RBV MSS	80 80	917	18
Landsat 3	RBV MSS	30 80	917	18
Landsat 4	MSS TM	80 30	705	16
Landsat 5	MSS TM	80 30	705	16
Landsat 6	ETM	30	705	16
Landsat 7	ETM	30	705	16

Fonte: Adaptado de Novo (2008).

3.1.1.12. Uso e Cobertura do Solo

O conhecimento do uso e ocupação do solo fornece informações que possibilitam os gestores públicos a adoção de estratégias para a preservação ambiental, pois permite por exemplo, a detecção de áreas de desflorestamento. Dessa forma, pode-se implementar medidas que contribuam para melhores formas de uso dessas áreas.

De acordo com Lopes (2008):

“O mapeamento do uso e cobertura do solo é de grande importância, visto que o uso de forma não planejada degrada o meio ambiente. Com este mapeamento facilita-se a detecção de áreas exploradas de forma inadequada e, com sua localização precisa, promove-se a tomada de decisões pelos órgãos competentes encarregados da fiscalização”.

De acordo com Ferreira et al., (2005), o estudo do uso e ocupação consiste em caracterizar a vegetação que reveste o solo ou conhecer de que forma o homem esta utilizando a área por ele ocupada.

As técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto aliadas com Sistemas de Informações Geográficas (SIG) vêm sendo aplicados em mapeamentos do uso e cobertura do solo (LOPES, 2008).

Batistella (2005) afirma que estas técnicas têm papel fundamental no entendimento das transformações atuais e futuras na paisagem amazônica.

O crescente interesse sobre uso e cobertura do solo desperta interesse em toda a sociedade, pois além de monitorar os possíveis impactos ambientais, pode-se acompanhar o desenvolvimento socioeconômico de um local, tanto em escala municipal, regional e até mesmo global (MONTEBELO et al., 2005).

O conhecimento do uso e cobertura do solo favorece para que medidas que garantam a preservação e manutenção do meio ambiente e a gestão do espaço seja adequada à realidade (SCHLINDWEIN et al., 2007).

3.1.1.13. Estudos aplicados ao Uso e cobertura do Solo.

Estudos envolvendo a análise do uso e cobertura do solo tem sido aplicados para as mais variadas finalidades visando buscar melhores formas de gestão dos espaços naturais.

Kleinpaul et al., (2005), por exemplo, aplicaram a metodologia de uso e cobertura do solo, com o objetivo monitorar os processos de desmatamento e regeneração e também determinar quais são as taxas de conversão de florestas primárias em outros usos da terra e destes em regeneração.

Lopes (2008), utilizando desta mesma metodologia, buscou caracterizar espacialmente o uso e ocupação do solo no município de Tailândia – Pará, através do satélite LANDSAT 5/TM combinado de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Barbosa et al., (2009), utilizaram a metodologia para quantificar e estudar a evolução do uso no período entre 1984 e 2001 e caracterizar os padrões das fisionomias presentes, a fim de subsidiar possíveis trabalhos de planejamento do uso e manejo agrícola do solo, assim como ações conservacionistas dos recursos naturais e renováveis no município, em detrimento do fato de que esta região tem sido alterada muito rapidamente devido à ação antrópica.

Nogueira et al., (2007), aplicaram a metodologia de mapeamento do uso e cobertura do solo com a finalidade de analisar o processo de expansão da área urbana de Manaus e os impactos decorridos dela.

3.1.1.14. Planejamento e Qualidade Ambiental

Segundo Nucci (2001), o planejamento da paisagem é um instrumento de proteção e desenvolvimento da natureza com o objetivo de salvaguardar a capacidade dos ecossistemas e o potencial recreativo da paisagem como partes fundamentais para a vida humana.

O planejamento ambiental possui um conceito muito amplo. Devemos compreender o conservacionismo como algo além de práticas voltadas à administração de reservas e a proteção de espécies em risco de extinção. [...] A prática conservacionista é base para o planejamento ambiental (BOTELHO, 1999).

Nesse sentido, Nucci (2001) define três metas do planejamento da paisagem (Quadro 06):

Quadro 06: Metas do Planejamento da Paisagem

Meta 1	Salvaguardar a diversidade animal e vegetal e suas biocenoses por meio do desenvolvimento de uma rede interligada de áreas protegidas, renaturalização de cursos d'água, revegetação, reflorestamento, etc.
Meta 2	Salvaguardar as paisagens, seus elementos e espaços livres em áreas urbanas para fornecer a oportunidade de contato contemplativo e recreativo da natureza em contraste com as atividades recreativas comerciais. As áreas precisam ser designadas e protegidas do impacto visual, dos ruídos e da poluição.
Meta 3	Salvaguardar o solo, a água e o clima por meio da regulamentação de seus usos e regeneração dos recursos; controle do escoamento superficial, da permeabilidade dos solos, dos aquíferos e da poluição utilizando a vegetação como forma de controle.

Fonte: Adaptado de Nucci (2001).

Apesar de sua importância, o planejamento urbano, na maioria das cidades, é deixado de lado em virtude da escassez de recursos, falta de pessoal capacitado, desinteresse político, dentre outros fatores.

O planejamento ambiental, principalmente em cidades pequenas (por apresentarem problemas ambientais em menor intensidade, como poluição da água, do ar, do solo e outros), pode ser um grande diferencial no desenvolvimento das mesmas.

No que tange o planejamento ambiental, uma das ferramentas utilizadas para o monitoramento e identificação de problemas ambientais são os Sistemas de Informações Geográficas, através de técnicas de mapeamento de uso e cobertura do solo.

A utilização da carta de uso e cobertura do solo pode ser uma importante e às vezes única, ferramenta para o estudo da área e delimitação de unidades de paisagem. Com ela pode-se fazer inferências, já que uma boa parte da qualidade ambiental está relacionada com o tipo de utilização de solo (NUCCI, 2001).

Um atributo muito importante a ser considerado no desenvolvimento das cidades é o da cobertura vegetal. A vegetação, diferentemente da terra, do ar e da água, não é uma necessidade óbvia na cena urbana. E, muitas das vezes, é tida mais como uma função de satisfação psicológica, paisagística e cultural do que com funções físicas (NUCCI, 2001).

A arborização é essencial a qualquer planejamento urbano e tem funções importantíssimas como: propiciar sombra, purificar o ar, atrair aves, diminuir a poluição sonora, constituir fator estético e paisagístico, diminuir o impacto das chuvas, contribuir para o balanço hídrico, valorizar a qualidade de vida local, assim como economicamente as propriedades ao entorno (SANTOS, 2012).

Quando se fala em planejar com a natureza, está se falando principalmente da vegetação. É a partir dela que muitos problemas serão amenizados ou resolvidos e, portanto, a cobertura vegetal, tanto em termo qualitativo como quantitativo e também sua distribuição espacial no ambiente urbano, deve ser cuidadosamente considerada na avaliação da qualidade ambiental (NUCCI, 2001).

De acordo com Moraes (2009), a qualidade de vida humana está diretamente relacionada à proteção do meio ambiente físico e biológico. Para que isso aconteça, é necessário que o ambiente se torne operacional, através do gerenciamento da água, do solo, da biota e das atividades humanas, isto porque, na natureza, tudo está integrado e conectado. Não se pode mais admitir um crescimento, seja econômico ou populacional, sem a preservação e a análise dos impactos.

Diante desse contexto a vida nas cidades se torna importante e ganha maior destaque tendo em vista as condições do meio físico e biológico que adquiriu feições peculiares provenientes da ação antrópica intensificada com o avanço das novas tecnologias do século XX e, conseqüentemente, da aquisição de novos padrões de vida da população urbana (MORAIS, 2009).

3.1.1.15. Índices de Cobertura Vegetal (ICV) e Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH)

Segundo Melazo (2008) a vegetação é caracterizada como um indicador de qualidade ambiental e atua associada a outros indicadores (qualidade do ar, da água, solos, fauna e clima).

A quantificação e a configuração espacial da cobertura vegetal podem ser utilizadas como instrumentos e parâmetros de avaliação da qualidade ambiental em áreas urbanas. O índice de áreas verdes é aquele que expressa a quantidade de espaços livres de uso público, em km² ou m², pela quantidade de habitantes que vivem em uma determinada cidade ou local referenciado (CAVALHEIRO et al., 1999).

No que diz respeito à quantificação, “estima-se que um índice de cobertura vegetal na faixa de 30% seja o recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas, sendo que áreas com índice de arborização inferior a 5% determinam características semelhantes a um deserto” (Oke, 1973 *apud* Lombardo, 1985).

Os índices relacionados à cobertura vegetal representam um dos critérios para avaliar a qualidade ambiental urbana. Para obtenção do Índice de Cobertura Vegetal, por exemplo, é necessário o mapeamento de toda cobertura vegetal de uma determinada área. Conhecendo-se a área total estudada (em metros quadrados) chega-se posteriormente à porcentagem de cobertura vegetal que existe naquele bairro ou cidade (OLIVEIRA et al., 1999).

O índice de cobertura vegetal difere do índice de áreas verdes por considerar todas as manchas de vegetação, como a arborização de ruas, as áreas verdes particulares e Unidades de Conservação (NUCCI, 2001).

Os índices a seguir tratam-se de indicadores da qualidade ambiental urbana, indicando suficiência ou escassez de vegetação (MELAZO, 2008):

a) Índice de Cobertura Vegetal (%)

É a proporção de área coberta com vegetação (Copa das Árvores/arbustos) em função da área total de uma cidade ou de um setor urbano, ou ainda uma paisagem

urbana específica. Trata-se de um indicador de qualidade ambiental representado pela fórmula:

$$\text{ICV} = \frac{\text{Superfície total da copa das árvores/arbustos (m}^2\text{)}}{\text{Superfície total da área}}$$

Equação 02: Índice de Cobertura Vegetal.

b) Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (m²/ hab):

É a proporção de área coberta com vegetação (copa das árvores/arbustos) pela quantidade de pessoas total de uma cidade ou de um setor urbano, ou ainda uma paisagem urbana específica. Trata-se de um indicador de qualidade ambiental representado pela fórmula:

$$\text{ICVH} = \frac{\text{Superfície total da copa das árvores/arbustos (m}^2\text{)}}{\text{Quantidade total de habitantes}}$$

Equação 03: Índice de Cobertura Vegetal por Habitante.

Os índices acima buscam retratar as condições do ambiente, podendo, dessa forma, estabelecer metas que se desejam alcançar avaliando variações temporais e que possam servir como um referencial comparativo em futuras pesquisas (MELAZO & NISHIYAMA, 2010).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Classificação da Pesquisa

4.1.1. Natureza da pesquisa

De acordo com Gonçalves e Meirelles (2004), esta pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois está direcionada a resolver objetivos específicos.

4.1.1.2. Tipo de abordagem

Segundo Silva & Menezes (2000), quanto a abordagem do problema, esta pesquisa é classificada como qualitativa e quantitativa.

A pesquisa qualitativa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. Não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem. (SILVA & MENEZES, 2000).

A pesquisa quantitativa considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, etc.). Resultados precisam ser replicados (MINAYO, 2007).

4.1.1.3. Quanto aos fins

Quanto aos fins, esta pesquisa pode ser caracterizada como descritiva, que de acordo com Gonçalves & Meirelles (2004), consiste no estudo no qual “os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que o pesquisador interfira neles”.

4.1.1.4. Quanto aos meios de investigação

Segundo Gil (2002), quanto aos meios de investigação, esta pesquisa pode ser classificada da seguinte forma:

a) Pesquisa bibliográfica: é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

b) Estudo de campo: procura o aprofundamento de uma realidade específica. É basicamente realizada por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas com informantes para captar as explicações e interpretações do que ocorre naquela realidade.

Para Ventura (2002), a pesquisa de campo deve merecer grande atenção, pois devem ser indicados os critérios de escolha da amostragem (das pessoas que serão escolhidas como exemplares de certa situação), a forma pela qual serão coletados os dados e os critérios de análise dos dados obtidos.

c) Estudo de caso: consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

Caracterizado por ser um estudo intensivo. É levada em consideração, principalmente, a compreensão, como um todo, do assunto investigado. Todos os aspectos do caso são investigados. Quando o estudo é intensivo podem até aparecer relações que de outra forma não seriam descobertas (FACHIN, 2001).

4.1.1.5. Quanto às técnicas de coleta de dados

Quanto a coleta de dados, foram utilizados:

a) Dados secundários: Livros, artigos, dissertações, legislação, Plano Diretor Municipal.

b) Dados primários: Formulários de campo, elaboração e interpretação de mapas temáticos.

4.1.2. Área de Estudo

O Município de Iranduba, distante cerca de 25 quilômetros de Manaus, ocupa uma área de 2.214,250km² e limita-se com os municípios de Careiro, Manaquiri, Manacapuru, Novo Airão e Manaus e de acordo com o último censo IBGE, possui 40.781 habitantes (IBGE, 2010).

Um dos destaques de Iranduba é o fato de o mesmo ser o único localizado hoje entre os rios Negro – de águas escuras e praias de areia branca – e Solimões – água barrenta e possuidor de rica vida animal (IBGE, 2012).

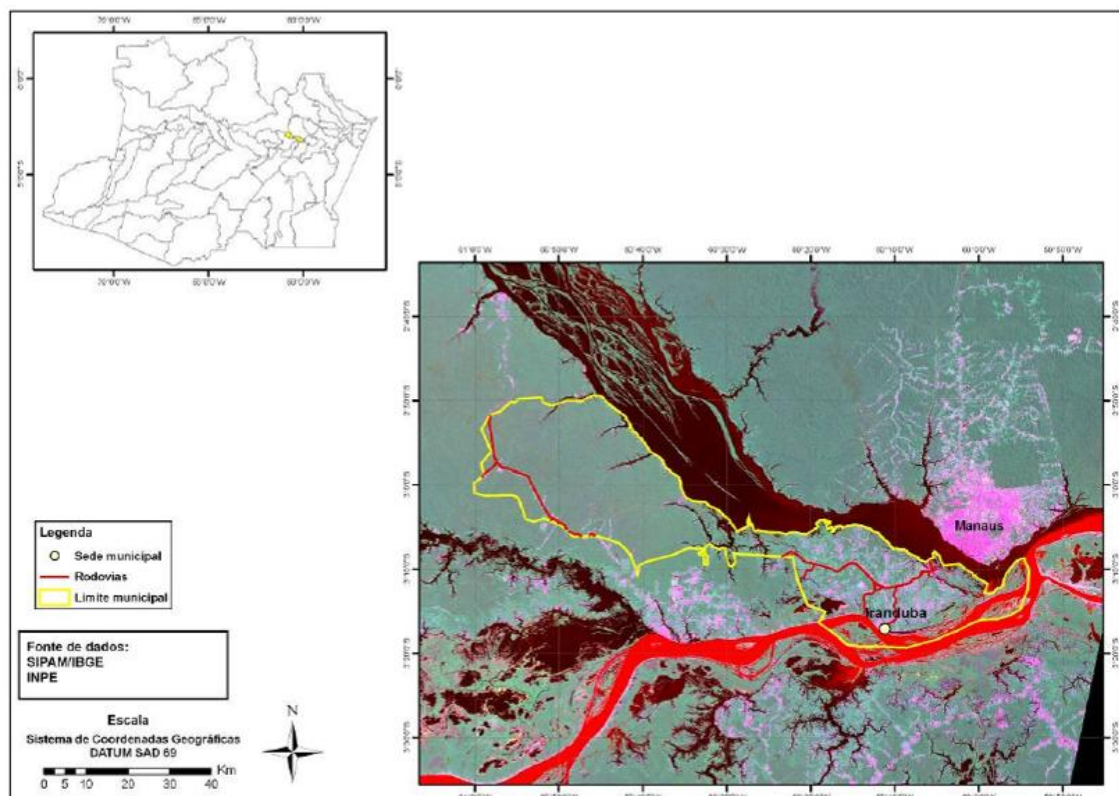


Figura 04: Localização do Município de Iranduba. Fonte: SIPAM.

Segundo Soares (2007), a região apresenta clima tropical chuvoso e úmido. A umidade relativa do ar é sempre alta principalmente no mês de março quando acontece a incidência maior de chuva. O clima local é do tipo Af, com precipitação em todos os meses do ano. Apresenta características de clima equatorial úmido, com temperaturas medias anual sempre acima de 22°C (SUDAM, 1984).

Segundo o projeto RADAM BRASIL (1978) os solos encontrados no município de Iranduba são: Latossolo Amarelo, Gleissolo, Plintossolo e Neossolo e os tipos de vegetação encontrados na região são:

- Floresta Ombrófila Densa Aluvial: Formação característica das áreas inundáveis pelas cheias sazonais, ecologicamente adaptados às intensas variações do nível da água, entretanto, beneficia-se da renovação regular do solo decorrente das enchentes periódicas. A floresta aluvial apresenta com frequência um dossel emergente. É uma formação com muitas palmeiras no extrato intermediário;

- Floresta Ombrófila Densa das terras baixas: É uma formação que ocupa em geral as planícies costeiras. Ocorre desde a Amazônia, estendendo-se por todo nordeste. Apresenta agrupamentos de árvores emergentes nas elevações mais pronunciadas dos interflúvios, como o Angelim-pedra (*Dinizia excelsa*) e Tauari (*Couratari* spp.).

- Formações Pioneiras: caracterizam-se pela vegetação de primeira ocupação, associada a espécies pioneiras que se desenvolvem sobre áreas pedologicamente instáveis.

A economia do município é baseada no setor primário, secundário e terciário. No setor primário, a agricultura é baseada principalmente no cultivo de produtos como milho, arroz, mandioca, maracujá, repolho, pepino e tomate. A pecuária consiste na criação de gado nelore para corte, leite e mista (corte/leite). A pesca é uma atividade exercida principalmente por camadas de baixa renda, para subsistência, sendo o excedente comercializado no mercado e feiras. O setor terciário consiste em estabelecimentos comerciais e serviços como hotéis, pensões e o mercado municipal. O extrativismo vegetal é uma atividade tradicional no município através da extração de produtos como madeira, e os subprodutos que são aproveitados como lenha para as olarias e padarias. O setor secundário conta com indústrias como olarias, serrarias, frigoríficos e panificadoras (GOVERNO DO AMAZONAS, 2012).

O segmento cerâmico-oleiro de Iranduba têm grande importância socioeconômica para esse município e é composto por cerca de 32 empresas, com produção anual de cerca de 100 milhões de tijolos por ano (25% produzidos em Manacapuru e 75% em Iranduba) (AZEVEDO et al., 2002).

Segundo Gonzaga (2009), o município tem como principal corredor econômico a rodovia Manoel Urbano – AM 70. A concentração da indústria ceramista

nessa área torna o município um dos maiores produtores do segmento no estado. Essa atividade tem como principal combustível a lenha.

4.1.3. Materiais Utilizados

Nesta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

a) Imagens: Dados de sensoriamento remoto obtidos de imagens do sensor Thematic Mapper-TM, a bordo do satélite LANDSAT 5, com resolução espacial de 30 metros. As imagens utilizadas são referentes aos anos de 2003, 2005, 2010 e 2011, disponibilizadas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, através de download gratuito.

Quadro 07: Dados de Sensoriamento Remoto.

Sensor	Orbita/Ponto	Data
LANDSAT 5 – TM	231/062	24/07/2003
		29/07/2005
		27/07/2010
		14/07/2011

b) Dados Vetoriais: Foram utilizados os dados vetoriais de vegetação, limite municipal e Unidades de Conservação na escala de 1:300.000.

Quadro 08: Origem dos Vetores.

Vetor	Origem
Vegetação	SIPAM
Limite Municipal	
Unidades de Conservação	

c) Softwares e laboratórios: Software SPRING/INPE versão 5.1.6.; Laboratório de Geotecnologias UFAM.

d) Material complementar: Micro computador e periféricos, GPS GARMIN, modelo 65 CXs;

4.1.4. Procedimentos Metodológicos

A metodologia adotada nesta pesquisa compreendeu três etapas, baseadas nos objetivos específicos:

4.1.4.1. Mapeamento multitemporal do crescimento espacial da área urbana e perda de vegetação do Município de Iranduba, Amazonas, entre o período de 2003 e 2011.

Nesta fase foram realizadas as seguintes atividades:

a) Processamento das Imagens de Satélite

Foram utilizadas imagens do Satélite Landsat 5 – TM, dos seguintes anos: 2003, 2005, 2010 e 2011, obtidas através do site do INPE, no catálogo de imagens Landsat 5 – Sensor *Thematic Mapper*.

Os mapas referentes ao uso e ocupação do solo de cada uma das datas selecionadas foram elaborados utilizando o software SPRING/INPE.

Para o início das atividades, criou-se um projeto e um banco de dados no Software SPRING intitulado – Iranduba, nos quais foram importadas as cenas do Município de Iranduba (231-062) e realizado o processamento das mesmas. Foi utilizada a Projeção UTM, Datum ITRF (WGS 84).

Foram importadas as bandas 3, 4 e 5, de cada uma das imagens Landsat 5 TM, para o Módulo INPIMA do software SPRING, onde foram convertidas do formato TIFF para GRB.

As imagens foram georreferenciadas utilizando como base uma imagem Orthorretificadas do site da *Global Land Cover Facility* e foram submetidas ao processo de composição, no qual se utilizou a composição RGB, ou seja, bandas 5, 4 e 3, com realce para ajudar na interpretação. O recorte da área de estudo foi realizado utilizando o vetor do limite do município disponibilizado pelo SIPAM.

Quadro 09: Características das bandas.

Banda	Intervalo Espectral	Principais características e aplicações
5	1,55 – 1,75 (µm)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
4	0,76 – 0,90 (µm)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a identificação de áreas agrícolas.
3	0,63 – 0,69 (µm)	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.

Fonte: DGI/INPE, 2012.

b) Classificação das Imagens de Satélite

A fase seguinte foi a de definição das classes de uso e cobertura da área de estudo, das quais foram tomadas as amostras de treinamento do classificador. Neste processo foram avaliadas as características de cada classe definida, com base na resposta espectral. O nome das classes e respectiva quantidade de número de amostras de treinamento encontram-se na Tabela 01.

O processo de classificação baseou-se em imagens e informações disponíveis na literatura, bem como reconhecimento em campo, que possibilitaram a identificação e delimitação das seguintes classes: Floresta Ombrófila, Floresta Secundária, Área antropizada e Água.

Antes de iniciar o processo de classificação do tipo Supervisionada (Pixel a pixel), utilizando o classificador Maxver, selecionaram-se algumas amostras de cada classe e em seguida, realizou-se o treinamento das mesmas, com o objetivo de avaliar o quanto estas bandas espectrais auxiliariam no reconhecimento das classes em questão. A partir dos resultados apresentados por ele, puderam-se tomar decisões proporcionando a melhora da classificação.

Tabela 01: Classes e respectivas quantidades de pixels das amostras de treinamento

Classes	Pixels			
	2003	2005	2010	2011
Floresta Ombrófila	2753	2453	1895	2475
Floresta Secundária	2750	2130	2099	2219
Área Antropizada	2339	2467	2346	2123
Água	2629	2123	1069	2762

A imagem foi submetida à classificação supervisionada por pixel, utilizando-se o algoritmo de Máxima Verossimilhança (Maxver) com limiar de aceitação de 99%.

No Quadro 10 encontra-se a chave de identificação das classes, a qual foi baseada na análise visual, levando em consideração as características utilizadas para tomar as amostras de treinamento da imagem, em visitas de campo, além de revisão de literatura. As classes selecionadas foram:

Quadro 10: Chave de interpretação das classes temáticas – Composição RGB.

Classe	Cor	Textura	Formato	Descrição
Floresta Ombrófila	Verde escuro e médio	Grossa e homogênea	Irregular e contínuo	Corresponde à cobertura arbórea de médio e grande porte que não apresentassem nenhuma interferência antrópica.
Floresta Secundária	Verde claro	Granular	Irregular e não-contínua	Vegetação em regeneração, florestas secundárias ou formações florestais que já tenham sofrido algum tipo de antropização, mas que ainda não regeneraram por completo. Incluíram-se também, em virtude da semelhança espectral, áreas de agricultura.
Área Antropizada	Vermelho, cor-de-rosa	Grossa	Irregular e não contínuo	Área urbanizada, construções, estradas, solo exposto.
Água	Azul escuro	Lisa	Regular e contínuo	Rede hidrográfica – lagos, rios e igarapés.

O processo seguinte foi a pós-classificação no qual foi utilizado o limiar 5 e peso 2, e que teve por objetivo corrigir as imperfeições deixadas pela classificação, ou seja, agrupar possíveis pixel que ficaram soltos na imagem.

Para cada mapa gerado foi calculada a área ocupada, através do recurso – Medidas de Classes – do SPRING.

c) Avaliação da Classificação

Para a avaliação dos resultados e acurácia foi aplicado o teste estatístico de Kappa nas classificações realizadas.

Brites (1996), sugere o Índice Kappa como um dos procedimentos mais utilizados para mensurar a exatidão das classificações temáticas por representar inteiramente a matriz de confusão.

A matriz de confusão identifica o erro global da classificação para cada categoria, mostrando também como se deram as confusões entre as categorias (BRITES, 1996).

O uso do Índice Kappa (K) é satisfatório na avaliação da precisão de uma classificação temática, pelo fato de levar em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo, inclusive os elementos de fora da diagonal principal, os quais representam as discordâncias na classificação, diferentemente da exatidão global, por exemplo, que utiliza somente os elementos diagonais (concordância real) (COLGATON, 1991).

A partir da matriz de erros, o índice Kappa foi utilizado para avaliar a concordância entre a verdade terrestre com informações obtidas em campo, com os dados resultantes da classificação automática das imagens.

O valor da estatística Kappa (Quadro 11) permite analisar comparativamente os resultados da análise dos mapas resultantes da utilização de dados de sensoriamento remoto (Fotografias aéreas e imagens de satélite), dentro de certas restrições (LANDIS & KOCH, 1977).

O cálculo do índice kappa é efetuado através da equação (Figura 05):

$$K = \frac{X \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{X^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}$$

Equação 4: Equação para obtenção do índice kappa.

Onde: X = elemento da matriz de erros; R = número de categorias presentes na matriz de erros; X_{ii} = elementos da diagonal principal; X_{i+} = total da linha para uma dada categoria informacional; e X_{+i} = total da coluna para uma dada categoria informacional.

A qualidade da classificação associada aos valores de Kappa podem ser observados no Quadro 11:

Quadro 11: Intervalo de aceitação dos resultados do índice Kappa

Valores de Kappa (K)	Qualidade do Mapa
<0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20-0,40	Razoável
0,40-0,60	Boa
0,60-0,80	Muito boa
0,80-1,00	Excelente

Fonte: Landis & Koch (1997).

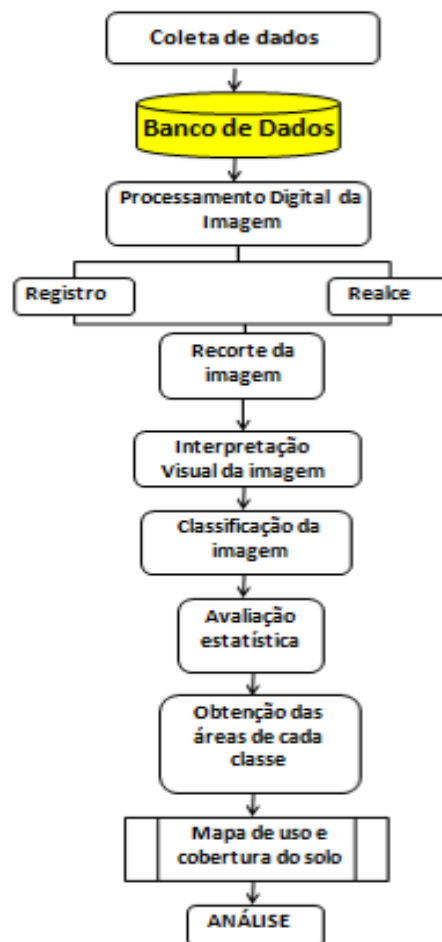


Figura 05: Fluxograma elaboração do mapa de uso e cobertura do solo.

4.1.4.2. Estudo da dinâmica de ocupação da área, características e tipos das interferências humanas resultantes do processo de ocupação, e sua relação com a qualidade ambiental.

4.1.4.2.1. Fases

A metodologia para a caracterização dos impactos na área estudada seguiram Marcelino (2000) e consistiu em:

a) Fase de levantamento bibliográfico: sobre conceitos e questões pertinentes às interferências humanas e os efeitos dessas interferências sobre o ecossistema, detalhes metodológicos usados na avaliação dos impactos, na caracterização e compartimentalização do ambiente;

b) Fase de visitas *in loco* à área de estudo: Coleta de dados primários através de listagem dos impactos, registros fotográficos e preenchimento de formulários preparados para obtenção dos dados sobre feições fisiográficas e interferências humanas.

c) Fase de tratamento estatístico dos dados coletados: Após a coleta de informações, foi realizada a sistematização e a quantificação dos resultados de campo, elaborando-se uma matriz onde foram representados todos os impactos evidenciados na área e o grau de magnitude de cada um.

4.1.4.2.2. Análises das Interferências Antrópicas nas áreas selecionadas.

Marcelino (2000) utilizou as listagens de controle descritiva utilizadas por Caanter (1984), por facilitar a descrição geral do ambiente. Para a atribuição escalar utilizou-se como parâmetro o método do Patamar de tolerância ou Limite de interesse (*"Threshold of Concern"*), que é utilizado nas avaliações de impactos em projetos de manejo florestal, onde se estipula parâmetros escalares aos impactos a partir dos limites máximos e mínimos do componente ou do recurso natural, onde se incorpora o grau de importância de cada impacto.

Os critérios de ponderação seguiram Marcelino (*op. Cit.*), atribuindo-se os valores 0, 1, 2 e 3 (Quadro 12) que correspondem aos conceitos de *inexistência* (da interferência), *presença irrelevante* (ou pouca interferência observada no ambiente), *impactos perceptíveis* (ou média presença do fator impactante), e *impactos agudos* (presença extrema do fator impactante no ambiente estudado), respectivamente, conforme a classificação da magnitude (escala) fornecida por Rhode (1988).

Quadro 12: Categoria de fatores numéricos e seus intervalos para os impactos antrópicos evidenciados no município.

Intervalo	Indicador correspondente
0	Inexistência de atributos a ser estudado; nenhuma interação.
1	O sistema tem poucas alterações antrópica, sem prejuízos de qualidades ambientais como beleza cênica, produtividade ecológica. Este valor corresponde à pouca presença de impactos, que pode ser sanado com pequeno esforço.
2	Média presença do fator impactante, visivelmente perceptível a ponto de alterar as características naturais do ambiente aquático. O sistema aparenta equilíbrio, contudo há possibilidades futuras de comprometimento, nas relações tróficas, no tamanho do habitat, na biodiversidade, na manutenção dos estoques da fauna e flora, na disponibilidade e qualidade dos recursos naturais. Indica que já são necessárias correções
3	Presença maciça do fator impactante, podendo colocar o sistema em risco e necessitando de ações corretivas urgentes. O ambiente está em estado crítico, com perda de características naturais importantes a ponto de comprometer a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais e a qualidade de vida em seu sentido amplo.

Fonte: Adaptada de Rohde (1988).

Os impactos ambientais foram classificados segundo os seguintes aspectos:

- D – direto (aquele sobre o qual a atividade exerce controle efetivo, originando um impacto ambiental direto).
- I – indireto (aquele sobre o qual uma determinada atividade exerce apenas influência, originando um impacto ambiental indireto).

Os índices de qualidade ambiental (IQA) foram calculados para cada um dos setores estudados, tomando-se como base a equação fornecida por Marcelino (2000), com algumas modificações:

$$IQA = (Pt - Pi) / Pt$$

Equação 05: Índice de Qualidade Ambiental

Onde:

Pt = Somatório dos pesos de todos os impactos.

Pi = Somatório dos pesos dos diversos fatores de impacto ambiental que de fato foram evidenciados em cada setor pesquisado.

A modificação consistiu no fato de que no lugar de Pt usou-se Ph (visto que os impactos totais sugeridos por Marcelino são, de fato, hipotéticos), e Pr no lugar de Pi, visto que o que o autor sugere como Peso dos impactos é o Peso real dos impactos observados.

Os índices assim obtidos variam entre 0 e 1 (ou 0 e 100%), sendo que zero “0” indica a máxima degradação ambiental e 1 a máxima qualidade ambiental.

As informações serão obtidas através do Plano Diretor Municipal, bem como por informações na própria secretaria de Meio Ambiente do município.

Os gráficos utilizando os dados primários foram gerados no Excell.

4.1.4.3. Análise da qualidade ambiental do município de Iranduba utilizando Sistema de Informações Geográficas e índices de cobertura vegetal.

O mapa de vegetação do município de Iranduba foi elaborado utilizando o software Spring/INPE, a partir de imagem do satélite LANDSAT do ano de 2011.

Criou-se um projeto e um banco de dados no Software SPRING intitulado – Iranduba, nos quais foram importadas as bandas da referida imagem e realizado o processamento da mesma. Foi utilizada a Projeção UTM, Datum ITRF (WGS 84).

Foram importadas as bandas 3, 4 e 5, da imagem LANDSAT 5 TM, para o Módulo INPIMA do software SPRING, onde foram convertidas do formato TIFF para GRB.

A imagem foi georreferenciada utilizando como base uma imagem Orthorretificada do site da *Global Land Cover Facility* e foi submetida ao processo de composição, no qual se utilizou a composição RGB, ou seja, bandas 5, 4 e 3, com realce para ajudar na interpretação. O recorte foi realizado utilizando o vetor do limite do município disponibilizado pelo SIPAM.

Antes de iniciar o processo de classificação do tipo Supervisionada (Pixel a pixel), utilizando o classificador Maxver, foram selecionadas algumas amostras de cada classe e em seguida, realizou-se o treinamento das mesmas, com o objetivo de avaliar o quanto estas bandas espectrais auxiliariam no reconhecimento das classes em questão.

As imagens foram submetidas à classificação supervisionada por pixel, utilizando-se o algoritmo de Máxima Verossimilhança (Maxver) com limiar de aceitação de 99%.

A chave de identificação das classes de vegetação foi baseada na análise visual da imagem e na revisão de literatura. As classes selecionadas foram (Quadro 13):

Quadro 13: Chave de identificação das classes de vegetação – Composição RGB.

Classe	Cor	Textura	Formato	Descrição
Floresta Ombrofila	Verde escuro e médio	Grossa e homogênea	Irregular e contínuo	Corresponde à cobertura arbórea de médio e grande porte que não apresentassem nenhuma interferência antrópica.
Floresta Secundária	Verde claro	Granular	Irregular e não-contínua	Vegetação em regeneração, florestas secundárias ou formações florestais que já tenham sofrido algum tipo de antropização, mas que ainda não regeneraram por completo. Incluíram-se também, em virtude da semelhança espectral, áreas de agricultura.

O processo seguinte foi a pós-classificação no qual foi utilizado o limiar 5 e peso 2, e que teve por objetivo corrigir as imperfeições deixadas pela classificação, ou seja, agrupar possíveis pixel que ficaram soltos na imagem. Em seguida, as classes foram calculadas utilizando o recurso – Medidas de Classes – do Software Spring/INPE.

Para uma melhor avaliação dos resultados e acurácia foi aplicada o teste estatístico de Kappa nas classificações realizadas em cada uma das imagens.

A partir do mapa gerado, foram calculadas as áreas pertencentes a cada classe, e esses valores foram utilizados para calcular os índices ambientais propostos: Índices de Cobertura Vegetal (ICV) e Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH).

3.1.4.1.1. Índice de Cobertura Vegetal (ICV)

O Índice de Cobertura Vegetal (ICV) foi calculado através de uma regra de três utilizando os dados da área total do município e a área total correspondente a vegetação em m²:

Área Total do Município _____ 100%

Área correspondente à vegetação _____ X

$$X = \frac{\text{Área correspondente à vegetação} \times 100}{\text{Área total do município}}$$

3.1.4.1.1.1. Índice de Cobertura Vegetal por Habitantes (ICVH)

O Índice de Cobertura Vegetal pelo Número Total de Habitantes (ICVH) foi calculado pela divisão do Índice de Cobertura Vegetal pelo Número Total de Habitantes do município (NºTHB), expresso por:

$$\text{ICVH} = \frac{\text{Área total de vegetação}}{\text{Quantidade total de habitantes}}$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Mapeamento e quantificação da perda de vegetação entre o período de 2003 e 2011 no município de Iranduba, Amazonas.

5.1.1. Mapa de Uso e Cobertura do Solo – Ano de 2003.

O mapa de uso e cobertura do solo do ano de 2003, obtido a partir de imagem Landsat-5 TM, do mês de Julho do ano de 2003, indica que na área de estudo 13.02% era ocupado por Floresta Secundária, sendo a mesma definida também por vegetação em regeneração ou formações florestais que já tenham sofrido algum tipo de antropização, mas que ainda não regeneraram por completo, além de terem sido incluídas também áreas de agricultura, em virtude da semelhança espectral. A Floresta Ombrófila, que corresponde a cobertura arbórea de médio e grande porte que não apresentassem nenhuma ou pouca interferência antrópica ocupava 61.21% da área. As menores porcentagens de áreas foram representadas por Água e Área Antropizada (área urbana, construções, estradas, solo exposto), representando 15.55% e 10.17% respectivamente.

Os valores correspondentes à cada classe tanto em km² são apresentados na Tabela 02:

Tabela 02: Distribuição das classes estudadas no ano de 2003.

Classes	Área (km ²)	Área (%)
Água	344.388	15.55%
Floresta Ombrófila	1.355.504	61.21%
Floresta Secundária	288.398	13.02%
Área antropizada	225.398	10.17%
Área total	2.214.250	100,00%

A partir do mapa obtido, nota-se de forma clara que a Floresta Ombrófila está sendo substituída tanto por outros tipos de vegetação, quanto por áreas de antropização.

A área noroeste do município é a que apresenta maior área de Floresta Ombrófila, sendo o inverso da área leste, a qual apresenta grandes áreas da classe Floresta secundária, podendo este fato ser atribuído a maior presença de agricultura, além da indústria ceramista instalada naquela região do município. Outro fator importante na análise da perda de vegetação no município é a abertura de estradas, pois como pode ser observado no mapa, nas proximidades da Rodovia AM 010 e da Rodovia AM 352 há uma presença maior de antropização e consequente perda de cobertura vegetal (Figura 06).

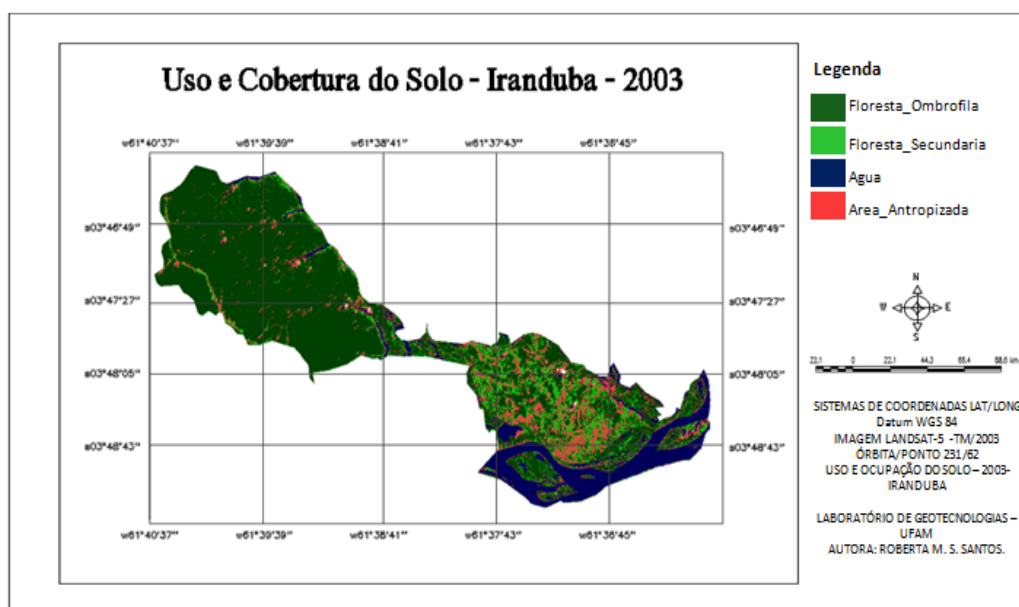


Figura 06: Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Município de Iranduba, ano de 2003.

Com os resultados encontrados pode-se dizer que no ano de 2003 cerca de 513.798 km² da cobertura vegetal original do município de Iranduba já havia sido modificada, salientando o fator da ação antrópica como modificador da paisagem (Gráfico 01).

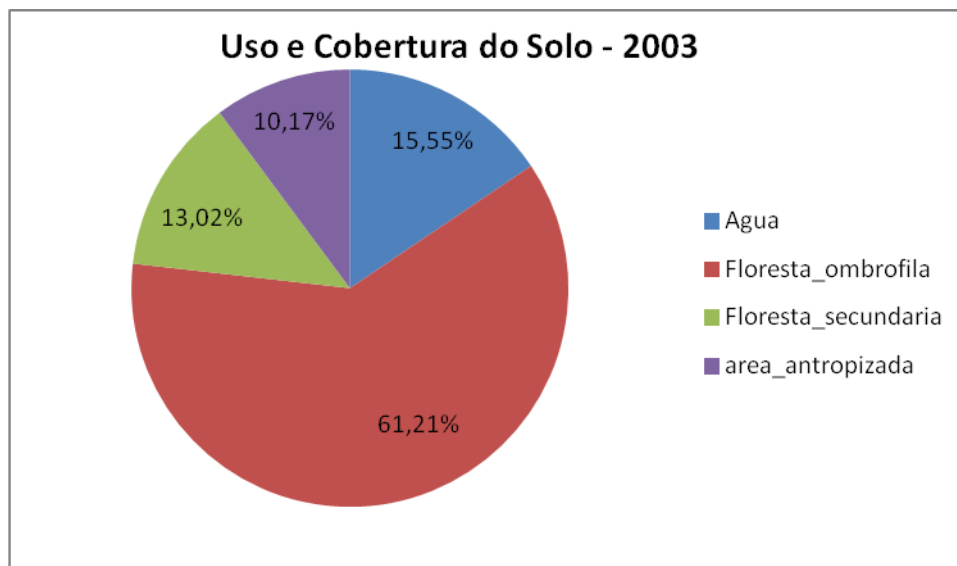


Gráfico 01: Uso e Cobertura do Solo – 2003.

5.1.2. Mapa de Uso e Cobertura do Solo – Ano de 2005.

O mapa do ano de 2005 foi elaborado com a finalidade de identificar as classes de uso e ocupação do solo no município de estudo a fim de realizar a análise de cada classe, bem como realizar a comparação com as outras datas selecionadas para o estudo.

Os resultados obtidos mostraram que as classes selecionadas apresentaram as seguintes porcentagens: 14,24% para a classe Água, 63,29% para a classe Floresta Ombrófila, 11,52% para a classe Floresta Secundária e 10,93% para a classe Área antropizada. Os valores em porcentagem e km² respectivos a cada classe encontram-se na Tabela 03.

Tabela 03: Distribuição das classes estudadas no ano de 2005.

Classe	Área (km ²)	Área (%)
Água	315.362	14.24%
Floresta Ombrófila	1401.503	63.29%
Floresta Secundária	255.191	11.52%
Área antropizada	242.194	10.93%
Total	2.214.250	100,00%

Observa-se no mapa, significativa alteração na paisagem, principalmente em relação à Floresta Ombrófila, em relação ao ano de 2005. A vegetação arbórea de grande porte está sendo substituída por áreas de agricultura, pastagem, dentre outras atividades da ação antrópica. Vale ressaltar que, apesar do município abranger a área da APA M.D. Paduari-Solimões, a redução da vegetação mostra-se crescente (Figura 07).

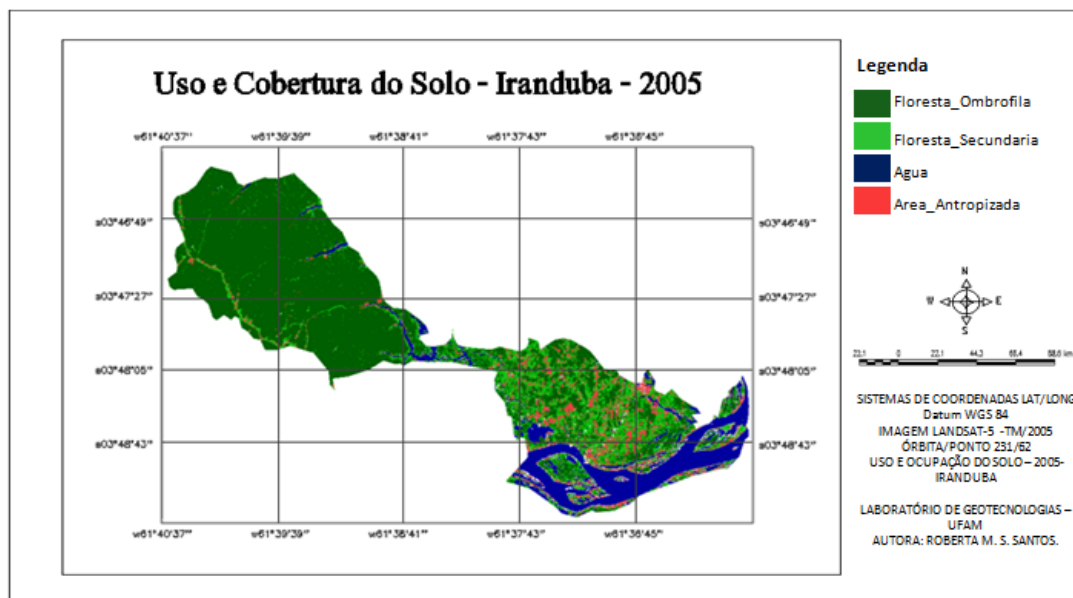


Figura 07: Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Município de Iranduba, ano de 2005.

No ano de 2005, cerca de 497,385 km² da vegetação original, já haviam sido modificados. (Gráfico 02).

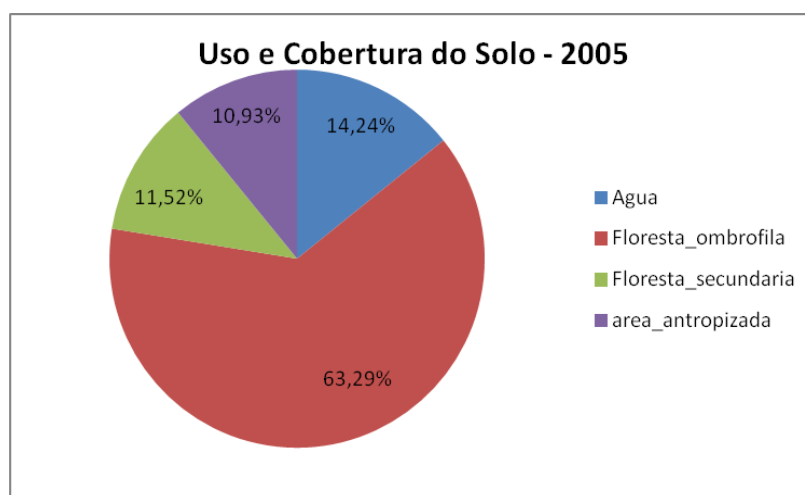


Gráfico 02: Uso e Cobertura do Solo, ano de 2005.

5.1.3. Mapa de Uso e Cobertura do Solo – Ano de 2010.

Assim como o mapa anterior, este foi elaborado com a finalidade de identificar as classes de uso e ocupação do solo no município de estudo a fim de realizar a análise de cada classe no ano de 2010, bem como realizar a comparação com as outras datas selecionadas para o estudo.

Os resultados obtidos mostraram que as classes selecionadas apresentaram as seguintes porcentagens: 14,01% para a classe Água, 50,80% para a classe Floresta Ombrófila, 22,17% para a classe Floresta Secundária e 13,02% para a classe Área antropizada. Os valores em porcentagem e km² respectivos a cada classe encontram-se na Tabela 04.

Tabela 04: Distribuição das classes estudadas no ano de 2010.

Classe	Área (km²)	Área (%)
Água	310.137	14,01
Floresta Ombrófila	1.124.926	50,80
Floresta Secundária	490.917	22,17
Área antropizada	288.270	13,02
Total	2.214.250	100

Observa-se no mapa, significativa alteração na paisagem, principalmente em relação à Floresta Ombrófila, em relação à data de 2003. A vegetação arbórea de grande porte está sendo reduzida e substituída por áreas de agricultura, pastagem e áreas de expansão urbana.

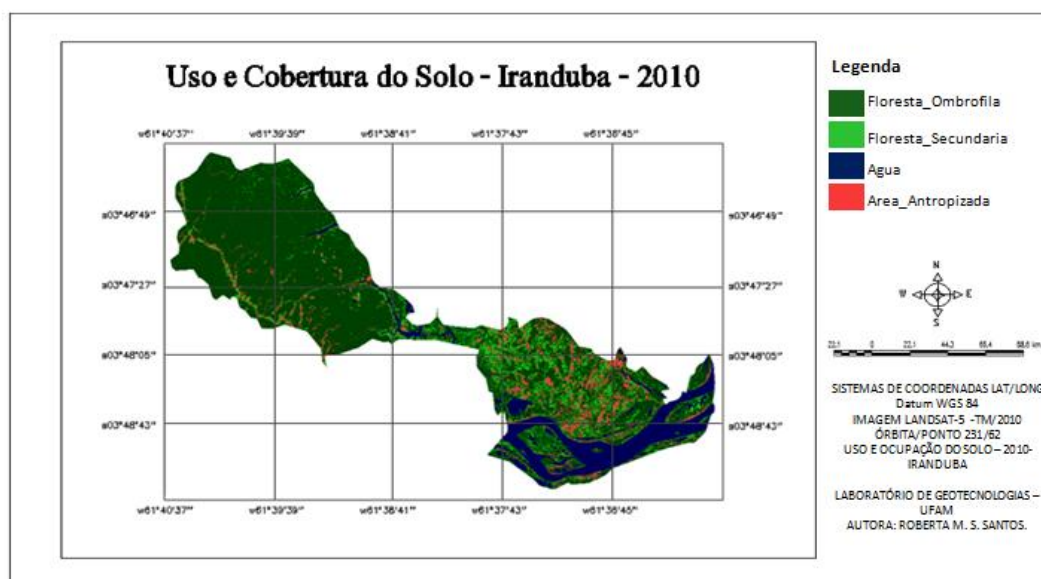


Figura 08: Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Município de Iranduba, ano de 2010.

No ano de 2010 cerca de 779.187 km² da vegetação original, já haviam sido modificados. (Gráfico 02).

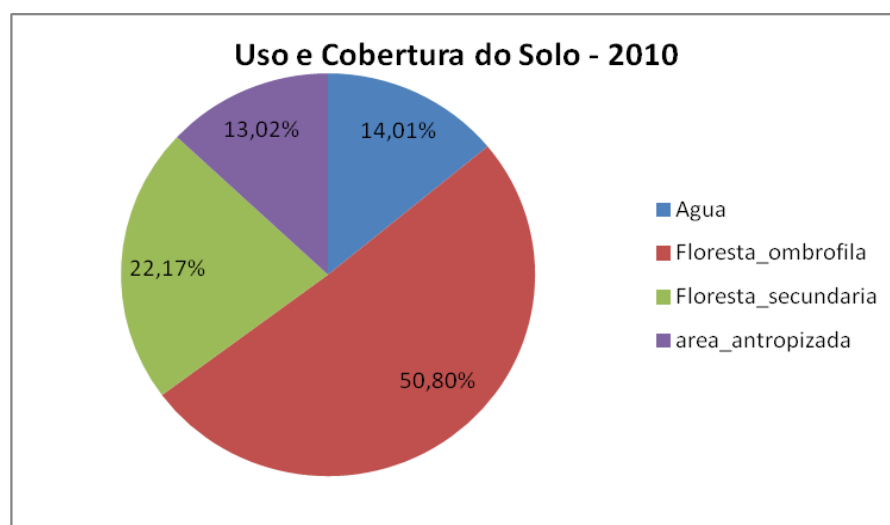


Gráfico 03: Uso e Cobertura do Solo, ano de 2010.

5.1.4. Mapa de Uso e Cobertura do Solo – Ano de 2011.

De acordo com os resultados do mapeamento do uso e cobertura do solo do ano de 2011 as classes em porcentagem selecionadas foram: 13.20% para a classe água, 50.68% para a classe Floresta Ombrófila, 22.36% para a classe Floresta Secundária e 13.75% para a classe Área antropizada. Os valores em porcentagem e km² respectivos a cada classe encontram-se na Tabela 05.

Tabela 05: Distribuição das classes estudadas no ano de 2011.

Classe	Km ²	%
Água	292.342	13.20%
Floresta Ombrófila	1.122.243	50.68%
Floresta Secundária	495.123	22.36%
Área antropizada	304.542	13.75%
Total	2.214.250	100

O ano de 2011 apresentou as maiores taxas de área antropizada (Figura 09), quando comparado aos outros anos estudados (13.75% correspondente a área total do município). Tal fato pode ser atribuído à construção da Ponte Sobre o Rio Negro que facilitou o acesso ao município de Iranduba, que se tornou uma alternativa para a expansão urbana do Município de Manaus. Dessa forma, o município tornou-se um atrativo para construtoras, que viram na região uma nova fonte de negócios, através da venda de lotes, casas e apartamentos em condomínios residenciais.

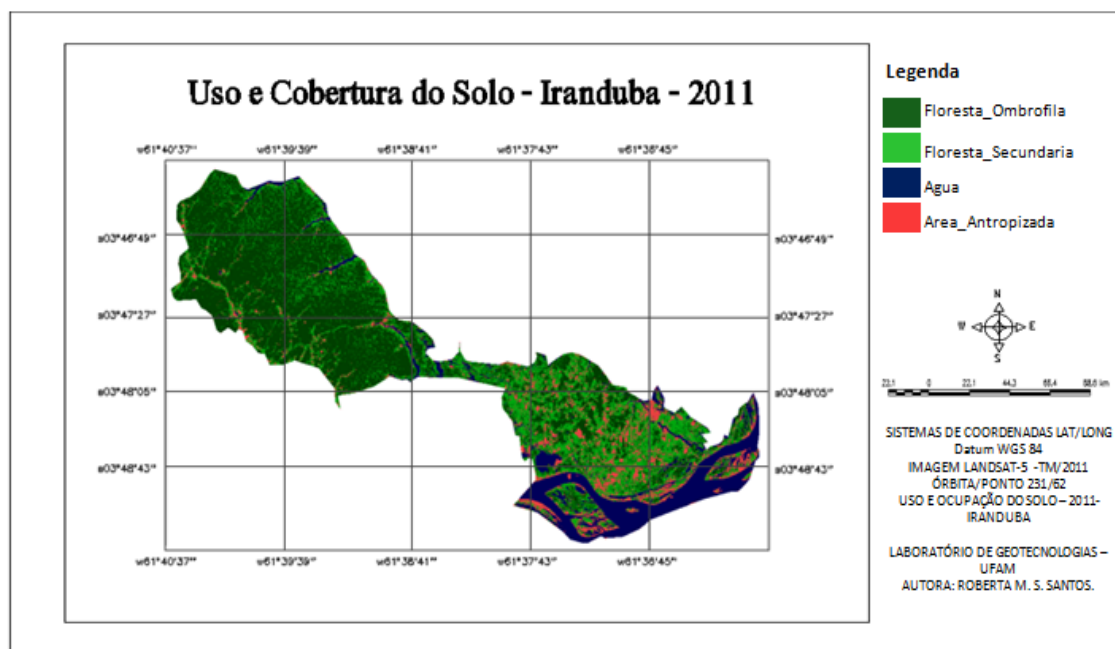


Figura 09: Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Município de Iranduba, ano de 2011.

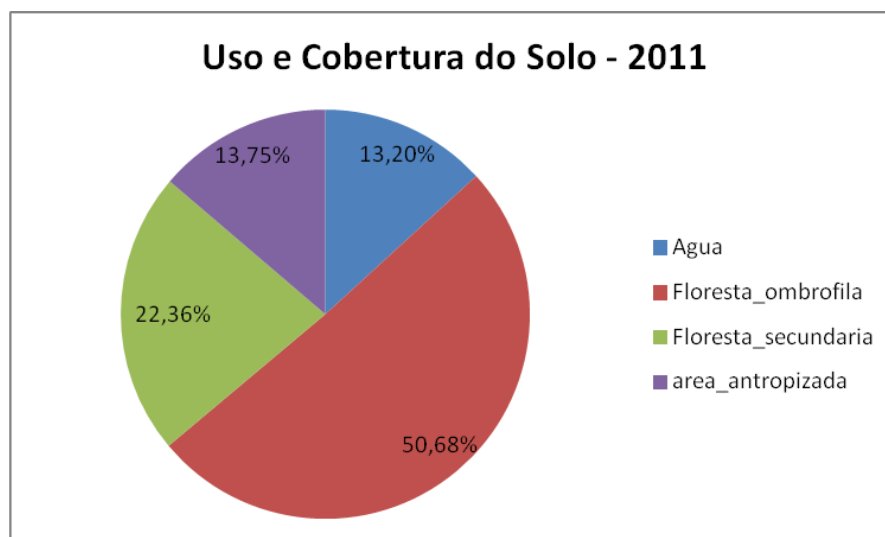


Gráfico 04: Uso e cobertura do Solo -2011.

5.1.5. Estudo Temporal de Uso e Cobertura do Solo – 2003 a 2011.

Na Tabela 06, são apresentados os valores obtidos para as classes estudadas nos anos de 2003 a 2011.

Tabela 06: Uso e Cobertura do Solo – 2003 a 2011.

Classes	2003		2005		2010		2011	
	Km ²	%	km ²	%	km ²	%	Km ²	%
Água	344.388	15.55%	315.362	14.24%	310.137	14,01%	292.342	13.20%
Floresta Ombrófila	1.355.504	61.21%	1.401.503	63.29%	1.124.926	50,80%	1.122.243	50.68%
Floresta Secundária	288.398	13.02%	255.191	11.52%	490.917	22,17%	495.123	22.36%
Área antropizada	225.398	10.17%	242.194	10.93%	288.270	13,02%	304.542	13.75%
Total	2.214.250	100,00%	2.214.250	100,00%	2.214.250	100	2.214.250	100

Com base nos dados, observamos a redução da vegetação no decorrer dos anos estudados, bem como a substituição da vegetação pela urbanização, agricultura e outros elementos antrópicos de transformação da paisagem natural.

A classe de vegetação Floresta Ombrófila entre os anos de 2003 e 2011, sofreu uma perda de 233.261 km², o equivalente a 10.53% da área total do município. A Floresta secundária, no mesmo intervalo de tempo, teve um crescimento de 206.725 km² (9.33 %).

Quanto à classe de Área antropizada, mostrou crescimento em todas as datas estudadas, tendo um crescimento de 2003 a 2011 de 79.144 km² (3.57%).

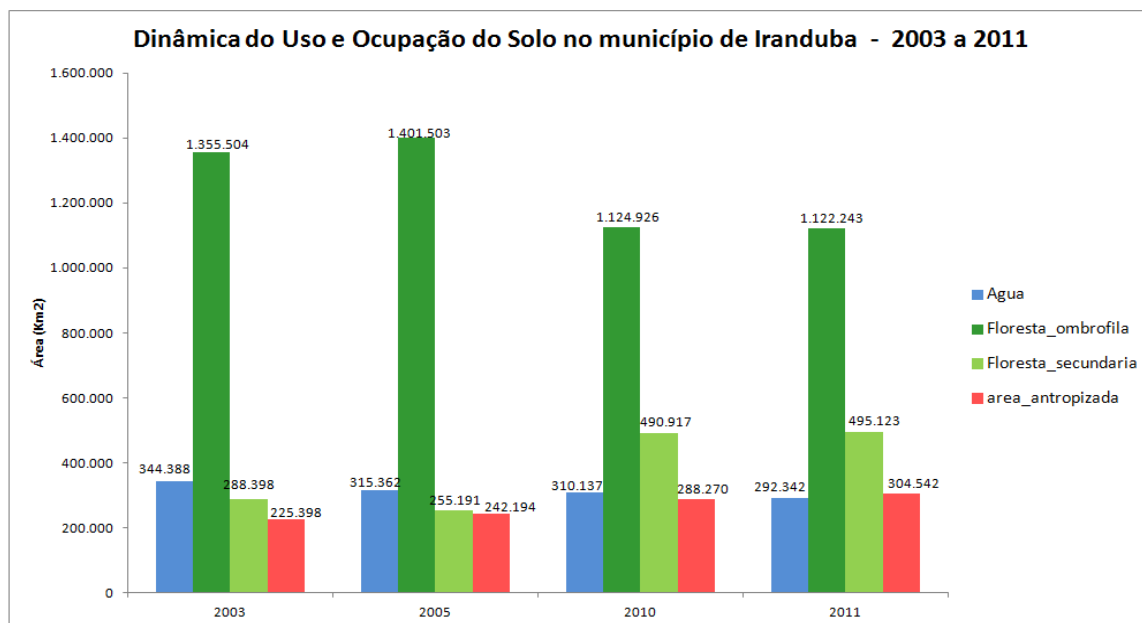


Gráfico 05: Dinâmica de Uso e cobertura do solo no município de Iranduba, nos anos 2003, 2005, 2010 e 2011.

Da Cruz & Soares (2010), em trabalho realizado na área de estudo visando o estudo do uso e cobertura do solo dos anos 1998, 2003 e 2009, encontraram resultados semelhantes aos obtidos nesta pesquisa. A classe Floresta que em 1998 recobria 1.560 Km² (60,47% da área total do município de Iranduba), em 2003 a sua área passou a ocupar 1.355 Km² (52,53%) e no ano de 2009 essa área reduziu para 1.381 Km² (53,34%). A classe Solo exposto é o segundo maior uso no ano de 2003 com 505 Km² (14,38%), contudo essa classe em 2009 corresponde a 271 Km² (10,46%). A classe vegetação rasteira em 1998 ocupava uma área de 364 Km² (14,38%), havendo uma redução no ano de 2009 ocupando uma área correspondente a 358 Km² (13,34%). A classe Hidrografia que engloba as massas de água de rios e lagos em 1998 possuía uma área de 505 Km² que correspondia a 19,59% da área do município, em 2003 e 2009 representou uma área de 343 e 579 Km² respectivamente, isso pode ser explicado pelo processo de subida e descida do rio.

Gonzaga (2009) em estudo realizado na área de influência da Rodovia Manoel Urbano (AM 070 – Iranduba) utilizando ferramentas geotecnológicas para analisar a dinâmica de ocupação da terra nos anos de 1991 e 2007, identificou que a Classe Floresta Ombrófila entre os anos de 1991 e 2007 sofreu redução de 13.3%. Quanto a floresta secundária (capoeira) no ano de 1991 8.1% da área era ocupado por

este tipo de vegetação, apenas na área de influência da estrada. No ano de 2007, este número saltou para 16.3% (um crescimento superior a 100%).

5.1.6. Avaliação da Classificação dos Mapas gerados.

A fim de avaliar a exatidão dos mapas gerados, realizou-se a avaliação estatística através do teste estatístico Kappa.

Os resultados obtidos para cada mapa encontram-se na Tabela 07:

Tabela 07: Teste Estatístico.

Variáveis	2011	2010	2003	2005
Exatidão Global	96.13 %	95.42 %	98.25 %	97.14 %
Índice Kappa	92.10 %	79.59 %	95.12 %	98.45%

De acordo com a classificação de Congaton & Green (1998), pode-se classificar os mapas gerados como:

Tabela 08: Avaliação dos mapas gerados.

Mapa	Valores de Kappa (K)	Qualidade do Mapa
2003	0,95	Excelente
2005	0,98	Excelente
2010	0,79	Muito Boa
2011	0,92	Excelente

5.2. Estudo da dinâmica de ocupação da área, características e tipos das interferências humanas resultantes do processo de expansão urbana e sua relação com a qualidade ambiental.

5.2.1. Processo da evolução urbana de Iranduba.

Segundo Pinheiro (2011), a construção do espaço urbano na Amazônia, historicamente, ocorreu atrelada aos fluxos de desenvolvimento econômico, sobretudo no fim do século XIX e início do XX, quando o município de Manaus viveu o período da borracha. Nesse momento, a cidade recebeu uma infra-estrutura moderna, que consistia na abertura de ruas, aterros de igarapés, construção de pontes, implantação de sistema de energia, telefonia e etc.

Nesse sentido, o município de Iranduba surgiu como um dos núcleos populacionais da zona metropolitana de Manaus, a partir da implantação da Zona Franca e do Distrito Industrial, que reativaram a economia, até então estagnada após o enfraquecimento do período da borracha (IBGE, 2012).

O município foi criado no ano de 1981, pela Emenda Constitucional nº 12, desmembrando-o de Manaus, passando a constituir município autônomo, pelo então Governador José Lindoso, e a desde então, vem recebendo consideráveis melhoramentos urbanos (GOVERNO DO AMAZONAS, 2012).

Apesar dos investimentos que são realizados, o município de Iranduba, assim como outros municípios do interior do Estado do Amazonas, tem estado à margem dos ciclos de desenvolvimento econômico da capital (PINHEIRO, 2011).

Dentre os melhoramentos urbanos recebidos pelo município, destaca-se a construção da Rodovia Manuel Urbano (AM 010), iniciada em 1957 e a Ponte sobre o Rio Negro, iniciada no ano de 2007.

Idealizada pelo governo militar, a Rodovia Manoel Urbano – AM 070 – tinha como proposta ser mais uma alternativa de deslocamento em menor espaço de tempo, principalmente para dar vazão à produção de juta do município de Manacapuru. Sua construção teve início no ano de 1957 e sua conclusão foi efetivada em 1965 quando governava o Estado do Amazonas, Arthur Cesar Ferreira Reis (GONZAGA, 2009).

De acordo com Pinheiro (2011), essa estrada foi construída na segunda metade do século XX, período em que o governo brasileiro colocou em prática os projetos de ocupação, integração e desenvolvimento para a Amazônia, com o objetivo de ocupar a Amazônia, tida como um grande vazio demográfico e de grande riqueza. Tal processo de ocupação trouxe consigo consequências como a mudanças na paisagem, hábitos e alterações na relação homem-natureza.

A Ponte Sobre o Rio Negro, inaugurada no ano de 2011, que liga a cidade de Manaus ao município de Iranduba, é considerada a maior ponte fluvial do Brasil, com cerca de 3,5 quilômetros de extensão. Construída com o objetivo de descentralizar a expansão urbana do município de Manaus, facilitar o escoamento da produção agrícola e do pólo cerâmico dos municípios de Iranduba e Manacapuru, bem como facilitar o acesso a estes municípios, incrementando o turismo na região.

Assim como a construção da Rodovia Manoel Urbano – AM 070, a Ponte sobre o Rio Negro se tornou um marco no processo de urbanização do município de Iranduba. Consequências da construção da ponte, como a alteração da dinâmica populacional, desflorestamento, dentre outros, já podem ser visualizados, principalmente no município de Iranduba, um dos mais afetados.

5.2.2. Crescimento populacional e Expansão Urbana no município de Iranduba, Amazonas.

O acelerado processo de ocupação dessa área a partir da década de 1960 é atribuído em primeiro lugar à construção da Rodovia Manoel Urbano.

Em 2008, com o início das obras da Ponte sobre o Rio Negro, visando facilitar e reduzir o tempo de deslocamento de Manaus a Iranduba houve a intensificação da implantação de novos loteamentos e condomínios residenciais.



Figura 10: (A, B) Venda de lotes no município de Iranduba. (C,D) Condomínios residenciais em Iranduba. Fonte: Dados da Pesquisa.

Inaugurada no dia 24 de outubro de 2011, a Ponte Sobre o Rio Negro valorizou os imóveis nas proximidades da área da ponte, bem como despertou o interesse na aquisição de terrenos no município virtude da facilidade de acesso, o qual era realizado através de balsa e outros tipos de embarcações.

De acordo com Gomes (2012), depois que a ponte Rio Negro foi inaugurada, os “olhares” da construção civil se voltaram para Iranduba. No segundo semestre do ano de 2012, das 254 unidades ofertadas no município, em torno de 90,95% foram vendidas, segundo dados do Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Amazonas (Sinduscon/AM). Dos municípios que integram a Região Metropolitana de Manaus, Iranduba é o primeiro a figurar na pesquisa referente ao Índice de Velocidade de Vendas (IVV) da construção civil, realizada pelo Sinduscon.

Nas últimas décadas, o município vem apresentado crescimento populacional significativo, como pode ser observado na Tabela 09:

Tabela 09: Crescimento populacional no município de Iranduba nos anos 2000 e 2010.

Crescimento Populacional	2000	2010
Nº habitantes Total	32. 228	40.781
Habitantes área rural	22. 299	11.802
Habitantes área urbana	9.929	28.979
Hab/km ²	14,62	18,42
Média de habitantes por domicílio	5.39	4.15

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000 e 2010.

A Tabela 09 são apresentados os dados referentes aos Censos do IBGE nos anos 2000 e 2010, onde pode ser observado o crescimento significativo da população rural e urbana, de uma década para outra.

Na Tabela 10, observa-se o aumento significativo da quantidade de domicílios existentes no município no mesmo intervalo de tempo (2000 e 2010).

Tabela 10: Domicílios, Iranduba.

Domicílios	
2000	2010
7.186	12.588

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000 e 2010.

Além disso, o município sofre com a deficiência nos serviços urbanos básicos, como coleta de lixo, limpeza pública, manutenção das vias e abastecimento de água. Na Tabela 11 estão os dados relacionados à limpeza pública no município, evidenciando a destinação incorreta do lixo produzido.

Tabela 11: Destinação do lixo, Iranduba.

Destino do lixo	Domicílio
Coletado por serviço de limpeza	5.113
Coletado em caçamba	2.569
Queimado	1.904
Jogado em terreno baldio	85
Jogado em rio ou lago	7
Outro destino	47

Fonte: IBGE (2010).

5.2.2. Os impactos antrópicos decorrentes da expansão urbana em Iranduba e suas consequências sobre a qualidade ambiental.

5.2.2.1. *Chek-list das interferências humanas*

Para a listagem dos impactos, compartimentalizou-se a área de estudo em duas áreas de análise: A rodovia AM 070 e a região do Cacau Pirêra, a fim de obter uma visão sintética dos diferentes tipos de impactos que vem afetando os remanescentes naturais e que vem alterando a qualidade ambiental da área e desconfigurando a paisagem. Os impactos nas áreas de estudo (Figura 11) foram classificados em diretos (D) e indiretos (I), conforme Tabela 12:

Tabela 12: Check-list dos impactos identificados.

Tipos de Impactos	Classif. Dos impactos	Pesos		Total
		AM 070	Cacau Pirêra	
Novos loteamentos/condomínios	D	3	3	6
Retirada de vegetação	D	3	2	5
Processos erosivos	I	3	0	3
Agricultura extensiva	D	3	0	3
Retirada de barro para construção	D	3	2	5
Lixo nos remanescentes florestais	D	2	3	5
Lixo em terrenos baldios	D	2	3	5
Entulho da construção civil	I	1	3	4
Geração de particulados na atmosfera (polo cerâmico)	D	3	0	3
Total		23	16	39

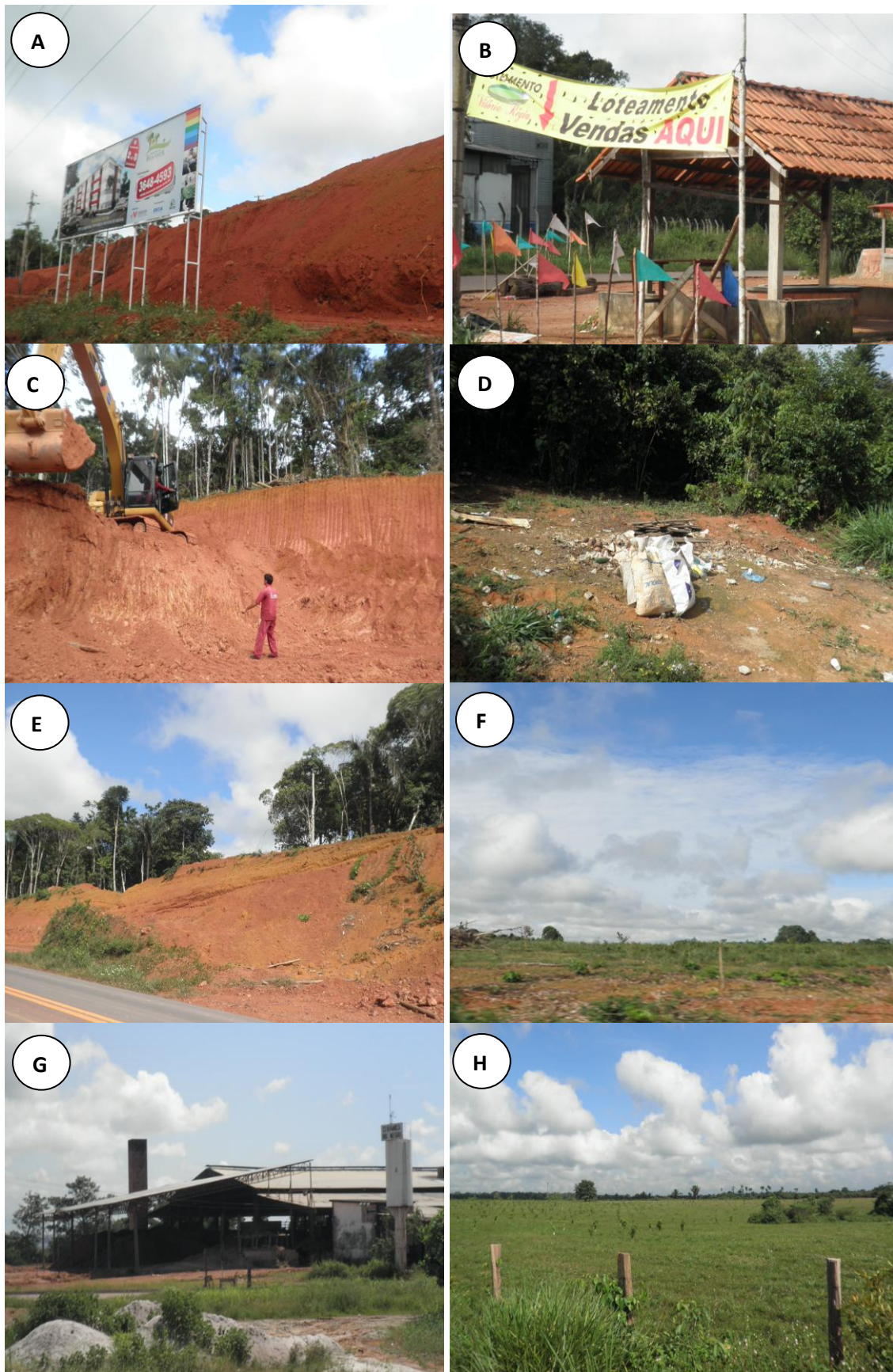


Figura 11: (A) Implantação de condomínio residencial. (B) Venda de lotes. (C) Retirada de barro para construção civil. (D) Lixo em remanescentes florestais. (E) Processo erosivo. (F) Retirada de vegetação. (G) Indústria cerâmica. (H) Agricultura Extensiva. Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados obtidos, com a realização da classificação baseada no grau de intensidade de impacto das áreas (0= inexistência da interferência, 1= presença irrelevante ou pouca interferência; 2= impacto perceptível ou média presença do fator impactante e 3= impactos agudos, ou presença maciça, critérios esses sugeridos por Rode, 1988), mostraram que a área que abrange a Rodovia AM 070, é a mais impactada (23 pontos).

Esse resultado pode ser explicado devido à preferência de estabelecimento de propriedades em torno de estradas (o que ocasiona no padrão espacial conhecido como “espinha de peixe”), devido principalmente à facilidade de acesso.

Os principais impactos presentes como um todo, calculados a partir dos dados da Tabela 12 e hierarquizados pela sua magnitude, conforme sugere Duinker (1986), estão representados na Tabela 13, e foram: novos loteamentos/condomínios/residências, retirada de vegetação, retirada de barro para construção, processos erosivos, lixo nos remanescentes florestais, lixo em terrenos baldios, Geração de particulados na atmosfera (polo cerâmico), entulho da construção civil, agricultura extensiva, são as atividades que mais se destacam na área.

Tabela 13: Hierarquia dos impactos.

Tipos de Impacto	Intensidade do Impacto
Novos loteamentos/condomínios/residências	6
Retirada de vegetação	5
Retirada de barro para construção	5
Lixo nos remanescentes florestais	5
Lixo em terrenos baldios	5
Entulho da construção civil	4
Geração de particulados na atmosfera (polo cerâmico)	3
Agricultura extensiva	3
Processos erosivos	3

Os que apresentaram os maiores escores foram: novos loteamentos/condomínios/residências, Retirada de vegetação, retirada de barro para construção, lixo nos remanescentes florestais, lixo em terrenos baldios.

Posteriormente, efetuou-se o cálculo do índice de qualidade ambiental (IQA) para cada um dos setores estudados (Tabela 14), tomando-se como base a equação fornecida por Marcelino (2000): $IQA = (Pt - Pi) / Pt$

Tabela 14: Índice de Qualidade Ambiental para cada setor estudado.

Área	Pt	Pi	IQA
AM 070	23	9	0,60
Cacau Pirêra	16	9	0,43

Tendo em vista que o índice de qualidade ambiental (IQA), varia entre 0 e 1 (ou 0 e 100%); 0 = máxima degradação ambiental; 1= excelente qualidade ambiental, e os índices calculados que variaram entre 0,60 e 0,43, observou-se que as áreas estudadas apresentam níveis críticos de qualidade ambiental (Figura 12).

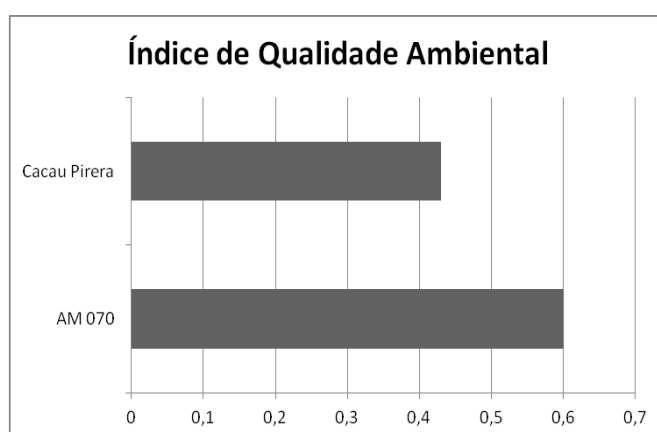


Gráfico 05: Índices de Qualidade Ambiental.

5.3. Estudo da Qualidade Ambiental utilizando o índice de Cobertura Vegetal (ICV) e do índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH).

5.3.1. Crescimento Urbano e Cobertura Vegetal do Município de Iranduba.

O acelerado processo de crescimento das cidades tem acarretado em graves prejuízos à qualidade ambiental nas áreas de expansão urbana, pois a ocupação urbana desordenada ocasiona na substituição do espaço natural pelo construído, muitas vezes

sem contemplar um planejamento ambiental urbano que considere a vegetação como parte essencial em uma cidade.

Nesse sentido, é essencial que o planejamento urbano, através do Plano Diretor Municipal, que é um importante instrumento do planejamento urbano e ambiental, pois estabelece as diretrizes para o planejamento do espaço urbano, inclua a manutenção da vegetação local e a implantação de áreas verdes públicas, auxiliando assim em uma melhor qualidade de vida da população residente.

O município de Iranduba, em seu Plano Diretor (Lei nº 129 de 10 de novembro de 2006), estabelece diretrizes para o planejamento urbano, definindo o zoneamento em macro e micro zonas, estabelece prazos para implementação de algumas políticas, critérios para a agricultura, pecuária, extrativismo e pesca e também, trata da proteção às Unidades de Conservação inseridas na área do Município, como é o caso da APA M.D. Paduari-Solimões.

O processo de expansão urbana, iniciado a partir da década de 1960, é atribuído principalmente à construção da Rodovia Manoel Urbano, que ocasionou na desconfiguração da paisagem ao longo da rodovia.

Além da expansão urbana, outros fatores que têm contribuído para a perda de vegetação no município é a retirada de madeira para ser utilizada como lenha nas olarias, retirada de argila e também a ampliação das áreas de agricultura e pecuária.

A lenha é provavelmente o energético mais antigo usado pelo homem e continua a ter grande importância na Matriz Energética Brasileira, participando com cerca de 10% da produção de energia primária (VALE et al., 2000).

Os Municípios de Iranduba e Manacapuru são os maiores consumidores de lenha no Estado do Amazonas, sendo responsável pelo atendimento quase que total da demanda por tijolos e telhas da construção civil da cidade de Manaus. Grande parte do recurso florestal utilizado como lenha provém de áreas de floresta primária ou secundária, sem que haja qualquer iniciativa por parte de empresários do setor primário ou dos agricultores para implantação de plantações racionais (AZEVEDO et al., 1998).

Segundo Azevedo et. al., (2002), o pólo oleiro do município de Iranduba exerce grande importância socioeconômica para o mesmo. Porém, grandes áreas de floresta são cortadas para a produção de lenha, usada como matéria energética na queima dos produtos das olarias e não existe nenhuma preocupação em relação ao manejo ou reposição dos estoques de lenha utilizados pelas indústrias. Os esforços de

controle pelos órgãos ambientais, com ênfase na aplicação de multas, não tem gerado resultados significativos.

Outro fator que tem ocasionado perda de vegetação no município é a extração de argila para abastecimento do Pólo oleiro, na fabricação de tijolos e telhas, uma das principais atividades econômicas locais.

O município de Iranduba, conhecido também por seu potencial agrícola, fornece produtos hortifrutigranjeiros tanto para o mercado interno, quanto para o mercado Manauara. A pecuária, em atual processo de expansão, é representada principalmente por bovinos, das raças Nelore, Girolândia e Mista, com produção de carne e de leite, abastecendo municípios próximos.

Dessa forma, em decorrência de tais atividades econômicas, como é o caso da extração de argila, agricultura ou extração de madeira e também do processo de expansão urbana e populacional, nota-se que o município tem tido nos últimos anos, um processo acentuado de degradação ambiental.

De acordo com dados do Instituto de Proteção da Amazônia, IPAAM (2012), o município ultrapassou o limite de 20% estabelecido pelo Código Florestal vigente, no ano de 2011, sendo, portanto, necessária a intervenção por parte dos órgãos ambientais na área, com fiscalização intensiva e implementação de políticas públicas de monitoramento, como o Programa de Regularização Ambiental Rural e o Plano Estadual de Prevenção e Controle do Desmatamento no Amazonas (PPCD-AM) e o Cadastro Ambiental Rural (CAR).

O primeiro, o PPCD, tem por objetivo executar atividades de prevenção, monitoramento, controle e fiscalização do desmatamento, queimadas e incêndios florestais, assim como estimular e potencializar as práticas agropecuárias de uso sustentável do solo e dos recursos naturais nos municípios do Estado do Amazonas. O segundo, CAR, é o documento que regula a situação ambiental dos imóveis rurais que desmataram ilegalmente, onde é declarada a área total do imóvel, a área de preservação permanente (APP) e a proposta de Área de Reserva Legal (ARL). (IPAAM, 2012).

5.3.2. Unidades de Conservação

O Estado do Amazonas possui 27% de seu território protegidos por Unidades de Conservação, incluindo as federais (15%) e estaduais (12%), totalizando

42.335.533,20 milhões de hectares. A partir de 2003, houve um incremento de 157% no número de unidades de conservação estaduais como uma estratégia para a conservação da biodiversidade, reconhecimento e valorização das populações tradicionais e controle do desmatamento, que à época era de 1.552 km² de área desmatada, principalmente no Sul do Estado. Atualmente, 56% das Unidades já estão com os Planos de Gestão finalizados, 19,5% estão em fase de elaboração e 24,3% têm previsão para serem concluídos até o final de 2012 (CEUC, 2012)

O município está inserido em uma Unidade de Conservação Estadual, a Área de Proteção Ambiental (APA) Margem Direita Setor Paduari-Solimões.

De acordo com a Lei do SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação, Lei Nº 9.985/2000.), artigo 15, a Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. É uma das categorias menos restritivas de Unidades de Conservação.

A APA Margem Direita do Rio Negro- Setor Paduari-Solimões, apresenta uma área de 464254,00 ha. Foi criada pela Lei nº 16.498 de 2 de abril de 1995 e redelimitada pela Lei nº 2.646 de 22 de maio de 2001. Ela foi redelimitada novamente pela Lei n. 3.355 de 26 de dezembro de 2008. Ocupa uma área de 181.671,88 (ha) no município de Iranduba, o que corresponde a 32,02% da área do município (CEUC, 2012).

Na Figura 12, ilustra o desmatamento nas Unidades de Conservação do Baixo Rio Negro, onde está inserida a APA M.D. Paduari-Solimões (número 2), e pode-se observar a grande área que já foi desmatada até o ano de 2011 (área em vermelho).

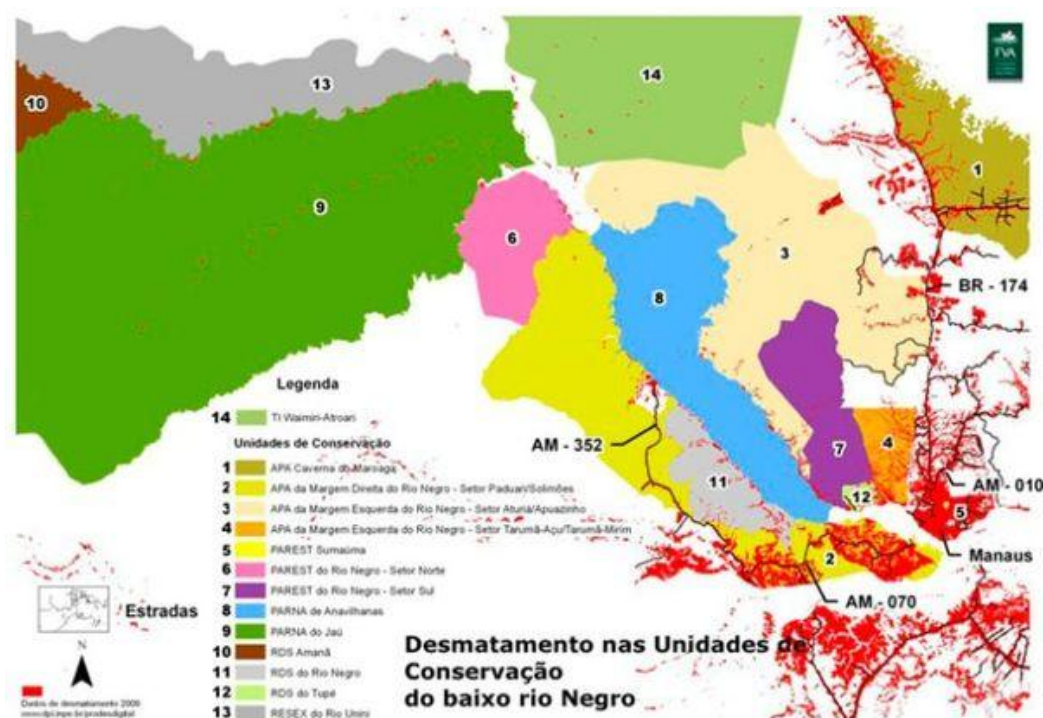


Figura 12: Desmatamento nas Unidades de Conservação do Baixo Rio Negro 2012. Fonte: Portal Iranduba, 2012.

A falta de instrumentos de gestão nas unidades de conservação, como os planos de manejo e fiscalização eficiente, acarretam no aumento do desmatamento nas Unidades de Conservação, principalmente em categorias que permitem a presença humana e são menos restritivas, como é o caso das Áreas de Proteção Ambiental (APA).

De acordo com dados do IPAAM (2012), dentre as Unidades de Conservação do Baixo Rio Negro, as três mais desmatadas são: a APA da Margem Esquerda do Rio Negro Setor Tarumã-Açu/Tarumã-Mirim, com 17,8% da área desmatada, a APA da Margem Direita do Rio Negro Setor Paduari/Solimões (14,1%) e a APA da Caverna do Maroaga, em Presidente Figueiredo (7,9%).

De acordo com Prestes (2011), a causa principal do desmatamento na APA Paduari/Solimões, que já teve mais de 64 mil hectares desmatados, é a proximidade com a rodovia AM-070. A situação mais preocupante fica no entorno dos municípios de Iranduba e Manacapuru, por conta da expansão urbana e do Pólo ceramista. E, com a inauguração da ponte sobre o Rio Negro, esse desmatamento pode chegar à AM-352.

5.3.3. Cobertura Vegetal do Município de Iranduba, Amazonas.

A elaboração do mapa de cobertura vegetal teve como finalidade a identificação e quantificação da vegetação na área do município com base numa imagem Landsat- 5 TM, do ano de 2011.

Os resultados obtidos neste mapa, produzido pelas bandas 3, 4 e 5, indicam que 50.68% (1.122.243 km²) do município é ocupado pela classe Floresta Ombrófila e que 13.20% (495.123 km²) é ocupado pela classe Floresta Secundária (Figura 14)

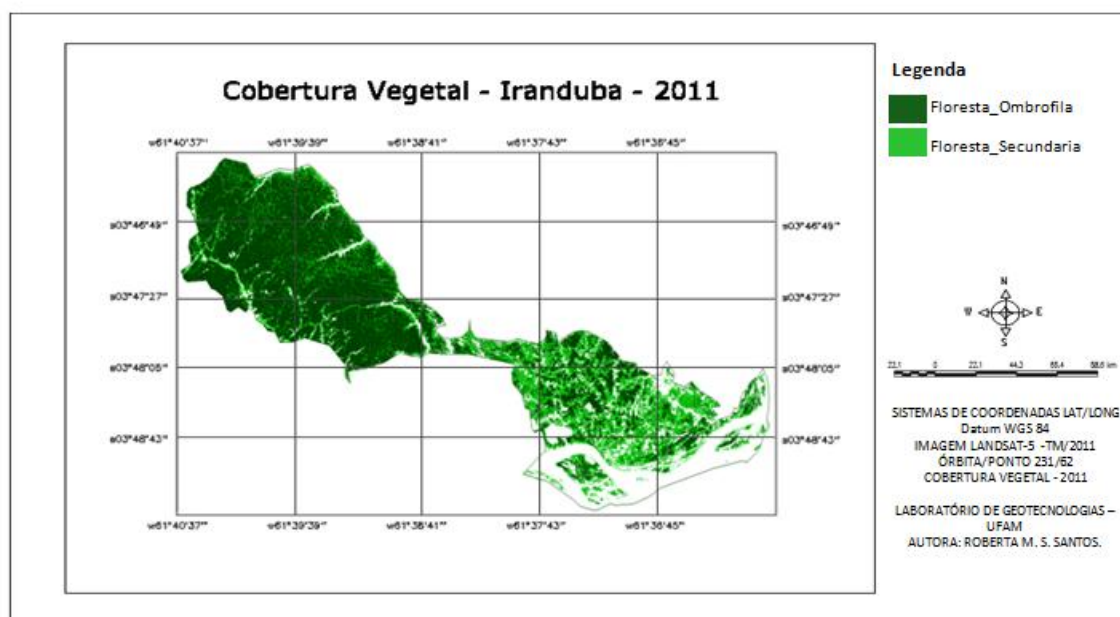


Figura 13: Mapa de Cobertura Vegetal – Iranduba.

Tabela 15: Distribuição das classes estudadas.

Classes	Área (m ²)	Área (km ²)	Área (%)
Floresta Ombrófila	1.122.243	1124.926	50.68%
Floresta Secundária	495.123	490.917	13.20%

Através do mapa, observa-se que há significativa mudança no tipo de vegetação na área de estudo em relação à data estudada. A vegetação arbórea tem sido substituída ou por outro tipo de vegetação (agricultura, pastagem) ou por outro fator característico de ação antrópica, como a expansão urbana.

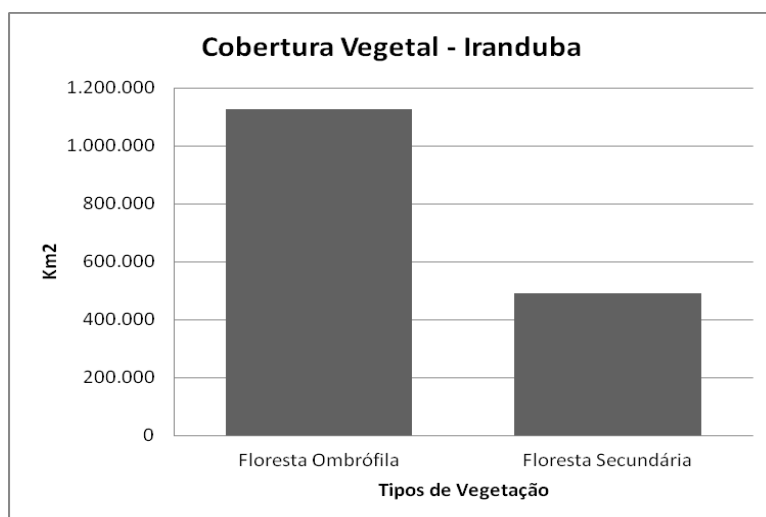


Gráfico 07: Cobertura vegetal – Iranduba.

5.3.4. Índice de Qualidade Ambiental com base na Vegetação, do Município de Iranduba, Amazonas.

A partir do mapa gerado, no qual foram calculadas as áreas pertencentes a cada classe de vegetação, realizou-se o cálculo dos índices propostos: Índices de Cobertura Vegetal (ICV) e Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH).

Os resultados do cálculo dos Índices de Cobertura Vegetal (ICV) e de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH) nos permitiu fazer um balanço sobre a qualidade ambiental da área de estudo, utilizando os dados sobre a população residente, cerca de 41.373 habitantes (IBGE, 2011), área do município 22142.500m² e da área de vegetação existente que foi de 1617.366 m², segundo o resultado da classificação supervisionada utilizando o classificador MAXVER.

O ICV, calculado utilizando os dados de população residente, área do município e área de vegetação, foi de 73.05 %.

Dessa forma, o Índice de Cobertura Vegetal (ICV) do município de Iranduba que foi obtido está acima do índice recomendável de cobertura vegetal, na faixa de 30%, que de acordo com Lombardo (1985), é capaz de proporcionar um adequado balanço térmico.

Segundo Pauleit & Duhme (1995), na cidade de Munique, na Alemanha, estudos estabeleceram objetivos para a cobertura vegetal para todos os setores da cidade: para as áreas residenciais de baixa verticalização a meta para Munique é de 50% de cobertura vegetal, sendo 25% de cobertura de árvores e arbustos, para área ocupada por complexo de apartamentos, a meta é de 30% de cobertura vegetal, sendo 15% para árvores e arbustos, para as áreas industriais, a meta é de 20% de cobertura vegetal com 10% para árvores e arbustos; portanto, para Munique, 50% de toda cobertura vegetal deveria ser constituída por floresta.

Apesar do desmatamento acima dos níveis aceitos pelos órgãos ambientais, o município de Iranduba apresenta um Índice de Cobertura Vegetal acima do nível aceito segundo Lombardo (1995), o que mostra que o município ainda possui vegetação para promover o conforto térmico para a população.

A área sul do município é a área mais degradada, tendo em vista sua proximidade com o município de Manaus. Apresenta cobertura vegetal distribuída de forma heterogênea e fragmentada. É a área na qual se encontra a área urbana do município.

A área norte, por estar mais afastada do centro urbano e o difícil acesso, torna a área mais preservada, com poucas áreas de antropização.

O ICVH foi calculado pela divisão do Índice de Cobertura Vegetal pelo número total de habitantes do município, onde se obteve 1.765, por habitante, que está diretamente relacionado à pequena proporção de população residente e a grande área do município. O referido índice obtido foi satisfatório.

Os índices, indicativos de qualidade ambiental e foco de nossa análise -, foram satisfatórios, deixando claro que apesar do alto grau de desmatamento na área devido ao crescimento urbano e populacional do município, a vegetação existente ainda é suficiente para promover conforto térmico, proteção de bacias hidrográficas, redução da poluição do ar e manutenção da biodiversidade. Porém, medidas para promover a manutenção das áreas verdes são indispensáveis para a continuidade dos ecossistemas locais.

Tabela 16: Índices calculados.

Índices	Valor obtido	Unidade
ICV	73.05	m ²
ICVH	1.765	Árvores por habitante

6. CONCLUSÕES

A situação ambiental do município de Iranduba encontra-se em estado de vulnerabilidade. Dentre as causas, pode-se citar o acentuado processo de expansão urbana, a retirada de lenha e argila para abastecimento do pólo cerâmico e a expansão da agricultura e pecuária. Cada um dos processos impactantes citados acarreta em desflorestamento.

A facilidade de acesso através de obras como a construção da rodovia AM 070 e, mais atualmente, a construção da Ponte sobre o Rio Negro, que teve como objetivo descentralizar a expansão urbana do município de Manaus, incentivaram a ocupação da região, trazendo com isso mudanças na configuração da paisagem.

A utilização de imagens do satélite LANDSATt em estudos ambientais, como a análise do uso e cobertura do solo realizada nesta pesquisa, possibilitou contabilizar as áreas de desflorestamento, mostrando-se satisfatória para o objetivo proposto.

Em virtude da resolução das imagens do satélite LANDSAT (30 metros), sua utilização é indicada apenas para estudos em maior escala, sem detalhamento. Áreas desflorestadas ou impactadas em nível micro, não são visíveis através desse tipo de imagem, o que pode gerar uma subestimativa no total das áreas antropizadas.

A utilização do Software Spring/Inpe, no processamento das imagens utilizadas foi eficaz, atingindo o objetivo ao qual foi proposto.

Através do mapeamento do uso e cobertura da terra dos anos 2003, 2005, 2010 e 2011, verificou-se a perda de cobertura vegetal, revelando um alto grau de antropização.

No ano de 2003, 13.02% da área de estudo era ocupado por Floresta Secundária e 61.21%, por Floresta Ombrófila. As menores porcentagens de áreas foram representadas por Água e Área Antropizada (área urbana, construções, estradas, solo exposto), representando 15.55% e 10.17% respectivamente.

No ano de 2005, as classes selecionadas apresentaram as seguintes porcentagens: 14,24% para a classe Água, 63,29% para a classe Floresta Ombrófila, 11,52% para a classe Floresta Secundária e 10,93% para a classe Área antropizada.

No ano de 2010, as classes selecionadas apresentaram as seguintes porcentagens: 14,01% para a classe Água, 50,80% para a classe Floresta Ombrófila, 22,17% para a classe Floresta Secundária e 13,02% para a classe Área antropizada.

Para o ano de 2011, o mapeamento do uso e cobertura do solo revelou as seguintes porcentagens para cada classe: 13.20% para a classe Água, 50.68% para a classe Floresta Ombrófila, 22.36% para a classe Floresta Secundária e 13.75% para a classe Área antropizada.

Com base nos dados, observamos a redução da vegetação no decorrer dos anos estudados, bem como a substituição da vegetação pela urbanização, agricultura e outros elementos antrópicos de transformação da paisagem natural.

Portanto, a classe de vegetação Floresta Ombrófila entre os anos de 2003 e 2011, sofreu uma perda de 233.261 km², o equivalente a 10.53% da área total do município. A Floresta secundária, no mesmo intervalo de tempo, teve um crescimento de 206.725 km² (9.33 %). A classe de Área antropizada, mostrou crescimento em todas as datas estudadas, tendo um crescimento de 2003 a 2011 de 79.144 km² (3.57%).

Com base nos dados da pesquisa, observa-se que uma forte intervenção por parte dos gestores públicos locais deve ser realizada e as políticas públicas ambientais que já vem sendo aplicadas, bem como a fiscalização por parte dos órgãos ambientais devem ser estendidas.

7. RECOMENDAÇÕES

Com base no que foi apresentado nesta pesquisa, sugerimos as seguintes ações:

A partir dos dados de perdas de cobertura vegetal de 2003 a 2011, constata-se a necessidade da readequação dos atuais modelos de desenvolvimento da região, bem como políticas públicas urbanísticas e ambientais que visem a amenização dos atuais problemas ambientais.

O desmatamento cada vez mais crescente na região, salienta a necessidade de implementação de ações de preservação ambiental, que visem principalmente a redução do desmatamento.

A realização de um diagnóstico, através do levantamento das famílias e situação fundiária das áreas.

Cadastramento e intensificação da fiscalização das olarias, bem como da origem da lenha utilizada.

Investimentos em Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas.

Não apenas os órgãos ambientais, mas toda a sociedade deve estar engajada nesse processo de preservação ambiental do município, visto que o meio ambiente segundo a Constituição Federal de 1988, em seu artigo 225 afirma que ‘Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações’.

As políticas públicas ambientais que já vem sendo aplicadas, bem como a fiscalização por parte dos órgãos ambientais devem ser estendidas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S.D. **Sistemas de Informação Geográfica**. Anais do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 1990.

ANTUNES, A. F. B. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto em ambiente de Geoprocessamento**. Apostila. Universidade Federal do Paraná. 2011.

ATTWELL, K. Urban land resources and urban planting – case studies from Denmark. **Landscape and Urban Planning** 52 (2000) 145-163. Disponível em: www.elsevier.com/locate/landurbplan Acesso em: 11/08/2009

AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B.; NEVES, E. J. M. **Seleção e Manejo de Espécies Florestais para Fins Energéticos na Região de Iranduba - AM**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1998.

AZEVEDO, C. P. de; ROSSI, L. M. B., ATAYDE, C. M. de; LIMA, R. M. de; SOUZA, C. R. de; **Produção de lenha na região de Iranduba e Manacapuru – Amazonas. *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis***. Embrapa. Circular Técnica, 16. ISSN: 1517-2449. Ano 2002.

BARBOSA, Í. S. ANDRADE, L. A. ALMEIDA, J. A. P. de. **Evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solo no município de Lagoa Seca, PB**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Vol.13, nº5. Campina Grande. 2009.

BATISTELLA, M. **Contribuições para a classificação e monitoramento do uso e cobertura das terras na Amazônia**. Goiânia. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005.

BOTELHO, R. G. M. – **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica**. In: Erosão e conservação dos solos – conceitos, temas e aplicações. GUERRA, A.J.T; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (orgs). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRITES, R. S. **Verificação de exatidão em classificação de imagens digitais orbitais: efeito de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão.** 1996. 101 f. Tese de Doutorado em Ciência Florestal – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

CAANTER, L. W. et al.; ***Impact of growth – a guide for socio-economic assessment and planning.*** Chelsea, Michigan: Lewis Publisher, 1984.

CAVALHEIRO, F.,NUCCI, J.C.; GUZZO, P.; ROCHA, Y.T. **Proposição de terminologia para o verde urbano.** *Boletim Informativo.* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - SBAU, ano VII, n.3, jul/ago/set-1999.

CAUPER, G. C. B. **Biodiversidade Amazônica – Flora Amazônica.** Vol III. Centro Cultural dos Povos da Amazônia. Manaus, Amazonas. 2006.

CEUC - Centro Estadual de Unidades de Conservação. Disponível em: <http://www.ceuc.sds.am.gov.br/>. Acesso em: 25/05/2012.

CBNMANAUS. **Plano de Desmatamento reforçará fiscalização ambiental nos municípios da Região Metropolitana.** Disponível em: <http://www.cbnmanaus.com.br/site/noticia.php?cod=2778>. Acesso em 29/06/2011.

CENTENO, J.A.S. **Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens Digitais.** Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

CHUVIECO, E. ***Fundamentos de teledetección espacial.*** Madrid: Ediciones Rialp, 1996. 568p.

COLGATON, R. G. **A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data.** *Remote Sensing of Environment*, v. 49, n. 12, p. 1671-1678, 1991.

CROSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas: Unicamp, 1992.

DA CRUZ, M. E. G.; SOARES, C. B. S. S. **Análise temporal de uso e ocupação da terra do município de Iranduba entre o período de 1998 a 2009.** Anais do I Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. 2010.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia.** 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

FERREIRA, N. C. **Apostila de Sistema de Informações Geográficas. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – Sistemas de Informações Geográficas.** GOIANIA, 2006.

FERREIRA, E. MACHADO, R. V. ANDRADE, H. **Sensoriamento Remoto.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2000.

FERREIRA, A. B.; SANTOS, C. R.; BRITTO, J. L. S.; ROSA, R. **Análise comparativa do uso e ocupação do solo na área de Influência usina hidrelétrica Capim Branco I A partir de técnicas de geoprocessamento.** XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia. 2005.

ERBERT, M. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de textos, 2002.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, L. **Ponte Rio Negro impulsiona setor imobiliário em Iranduba.** Jornal Acritica. 22 de Agosto. 2012. Manaus.

GOVERNO DO AMAZONAS. Biblioteca virtual. <http://www.bv.am.gov.br/portal/conteudo/municipios/iranduba.php>. Acesso em: 20/10/2011.

GONZAGA, J. R. C. **Estudo da dinâmica de ocupação da terra na área de influência da rodovia Manoel Urbano – AM 010, por meio de ferramentas geotecnológicas.** Dissertação de Mestrado. UFAM. 2009.

GONÇALVES, C. A.; MEIRELLES, A. de M. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração.** São Paulo: 2004.

HOLLER, W. Embrapa Monitoramento por Satélite. Gestão Territorial Estratégica. Disponível em: http://mundogeo.com/seminarios/1001/arquivos/wilson_holler.pdf. Acesso em: 05/10/2011

INPE. Departamento de Geração de Imagens. Disponível em: http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php. Acesso em: 12/08/2012.

_____. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.** Disponível em: www.inpe.br/. Acesso em: 20/11/2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 20/01/2011.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biblioteca.** Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/amazonas/iranduba.pdf>. Acesso em: 10/02/2012.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000**. Resultados preliminares. Rio de Janeiro, IBGE, 2000.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Resultados preliminares. Rio de Janeiro, IBGE, 2010.

IPAAM. Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas
Disponível em: www.ipaam.br/. Acesso em: 20/05/2012.

IPE. Instituto de pesquisas ecológicas. Disponível em: <http://www.ipe.org.br/>

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 1949. Tradução: José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador)...et al. São José dos Campos, São Paulo: Parêntese, 2009.

JÚNIOR, P. R. da S. J.. **A Importância das áreas verdes**. CDA – Centro de Distribuição de Amostras. FATEC – Piracicaba. Disponível Em: http://www.bioagri.com.br/site/img_site/arquivos_ambiente/37_622b2937f17255d5ca7948ca8a3e23e7.pdf. Acesso em: 20/01/2010.

KKEINPAUL, J. J. et. al. **Análise Multitemporal da Cobertura Florestal da Microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS**. Bol. Pesq. Fl., Colombo, n. 51, p. jul./dez. 2005

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, v.33,n.1,p.159-174, 1977.

LAKATUS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo. Editora Atlas. 7º Edição. 2009.

LAKATUS, E. M; MARCONI, M. de A. **Técnicas de Pesquisa**. São Paulo. Editora Atlas. 7º Edição. 2009.

LILLESAND, T.M.; KIEFER, R. W. *Remote sensing and image interpretation*. 2. ed. Chichester: John Wiley, 1994.

LOMBARDO, M.A. *Ilha de calor nas metrópoles. O exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985, 244p.

LOPES, L. H. M. **Uso e cobertura do solo no município de Tailândia- utilizando o tm/landsat e técnica de classificação não-supervisionada**. ENGEVISTA, v. 10, n. 2, p. 126-132 dezembro 2008.

MARCELINO, R. L. **Diagnóstico sócio-ambiental do estuário do Rio Paraíba do Norte-PB, com ênfase nos conflitos de uso e interferências humanas em sua área de influência direta**. João Pessoa 2000. 99f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba.

MELAZO, G. C; NISHIYAMA, L. **Mapeamento da cobertura arbóreo-arbustiva em quatro bairros da cidade de Uberlândia- Mg**. REVSBAU, Piracicaba – SP, v.5, n.2, p.52-66, 2010.

MELAZO, G. C. **Mapeamento da cobertura arbóreo-arbustiva em quatro bairros da cidade de Uberlândia – MG**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. 2008.

MELO, D. H. C. T. B. **Uso de dados Ikonos II na análise urbana: testes operacionais na zona leste de São Paulo** / D. H. C. T. B. Melo. São José dos Campos: INPE, 2002.

MINAYO, M. C. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. Rio de Janeiro: Abrasco; 2007.

MOTTA, L; MELLO, D. **Olarias do Amazonas têm estoque só até novembro**. 21 Agosto. 2012. Jornal DM24. Disponível em: <http://www.d24am.com/noticias>

MORAIS, L. M. F. A. **Expansão Urbana e qualidade ambiental no litoral de João Pessoa – PB**. Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Mestrado. 2009.

MONTEBELO, L. A. et al. **Relação entre uso e cobertura do solo e risco de erosão nas áreas de preservação permanente na bacia do ribeirão dos Marins, Piracicaba-SP**. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005. p. 3829 - 3836.

MOREIRA, et al., **Utilização de algoritmos de classificação para o mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG**, a partir de uma imagem do sensor IKONOS II. Disponível em: http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/001.pdf. Acesso em: 20/01/2011.

MOREIRA, M. P. Desflorestamento ao longo das estradas AM – 070 (Manaus/Itanduba/Manacapuru) e AM – 352 (Manacapuru/Novo Airão) na Amazônia Central: subsídios para o planejamento. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 747-754.

NASCIMENTO, M. A. do; CARVALHO, P. F. de. **Pensando o planejamento ambiental para cidades pequenas: o caso de Perdões – MG**. In MENDES, Auro Aparecido & LOMBARDO, Magda Adelaide (orgs.). Paisagens geográficas e desenvolvimento territorial. Rio Claro, PPG-Unesp/Ageteo, 2005, páginas 27- 44

NOGUEIRA, A. C. F.; SANSON, F. PESSOA, K. **A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais**. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 2007.

NOVO, E. M. L. de Moraes.. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 2º Edição. Ed. Blucher. São José dos Campos, 1992.

_____. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações.** Ed. Blucher. São José dos Campos, 2002.

_____. **Sensoriamento Remoto: Principios e Aplicações** – São Paulo: Blucher, 2008.

NUCCI, J. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento urbano: Um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)** – São Paulo: Humanitas/ FFLCH/USP, 2001.

ODUM, E.P. **Ecologia.** Rio de Janeiro, CBS, 1985.

OLIVEIRA, C.H.; SANTOS, J.E. ; PIRES, J.S.R. **Indicadores de arborização urbana da cidade de São Carlos (SP) com o uso do SIG-IDRISI.** Brazilian Journal of Ecology, ano 03, n.1, p. 01-09. 1999.

PAULEIT, S., DUHME, F., 1995. **Developing quantitative targets for urban environmental planning, land contamination.** Land Contam. Reclamat. 3 (2), 64–66.

PINHO, C.M.D.; RENNÓ, C.D. ; KUX, H. **Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem QuickBird.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 12, 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005.

PINHEIRO, H. A. **Políticas públicas, urbanização e desenvolvimento na Amazônia: construção da Ponte sobre o Rio Negro e as consequências para o Distrito Cacao Pirêra/Iranduba (AM).** In: V Jornada Internacional de Políticas Públicas. 2011.

PIRES, P. S. **Procedimentos para análise da paisagem na avaliação de impactos ambientais.** In: *MAIA – Manual de Avaliação de Impactos Ambientais. Seção* 3250. 1993. 24 p.

PONZONI, F. J. SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação.** São José dos Campos, SP. Silva Vieira Ed., 2009.

PRESTES, M. **Desmatamentos já atingiram 144 mil hectares nas unidades de conservação da Região Metropolitana de Manaus.** 25 de Novembro de 2011. Jornal Acritica.

RADAM BRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais.** DNPM. Folha SB.20-Purus. Rio de Janeiro. 561 p. il. (Levantamento de Recursos Naturais, 17), 1978. p. 19-100.

ROSA, R. **Geotecnologia na Geografia Aplicada.** Revista do Departamento de Geografia. Nº16. 2005. Pags. 81-90.

ROCHA, José Renato; WERLANG, Mauro Kumpfer. **Índice de cobertura vegetal em Santa Maria: o caso do Bairro Centro.** Geotecnologias na Geografia Aplicada. Revista do Departamento de Geografia, 16 (2005).

RODRIGUES, A. G., Queiroz, Rossana B., Gómez, A. T. Estudo Comparativo entre os Métodos de Classificação de Imagens de Satélite Máxima Verossimilhança Gaussiana e Redes Neurais. In *Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – CRICTE*. 2003.

ROHDE. G. M. **Estudos de impacto ambiental.** Porto Alegre. Cientec, 42p. Boletim Técnico. 1988. Nº 4.

RUFINO, I. A. A. **Introdução ao Geoprocessamento.** Disponível em: www.hidro.ufcg.edu.br/.../IntroduçãoAoGeoprocessamento/Intro1.pdf. Acesso em: 20/09/2010.

RUDORFF, B. F. T.; Sugawara, L. M. **Mapeamento da cana-de-açúcar na região Centro-Sul via imagens de satélites.** Informe Agropecuário, v.28, n.241, p.79-86, 2007.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de textos, 2004. 184. P.

SANTOS, A. S. R. Arborização urbana: Importância e aspectos jurídicos. Disponível em: <http://www.mp.ba.gov.br/atuacao/ceama/material/doutrinas/arborizacao>. Acesso em: 10/11/2012.

SAT IMAGENS. Disponível em: <http://www.satimagens.com/geoprocessamento.htm>

SCHLINDWEIN, J. R. et al. **Mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Caxias do Sul (RS) através de imagens do satélite CBERS**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 1103-1107.

SILVA, E. L., MENEZES, E. M. (2000) **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SILVA, G. J. A. da; WERLE, H. J. S. **Planejamento urbano e ambiental nas municipalidades: Da cidade à sustentabilidade, da lei à realidade. Paisagens em debate**. Revista eletrônica da área Paisagem e Ambiente, FAU.USP - n. 05, dezembro 2007.

SIPAM. **Produtos Gerados a partir do Sensoriamento Remoto Para o Município de Iranduba - AM**. Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia. 2010.

SOARES, C. B. S. da S. 2007. **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 - UFAM.

SOUSA, C. L. **Avaliação da pressão antrópica sobre a cobertura vegetal nos municípios de Cedro e Solidão (sertão pernambucano) com o uso de imagens TM**

Landsat e Sistemas de Informações Geográficas / C. L. Sousa. – São José dos Campos: INPE, 2003. 127p. – (INPE-10051-TDI/887).

SUDAM. **Atlas climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém, 1984. 125 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. IBGE, Diretoria Técnica. SUPREN. Rio de Janeiro, 1977.

VALE, A. T. do; BRASIL, M. A. M.; CARVALHO, C. M. de; VEIGA, R. A. de A. **Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação**. Cerne, v.6, n.1. 2000

VENTURA, Deisy. **Monografia jurídica**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2002.

VICENS. E. V. et al. **Sensoriamento Remoto e SIG como suporte ao desenvolvimento do subprojeto PROBIO**. Conservação e Recuperação da Floresta Atlântica, 2001.

ANEXOS

Ficha de Campo

Impactos Ambientais

Data:	
Local:	

Item	Impactos identificados	Peso	Classificação	Observações
	Novos loteamentos/condomínios/residências			
	Poluição de rios (lixo e esgoto)			
	Remoção de vegetação			
	Remoção de mata ciliar			
	Caça			
	Invasões			
	Agricultura extensiva			
	Abertura de estradas (vicinais)			
	Queimadas e incêndios			
	Mineração (argila)			
	Retirada de madeira			
	Lixo em remanescentes florestais			
	Lixo em terreno baldio			
	Assoreamento			
	Entulho da construção civil			
	Geração de particulados na atmosfera.			

Peso:

0 = Inexistência do impacto: Inexistência de atributos a serem estudados. Nenhuma interação.

1 = Presença irrelevante: O sistema tem poucas alterações antrópicas, sem prejuízos de qualidade ambiental, beleza cênica ou qualidade ecológica. Este valor corresponde a pouca presença de impactos, que pode ser sanado com pequeno esforço.

2 = Impactos perceptíveis: Média presença do fator impactante, visivelmente perceptível a ponto de alterar as características naturais do ambiente aquático. O sistema aparenta equilíbrio, contudo há possibilidades futuras de comprometimento.

3 = Impactos agudos: presença maciça do fator impactante, podendo colocar o sistema em risco e necessitando de ações corretivas urgentes. O ambiente está em estado crítico, com perda de características naturais importantes a ponto de comprometer a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais e a qualidade de vida em seu sentido amplo.

Classificação:

D = Diretos : Aquele sobre o qual a atividade exerce controle efetivo, originando um impacto direto.

I = Indiretos : Aquele sobre o qual uma determinada atividade exerce apenas influência, originando um impacto ambiental indireto.

