



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

CARMEM LÚCIA ROSA DA SILVA

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA EXPANSÃO URBANA E DA REDE DE
DRENAGEM DA BACIA DO IGARAPÉ GRANDE NA CIDADE DE
BOA VISTA, RORAIMA

Boa Vista

2010

CARMEM LÚCIA ROSA DA SILVA

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA EXPANSÃO URBANA E DA REDE DE
DRENAGEM DA BACIA DO IGARAPÉ GRANDE NA CIDADE DE
BOA VISTA, RORAIMA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais - Universidade Federal de Roraima, para obtenção do Título de Mestre em Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior.

Co-orientador: Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior.

Boa Vista

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

R788v Rosa Silva, Carmem Lúcia.
Variação espaço-temporal da expansão urbana e da rede de drenagem da Bacia do Igarapé Grande na cidade de Boa Vista, Roraima / Carmem Lúcia Rosa da Silva. -- Boa Vista, 2010.
120 f.

Orientador: Profo. Dr. José Frutuoso do Vale Júnior.
Co-Orientador: Profo. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior.
Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Universidade Federal de Roraima.

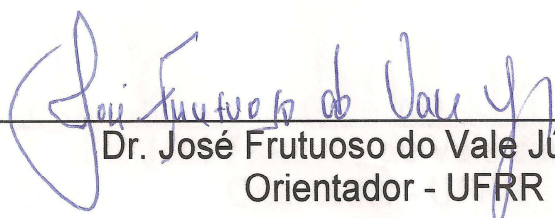
1 – Bacias hidrográficas. 2 – Impactos ambientais. 3 – Meio ambiente. 4 – Expansão urbana. 5 – Alterações nas drenagens. 6 – Lagos. 7 – Igarapé Grande. 8 – Roraima. I - Título. II – Vale Júnior, José Frutuoso do. (orientador). III – Tavares Júnior, Stélio Soares. (co-orientador).

CDU- 556.53/.556

Carmem Lúcia Rosa da Silva

Variação espaço-temporal da expansão urbana e da rede de drenagem da bacia do igarapé Grande na cidade de Boa Vista, Roraima

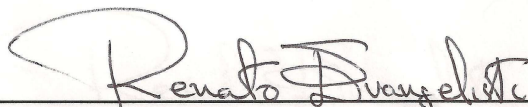
Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima, defendida em 31 de agosto de 2010 e avaliada pela seguinte banca examinadora.



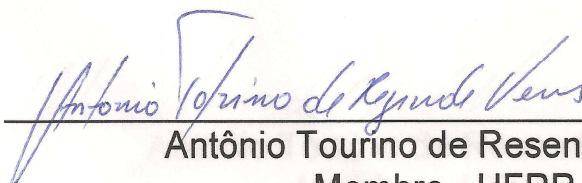
Dr. José Frutuoso do Vale Júnior
Orientador - UFRR



Dr. Elpidio Inácio Fernandes Filho
Membro - UFV



Dr. Renato Augusto de Oliveira Evangelista
Membro - UFRR



Antônio Tourino de Resende Veras
Membro - UFRR

Ao meu esposo, Vicente Cesconeto Neto e filhos,
Fabiana da Silva Cesconeto e Fernando da Silva Cesconeto
pela compreensão e apoio em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre guia meu caminho.

Em especial a minha família, esposo Vicente, filhos Fabiana e Fernando sempre presente e apoiando-me em todas as situações por que passei durante o mestrado.

A minha querida mãe, que mesmo distante sempre me deu incentivo e apoio.

Ao Professor Dr. José Frutuoso do Vale Júnior, orientador, que aceitou o desafio de orientar-me.

Ao Professor Dr. Stélio Soares Tavares Júnior, co-orientador pelas orientações imprescindíveis para a realização do estudo.

À Universidade Federal de Roraima, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, pelo apoio prestado na fase de formação e execução do curso.

Ao Professor Ms. Carlos Sander, que sempre esteve pronto em colaborar.

Ao Professor Dr. Renato Evangelista, que muito colaborou para a realização dessa dissertação.

Ao Ms. Diego de Almeida, que não mediu esforços para ajudar-me durante a execução do trabalho.

À Professora Jucilene pelo apoio e ajuda em momentos de execução do texto da dissertação.

Aos professores e amigos de turma que de alguma maneira participaram da minha formação profissional e pessoal.

RESUMO

Esse estudo objetivou avaliar a variação espaço-temporal da expansão urbana e da rede de drenagem da bacia do igarapé Grande como um fator preponderante para o avanço significativo na alteração da drenagem natural de corpos d'água, cujas consequências são bastante drásticas em relação à preservação do meio ambiente. Para realizar essa pesquisa foram adquiridos às imagens TM/LANDSAT-5 do ano de, 1985, 1990, 1995, 2000, 2004 e 2009. A análise das imagens resultaram da interpretação visual dos recortes das imagens TM/LANDSAT-5, da elaboração do MDE (modelo digital de elevação) e do método de classificação de imagens. Após a manipulação dos dados em meio digital, os resultados foram apresentados em mapas temáticos na escala de 1:80.000 e 1:90.000 representando a área urbana total, e 1:40.000 e 1:55.000, para a bacia. Os resultados sinalizaram para o acelerado processo de expansão urbana e o uso inadequado do solo. As alterações observadas na bacia do igarapé Grande deram-se em dois níveis: vinculada às influências indiretas e diretas nos canais. O acelerado processo de expansão e ocupação da cidade de Boa Vista ocasionou as seguintes alterações: a retirada da vegetação primitiva e impermeabilização do solo, aterramento das áreas de nascentes da água nas cabeceiras de drenagem, para a construção de moradias e acessos, edificação de casas no leito dos canais e construção de canais para escoamento pluvial. Verificaram-se transformações na morfologia do canal dos igarapés Grande e Paca, atribuídas à ocupação da planície de inundação, a retiradas pontuais da mata ciliar, a construção de açudes nas APPs, a arquitetura de pontes e ruas nas sessões transversais dos canais. Tais modificações afetaram as áreas de lagos, alterando as dimensões de alguns e a extinguindo outros. Foram alteradas também as medidas geométricas dos canais, onde a os padrões (comprimento, largura e profundidade) originais foram descaracterizados, devido às intervenções como: criação, retificação e ampliação da rede de drenagem, mostrando que a rede de drenagem no período de 1985 a 2010 culminou com a extinção de certos canais, da reestabilização de outros através de canalização e diminuição significativa dos lagos comparada ao ano de 1985.

Palavras-chave: expansão urbana; canais de drenagem; alterações de drenagens.

ABSTRACT

This study objectified the evaluation of the variation space-weather of urban expansion and of the net drainage of the basin of the narrow river “Grande” as a preponderant factor for the significant advance in the alteration of the natural draining of the water, whose consequence is sufficiently drastic in relation to the preservation of the environment. To carry out this research they were required the site of the INPE, the images TM/LANDSAT-5 of the years of, 1985, 1990, 1995, 2000, 2004 and 2009. The analysis of the cited images resulted in the visual interpretation of the clippings of the images TM/LANDSAT-5, and the elaboration of the MDE (digital model of the water line) and of the method of classification of the images. After the manipulation of the data in the digital way, the results have been presented in thematic maps in the scale of 1:80.000 and 1:90.000 representing the total urban area, and 1:40.000 and 1:55.000, for the micro basin. The results had signaled for the speed up process of urban expansion and the inadequate use of the ground. The alterations in the basin of the narrow river “Grande” can be evaluated in two levels, first, because of the indirect influence and second, in virtue of the execution of direct alterations of the canals. The speed up process of expansion of the city of Boa Vista caused the following alterations: the withdrawal of the primitive vegetation and the water protection of the soil, covering up the area of natural springs and stopping the water drainage at head of the river, for the construction of housings and roads, construction of houses in the bed of the canals and constructing canals for pluvial drainage. One transformation of the morphology of the canal of the narrow river “Grande” and “Paca” attributed to the flooding of low lands and prompted withdrawal of the bush, the dam construction in the APPs, the architecture of bridges and streets in the transversal section of the canals. Such modifications have affected the lakes in the areas, modifying the dimensions of some of them and extinguishing the others. The geometric measures of the canals have also been modified, regarding standards as (length, width and depth) have original deprived of characteristics, due to the interventions of creation, rectification and magnifying the draining net. Showing that the net of draining in the period of 1985 to 2010 culminated with the extinguishing of certain canals and the re-stabilization of others through canalization and significant reduction of the lakes compared to the year of 1985.

Key Words: urban growth; canals of draining; alterations.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Bacia hidrográfica e sub-bacias delimitadas por pontos de saídas	18
FIGURA 2 - Tipos distintos de leito.	20
FIGURA 3 - (A) Morfologia da rede de drenagem anterior a intervenção antrópica. (B) Morfologia da rede de drenagem após a intervenção antrópica	20
FIGURA 4 - Principais tipos de padrões de drenagem segundo Christofoletti, (1980).....	23
FIGURA 5 - Sistema de classificação da rede de drenagem. (A) Proposto por Horton (1945). (B) Proposto por Strahler (1957).....	24
FIGURA 6 - Plano de urbanização da cidade de Boa Vista projetado nos anos 40.....	32
FIGURA 7 - Carta imagem de localização da bacia do igarapé Grande na cidade de Boa Vista.....	40
FIGURA 8 - Distribuição das regiões climáticas de Roraima, segundo a classificação de Köppen	41
FIGURA 9 - Distribuição de chuvas semestrais no estado de Roraima: (A) Estação úmida, período de maior precipitação de abril a setembro. (B) Estação seca, período de menor precipitação entre os meses de outubro a março.....	42
FIGURA 10 - Hietogramas com a precipitação total mensal média da estação pluviométrica de Boa Vista (1910-2007).....	42
FIGURA 11 - Solos encontrados na região de Boa Vista-RR. (A) Argissolo Amarelo. (B) Latossolo Amarelo. (C) Neossolo Quartzarênico Hidromórfico. (D) Gleissolos.....	44
FIGURA 12 - Composição vegetal de Savana em no Bairro Centenário, Boa Vista.....	45
FIGURA 13 - Pontos delimitados para observação de impactos antrópicos na bacia do igarapé Grande. Recorte da cena 232/58 da imagem ALOS/PRIMA em composição R5G4B1 de 05/11/2008.....	50
FIGURA 14 - Evolução urbana de Boa Vista e seu entorno, gerada a partir de recorte da cena 232/58 da imagem TM/LANDSAT-5 em composição RGB (123) de 19/10/2009.....	55
FIGURA 15 - Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58, de imagem TM/LANDSAT-5 de 15/09/1985.....	57
FIGURA 16 - Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58, de imagem TM/LANDSAT-5 de 17/02/1990.....	59
FIGURA 17 - Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58, de imagem TM/LANDSAT-5 de 06/05/1995.....	62
FIGURA 18 - Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58, de imagem TM/LANDSAT-5 de 01/04/2000.....	64
FIGURA 19 - Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58, de imagem TM/LANDSAT-5 de 11/03/2004.....	67

FIGURA 20 - Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58, de imagem TM/LANDSAT-5 de 19/10/2009.....	69
FIGURA 21 - Gráfico demonstrativo da evolução urbana da cidade de Boa Vista no período de 1985 a 2009.....	71
FIGURA 22 - Lagos conectados aos brejos e igarapés formando a rede de drenagem. Recorte de imagem de TM /LANDSAT-5 em composição RGB (123) de 15/09/1985.....	72
FIGURA 23 - Ordem dos canais de drenagem da bacia do igarapé Grande em Boa Vista-RR, segundo a classificação de Strahler (1957).....	74
FIGURA 24 - Ocupação urbana da bacia do igarapé Grande localizada em Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5, em composição RGB (541) de 15/09/1985.....	77
FIGURA 25 - Ocupação urbana da bacia do igarapé Grande localizada em Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5 em composição RGB (541) de 17/02/1990.....	79
FIGURA 26 - Moradia construída sobre o canal do igarapé Uai, localizado na cidade de Boa Vista.....	80
FIGURA 27 - Ocupação urbana da bacia do igarapé Grande, localizada na cidade de Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5 em composição RGB (541) de 06/05/1995.....	81
FIGURA 28 - (A) Aterro transversal sobre o igarapé Uai, localizado na cidade de Boa Vista. (B) Represamento da água pela obstrução do canal. (C) Diminuição da sequência do fluxo.....	82
FIGURA 29 - Ocupação urbana da bacia do igarapé Grande localizada em Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5 em composição RGB (451) de 01/04/2000.....	83
FIGURA 30 - Apps dos corpos hídricos da bacia do igarapé Grande em Boa Vista.....	84
FIGURA 31 - Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Localizada no Bairro São Bento. (A) Igarapé Grande contaminado por resíduos da lagoa de estabilização.....	85
FIGURA 32 - Ocupação urbana da bacia do igarapé Grande localizada na cidade de Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5 em composição RGB (541) de 11/03/2004.....	86
FIGURA 33 - Ocupação urbana da bacia do igarapé Grande localizada na cidade de Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5 em composição RGB (123) de 05/10/2009.....	87
FIGURA 34 - Banco de areia assoreando o canal e alterando o fluxo do igarapé Grande localizado em Boa Vista.....	89
FIGURA 35 - Resultado da variação espaço-temporal derivada da ocupação e uso do solo pela população urbana.....	90
FIGURA 36 - Canalização na cabeceira do igarapé Uai, localizado em Boa Vista. Moradias em área de alagamento.....	92

FIGURA 37 - Lago da cabeceira do canal afluente do igarapé Grande em Boa Vista.....	93
FIGURA 38 - Lago pertencente ao igarapé Grande em Boa Vista, ocupado por residências.....	93
FIGURA 39 - Vista parcial do lago nascente do igarapé Grande com presença de macrófitas e ciperácias.	94
FIGURA 40 - Vista parcial de açude construído no leito do igarapé Grande na cidade de Boa Vista.....	95
FIGURA 41 - Processo de erosão na transversal do igarapé Grande localizado em Boa Vista.....	96
FIGURA 42 - Nova ponte do igarapé Grande localizado em Boa Vista. Intervenção sobre a vegetação.....	96
FIGURA 43 - Residências sobrepondo o canal de drenagem natural afluente do igarapé Grande extinto pela ocupação. Bairro Centenário em Boa Vista.....	97
FIGURA 44 - Vista parcial do açude construído na margem do igarapé Paca localizado em Boa Vista, próximo ao lago.....	98
FIGURA 45 - Trecho canalizado, desviando fluxo do igarapé Paca, criando novo curso de água.....	99
FIGURA 46 - Fluxo de água intermitente represado na estação chuvosa. Igarapé Grande. Bairro Operário em Boa Vista.....	100
FIGURA 47 - Extensão longitudinal dos canais da bacia do igarapé Grande de 1985 a 2009.....	103
FIGURA 48 - Configuração atual da rede de drenagem do igarapé Grande localizado em Boa Vista, constatada em campo, março de 2010.....	104
FIGURA 49 - Tipos de canais da bacia do igarapé Grande localizada em Boa Vista (trechos perenes e intermitentes) levantamento realizado em março de 2010.....	106

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Principais características das imagens do satélite TM/LANDSAT-5.....	47
TABELA 2	- Descrição dos aplicativos empregados e suas finalidades dentro dos processos metodológicos.....	48
TABELA 3	- Pontos de amostragem das intervenções diretas e indiretas nos canais de drenagem, observados na bacia do igarapé Grande em Boa Vista-RR no período de 2008 a 2010.....	49
TABELA 4	- Classes, “pixels” amostrados e regra de decisão adotada no treinamento para a classificação supervisionada.....	52
TABELA 5	- Coeficiente Kappa e conceitos de desempenho da classificação supervisionada segundo Cohen (1960).....	53
TABELA 6	- Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km ² das classes estimadas pela classificação da imagem de 15/09/1985.....	56
TABELA 7	- Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 15/09/1985.....	58
TABELA 8	- Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km ² das classes estimadas pela classificação da imagem de 17/02/1990.....	59
TABELA 9	- Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 17/02/1990.....	60
TABELA 10	- Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km ² das classes estimadas pela classificação da imagem de 06/05/1995.....	61
TABELA 11	- Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 06/05/1995.....	63
TABELA 12	- Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km ² das classes estimadas pela classificação da imagem de 01/04/2000.....	64
TABELA 13	- Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 01/04/2000.....	65
TABELA 14	- Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km ² das classes estimadas pela classificação da imagem de 11/03/2004.....	66
TABELA 15	- Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 11/03/2004.....	68
TABELA 16	- Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km ² das classes estimadas pela classificação da imagem de 19/10/2009.....	68
TABELA 17	- Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 19/10/2009.....	70
TABELA 18	- Análise da evolução urbana da cidade de Boa Vista (km ²) -1985/2009-relacionando a classificação supervisionada e a vetorização manual.....	71
TABELA 19	- Morfometria para a bacia do igarapé Grande.....	75
TABELA 20	- Variação na extensão da rede de drenagem e na área dos lagos localizados na bacia do igarapé Grande de 1985 a 2009.....	102

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
1.1.1	Bacias Hidrográficas.....	17
1.1.2	Canais de Drenagem.....	19
1.1.3	Hierarquia de Drenagem.....	23
1.2	GEOMORFOLOGIA APLICADA AOS ESTUDOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	24
1.3	PROCESSO DE USO E OCUPAÇÃO DO ESPAÇO URBANO.....	26
1.3.1	O Crescimento Urbano no Brasil Modificando o Espaço.....	26
1.3.2	O Crescimento Urbano em Boa Vista e as Alterações na Drenagem Fluvial.....	31
1.4	O USO DE GEOTECNOLOGIAS NO ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	34
2	OBJETIVOS.....	39
2.1	OBJETIVO GERAL.....	39
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	39
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
3.1	LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ GRANDE.....	40
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	41
3.2.1	Aspectos Fisiográficos.....	41
3.2.1.1	Clima.....	41
3.2.1.2	Geologia e Geomorfologia.....	43
3.2.1.3	Pedologia.....	43
3.2.1.4	Fitofisionomia.....	44
3.3	CONFIGURAÇÃO DOS DADOS.....	46
3.3.1	Dados Cartográficos.....	46
3.3.2	Dados de Sensoriamento Remoto.....	47
3.3.2.1	Imagens do Satélite TM/LANDSAT-5.....	47
3.3.2.2	Aplicativos e Equipamentos.....	47
3.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	48
3.4.1	Processamento das Imagens TM/LANDSAT- 5 e ALOS/PRISMA.....	50
3.4.1.1	Correção Geométrica.....	50
3.4.1.2	Técnica de Realce Visual.....	51

3.4.1.3	Classificação Digital.....	52
3.4.1.4	Técnica de Vetorização Manual	53
3.4.1.5	Delimitação da Bacia.....	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
4.1	EXPANSÃO URBANA DE BOA VISTA NO PERÍODO DE 1985 A 2009..	55
4.2	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA HIDROGRAFIA DO IGARAPÉ GRANDE.....	72
4.2.1	Rede de Drenagem e Suas Características Morfológicas.....	72
4.2.2	Características Morfométricas da Bacia.....	73
4.3	A OCUPAÇÃO DA BACIA DO IGARAPÉ GRANDE E AS ALTERAÇÕES NA REDE DE DRENAGEM.....	75
4.3.1	Influência Antrópica sobre os Cursos Fluviais.....	75
4.3.2	Variação Espaço-temporal da Rede de Drenagem da Bacia do Igarapé Grande.....	76
4.3.3	Avaliação dos Impactos em Função da Variação do Padrão de Drenagem de 1985 a 2009.....	88
4.3.4	Variação da Extensão da Rede de Drenagem da Bacia do Igarapé Grande.....	102
4.3.5	Determinação dos Tipos de Canais.....	105
5	CONCLUSÃO.....	108
	REFERÊNCIAS.....	109

1 INTRODUÇÃO

Estudos relacionados ao meio ambiente têm comprovado que a degradação dos recursos naturais pode ser avaliada seguindo diferentes escalas (espaciais e temporais). Os ambientes naturais podem ser desestabilizados tanto por processos naturais como pelas atividades antrópicas, que atuam direta ou indiretamente sobre o ambiente.

Os processos naturais mais significativos referem-se aos agentes geológicos oriundos de forças endógenas e exógenas, ou seja, de agentes geológicos internos e externos. Já os processos antrópicos estão relacionados ao crescimento da humanidade e a busca de maior desenvolvimento, que proporcionam uma preocupante exploração dos recursos naturais. O resultado desse processo são as transformações globais que aumentam a preocupação da humanidade em relação a suas ações sobre a natureza.

As consequências desse crescimento intensificaram-se a partir da metade do século XX, quando o processo de industrialização proporcionou uma maior concentração populacional nas áreas urbanas. O desenvolvimento urbano, tanto em nível de Brasil quanto em nível mundial, não se baseou num processo de organização e planejamento favorável à sustentabilidade dos recursos naturais. Desta forma, tornou-se o principal responsável pelos danos ao meio ambiente, alterando drasticamente o meio físico original (SANTOS e NUNES, 2008).

Assim, pois, os problemas ambientais nas zonas urbanas advêm do modo em que ocorre a acomodação da população no espaço. A ação antrópica provoca desmatamentos, erosão, poluição, acúmulo de materiais tóxicos, contaminação dos corpos de água, os quais alteram a qualidade de vida da população e dos seres vivos que compõem a comunidade biótica do ecossistema. As mudanças na estrutura da rede de drenagem, por sua vez, variam bastante conforme o uso do solo.

Visto por esse aspecto constata-se que as áreas de expansão urbana em sua maioria, ocupam as planícies de inundação com uma velocidade superior à capacidade do controle e planejamento de uso do solo. Isto implica em sérias consequências quando o controle do fluxo de água através de medidas pontuais dos canais não é mais eficiente.

Os problemas consequentes do uso e ocupação do solo em áreas urbanas tornaram-se mais preocupantes a partir da década de 70, momento em que cientistas como Day (1978), Dietrich e Dunne (1993), Gardiner (1995) iniciaram vários trabalhos sobre a variação da densidade de drenagem fluvial em consequência da ação antrópica. Outras pesquisas também se preocuparam com ação direta do homem e comprovaram que os cursos fluviais sofrem

alterações em toda sua extensão, por meio da regulação dos rios e alteração do nível de base (obras de engenharia), cujas abordagens foram realizadas por Drew (1989), Gurnell (1994), Brookes (1996), Bravard e Petts (1996).

A problemática em questão despertou o interesse de pesquisadores como Faria (1994, 1996), Fernandez et al. (1999), Sander (2003) e Cunha (2003) para o estudo das mudanças na drenagem fluvial em detrimento da ação antrópica nas cidades brasileiras, comprovando que tais alterações são consequências do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas. No entanto, a área urbana da cidade de Boa Vista localizada no extremo norte do país apresenta condições semelhantes a estas cidades, devido ao crescimento populacional das últimas décadas, responsável por uma expansão urbana acelerada, de modo desordenado, que contribuiu para o surgimento de inúmeros problemas na área urbana. Em consequência disso, ocorreu alteração no uso do solo nas vertentes, a ocupação das planícies de inundação e a degradação dos corpos hídricos de Boa Vista.

Esse fato é preocupante porque alteração hidrográfica proveniente da urbanização traz sérias consequências, principalmente quando se refere às enchentes causadas pela impossibilidade do canal em transportar um elevado volume de água devido à impermeabilização, que reduz a capacidade da infiltração no solo e aumenta o escoamento superficial, o assoreamento dos rios originados por sedimentos e lixos carreados, além de produtos tóxicos que polui e contamina a água, trazendo sérios problemas de saúde a população. Desse modo, uma melhor qualidade de vida está na dependência de ações que visem uma ocupação urbana associada à preservação ambiental.

Sendo assim, os elementos que sustentam cientificamente essa pesquisa, ressaltam a importância dos canais de drenagem e as alterações ocorridas por meio das ações antrópicas, que modificam a paisagem natural e causam desequilíbrio aos canais fluviais. Diante do contexto, o presente estudo objetivou analisar as mudanças nos canais fluviais, observando a variação espaço-temporal da rede de drenagem da bacia do igarapé Grande no período de 1985 a 2010 em decorrência da ocupação urbana.

Nesse ponto, vale ressaltar que a definição bacia e microbacia possuem abordagens diferentes que variam entre os estudiosos da área, para este estudo seguiu-se a determinação apresentada pelo mapa, Bacias Urbanas da cidade de Boa Vista (SOUZA et al., 2010). A partir do exposto, essa pesquisa tem a seguinte questão norteadora: a expansão urbana de Boa Vista nos anos de 1985 a 2010 através do uso do solo alterou os padrões de drenagem na bacia do igarapé Grande na área urbana de Boa Vista? A hipótese é de que houve alterações

nos padrões de drenagem da bacia em decorrência do uso e ocupação do solo durante a expansão urbana.

A metodologia efetuada para a realização dessa pesquisa se baseou em revisão da literatura, interpretação dos dados digitais, (imagens TM/LANDSAT-5 do ano de, 1985, 1990, 1995, 2000, 2004, 2009 e ALOS/PRISMA de 2008). A seleção destas seguiu critérios como; disponibilidade, pouca cobertura de nuvens e alta visibilidade. No entanto não foi possível conseguir uma sequência histórica de imagens de mesmo período, porque a instituição não disponibiliza esses dados na totalidade.

No tocante à interpretação e análise das mudanças espaços-temporais, estas foram possíveis por meio de análises visuais sobre as cenas, em composição (5R4G3B), e da classificação supervisionada na intenção de identificar os aspectos da paisagem urbana da cidade de Boa Vista. As características das imagens estudadas foram comprovadas por visitas a campo (período de 2008 a 2010). Os mapas gerados resultaram da interpretação visual dos recortes das imagens TM/LANDSAT-5, da elaboração do MDE (modelo digital de elevação) e do método de classificação de imagens.

1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1.1 Bacias Hidrográficas

Bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica (Figura 1), limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e sedimentos, defluindo-os em uma seção fluvial única, denominada exutório (CHRISTOFOLETTI, 1980; SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2003; SANTOS, 2004). Os divisores topográficos ou divisores de água são as cristas das elevações do terreno que separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes. A bacia é representada por uma linha fechada, ortogonal às curvas de nível do mapa e desenhada a partir da seção fluvial do exutório, em direção às maiores cotas ou elevações (ROCHA, 1997; COELHO NETTO, 2007).

As definições para as subdivisões da bacia hidrográfica são variadas e apresentam medidas bastante diferentes. Para Faustino (1996) as sub-bacias são compostas pelos tributários do curso de água principal, com extensão entre 100 km² e 700 km², Rocha (1997) define essa área entre 20.000 ha. e 30.000 ha. que está em torno de 200 km² e 300 km². Para Santana (2003) uma bacia pode possuir várias subdivisões, logo, microbacia é uma

denominação empírica devendo ser substituída por sub-bacia, enquanto que, Faustino (1996) determina que uma área hidrológica menor que 100 km² é uma microbacia e para Cecílio e Reis (2006) essa área está entre 10 ha a 20.000 ha, ou seja, 0,1 km² a 200 km². No entanto os termos de definição para bacia, sub-bacia e microbacia, são bastante relativos.

Nesse sentido, as bacias hidrográficas podem ser classificadas hierarquicamente conforme os tipos de padrão de drenagem (em função do escoamento), definida como: exorréica, se o escoamento de suas águas se dirige de modo interrupto até o mar ou oceano; endorréica, quando escoam internamente para lagos ou se dissipam em areias do deserto; arréica, se não estruturada em bacia hidrográfica com padrões indefinidos e criptorréica quando a drenagem forma bacia subterrânea (CHRISTOFOLETTI, 1980; CUNHA, 2003).

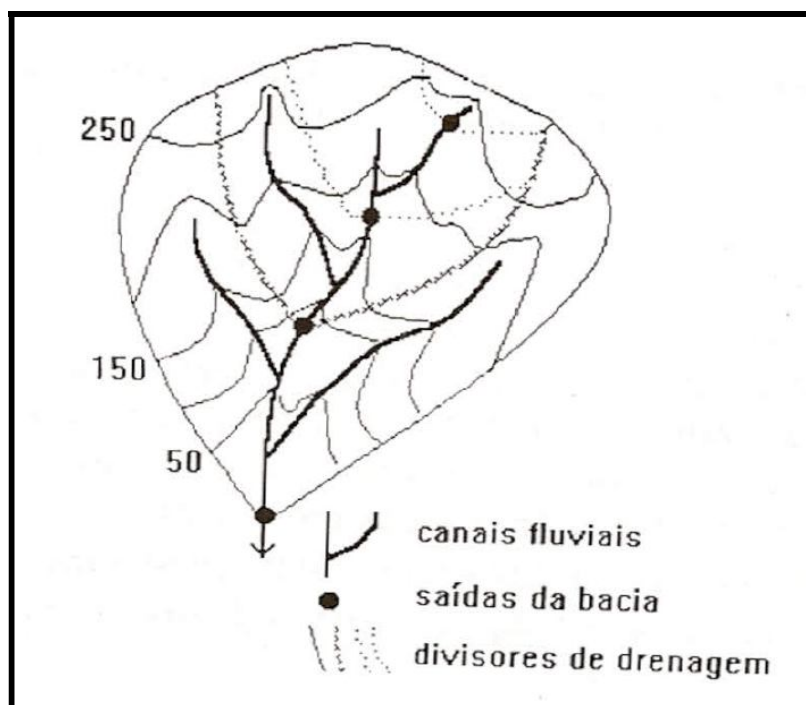


Figura 1 - Bacia hidrográfica e sub-bacias delimitadas por pontos de saídas.
Fonte: Coelho Netto (2007).

Coelho Netto (2007) acrescenta que, uma bacia hidrográfica é um sistema que integra as conformações de relevo e drenagem. A parcela da chuva que se abate sobre a área da bacia e que irá transformar-se em escoamento superficial, chamada precipitação efetiva, escoam a partir das maiores elevações do terreno, formando enxurradas em direção aos vales. Esses, por sua vez, concentram esse escoamento em córregos, riachos e ribeirões, os quais confluem e formam o rio principal da bacia. O volume de água que passa pelo exutório na unidade de tempo é a vazão ou descarga da bacia.

Diante de tais fatores as características naturais das bacias hidrográficas as tornam importantes unidades espaciais para gerenciar atividades de uso e de conservação dos recursos naturais, principalmente nas situações atuais de grande pressão sobre o ambiente em função do crescimento populacional e do desenvolvimento (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2003; SANTOS; NUNES, 2008). Todas essas ocorrências tendo origem antrópica ou natural interfere na dinâmica do sistema hidrológico, tanto na quantidade de cursos d'água como da qualidade da água (SANTOS, 2004).

Naturalmente a utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental, vem acontecendo desde as últimas décadas do século passado por ter sido considerada como uma região geográfica distinta que contribui significativamente para o fornecimento de dados e informações a respeito do ambiente que ali se insere, constituindo ecossistemas adequados para a avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica, os quais acarretam riscos ao equilíbrio e a manutenção da quantidade e qualidade da água (FERNANDES; SILVA, 1994; FERNANDEZ et al., 1999; FERNANDEZ; SANDER; REBELATTO, 2001; FERNANDES; CARNEIRO; MAGALHÃES JÚNIOR, 2008).

Como se pode observar os problemas apresentados surgiram em decorrência da ocupação urbana sobre as bacias hidrográficas, tornando-a de suma importância no que se refere à questão socioespacial, sendo necessário considerá-la para estudos que visam gerenciar atividades de uso e de conservação dos recursos naturais, principalmente nas situações atuais de grande pressão exercida sobre o meio ambiente em virtude da explosão demográfico (LUCAS; CUNHA, 2007; TUCCI, 2008).

Trabalhos em bacia são importantes, pois são maneiras eficientes para a avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica, com o intuito de recuperar áreas em desequilíbrio. Isso irá permitir ainda propor soluções para melhorar as formas de uso da terra de uma determinada região manter a quantidade e qualidade da água, conservar os recursos naturais e contribuir para o desenvolvimento municipal e regional (CASTRO FILHO, 1994).

1.1.2 Canais de drenagem

Cunha (2003, 2007) define rio como um corpo de água que está sempre em movimento e confinado em um canal. Suas características principais são: largura, profundidade, velocidade e declividade. Os tipos de leitos variam entre leito menor, de vazante, maior e maior excepcional (figura 2).

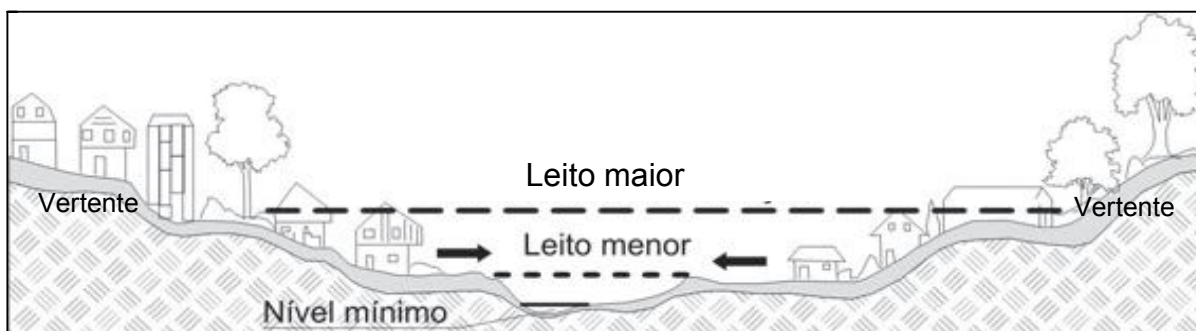


Figura 2 - Tipos distintos de leito. Fonte: Modificado de Tucci (2008).

Os tipos de canais dependem diretamente da condição de escoamento de fluxo dentro da calha fluvial. Sendo destacado por diversos autores como Faria (1994, 1996, 1997), Guerra e Guerra (1997) e Cunha (2003) quando afirmam que os cursos d'água são distribuídos em trechos perenes, intermitentes e efêmeros e sua extensão total varia em função das condições ambientais da bacia hidrográfica considerada.

Ao longo do tempo os canais sofrem alterações naturais que mudam sua fisionomia, mas atualmente suas formas têm sido alteradas rapidamente (figura 3) devido à intensa atividade humana (SANDER, 2003). Essa variação está relacionada a vários fatores, e dentre estes os mais importantes está o clima (na quantidade de água e sua concentração), o uso do solo na bacia (na alteração das taxas de infiltração e de escoamento superficial, na erosão de encostas e no soterramento de áreas de nascentes) e o próprio substrato rochoso (GARDINER, 1995).

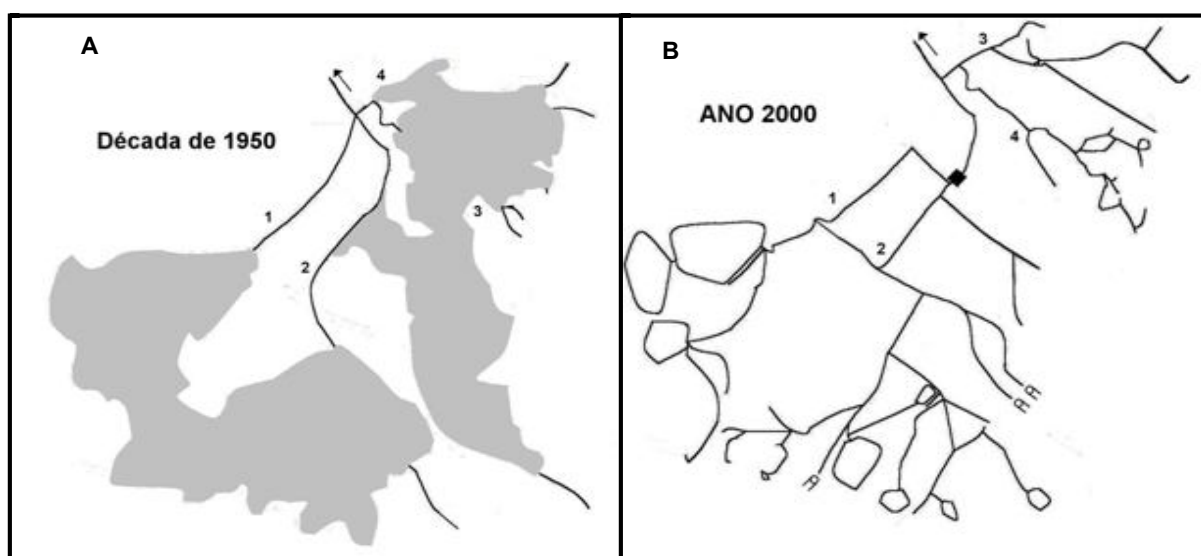


Figura 3 – (A) Morfologia da rede de drenagem anterior à intervenção antrópica. (B) Morfologia da rede de drenagem após a intervenção antrópica. Fonte: Modificado de Sander (2003).

Gardiner (1995) e Fernandez, Sander e Rebelatto (2001) confirmaram em seus estudos que a variação espacial da densidade de drenagem pode ser analisada conforme diferentes escalas de abrangência (escala local - litologia e tipo de solo, escala regional - precipitação anual e litologia, global - clima- precipitação e média anual de precipitação), e que a densidade de drenagem está relacionada com a média de precipitação anual.

Quanto aos tipos de nascente, Faria (1997) definiu seis tipos: nascentes fixas – são nascentes que não sofrem variações de posição com origem em um único ponto (olhos-d'água). Elas podem surgir de um ponto na encosta, entre a camada superior e outra inferior impermeável, ou ressurgir através de fraturas; nascentes móveis – se formam nos talwegues dos vales e são controladas pela saturação do nível hidrostático, movem-se em direção a montante ou jusante, dando ao canal de primeira ordem uma grande dinâmica; nascentes difusas – localizam-se em encostas íngremes (com declividades superiores a 30 %), onde canais rasos cortam uma fina camada de regolito, fazendo aflorar a rocha sã. Apresentam tanto canais efêmeros como intermitentes, a constante do fluxo está relacionada à variação dos dias chuvosos; nascentes pseudonascentes – são características em bacia de primeira ordem onde os fluxos de água nas calhas não são contínuos, desaparecendo em um ponto da calha e reaparecendo à jusante, em forma de nascente; nascente real que inicia o fluxo do canal de primeira ordem fica localizada a montante e nascentes primárias e secundárias – pipes podem formar tanto fontes primárias, bem como fontes secundárias, que alimentam os fluxos dos canais. E assim, em um canal de primeira ordem pode haver mais de um tipo de nascente.

Os padrões de drenagem dos canais fluviais são apresentados pelo arranjo espacial dos cursos fluviais que anterior à ação antrópica é influenciada em sua morfogênese pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região. A classificação sistemática utilizada para determinar a configuração da drenagem varia em número de unidades de acordo com o interesse do autor, sendo apresentados em: tipos básicos, que possuem propriedades próprias e os modificados, com alguma variação das propriedades de um padrão básico como pode confirmado nos estudos de Howard (1967), Christofolletti (1980, 1999), Christofolletti (2007). Segundo, Christofolletti, (1980), os principais padrões (figura 4) são:

Dendrítico - possui forma arborescente, ou que lembra as nervuras de uma folha vegetal, típico de áreas cobertas por rochas horizontais, não fraturadas e isotrópicas em relação à erosão pluvial e fluvial. Constitui um padrão onde os talwegues têm variados

comprimentos e não possuem nenhuma orientação preferencial ou uma organização sistemática (esboço a esquerda). É típico de rochas sedimentares horizontais, podendo também ocorrer em rochas de baixo grau metamórfico (ardósias e filitos) horizontais ou subhorizontais. Pode também ocorrer em alguns derrames de lavas ou sedimentos de origem vulcânica.

Retangular – apresenta cursos d'água em ângulos retos (90 graus), ou quase. Ocorre em rochas que foram submetidas a processos de diaclasamento e falhamentos. Essas estruturas são áreas onde a erosão pode progredir mais facilmente. Diz-se que a drenagem é condicionada pelas estruturas das rochas. Pode ocorrer em arenitos diaclasados, derrame de lavas, rochas ígneas plutônicas, onde as diáclases se formam no processo de resfriamento. Comuns, também, em rochas metamórficas submetidas à falhamentos e fraturamento.

Paralelo – são drenagens onde os talwegues são paralelos a subparalelos entre si, típico de regiões onde houve falhamento intenso em uma única direção e em camadas sedimentares levemente inclinadas, aflorantes em regiões de topografia suave, onde os contatos geológicos se apresentam mais ou menos retilíneos.

Treliça – é caracterizado pela existência de cursos d'água longos e por um conjunto de tributários de cursos curtos e que desembocam em ângulos retos no curso maior. É um padrão que se desenvolve em regiões dobradas, com uma sucessão de sinclinais e anticlinais de eixos horizontais a subhorizontais, onde os cursos maiores se encaixam em vales sinclinais e os cursos menores descem pelas abas destas dobras.

Radial - é caracterizado por talwegues, que se dispõem radialmente a uma estrutura ou região mais elevada. Ocorre em estruturas vulcânicas, em áreas sedimentares soerguidas por domos salinos e em áreas onde afloram plútons ígneos que devido à erosão diferencial são realçados na topografia.

Anelar – apresenta uma drenagem radial e alguns cursos que se colocam como segmentos de arcos ao redor de um ponto mais elevado a montante da drenagem radial. É um padrão onde uma drenagem radial se associa a uma drenagem concêntrica. Muito comum em regiões que foram soerguidas por domos salinos (diápiros) ou intrusões ígneas. As fraturas são formadas pela ruptura das rochas intrudidas e soerguidas.

Os canais de drenagem fluvial possuem ações que atuam esculpindo seus vales, formando planícies fluviais transportando sedimentos que podem modificar suas desembocaduras formando deltas. (CUNHA, 2002, 2003, 2007; GUERRA; MARÇAL, 2006). As características apresentadas sobre a morfologia dos canais podem sofrer mudanças espaços-temporais nas seções transversais (quando alterado sua calha) e ao longo de sua

extensão. Tal alteração afetará a capacidade de escoamento das águas superficiais trazendo sérios prejuízos a população (FERNANDEZ; SANDER; REBELATTO, 2001; CUNHA, 2003; FERNANDES; CARNEIRO; MAGALHÃES JÚNIOR, 2008). Isso justifica as preocupações ambientais em relação à ocupação do espaço urbano levando em consideração a bacia hidrográfica (CUNHA, 2003).

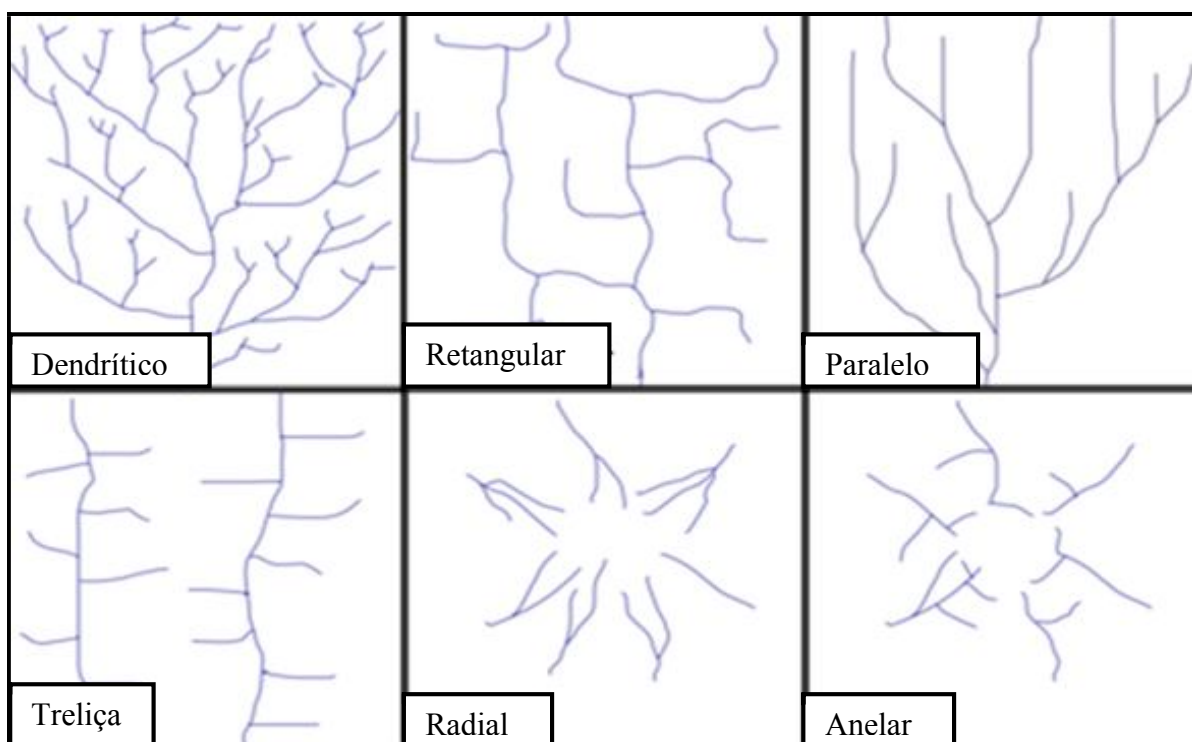


Figura 4 – Principais tipos de padrões de drenagem segundo Christofolletti, (1980). Fonte: Modificado de Christofolletti (1980).

1.1.3 Hierarquia de Drenagem

A hierarquia fluvial é o processo que determina dentro do conjunto total da bacia hidrográfica uma classificação para determinado curso de água. Sua função é tornar mais fácil e objetivo os estudos morfométricos (análise areal, linear e hipsométrica) de bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A ordenação dos canais de drenagem foi à base para o início das análises morfométricas de bacias hidrográficas, foi desenvolvida primeiramente por Horton (1945) e modificados por Strahler (1952), seguido por pesquisadores como Christofolletti, (1980), Faria (1994, 1996, 1997) Fernandez, Sander e Rebelato, (2001) e Schumm (1956), Leopold et al. (1964), Shreve (1966) apud Cunha (2007) entre outros.

Segundo Horton (1945) (Figura 5A) um canal de primeira ordem não possui tributário, um canal de segunda ordem recebe tributário só de primeira ordem, o canal de terceira ordem pode receber vários tributários sendo, de segunda ou primeira ordem, os de quarta ordem, recebem de terceira ordem e de ordem inferior, e assim sucessivamente. O rio principal possui o mesmo numero de ordem desde a nascente. Em confluência a ordem menor permanece com o canal que apresentar ângulo maior (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para Strahler (1957), (Figura 5B) o ordenamento de rios não apresenta o mesmo número de ordem em toda sua extensão. São considerados de primeira ordem os pequenos canais que não tenham tributários. Quando dois canais de primeira ordem se unem é formado um segmento de segunda ordem. Logo, a junção de dois canais de segunda ordem dá lugar à formação de um canal de terceira ordem e, assim, sucessivamente. O número de ordem de um canal aumenta após a confluência com outro de mesma ordem. O rio principal não precisa necessariamente possuir o mesmo número de ordem.

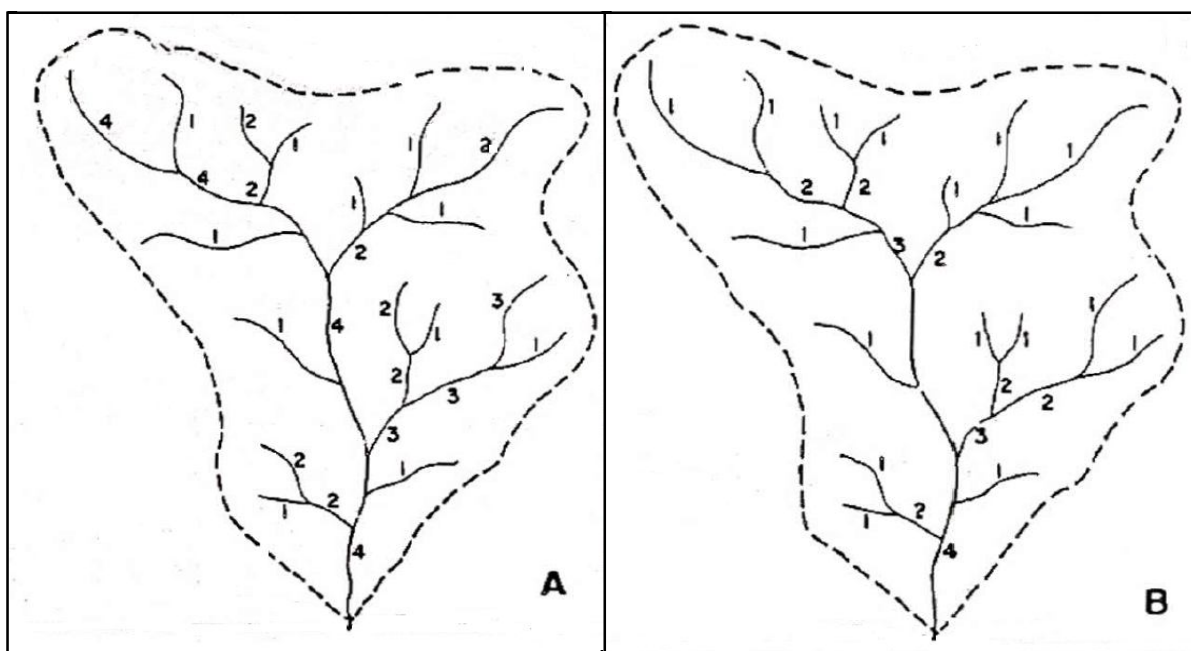


Figura 5 - Sistema de classificação da rede de drenagem. (A) Proposto por Horton (1945). (B) Proposto por Strahler (1957). Fonte: Christofolletti (1980).

1.2 GEOMORFOLOGIA APLICADA AOS ESTUDOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Estudos apontam que as origens da geomorfologia não são bem conhecidas, e que o termo foi desenvolvido em 1880 nos Estados Unidos pelos geólogos McGee e Powell, portanto só em fins do século XIX e início do século XX os pesquisadores começam a

entender os eventos atuantes na formação de diferentes paisagens. Diante deste fato surge o trabalho de Davis (1890-1930) que mesmo recebendo muitas críticas por estar voltado para regiões de clima temperado, teve um papel importante, pois despertou o interesse de outros pesquisadores em se aprofundarem nos estudos geomorfológicos (HART, 1986 apud GUERRA; MARÇAL, 2006).

Nessa particularidade a Geomorfologia tem se empenhado em identificar e interpretar as múltiplas relações entre seu objeto de estudo (formas do relevo) e os demais componentes do ambiente visando atenuar o desequilíbrio da paisagem natural. A aplicação dos conhecimentos geomorfológicos ao planejamento ambiental nos coloca diante da importância de estudos relacionados às bacias hidrográficas, já que a mesma é considerada uma unidade integrada dos diferentes processos ambientais (GUERRA; MARÇAL, 2006; CHRISTOFOLETTI, 2007).

Isso decorre pelo fato de que o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica varia em função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) e do tipo da cobertura vegetal. Desse modo, as características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e subsuperficial (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Por sua vez, a Geomorfologia estuda as formas de relevo, considerando a sua natureza, origem, a composição dos materiais envolvidos e o desenvolvimento dos processos geomorfológicos que atuam e promovem ações em direção à evolução do relevo, que mobiliza materiais construindo ou destruindo formas. A intensidade ou a amortização da atuação desses processos podem ser provocadas pelas próprias condições naturais ou por interferências antrópicas, promovendo o aumento ou diminuição da erosão ou da deposição desses materiais. Isso mantém ou modifica as formas de relevo constituindo em causas ou efeitos de instabilidade ambiental. Diante da demanda crescente em busca de soluções ou da possibilidade em amenizar os impactos ambientais decorrentes em áreas urbanas, principalmente relacionados aos que impactam os canais de drenagem fluvial, surge a Geomorfologia Ambiental, ciência que possui um caráter integrador que procura compreender a evolução espaço-temporal dos processos do modelado terrestre derivado das várias formas de ocupação (GUERRA; MARÇAL, 2006).

Nesse contexto a Geomorfologia aplicada ao aproveitamento dos recursos hídricos preocupa-se com as bacias hidrográficas, visando seu melhor aproveitamento e a recuperação

de áreas degradadas. Fica claro que a geomorfologia propõe avaliar as modificações na rede de drenagem pela importância que os rios possuem na modificação do relevo terrestre por meio do transporte de sedimentos quase sempre oriundos das encostas que o margeiam.

1.3 PROCESSO DE USO E OCUPAÇÃO DO ESPAÇO URBANO

1.3.1 O Crescimento Urbano no Brasil Modificando o Espaço

O aumento populacional urbano em países subdesenvolvidos foi significativo a partir da metade do século XX. Seguindo essa tendência está o Brasil que hoje, conta com cerca de 80% (IBGE, 2000), da população nos grandes centros urbanos, ocasionando uma super ocupação do espaço que, associado à falta de conscientização quanto à importância dos canais fluviais na vida do homem, vem acarretando sérios problemas, principalmente de ordem ambiental gerando a deterioração destes ambientes.

Vale ressaltar que o Brasil chegou ao final do século XX como um país urbano: em 2000 a população urbana ultrapassou 2/3 da população total, e atingiu a marca dos 138 milhões de pessoas. Numa análise mais aprofundada este é o resultado de um processo iniciado na década de 50 na região Sudeste. A partir de então, este contraste se acentuou e se generalizou pelas cinco grandes regiões do país (IBGE, 2000).

Nas últimas décadas do século passado, o Brasil intensificou seu processo de urbanização elevando sua taxa de cerca de 36% em 1950, para mais de 80% em 2000, segundo dados do IBGE (2001). Isso é evidenciado também na região Norte que passou de 31% para 69% no mesmo período.

Confirmando o exposto acima temos Santos e Nunes (2008), destacando que é exatamente no século XX que se evidencia a primeira aceleração desse fenômeno. Para tanto, o autor justifica que 1872 havia 5,9% da população em espaço urbanos, e que, até 1900 o aumento se dava lentamente, pois eles somavam aproximadamente 9,4% apenas, mas, daí por diante, a tendência foi aumentar cada vez mais.

Vendo por esse ângulo, o crescimento populacional tem sido a mola propulsora do aumento populacional urbano. Conforme Coelho Netto (2007), em todo o mundo observa-se a complexidade desse processo e o impacto ambiental urbano derivado da ação antrópica. Esse problema tem representado um duplo desafio, pois é preciso problematizar a realidade e, ao mesmo tempo, buscar alternativas para as questões que envolvem os processos ecológicos

(biofísico-químicos) e sociais que contribuem para a deterioração do ambiente, principalmente o urbano.

Neste contexto, surge a urbanização como a responsável pelas modificações nas bacias hidrográficas ocupadas por cidades, são visíveis as transformações antrópicas, que provocam alteração na hidrologia por meio de rios canalizados e retificados, os quais terão respostas geomorfológicas em forma dos movimentos de massa, enchentes frequentes. Certamente é previsível que a degradação ambiental, cresce progressivamente na medida em que os espaços são ocupados. No entanto a ação antrópica modifica os canais de drenagem urbana alterando a paisagem natural de forma agressiva e constante (FERNANDEZ et al., 1999; CUNHA, 2003; SANDER, 2003).

Dessa forma, a degradação ambiental tem estreita relação com a drenagem urbana e é evidenciada na obra de autores contemporâneos de forma muito veemente, como por exemplo: Nogueira, Sanson e Pessoa, (2007) no artigo sobre “A expansão demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais”, no qual concluiu que são vários os problemas decorrentes da ocupação desordenada, já que Manaus teve a maior taxa de crescimento nacional na última década. Dentre os impactos visivelmente detectado estão, a destruição da cobertura vegetal, e, principalmente a poluição dos corpos d’água e a deficiência do saneamento básico.

Guerra e Marçal (2006) acrescentam ainda que a combinação dos meios físicos (chuvas, solo, encostas, rede de drenagem, cobertura vegetal, etc.), além de alterar a hidrologia, induz e causa a detonação, e a aceleração dos processos geomorfológicos, configurando-se na maioria das vezes num processo catastrófico.

Também Lucas e Cunha (2007) comentam esses fatos no trabalho sobre o rio dos Macacos, no Rio de Janeiro, onde constatou modificações na geometria dos canais, por causa das obras de engenharia, pelo assoreamento do leito e pela ocupação das áreas marginais, comprovando que a ação antrópica modificou a morfologia dos canais e contribuiu para a má qualidade das águas, prejudicando, sobretudo a vida aquática. Acrescentam-se ainda os resíduos industriais e domésticos que despejados nos corpos líquidos diminuem a capacidade autodepurativa das águas, minimizando drasticamente a demanda de oxigênio (DBO), provocando a eutrofização. Neste caso a presença de metais pesados contamina os peixes, moluscos, crustáceos e os tornam impróprios para o consumo humano (CUNHA, 2007).

Esses impactos são identificados também por Silva (2006), ao analisar o processo de ocupação da Barra da Tijuca/RJ, apontando como local mais impactado as áreas rebaixadas composta por lagoas, preocupando-se, principalmente com o nível de poluição detectado,

declarando que a falta de saneamento adequado elevou a poluição hídrica do Complexo Lagunar da Baixada de Jacarépaguá. Isso se deve ao fato de que o interesse do setor imobiliário prevalece diante da qualidade ambiental sem levar em consideração o espaço urbano em conjunto ao sistema natural.

Tucci (1989, 2008) confirma essa ação degradante quando se refere ao desenvolvimento urbano como “meio formado pelo ambiente natural e pela população” o qual engloba aspectos socioeconômicos num contexto urbano. Por isso, considera-o como: “um ser vivo e um conjunto dinâmico que gera efeitos interligados, que sem controle pode levar ao caos”.

Claramente nota-se que a dinâmica das cidades erguidas à margem dos rios, não preserva a mata ciliar culminando com a erosão e o afastamento das classes sociais abastadas para lugares que não são afetados por enchentes, inundações e até por desmoronamentos, ficando essas áreas as classes sociais mais necessitadas, que ali constroem suas habitações. Tal problema é detectado na cidade de Açailândia (MARÇAL; GUERRA, 2005). Estes locais apresentam precárias condições de saneamento básico e de infra-estrutura. (GUERRA; MARÇAL, 2006).

Nesse bojo, os impactos ambientais decorrentes da expansão urbana desordenada em áreas impróprias (Áreas de Preservação Ambiental - APPs) como acentuado declive e topos de morros da bacia de São Bartolomeu foram constatados por Soares et al. (2006) em pesquisa realizada na área urbana do município de Viçosa/MG. O autor conclui que isto não acontece apenas nessa região, mas também em grande parte de cidades brasileiras. Ressalta ainda que o descompromisso com a preservação dos recursos naturais é muito evidente. Certamente, o planejamento urbano ainda não está pronto para atender essas necessidades vitais.

Este fato da origem a acontecimentos como enchentes, e desmoronamentos explicado por Fernandes, Carneiro e Magalhães Júnior (2008) quando investigaram as alterações na morfologia hidrográfica de um afluente do córrego Gorduras em Belo Horizonte/MG, segundo o autor, o processo de ocupação fez com que fosse retirada a vegetação primitiva causando a impermeabilização do solo.

Como exemplo disso Oliveira e Hermann (2005) descobriram em Florianópolis, vários problemas decorrente da urbanização como: a impermeabilização do solo, ocupação das encostas com loteamentos, invasão de áreas de dunas, redução das áreas de mangues nas planícies de marés, recondução dos canais fluviais cujo percurso é feito pela área urbana, proliferação de lixo. Tudo isso altera a hidrologia natural.

Vieira e Cunha (2005) detectaram que a ocupação do espaço e a apropriação dos recursos naturais, alteraram significativamente a morfologia original de bacia, transformando a estrutura e a dinâmica da drenagem, deixando clara a necessidade em estudar o solo como parte integrante de uma bacia pela sua importância no processo de erosão das margens dos canais.

Sander (2003) estudou a cabeceira do córrego Guavirá no município de Cândido Rondon (PR), e comprovou que a ação antrópica promoveu modificações nos padrões de drenagem do canal e conseqüentemente alterações no fluxo hidrológico. Eis a razão de alertar para a necessidade de mais estudos relacionados à dinâmica dos cursos fluviais, e que estes devem levar em consideração as nascentes dos canais, haja vista serem fonte de alimentação dos rios.

Santos e Nunes (2008) comprovaram através de estudos que as modificações na paisagem decorrem das ocupações e apropriações do relevo realizadas pela sociedade. Corroborando com essa idéia Grostein (2001) acrescenta que esse problema se deve a escassez de terras adequadas e acessíveis às populações pobres, necessitando de políticas habitacionais para que esses problemas sejam resolvidos.

Segundo Ab'Saber (1998), para entender o processo de crescimento e ocupação humana na superfície terrestre, a única maneira é abrangendo o espaço total regional, interagindo com os fatores ambientais do entorno envolvido na funcionalidade dos espaços integrados e harmonizando o desenvolvimento com uma correta postura de proteção ambiental e ecológica. Essa visão holística ganha respaldo com a valorização do Meio Ambiente no final do século XX que o coloca diante de uma perspectiva de integração.

Sendo assim, para entender o Meio Ambiente é preciso conhecer o comportamento conjunto e integrado dos elementos que o formam, sendo que a natureza integrada apresenta uma paisagem que deve ser compreendida como síntese dos aspectos físicos e sociais. No entanto é imprescindível lembrar que a Geomorfologia Ambiental une as questões sociais às análises da natureza integrando em suas observações as relações políticas e econômicas que são determinantes nos processos e mudanças que possam vir acontecer (GUERRA; MARÇAL, 2006).

Conforme Coelho (2005), tudo isso demonstra que existe um processo de degradação variável avançando e agredindo o solo, o ambiente e o ecossistema em geral, uma vez que toda estrutura que envolve a sociedade e o espaço é temporal e que poderá constantemente ser substituída, até que outra estrutura provoque essa ruptura. Portanto acontecem mudanças ecológicas e sociais combinadas em que os impactos ambientais de natureza estrutural, são

produtores de novas mudanças que afetam de forma diferenciada e sem nenhum plano prévio as estruturas de classes sociais.

Quanto à qualidade da água, no Brasil o primeiro passo quanto à Gestão de Recursos Hídricos, foi à implantação da Lei de Recursos Hídricos que possibilitou um amplo mecanismo de gestão das águas, criou os instrumentos como outorga, cobrança e enquadramento dos rios (metas de qualidade da água), padronizando as condições de contorno para as cidades, quanto à contaminação dos rios, o Plano Nacional de Recursos Hídricos (MMA, 2006) aprovou (janeiro de 2007) a nova Legislação de Saneamento Ambiental que determinou os mecanismos econômicos. Indubitavelmente, o processo está se encaminhando de forma adequada (TUCCI, 2008), pois foi criada a Agência Nacional de Águas e estão em andamento às agências estaduais e os Conselhos e Comitês de bacia.

A população de áreas urbanas produz grande quantidade de poluentes carreados pelo escoamento superficial relacionada à quantidade de chuva, às condições de limpeza dos pavimentos, ao processo de urbanização e à intensidade da circulação de veículos, dentre outros. Isso faz com que os espaços de cobertura vegetal sejam locais importantes para a retenção dos poluentes do escoamento superficial urbano, retendo a sedimentação dos mesmos antes que eles cheguem aos cursos de água. Dessa forma o solo desprovido de mata ciliar favorece todo tipo de danos aos corpos líquidos evidenciando que, a maior parte desses problemas é ocasionada pela exploração indiscriminada dos recursos naturais devido à ocupação humana (CUNHA, 2007).

Nesse aspecto, as principais modificações do solo em área urbana, implicam na remoção ou adição de materiais constituintes ou não do solo, o que provoca sérias alterações nas propriedades físicas e químicas do solo. Tais resíduos derivam de construções e lixo domésticos, cujos componentes mais comuns são: cimento, areia, ferros, latas, vidros, plásticos, madeiras, tecidos, couros, tijolos, rochas, borrachas e materiais orgânicos em geral (DALMOLIN; AZEVEDO; PEDRON, 2006). A mistura dos elementos citados, por sua vez, altera o solo e modificam sua coloração de acordo com os materiais depositados. Isso implica na consistência, porosidade, textura e estrutura dos solos.

A compactação segundo Dalmolin, Azevedo e Pedron (2006) e Tucci (2005) são o principal resultado das atividades de engenharia, a qual modifica as várias propriedades físicas do solo, como a estrutura, porosidade, densidade, infiltração e retenção de água. Tais modificações atingem a estrutura e a porosidade dos solos e, conseqüentemente os movimentos da água. Além disso, aumentam a densidade do solo, promove a redução dos macroporos e o aumento dos microporos, que vão interferir no movimento da água, do solo,

do ar, drenagem, retenção de água e aeração. Sendo assim, a compactação e o selamento superficial elevam os riscos de erosão e inundação das cidades.

O problema gerado pela expansão urbana acelerada diante da dificuldade de organização no espaço tem agravado a crise habitacional brasileira. A forma desordenada desse crescimento na maioria das vezes desconsidera o meio físico e provoca inúmeros problemas já enumerados nos parágrafos anteriores, fato novamente lembrado para enfatizar a necessidade de estudos para além de outras informações levarem a uma gestão eficiente e também menos onerosa de problemas.

1.3.2 O Crescimento Urbano em Boa Vista e as Alterações na Drenagem Fluvial

O Estado de Roraima até 1970 era dependente do rio Branco como meio de acesso ao restante do Brasil. Este fato bloqueou a migração e o aumento da população na região, pois o rio não era navegável em todo seu curso na estação da seca, devido à presença de corredeiras em parte do seu curso (BARBOSA, 1993; SILVA, 2008). Só a partir de 1976 com a construção da BR174 ligando Boa Vista a Manaus é que surge uma nova era de ocupação regional possibilitando a vinda de migrantes e o crescimento da população (DINIZ; SANTOS, 2005; VERAS, 2008).

Portanto, o crescimento populacional característico no estado de Roraima, nas últimas décadas do século XX, oriundas de todas as regiões do Brasil, se direcionou para a cidade de Boa Vista, haja vista o auge aurífero da década de 80 (VERAS, 2008). Tal fenômeno não foi acompanhado de planejamento urbano, ocasionando uma ocupação desordenada, em prejuízos ao meio ambiente, principalmente, aos rios, igarapés e lagos da cidade (PINHEIRO; FALCÃO; OLIVEIRA, 2008).

O crescimento populacional da zona urbana em Boa Vista até 1985 ocorreu muito lentamente se comparada a exemplo de outros estados, mas há poucas décadas, a explosão demográfica veio de uma forma surpreendente, movidos pelas riquezas minerais e outras facilidades. Outro fator preponderante foi o povoamento do estado por nordestinos que foram trazidos pra esse fim, e eram assentados no interior do estado, para que desenvolvessem atividades de agricultura. Também o fato de ter se tornado território despertou a vontade de outros brasileiros para aqui fixarem moradia (VALE, 2007; SILVA, 2008; MOURÃO, 2008).

Na década de 80 surge o deslocamento de grande parte da população do interior do estado para a capital, uns empolgados pelo sonho de enriquecimento fácil empolgado pela

extração de minérios (ouro), outros em busca de emprego e uma suposta melhoria de vida que a zona urbana oferece, mas esta cidade não estava estruturalmente preparada para receber esse grande contingente (BARBOSA, 1993; MARTINE, 1994; RODRIGUES, 1996; BONATTO, 2002; DINIZ; SANTOS, 2005; VERAS, 2008; MOURÃO, 2008).

Inicialmente o traçado urbano de Boa Vista teve um plano urbanístico elaborado e realizado por Darcy Aleixo Derenusson, na década 40, com avenidas largas que convergem para o centro em forma de leque (Figura 6). Certamente como veremos nos resultados desse trabalho a cidade de Boa Vista não teve preservado sua continuidade estética, nem estrutural, haja vista, a migração de pessoas que procuram melhores condições sócio-econômicas, indo a direção aos grandes centros, fato explicado pelo crescimento acelerado que ocasiona aumento de conflitos socioespaciais, desemprego crescente, degradação ambiental, falta de serviços urbanos, sobrecarga da infra-estrutura existente e falta de acesso a terra, à renda, à moradia adequada (REIS NETO, 2004; VERAS, 2009).



Figura 6 - Plano de urbanização da cidade de Boa Vista projetado na década de 40.
Fonte: Veras (2009).

A expansão urbana de modo acelerado promoveu ações degradantes ao meio ambiente, desde o primeiro momento de ocupação, devido à substituição da cobertura natural. A retirada da vegetação acarreta a redução da evapotranspiração, a superfície urbana com solo exposto perde a capacidade de retenção de água (AB'SABER, 1998), que interfere no regime hidrológico dos canais fluviais, podendo no decorrer do tempo, transformar os rios perenes em intermitentes, como é o caso dos Igarapés Mirandinha e Pricumã (PINHEIRO; FALCÃO; OLIVEIRA, 2008).

Agostinho (2005) aponta que em Boa Vista, as constantes investidas às margens dos rios urbanos, em especial ao Rio Branco, têm descaracterizado a mata ciliar em grandes extensões, abrangendo a margem esquerda desde a boca do rio Cauamé, até o igarapé Pricumã. Esses impactos são destacados também na retirada da mata ciliar e dos buritizais que protegem as margens das áreas de drenagem. Permitindo que a erosão avance pelas margens dos igarapés, soterrando seus leitos fazendo com que igarapés que drenavam a cidade, atualmente, não existam mais, comprovando a ação devastadora do homem sobre o espaço (MENESES; COSTA; COSTA, 2007; MENESES; COSTA, 2007).

Toda essa problemática está relacionada ao desenvolvimento e ao modelo de ocupação, que altera a cobertura vegetal, devido à construção de pavimentos impermeáveis e de condutos para escoamento pluvial, o que ocasiona a redução da infiltração no solo, o aumento do escoamento superficial e as vazões máximas, antecipando seu pico. Como resultado dessa ação, é possível ocorrer à diminuição do escoamento subterrâneo que alimenta os aquíferos. Tal fato pode levar a uma redução da capacidade desses aquíferos ou, até mesmo, sua extinção (AB'SABER, 1998; REIS NETO; COSTA, 2005).

Como consequência do não planejamento ocorre: o assoreamento dos rios e impermeabilização do solo, principal fator do aumento dos processos erosivos, proliferação de habitações irregulares, ocupação de áreas de proteção ambiental, disseminação de favelas, desemprego e violência nos centros. Sendo assim, Boa Vista, encontram-se como todas as cidades que estão em pleno desenvolvimento e tem sofrido sérios prejuízos ao meio ambiente, principalmente, seus rios, igarapés e lagos (PINHEIRO; FALCÃO; OLIVEIRA, 2008).

A expansão urbana acelerada em Boa Vista não se deu acompanhada de políticas públicas necessárias para oferecer boas condições de vida à população. Isso gerou pequenas áreas de elevada pobreza localizadas às margens de rios e igarapés degradando as áreas de preservação permanente, construindo nestes locais, barracos ou precárias casas sem a menor condição de salubridade, necessária a sobrevivência da família (COSTA; COSTA; REIS NETO, 2004; REIS NETO; COSTA, 2005; COSTA, 2006).

Pesquisas relacionadas à degradação ambiental confirmam o prejuízo ocasionado aos igarapés locais, desestabilizando estes ambientes (GOMES, 2000; COSTA; COSTA; REIS NETO, 2004; AGOSTINHO, 2005; CHAGAS, 2005; REIS NETO; COSTA, 2005; COSTA, 2006; ÁVILA, 2007; MENESES; COSTA; COSTA, 2007; PINHEIRO; FALCÃO; OLIVEIRA, 2008).

Os habitantes das áreas de preservação permanente (APPs) de Boa Vista são intensamente prejudicados, pois enfrentam graves problemas provocados pelas inundações em período de chuvas, decorrente da saturação do solo que impede a infiltração das águas pluviais não suportadas pelo leito dos rios, igarapés e lagos (GOMES, 2000; COSTA; COSTA; REIS NETO, 2004; REIS NETO; COSTA, 2005; COSTA, 2006). Além disso, existe a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas que, conseqüentemente, se estenderá para os corpos d'água, haja vista a vulnerabilidade a poluição encontrada no subsolo desta região (ÁVILA, 2007). Esses autores apontam à necessidade de contínuas pesquisas e monitoramento para melhor se conhecer o funcionamento destes ambientes e suas interações com as comunidades neles existentes.

1.4 O USO DE GEOTECNOLOGIAS NO ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA

As geotecnologias são tecnologias atuais que trazem avanços para a realização de pesquisa com avançadas capacidades em estudos de planejamento, processos de gestão, manejos, entre outros. Esses novos recursos se configuram de modo expressivo e poderoso como instrumento para análise ambiental (FITZ, 2008). Florenzano (2007) reforça esse pensamento quando destaca a importância do uso de imagens no estudo dos ambientes construídos ou transformados pela ação do homem, pois a utilização deste recurso possibilita a identificação dos diferentes usos do espaço terrestre. Isso torna possível acompanhar as transformações ao longo do tempo.

As fotografias aéreas foram pioneiras e cumpriam com o papel de obter informações relacionadas à superfície da Terra. Contudo os avanços do conhecimento: “nos campos da aerofotogrametria, fotointerpretação e pesquisas espaciais” permitiram o surgimento dos primeiros sensores a bordo de satélites e suas imagens (FLORENZANO, 2007; 2008).

Segundo Fitz (2008), sensoriamento remoto possibilita captar a energia eletromagnética refletida ou emitida por qualquer objeto na superfície terrestre e também

registrar em dados digitais essas informações. Os dados armazenados podem ser manipulados e analisados utilizando softwares específicos a cada estudo.

A utilização do sensoriamento remoto possibilita o registro, a análise, o diagnóstico das informações da paisagem. Sendo de suma importância o uso de geotecnologias para estudar o acelerado crescimento urbano, identificando os impactos desse processo sobre os canais de drenagem fluvial e suas conseqüências (FLORENZANO, 2005).

Com tamanha eficácia, a tecnologia do sensoriamento remoto é requisito básico para trabalhos sobre a paisagem como uma ferramenta de obtenção e análise de dados sobre um determinado território. Tal aproveitamento favorece uma visualização satisfatória da paisagem a ser estudada possibilitando diferentes abordagens, que são complementadas a partir dos dados contidos nas imagens de sensoriamento remoto (ALMEIDA, 2008; FITZ, 2008).

Há de se fundamentar que características encontradas nos dados das imagens de sensoriamento remoto se referem a sua composição digital, formadas por discretos elementos “pixels”, radiometricamente quantificados em níveis de cinza. Nesse contexto, a abrangência da área de cobertura da imagem, juntamente com a resolução espectral, espacial e radiométrica determinam o volume de dados providos por um sensor e a quantidade de dados a ser processados na imagem, (RICHARDS, 1993 apud ALMEIDA, 2008).

Mather (1999) atenta para as resoluções as quais são definidas segundo ele por meio da Resolução Espectral, a qual tem estreita ligação com o número e o intervalo das bandas espectral medidas pelo sistema sensor, porque este fato possibilita o estudo de objetos da superfície terrestre em função de suas propriedades espectrais.

No que tange a Resolução Espacial, é verificada como a capacidade dos sensores detectarem objetos terrestres, cuja forma mais comum de medida baseia-se na área da superfície que na teoria é vista por um instrumento em uma dada altitude em algum dado instante do tempo. Tal instrumento é reconhecido pela dimensão do pixel, equivalente a metros na superfície terrestre.

Na Resolução Radiométrica o número de níveis digitais (níveis de cinza) serve para expressar os dados coletados por um sensor. Os níveis de cinza são comumente explicitados através de número binário de dígitos (bits) necessário para alcançar o valor máximo de níveis de cinza. O número de “bits” representa o intervalo de reflectância disponível na cena imageada.

E finalmente, a Resolução Temporal: refere-se ao espaço de tempo, representado em número de dias para se repetir o imageamento de uma determinada área por um sensor. Com

base nessa explicativa, percebe-se que este tipo de resolução é de utilidade para os trabalhos de monitoramento de mudanças nos aspectos da paisagem.

Foi em 1960 o marco importante na evolução das geotecnologias, pois foi possível por meio do sensoriamento remoto, fazer os primeiros registros fotográficos a partir dos satélites tripulados (Mercury, Gemini e Apollo). Desde então as imagens de satélite começam a tomar uma significativa importância, e proporciona que em 23 de julho de 1972 seja lançado o primeiro satélite de recursos terrestres (ERTS-1, Earth Land Resources, TM/LANDSAT-1). O Brasil recebe imagens LANDSAT desde 1973 (FLORENZANO, 2008)

A evolução na qualidade de resolução nas imagens de satélites pode ser identificada em Florenzano (2007) por meio de uma maior definição na imagem porque captam o comportamento da paisagem em diversas partes do espectro eletromagnético e em diferentes escalas de espaço e tempo. Para tanto, elas são formadas a partir do registro da radiação eletromagnética emitida e/ou refletida por objetos da superfície terrestre nos sensores instalados em plataformas orbitais ou aéreas.

No âmbito de Brasil, o Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1975), mereceu destaque por representar importante marco nos estudos sobre recursos naturais do país. E para melhor compreensão foram utilizados mosaicos assim denominados: semicontrolados de imagens de radar integradas a informações de campo e de contexto teórico de todo território nacional com o intuito de gerar informações sobre geologia, geomorfologia, vegetação, pedologia entre outros aspectos das paisagens regionais (GUERRA; MARÇAL, 2006).

A interpretação visual de fotos geradas por imagens de satélite pode ser manipulada na área computacional que oportunizaram caminhos para a aplicação de técnicas matemáticas. Atualmente estes procedimentos são bem aceitos como “Geoprocessamento”, e suas ferramentas computacionais são chamadas de Sistema de Informações Geográficas (SIGs) (CÂMARA; MONTEIRO, 2001; SANTOS et al., 2009).

Segundo Burrough et al. (1998) apud Almeida (2008) os SIGs representam modernamente uma poderosa ferramenta para desenvolver atividades de coleta, armazenamento, recuperação, manipulação e exibição de dados provenientes do espaço do mundo real. Visto por esse prisma, todas as informações geográficas podem demonstrar fenômenos reais das unidades de paisagem vistas como situações topológicas, que se caracteriza por sua localização (coordenadas espaciais ou geometria) ou pelo relacionamento interno ou externo da sua feição. Por isso, numa visão estática da paisagem, como nas imagens de satélites, as topologias assumem certa uniformidade e são explicitadas por uma superfície matemática através da utilização de caracteres como linhas, pontos e polígonos.

Nesse contexto Câmara e Monteiro (2001) comentam que a apropriação dessas entidades/dados geográficos num SIG, depende dos componentes computacionais do sistema. Sendo assim, a abrangência desses componentes é manifestada por meio da interface com o usuário; entrada e integração de dados; funções de processamento de gráficos e imagens; visualização e plotagem; e um banco de dados geográficos que se relacionam de maneira organizada e hierárquica.

Segundo (BOHRER, 2000) os SIGs possibilitam uma diversidade de pesquisas e trabalhos que algum tempo atrás não seria possível por conta de suporte tecnológico. Diante de tantos outros avanços, destacam-se os estudos espaciais e temporais da paisagem e a geração de Modelos Numéricos do Terreno (MNT).

Exemplos sobre a importância do uso de geotecnologias são evidenciados por Santos e Nunes (2008) quando fez um estudo de relação espaço/temporal para a formação do relevo da cidade de Marília/SP, e comprovou o sucesso de sua metodologia na caracterização da área estudada.

Almeida (2008) realizou satisfatoriamente um estudo da paisagem da serra do Tepequém/RR, e conseguiu por meio de imagens de satélite TM/LANDSAT-5/ e Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) fazer o reconhecimento das mudanças ocorridas na referida localidade apresentando a segmentação de imagens associada aos trabalhos de campos como uma forma eficiente para alcançar seus objetivos.

Reis Neto (2007), também utilizou imagens de satélite no estudo sobre a geomorfologia e neotectônica da bacia do rio Cauamé, conseguindo identificar e medir parâmetros morfológicos, apresentar as subdivisões geomorfológicas, os tipos de solos existentes e as anomalias na assimetria de drenagem, caracterizando a bacia estudada.

As considerações acima quanto a importância do uso do geoprocessamento no estudo dos ambientes urbanos são confirmadas por Câmara e Monteiro (2001) quando considera que as geotecnologias são extremamente importantes para se planejar o espaço e permitir assim, o uso racional e conseqüentemente o subsídio na estruturação de uma cidade que possa oferecer melhor qualidade de vida para sua população, justificando a aplicação do geoprocessamento como importante técnica para reduzir esses problemas. Santos et al. (2009) segue a idéia desses pesquisadores e indica o uso de geoprocessamento para análise de problemas decorrentes da ocupação de áreas de APPs.

No entanto, esses instrumentos são ferramentas fundamentais para o planejamento urbano, tornando seu uso imprescindível, nas tomadas de decisões por parte dos órgãos públicos principalmente as prefeituras, gestora imediata do Município. A maior parte das

tomadas de decisões por órgãos de planejamento e gestão urbana envolve um componente geográfico diretamente ou por implicação, daí a importância que as tecnologias de geoprocessamento adquirem para a moderna gestão da cidade (SILVA, 2001).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a variação espaço-temporal da expansão urbana e da rede de drenagem da bacia hidrográfica do igarapé Grande, decorrente do crescimento urbano, na cidade de Boa Vista, Roraima, do período de 1985 aos dias atuais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar a expansão urbana de Boa Vista no período de 1985 a 2010, por meio da aplicação e comparação de técnicas de interpretação visual e métodos automáticos de processamento de imagens de satélites TM/LANDSAT-5;

Identificar por meio de visitas de campo os impactos da ação antrópica sobre a bacia do igarapé Grande;

Medir os parâmetros morfométricos (área [A], comprimento [L], comprimento do curso principal [Cp], densidade de rios [Dr], hierarquia e padrões das drenagens) referente à bacia de drenagem;

Elaborar mapas temáticos sobre a expansão urbana, e as modificações dos padrões de drenagem.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO IGARAPÉ GRANDE

A bacia hidrográfica do igarapé Grande localiza-se na porção norte do estado de Roraima, na cidade de Boa Vista, extremo norte do país, está inserida dentro dos domínios da bacia do rio Branco, mais precisamente ao sul da área urbana da capital que se localiza nas coordenadas UTM 20 N 317581, E 746563 e 20 N 303395, E 764299 (figura 7).

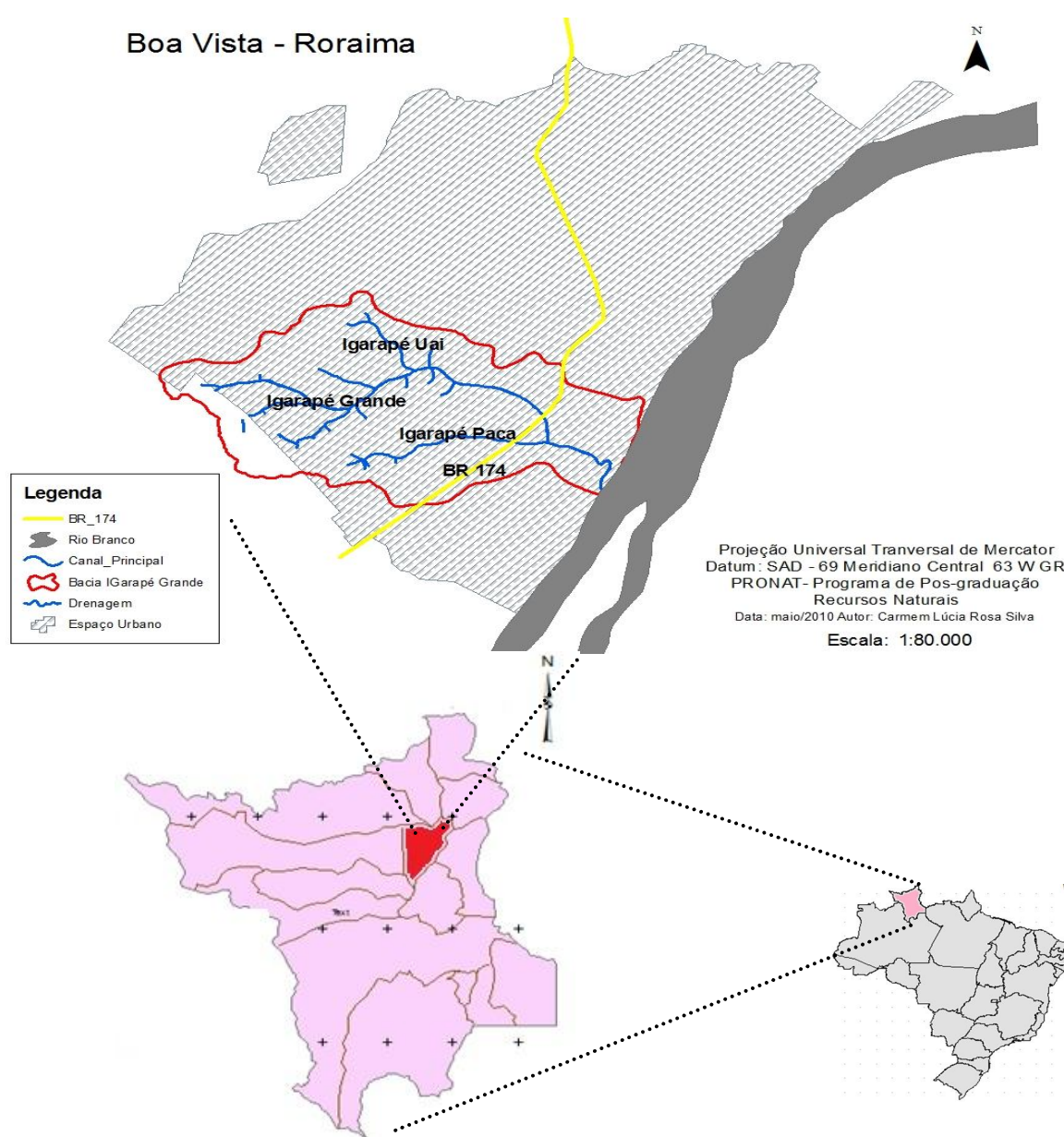


Figura 7 – Localização da bacia do igarapé Grande na cidade de Boa Vista.
Fonte: Modificado de Oliveira (2006).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.2.1 Aspectos Fisiográficos

3.2.1.1 Clima

Segundo a classificação de Köppen, o clima da cidade de Boa Vista-RR, é do tipo AWi, isto é, tropical chuvoso, quente e úmido com uma estação seca bem acentuada geralmente com 04 a 06 meses de estiagem, quando o nível de base (lençol freático) baixa e uma estação chuvosa. A estação seca conhecida como verão apresenta o período de menor precipitação entre dezembro e março quando o índice pluviométrico atinge apenas em torno de 10% da taxa anual. À extrema queda nos índices pluviométricos, atinge pelo menos um mês uma quantidade de chuvas inferior a 60 mm. Na estação chuvosa se registrou o maior índice de precipitação anual (60%) entre maio e agosto (ARAÚJO et al., 2001; BARBOSA; MIRANDA, 2005; EVANGELISTA; SANDER; WANKLER, 2008). A variação térmica entre as médias do mês mais quente e do mês mais frio para a região é inferior a 5oC (BRASIL, 1975). A variação anual na distribuição das chuvas para o Estado de Roraima e para a cidade de Boa Vista pode ser visualizada a seguir (figura 8, 9 e 10).

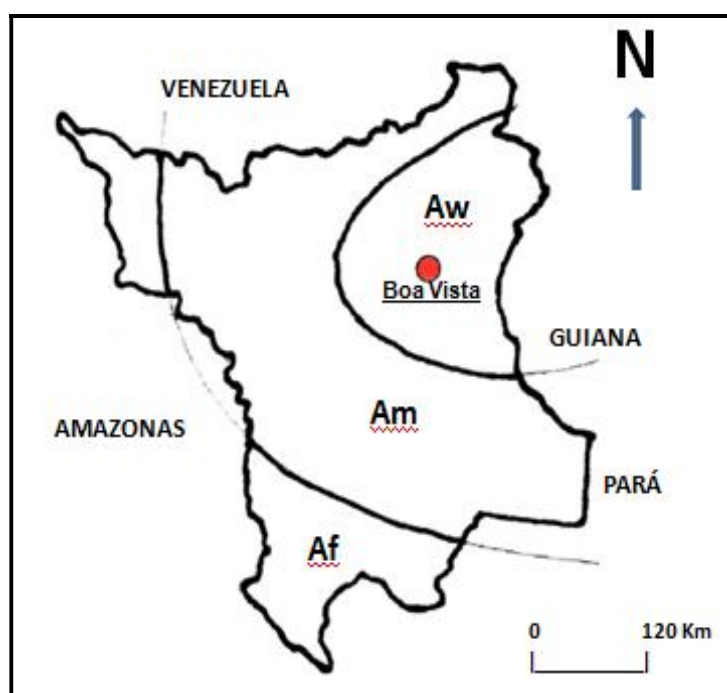


Figura 8 - Distribuição das regiões climáticas de Roraima, segundo a classificação de Köppen. Fonte: Modificado de Brasil (1975).

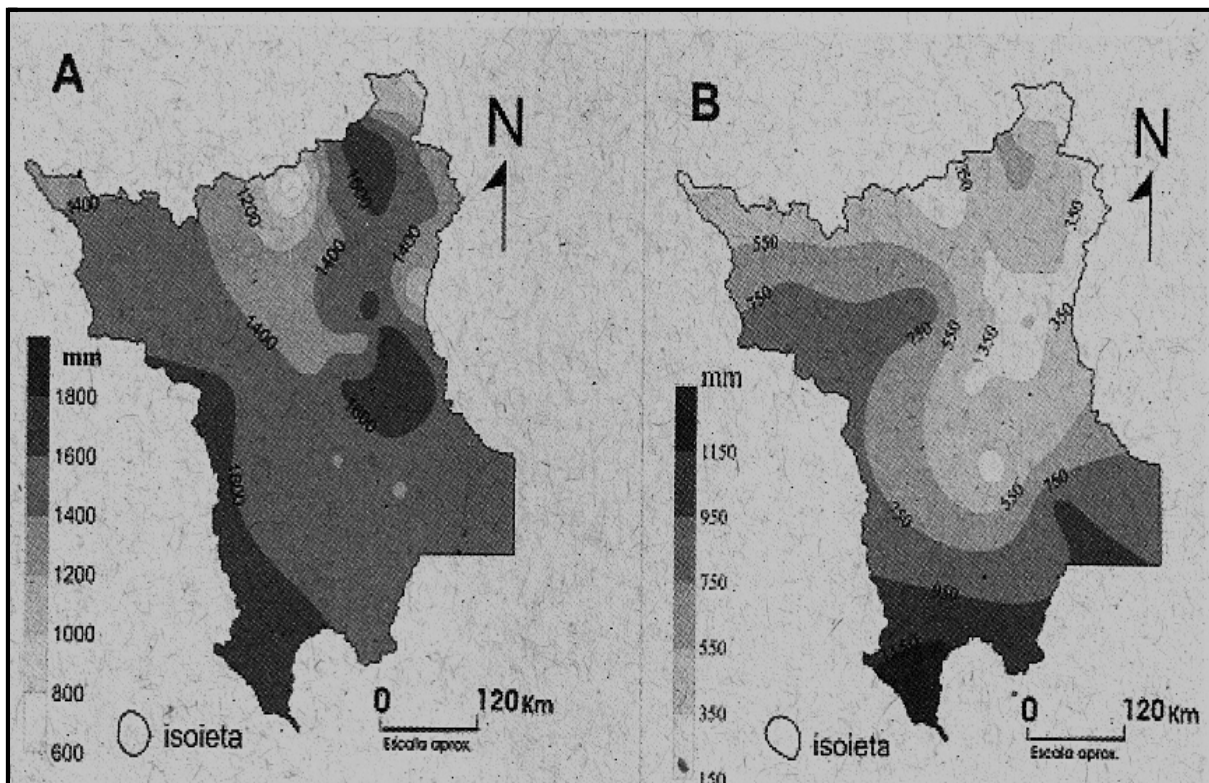


Figura 9 - Distribuição de chuvas semestrais no estado de Roraima: (A) Estação úmida, período de maior precipitação de abril a setembro. (B) Estação seca, período de menor precipitação entre os meses de outubro a março. Fonte: Modificado de Evangelista, Sander e Wankler (2008).

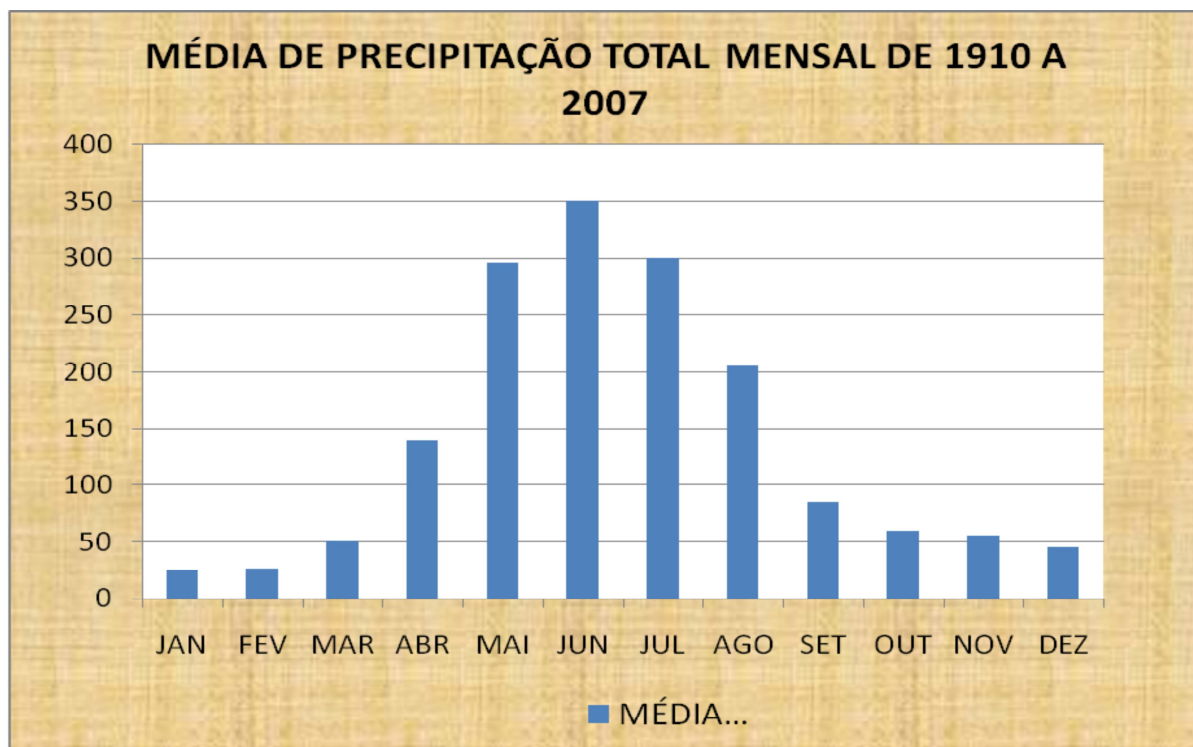


Figura 10 - Hietogramas com a precipitação total mensal média da estação pluviométrica de Boa Vista (1910-2007). Fonte: Modificado de Evangelista, Sander e Wankler (2008).

3.2.1.2 Geologia e Geomorfologia

O espaço geográfico de Boa Vista está inserido em domínio denominado Craton das Guianas, que se estende pela Depressão da Amazônia Setentrional, composta por uma extensa região que após um processo de pediplanação transformou-se no atual relevo de áreas aplainadas. Esta configuração tem como base rochas do embasamento cristalino, e suas altitudes variam entre 80 a 160 m (BRASIL, 1975; VALE JUNIOR; SOUSA, 2005; BESERRA NETA; TAVARES JUNIOR, 2008).

A cidade de Boa Vista, encontra-se assentada sobre a unidade morfoestrutural de relevo denominada Pediplano Rio Branco – Rio Negro, composta por sedimentos arenosos e areno-sílticos semi-inconsolidados de idade quaternária (Plio-pleistoceno), os quais recobrem indistintamente os sedimentos consolidados arenosos e argilosos da Formação Boa Vista. Essa região apresenta uma diversidade Pedo-Geomorfológica associada a processos de erosão e deposições cíclicas, e alternâncias climáticas originárias do período Jurássico (COSTA; BESERRA NETA; SILVA, 2001; VALE JUNIOR; SOUSA, 2005; BESERRA NETA; TAVARES JUNIOR, 2008).

3.2.1.3 Pedologia

A região de Boa Vista, Segundo Vale Junior e Sousa (2005), possui solos onde predominam os Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo. Ambos são solos minerais bem desenvolvidos, formados a partir de sedimentos argilosos e argilo-arenosos no período Quaternário-Pleistoceno e cobertura sedimentar Terciária a Pleistocênica (figura 11). A classe dos Latossolos Amarelos apresenta perfil com espessura em torno de 200 cm, com sequência de horizontes A, BW e C, subdivididos em A, AB, BA, BW1, BW2, com transições, em geral planas e graduais ou difusas. Estes solos são característicos em áreas planas, apresentados em perfis profundos, possuem textura entre média a argilosa, variando respectivamente entre 15% a 30% e 30% a 60% os teores de argila. São solos que no período seco tornam-se bastante endurecidos, este fato dificulta a infiltração no período chuvoso e o torna suscetível a erosão.

Sob sedimentos arenosos da Formação Boa Vista encontra-se um relevo plano, composto pela vegetação de Savana onde registramos o Neossolo Quartzarênico. Em áreas de formas abaciadas, onde o solo permanece em constante umidade encontra-se o Neossolo Quartzarênico Hidromórfico e gleissolos. São solos profundos, formados em materiais

sumamente arenosos, de constituição virtualmente quartzosa, com areias grossas e finas e teor de argila menor que 15%. O horizonte superficial é do tipo A moderado, com cores acinzentadas resultante da condição de hidromorfismo, em face de flutuação do lençol freático, seguida de camadas C, solto e muito friável (BARBOSA; MIRANDA, 2005; VALE JUNIOR; SOUSA, 2005).



Figura 11 - Solos encontrados na região de Boa Vista-RR. (A) Argissolo Amarelo. (B) Latossolo Amarelo. (C) Neossolo Quartzarênico Hidromórfico. (D) Gleissolos. Fonte: Vale Junior e Sousa (2005).

3.2.1.4 Fitofisionomia

A cobertura vegetal de Roraima é bastante diversificada. Cerca de 85% do total do Estado possui florestas típicas da Amazônia e o restante é ocupado por savanas (SETTE SILVA, 1997). As Savanas se distribuem por todo sistema geomorfológico da Formação Boa Vista e grande parte da Formação Surumu. É formada por um grande mosaico constituído por lagos responsável pelo abastecimento de pequenos cursos d'água (BARBOSA; MIRANDA, 2005).

As Savanas encontram-se num complexo paisagístico denominado “Rio Branco-Rupununi”, situado entre Brasil, Guiana e vertentes de altitude localizados próximo as

fronteira com a Venezuela (BARBOSA; MIRANDA, 2005). Nas Savanas, as espécies lenhosas com gramíneas e outras herbáceas vivem em constante competição. Seu equilíbrio ecológico está exclusivamente relacionado às zonas tropicais com chuvas estivais e em solos contendo camadas profundas de areias em mistura com argila. (WALTER, 1986).

A vegetação representada na área de estudo está classificada como Savana Graminosa ou Gramínea Lenhosa (Sg) se estende pelos campos ondulados do Pediplano de Boa Vista (figura 12) e se divide em duas sub-unidades paisagísticas, um composto por extrato graminoso e as vezes salpicada por espécies sub-arbustiva denominado campo limpo, e outro com predominância do extrato graminoso, e maior densidade de espécies arbóreo-arbustivas de pequeno porte identificada como campo sujo (BARBOSA; MIRANDA, 2005).

É interessante destacarmos que essa região é representada por gramíneas e arbustos (Curatela americana), que se distribuem aleatoriamente entre a vegetação rasteira dentro desse complexo estão às matas ciliares e buritizais, composta por uma vegetação que se estende pelas planícies aluviais dessa região, acompanhando a maior parte dos rios e igarapés da cidade de Boa Vista.



Figura 12 – Composição vegetal de Savana em no Bairro Centenário, Boa Vista.

Estas são extremamente importantes, por possuir função de conter detritos e solo friável, amenizando o processo de erosão e assoreamento dos vales, em detrimento das cheias em período de chuvas intensas (estação chuvosa), como confirma Silva, Schulz e Camargo (2003) e Gomes (2000).

A vegetação composta por floresta possui um processo natural de desfolhagem que quando se acumula sob o solo produz a serrapilheira, funcionando como “amortecedores” da energia cinética das gotas de chuvas, impedindo o contato direto entre as gotas de água e as partículas do solo, diminuindo o processo erosivo. Os processos antrópicos (econômicos, sociais e culturais) são os maiores responsáveis pela modificação da cobertura do solo acelerando o processo erosivo (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2003).

3.3 CONFIGURAÇÃO DOS DADOS

3.3.1 Dados Cartográficos

Para a realização deste estudo foi adquirido no site do INPE, as imagens TM/LANDSAT-5 do ano de, 1985, 1990, 1995, 2000, 2004 e 2009. Contou ainda com a carta topográfica do Serviço Geográfico do Exército (Boa Vista “MI-54/2-SO” em escala de 1:25.000/1:100.000 e da Fazenda Aningal “MI-54/1-SE” 1:25.000. Como base para o georreferenciamento das imagens TM/LANDSAT-5 utilizou a imagem ALOS/PRISMA de 2008. Foi adquirido dados bibliográficos que serviram de informação básica sobre a área de estudo e contribuíram tanto para os trabalhos de campo quanto para os realizados em laboratório.

O enfoque adotado no mapeamento das unidades da paisagem priorizou a produção automatizada dos mapas através dos recursos de apresentação gráficas, contidos no programa ArcGis. Os mapas gerados resultaram da interpretação visual dos recortes das imagens TM/LANDSAT-5, e da elaboração do MDE (modelo digital de elevação), da vetorização manual e do método de classificação de imagens.

Após a manipulação de todos os dados obtidos das imagens TM/LANDSAT-5 em meio digital, os resultados foram apresentados em mapas temáticos na escala de 1:80.000/1:90.000 representando a evolução urbana total de Boa Vista, e 1:40.000/1:55.000 e a expansão da ocupação urbana na bacia do igarapé grande e as mudanças nos padrões de drenagem.

3.3.2 Dados de Sensoriamento Remoto

3.3.2.1 Imagens do Satélite TM/ LANDSAT-5

As imagens TM/LANDSAT-5 podem ser adquiridas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em meio eletrônico no formato TIFF. As imagens usadas foram selecionadas seguindo alguns critérios como: a disponibilidade, pouca cobertura de nuvens e alta visibilidade. Diante disso não foi possível conseguir uma sequência histórica de imagens de mesmo período.

Isso foi possível por meio de análises visuais sobre as cenas, em composição RGB (5, 4, 3), na intenção de identificar os aspectos da paisagem urbana da cidade de Boa Vista. As características das imagens do Satélite TM/LANDSAT-5 adquiridas podem ser visualizadas na tabela 1.

Tabela 1 - Principais características das imagens do satélite TM LANDSAT-5,

Orbita/ Ponto	Data de Aquisição	Bandas	Resolução Espacial (m)	Resolução Radiométrica	Elevação Solar	Azimute Solar
232/58	15/09/1985	1,2,3,4,5,7	30 x 30	256 níveis	57.58	88.70
232/58	17/02/1990	1,2,3,4,5,7	30 x 30	256 níveis	48.28	111.92
232/58	06/05/1995	1,2,3,4,5,7	30 x 30	256 níveis	50.20	67.70
232/58	01/04/2000	1,2,3,4,5,7	30 x 30	256 níveis	56.71	86.06
232/58	11/03/2004	1,2,3,4,5,7	30 x 30	256 níveis	55.67	100.80
232/58	19/10/2009	1,2,3,4,5,7	30 x 30	256 níveis	62.26	117.89

Fonte: INPE (2008).

3.3.2.2 Aplicativos e Equipamentos

O geoprocessamento das imagens de satélites TM/LANDSAT-5 e ALOS/Prisma contaram com procedimentos de análise visual e digital. Para esse trabalho foi utilizados equipamentos como computadores, impressora jato de tinta e notebook, um sistema de análise de imagens (PCI Geomatics), os Sistemas de Informação Geográfica (ArcGis e SPRING), além de programas de apoio como Google Earth, Geocod, Microsoft Office Excel e Publisher. Cada aplicativo possui características e finalidades específicas que atendem a determinados objetivos específicos deste trabalho (tabela 2).

Tabela 2 - Descrição dos aplicativos empregados e suas finalidades dentro dos processos metodológicos. Fonte: modificado de Almeida (2008).

APLICATIVOS	DESCRIÇÃO/FINALIDADE
ArcGis Versão 9	Aplicativo desenvolvido pela ESRI (Environmental Systems Research Institute) para trabalhar em ambiente Windows. <ul style="list-style-type: none"> • Vetorização manual das drenagens e do perímetro urbano. • Análise das imagens LANDSAT E ALOS.
PCI Geomatics Versão 8.1	Aplicativo desenvolvido pela EASI (Engineering Analysis and Scientific interface) para trabalhar em ambiente UNIX e Windows. <ul style="list-style-type: none"> • Pré-processamento e processamento das imagens orbitais TM/LANDSAT- 5. • Classificação de Maxver (avaliar crescimento urbano no período de 1985 a 2009).
SPRING Versão 4.1.5	Aplicativo desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para trabalhar em ambiente UNIX e Windows. <ul style="list-style-type: none"> • Vetorização das cotas altimétricas pelas curvas de nível. • Delimitação da bacia pelos divisores de água.

3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo realizado sobre a variação espaço-temporal da rede de drenagem da bacia do igarapé Grande no perímetro urbano de Boa Vista, iniciou-se por uma pesquisa bibliográfica, visando obter informações básicas sobre a área de estudo, além de informações específicas relacionadas às técnicas e conceitos aplicados ao trabalho. Para adquirir informações sobre a produção do espaço urbano de Boa Vista, bem como as alterações deste processo sobre os rios e igarapés, os conceitos sobre a paisagem e as técnicas de sensoriamento remoto foram feitas visitas as instituições e órgãos governamentais, além de pesquisa “in situ” e em meio eletrônico.

Após esse momento foi adquirido no site do INPE, às imagens TM/LANDSAT-5 do ano de, 1985, 1990, 1995, 2000, 2004 e 2009 e ALOS 2008, a partir desse momento iniciou-se uma rotina de tratamento e interpretação dos dados digitais visando à análise da paisagem urbana e mudanças na rede de drenagem durante os referidos anos. A coleta dos dados de campo contou com a utilização de um aparelho GPS (Sistema de Posicionamento Global) Garmim para identificar as coordenadas dos pontos de controle necessários ao geoprocessamento e identificação das alterações da rede drenagem (tabela 3).

Tabela 3 - Pontos de amostragem das intervenções diretas e indiretas nos canais de drenagem. Observados na bacia do igarapé Grande em Boa Vista-RR no período de 2008 a 2010.

Coordenadas UTM		Localização
20 N 752070	E 310275	Cruzamento Igarapé Uai – Olímpico
20 N 752217	E 310598	Início Canal Artificial - Jôquei Clube
20 N 751951	E 310405	Confluência Igarapé Uai- Olímpico
20 N 751387	E 310381	Parque Germano Augusto Sampaio - Dr. Silvio Botelho
20 N 751626	E 310364	Rua Jerusalém - Dr. Silvio Botelho
20 N 752403	E 309883	Rua ônix - Jôquei Clube
20 N 752527	E 309673	Igarapé Uai - Jôquei Clube
20 N 752992	E 309226	Cruzamento Ig. Grande acima da ETE - Prof. Araceli S. M.
20 N 751194	E 308447	Rua Estrela D'alva – Jardim Tropical
20 N 753438	E 307364	Ponte sobre o igarapé Paca- Raiar do Sol
20 N 755332	E 308554	Canal Extinto – Centenário
20 N 754996	E 309426	Vegetação Savana original
20 N 752039	E 307828	Lago - Canalização - Operário R- OP XXXI
20 N 751085	E 307640	Lago - Canalização - Operário R- OP IV
20 N 751319	E 307479	R- Anísio Carlos Amorim – Operário
20 N 750357	E 306859	R- dos Trabalhadores – Operário
20 N 749572	E 309075	Rua HC-06 Lago ligação canalizada
20 N 748094	E 308817	R- Dos Trabalhadores - Senador Hélio Campos – Invasão
20 N 751162	E 309089	R- Dr. Ademar Bantim - Senador Hélio Campos – Canalização
20 N 750993	E 310648	Lago P. Germano A. Sampaio - Dr. Silvio Botelho
20 N 752551	E 306841	Lago - R- Sol Nascente, Ig.Paca- Bela Vista
20 N 752353	E 306333	Lago confinado - R- Teresina - Nova Cidade
20 N 752680	E 305950	Lago Buttman Conf. R- Tamarido - Nova Cidade
20 N 751429	E 306782	Plantio de hortaliça no Leito, Ig. Paca - R- OP 27 - Operário
20 N 752606	E 310241	Canal Extinto - Olímpico
20 N 753145	E 308817	Trecho de Canal Extinto – Araceli
20 N 756779	E 306153	Foz do Igarapé Grande
20 N 751943	E 308500	Ponte - Igarapé Grande

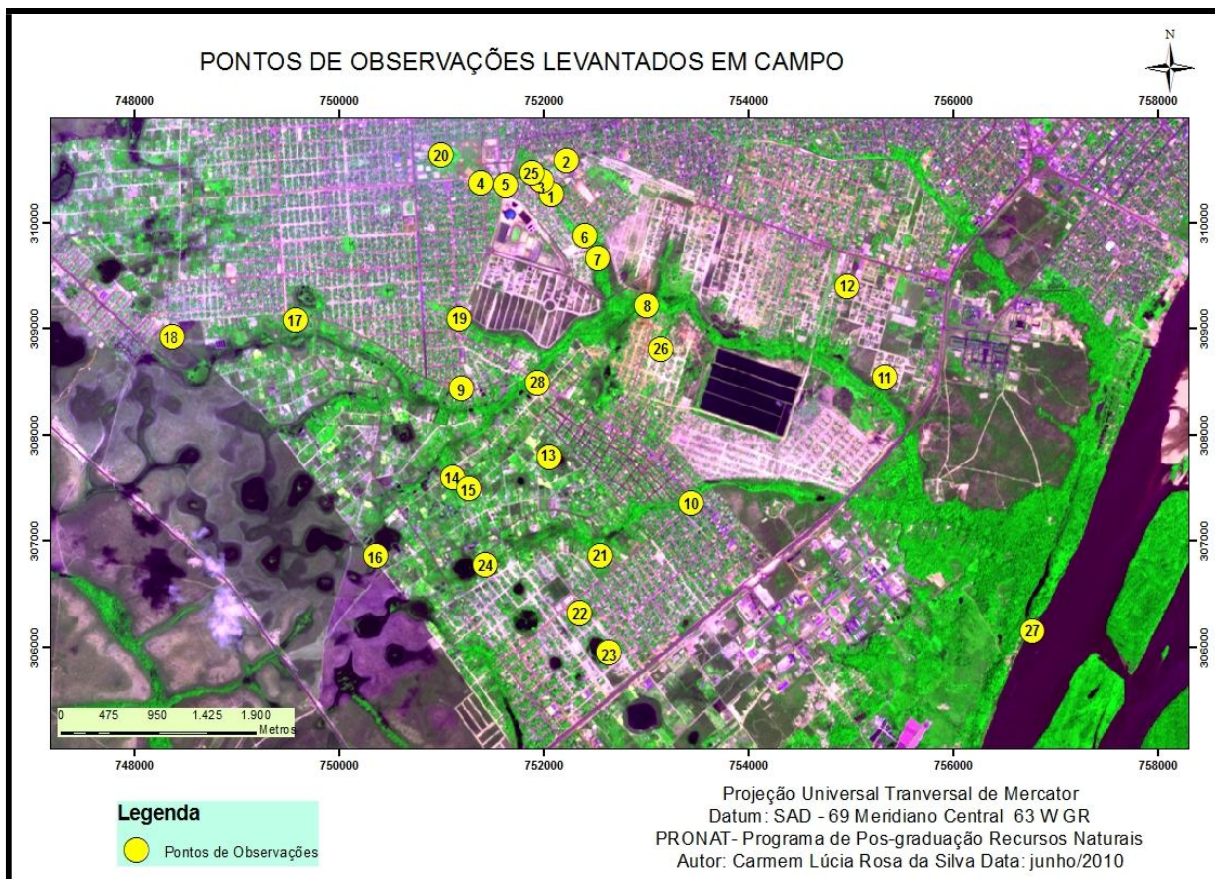


Figura 13 – Pontos delimitados para observação de impactos antrópicos na bacia do Igarapé Grande. Recorte da cena 232/58 da imagem ALOS/PRIMA em composição R5G4B1 de 05/11/2008.

Estes pontos contaram ainda com uma câmera fotográfica para registrar as imagens e gravar as características observadas nos locais e caderneta para anotações gerais das modificações não visíveis nas fotografias. O transecto percorrido foi feito por veículo automotivo (automóvel e motocicleta) dependendo da acessibilidade dos locais. A interpretação e análise das imagens de satélite referidas foram auxiliadas por visitas a campo (período de 2008 a 2010).

3.4.1 Processamento das Imagens TM/LANDSAT-5 ALOS/Prisma

3.4.1.1 Correção Geométrica

Para a correção geométrica dos dados de elevação do terreno e as distorções introduzidas durante a aquisição das imagens TM/LANDSAT-5, foram considerados o modelo polinomial, que na realização da correção geométrica baseia-se apenas na aquisição

de GPC's (Ground Control Points), conhecidos como “pontos de controle” caracterizados por coordenadas (x, y) de feições bem definidas e facilmente reconhecíveis, localizados em mapas, imagens e em campo.

A correção geométrica se baseou na extração de 19 pontos de controle distribuídos de forma regular pela área coberta na cena 232/58, identificadas na imagem georreferenciada ALOS/PRISMA de 2008, confirmadas nas imagens TM/LANDSAT-5. As coordenadas da imagem citada como base, encontravam-se no sistema geográfico e datum WGS-84, que foi modificada para o sistema de coordenadas UTM e datum SAD-69, por meio do aplicativo Geocod. Os pontos de controle foram transformados em par de coordenadas da imagem através do emprego do polinômio de correção geométrica de terceiro grau. Realizou-se o registro dos pontos de controle na cena referente à cobertura de 15/09/1985 e das demais, por meio da função “GCP Collection” do programa “OrthoEngine” contido no pacote PCI Geomatics. Seguindo com a aplicação do método de reamostragem por convolução cúbica “Geometric Correction” do mesmo programa, visando preservar as características radiométricas da cena interpolando os pontos da imagem distorcida.

As imagens após as correções atmosféricas e geométricas passaram por uma interpretação visual, em composição (5R4G3B) para delimitar a área de estudo. Nesse processo se levou em consideração: a) a área urbana da cidade; b) as com alterações dos aspectos naturais da paisagem; e c) áreas de maior expressão nas cenas.

Para delimitar a área selecionada usou-se os valores de linha e coluna dos “pixels” colhidos através do programa “ImageWorks” em seguida foram recortados e exportados em formato TIFF por meio da função “FEXPORT” do programa “XPace”, (PCI Geomatics). Finalizando com seis recortes referentes à mesma área para as seis cenas.

3.4.1.2 Técnica de Realce Visual

Para aumentar o contraste e melhorar o aspecto visual no intuito de facilitar a interpretação das imagens antes da aplicação das técnicas de processamento de dados, aplicou-se a técnica de realce visual e a técnica de aumento linear de contraste, que se encontra descrita em Mather (1999).

A manipulação do contraste possibilita que as feições de interesse sejam mais ou menos realçadas. Contudo, o contraste linear permite alterar o histograma original, gerando uma nova imagem por meio do realce dos objetos. Não há mudança na forma do histograma,

quanto a sua simetria, somente quanto ao valor médio e ao seu espaçamento (CRÓSTA, 1992).

Essa técnica consiste em expandir a distribuição dos dados originais concentrados para um intervalo de 255 níveis em uma imagem de 8 bits, que resulta no aumento do contraste da imagem e uma melhor visualização. Isso pode ser aplicado nas bandas isoladamente ou sobre as imagens em composição. O procedimento de aumento linear do contraste foi realizado, tanto no aplicativo SPRING, na função contraste, quanto no programa “ImageWorks” do pacote PCI Geomatics e do ArcGis.

3.4.1.3 Classificação Digital

Este estudo contou com a classificação supervisionada que segundo Fitz (2008) apresenta melhor resultado, pois conta com a capacidade interpretativa do profissional que através do conhecimento das características da área de trabalho auxiliará o resultado final deste processo.

Para uma melhor distinção dos elementos das imagens de satélite foi formada uma composição colorida RGB composta pelas bandas 1, 4 e 5, seguindo os estudos de Almeida (2008) que realizou o teste de OIF (Optimum Index Factor) e conseguiu o maior número de informação para essa composição. Iniciou-se o processo de extração de informação para o reconhecimento automático dos elementos em função de determinado critério de decisão.

A representação das classes estabelecidas seguiu a regra de decisão determinada pelas amostras (áreas de treinamentos) dos "pixels" selecionados nas imagens (tabela 4). Esse processo foi realizado nos 6 (seis) recortes de imagens por meio da função "Session Configuration" do programa "ImageWorks" do PCI Geomatics seguindo modelo de Almeida (2008).

Tabela 4 - Classes, “pixels” amostrados e regra de decisão adotada no treinamento para a classificação supervisionada.

Classes	Descrição	“Pixels” Amostrados	Regra de Decisão
Mata Ciliar	Vegetação das margens e arborização urbanas	500	4
Savanas	Vegetação de savana	500	3
Área Antropizada	Ocupação urbana.	300	2
Corpos Hídricos	Rios, igarapés e lagos	300	1

Posterior ao treinamento foi aplicado o Método da Máxima Verossimilhança ou MAXVER. Esse método utiliza a média e a covariância dos pixels amostrados e calcula a probabilidade de que um pixel externo as amostras possa pertencer a elas. Atualmente esse é o método mais utilizado dentre os classificadores supervisionados.

O processo de classificação foi realizado seguindo a função “Classify” do programa “ImageWorks” do PCI Geomatics. O cálculo das matrizes de confusão foi realizado para cada recorte de imagem, sendo possível assim demonstrar o percentual de “pixels” que foram mapeados de forma correta. O desempenho da classificação gerada foi indicado pelo índice Kappa. A classificação seguiu o valor obtido pelo índice Kappa, Cohen (1960) representada na tabela 5.

Tabela 5 – Coeficiente Kappa e conceitos de desempenho da classificação supervisionada segundo Cohen (1960).

Coeficiente Kappa	Desempenho da Classificação
< 0	Péssimo
$0 < K \leq 0,2$	Mau
$0,2 < K \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < K \leq 0,6$	Bom
$0,6 < K \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < K \leq 1,0$	Excelente

3.4.1.4 Técnica de Vetorização Manual

A identificação das drenagens contou com a técnica de vetorização manual realizada diretamente na tela do computador. Após a adição da imagem raster, iniciou-se com o auxílio do mouse o desenho (em forma de pontos, linhas e polígonos) das drenagens, dos lagos, das rodovias principais, das áreas de preservação permanente dos igarapés, etc. A vetorização gerou e armazenou seus arquivos em shapefile organizados em uma base hierárquica conforme a importância dos aspectos sobrepostos.

Esse procedimento constitui nas relações espaciais entre os elementos gráficos vetorizados. Os quais são a conectividade (se há ou não ligação entre os elementos), a contigüidade (se os elementos estão em contatos) e proximidade (distância entre dois elementos). Portanto é preciso uma preocupação constante em não deixar linhas inacabadas, a

fim de que os nos (pontos inicial e final de uma linha) estejam bem conectados visando uma consistência (qualidade e precisão) do arquivo gerado (FITZ, 2008).

Após a vetorização dos elementos (drenagem, lagos,) de cada imagem foi realizada a análise booleana (intersecção, união) que consiste na sobreposição lógica dos arquivos (vetoriais ou matriciais), os quais são baseados no empilhamento de diferentes camadas de dados (FITZ, 2008).

3.4.1.5 Delimitação da Bacia

O limite da bacia foi gerado, tendo como base as cartas topográficas do Serviço Geográfico do Exército (Boa Vista “MI-54/2-SO” e Fazenda Aningal “MI-54/1-SE”) em escala 1:25.000 e a imagem Landsat-5/TM referente ao ano de 1985. A partir desta base, foram extraídos os elementos curva de nível, pontos cotados e hidrografia e assim, o limite da bacia do igarapé Grande foi vetorizado mediante a aplicação das técnicas de identificação de divisores de água e cotas altimétricas respeitando as curvas de nível com seus respectivos valores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 EXPANSÃO URBANA DE BOA VISTA NO PERÍODO DE 1985 A 2009

A análise das imagens TM/LANDSAT-5 possibilitou a avaliação do processo de produção do espaço urbano de Boa Vista entre 1985 e 2009, a qual foi delimitada por meio do processo de identificação visual e posterior vetorização manual (figura 14) e pela classificação supervisionada (MAXVER), ambas permitiram esboçar a referida expansão ao longo desse período.

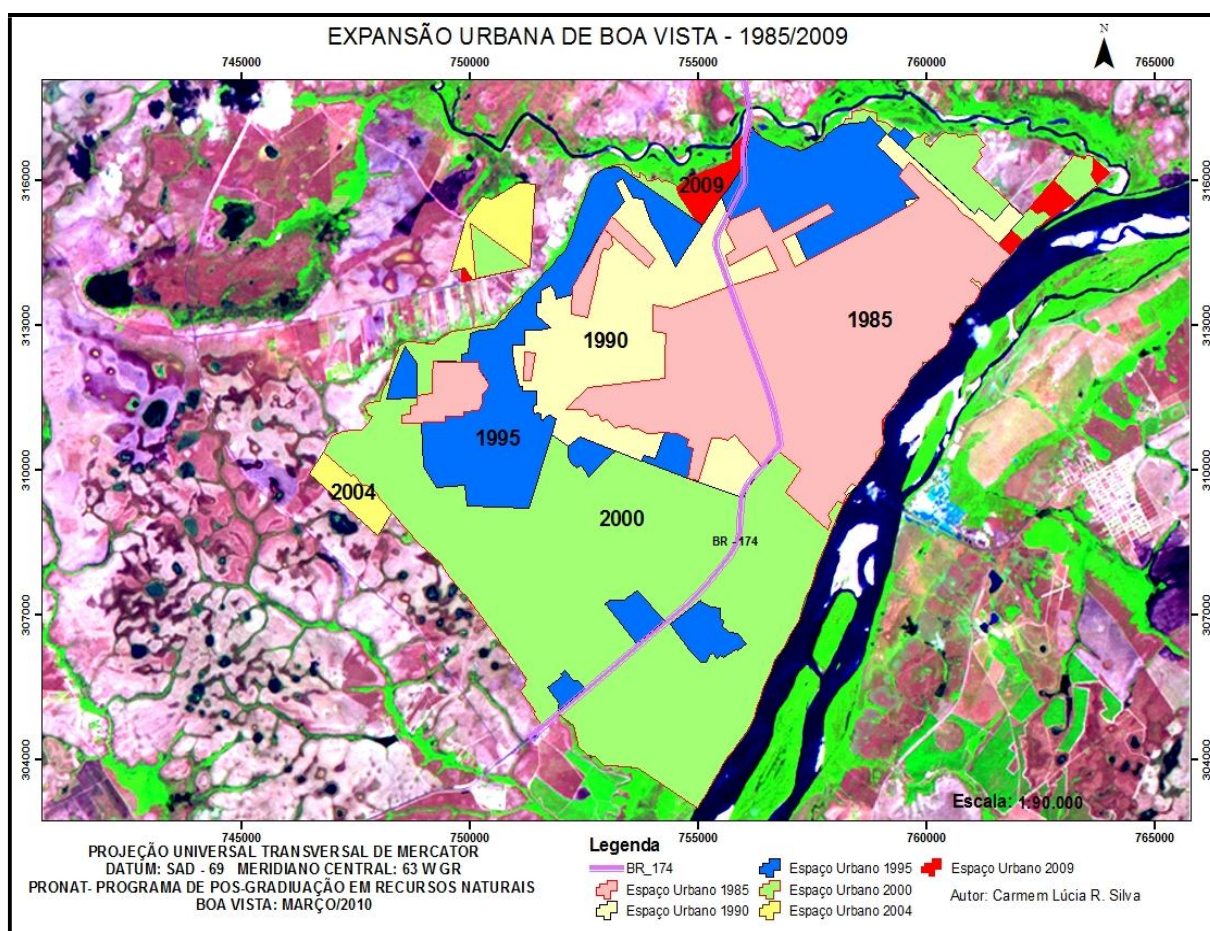


Figura 14 – Evolução urbana de Boa Vista e seu entorno, gerado a partir de recorte da cena 232/58 da imagem TM/LANDSAT-5 em composição R1G2B3 (de 19/10/2009).

No entanto, a seguir será apresentada a análise da produção do espaço urbano de Boa Vista por meio da classificação supervisionada de modo relacionado ao resultado obtido na delimitação pela vetorização manual apresentada na figura 14. Na classificação foram determinadas as seguintes classes: Área Antropizada - representando o efeito da ação

antrópica, savana - pela formação vegetal original de mesmo nome, recursos hídricos - constituídos pelos rios, lagos, igarapés e mata ciliar - destaca as formações vegetais das margens e algumas espécies arbóreas. É importante observar que somente o processo de classificação não garante uma resposta terrestre totalmente segura, por isso os pontos de difícil interpretação visual, contaram com auxílio de levantamento de campo para um melhor reconhecimento da área.

A análise do uso da terra do perímetro urbano de Boa Vista e seu entorno, resultado da classificação supervisionada apresentaram-se bem distinguíveis. O espaço urbano que hoje forma Boa Vista era ocupado em pequena proporção. Isso pode ser comprovado pelas estimativas de área ocupada apresentada pelas unidades classificadas, que aponta a predominância de savana por quase toda a região (tabela 6).

Tabela 6 - Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km² das classes estimadas pela classificação da imagem de 15/09/1985.

DATA	CLASSE	CÓDIGO	PIXELS	IMAGEM (%)	ÁREA (km²)
15/09/1985	Mata Ciliar	1	58245	57.29	162,00
	Savana	2	164193	13.26	37,58
	Area Antropizada	3	56569	17.60	50.09
	Corpos Hídricos	4	35725	11.85	33,59
	Total		314732	100,00	283.26

Na figura 15 observou-se que a maior parte das áreas correspondente à classe área antropizada situa-se à frente do avanço da expansão, provavelmente representando um indicativo de futuras ocupações. Contudo percebeu-se facilmente as áreas de solo exposto, pelo processo da retirada da vegetação para a ocupação humana como característica da urbanização da cidade de Boa Vista. Naquela época, a paisagem dominante era composta pela savana e pela grande quantidade de lagos que se espalhavam por toda a paisagem.

A ocupação do espaço urbano de Boa Vista começou a partir da margem direita do rio Branco a Leste e se estendeu para Oeste. Essa ocupação foi facilitada pela forma da paisagem representada por uma extensa e baixa planície com altitude variável entre 62 a 82 metros, nos pontos observados em campo. No entanto, não foi considerado que os lagos e as depressões dessa área são sujeitas a alagamentos (APPs) no período chuvoso.

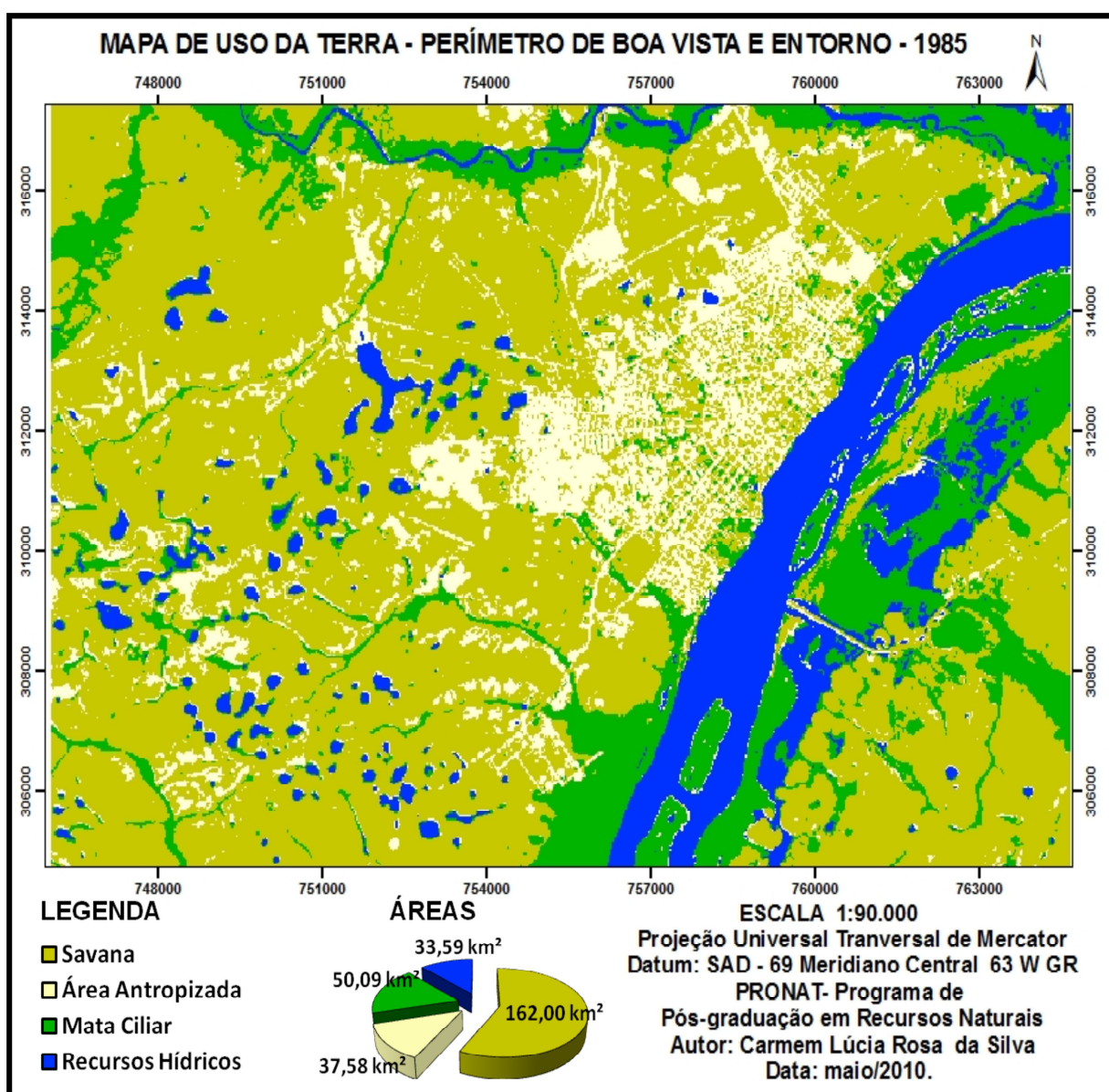


Figura 15 – Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58 de imagem TM/LANDSAT -5, de 15/09/1985.

Constatou-se através de observação da classe área antropizada que em 1985 o traçado urbano de Boa Vista, inicialmente fora planejado em forma de leque. No entanto o segmento urbano ampliado não segue esse traçado. Essa expansão encaminhou o perímetro urbano em direção aos mananciais de água doce, descaracterizando a forma original da harmoniosa cidade.

Esse período foi iniciado por uma ocupação localizada bem próxima do rio, desrespeitando os cuidados necessários para preservar a margem. O solo exposto detectado em toda área do rio Branco confirma a ação antrópica, pois parte da mata ciliar foi retirada deixando o solo vulnerável à ação erosiva. A identificação dos canais de drenagem foi

detectada pela presença da classe mata ciliar evidenciando a existência de vários igarapés pelos segmentos de vegetação. A classe recursos hídricos destacou a grande quantidade de lagos que circulava o setor Oeste de Boa Vista. O espaço urbano desse período era relativamente pequeno, justificado pelo contingente populacional aproximado em 50.000 habitantes segundo o censo do IBGE (2000).

A matriz de confusão calculada para essa análise demonstrou que ocorreram poucas misturas entre as classes. O maior erro (confusão) foi na classe corpos hídricos, onde, 1,25% dos 300 pixels selecionados foram atribuídos a classe mata ciliar e savana. O conceito de desempenho da classificação segundo Cohen (1960) foi excelente, pois o cálculo de coeficiente Kappa ficou em 0.97167, como mostra a tabela 7.

Tabela 7 - Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 15/09/1985.

NOME	CÓDIGO	PIXEL	1	2	3	4
Mata Ciliar	1	500	99.56	0.44	0.00	0.00
Savana	2	500	0.25	99.01	0.74	0.00
Area Antropizada	3	300	0.00	0.67	99.33	0.00
Corpos Hídricos	4	300	1.25	1.25	0.00	97.50

Coeficiente Kappa = 0.97167

Em 1990, como identificado na tabela 8 e na figura 16, a presença da classe área antropizada se mostrou a frente da expansão anterior, configurando uma elevação na ocupação urbana, além de uma parte supostamente sendo preparada para futura ocupação, indicando a direção que segue a ocupação urbana. A área de 37,58 km² dessa classe diminuiu para 33,97 Km², o que não significa uma estagnação da expansão urbana, pois parte do solo exposto em 1985, foi representado na classe mata ciliar que ocupou essa área e se elevou de 50.09 para 67,26 km² devido ao aumento característico do crescimento das espécies arbóreas plantadas nesse espaço. A classe savana vai sendo substituída pela ocupação urbana. Os corpos hídricos apresentam sendo impactados pela ação antrópica.

Tabela 8 - Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km² das classes estimadas pela classificação da imagem de 17/02/1990.

DATA	CLASSE	CÓDIGO	PIXELS	IMAGEM (%)	ÁREA (km ²)
17/02/1990	Mata Ciliar	1	68245	23.74	67,26
	Area Antropizada	2	54564	11.99	33,97
	Savana	3	164195	55.67	157,68
	Corpos Hídricos	4	27728	8.60	24,35
	Total		314732	100,00	283,26

A expansão urbana apresentada se estendeu em todas as direções, ocupando áreas próximas aos corpos hídricos, sem um planejamento ambiental. Isso resultou na diminuição das áreas ocupada por savanas e por parte dos corpos hídricos, principalmente decorrente da extinção de alguns lagos soterrados.

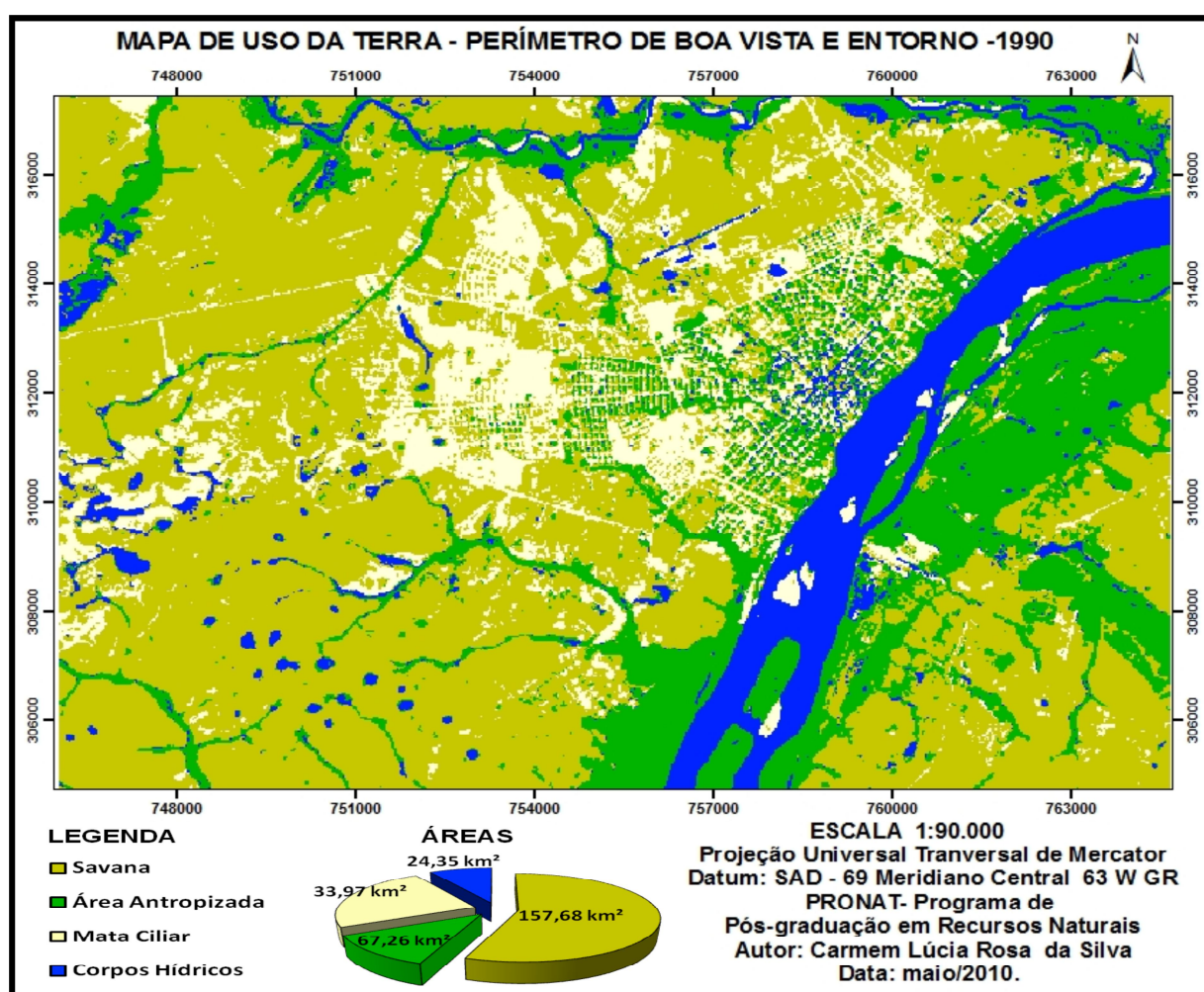


Figura 16 – Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58 da imagem TM/LANDSAT -5, de 17/02/1990.

Um fator importante que justifica o incremento populacional apresentado nesse período é a transformação do Território Federal para Estado de Roraima, promulgada pela da Constituição Federal de 5 de outubro de 1988. Isso promoveu a vinda de uma leva de migrantes para a cidade de Boa Vista. Nesse período, segundo dados do IBGE (2001) cerca de 1600 migrantes chegaram a Roraima para ocupar cargos públicos (técnicos especializados, professores, médicos, dentre outros), acentuando o índice populacional que ficou em torno de 140.000 habitantes. Esse índice foi em decorrência dos projetos de colonização de Roraima que atraíram um intenso fluxo migratório em direção tanto para a zona rural como urbana segundo as observações feitas pelos autores Bonatto (2002), Diniz e Santos (2005) e Vale (2007).

Logo, pode-se afirmar que esses projetos foram atrativos para vinda de migrantes favorecendo o aumento populacional com destino à cidade de Boa Vista. No entanto a elevação do contingente populacional urbano dessa época contou ainda, com moradores oriundos dos assentamentos rurais anteriores a esses projetos, que se encontravam impossibilitados de fixação no campo. Outro atrativo populacional foi em fins dos anos 80, destacado por Barbosa (1993) se deu no período da extração de ouro em Roraima, atraindo cerca de 25.000 garimpeiros iludidos pelo enriquecimento fácil que posteriormente vieram para a cidade de Boa Vista.

A matriz de confusão apresentada na tabela 9 e o índice de Kappa, afirma que a classificação foi excelente. Ocorreram poucas misturas entre as classes. Os erros (confusão) em todas as classes se mostram entre 0,20 e 0,67% . O maior erro estabelecido foi para a classe corpos hídricos.

Tabela 9 - Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 17/02/1990.

NOME	CÓDIGO	PIXEL	1	2	3	4
Mata Ciliar	1	500	99.80	0.00	0.20	0.00
Savana	2	500	0.20	99.60	0.20	0.00
Area Antropizada	3	300	0.00	0.33	99.67	0.00
Corpos Hídricos	4	300	0.33	0.00	0.34	99.33

Coeficiente Kappa = 0.99489

Para verificar a expansão urbana de 1995 deve-se analisar a resposta classificatória observando o aumento da classe savana, que não se reduziu em resposta a ocupação derivada da expansão urbana, fato justificado quando supomos que tal efeito deve-se ao abandono do solo exposto representado na classe área antropizada anteriormente, reconstituída em sua vegetação (tabela 10). Portanto, a diminuição das áreas das classes área antropizada e mata ciliar não indica verdadeiramente o exposto na superfície terrestre, mas observando a distribuição espacial dessas classes, detectamos o espaço ocupado similar ao definido pela vetorização manual mostrada na figura 14, localizada no início desse capítulo. Portanto pode-se afirmar que a área urbana identificada pela classe área antropizada caracteriza uma contínua ocupação recente.

Tabela 10 - Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km² das classes estimadas pela classificação da imagem de 06/05/1995.

DATA	CLASSE	CÓDIGO	PIXELS	IMAGEM (%)	ÁREA (km ²)
06/05/1995	Mata Ciliar	1	54729	62.41	176,80
	Savana	2	185101	10.18	28,83
	Área Antropizada	3	37849	18.94	53,66
	Corpos Hídricos	4	37053	8.47	23,97
	Total		314732	100,00	283.26

O acréscimo destacado para a área identificada como recursos hídricos sugere que maior volume de água distinguido na figura 17 de 1995 expõe uma época chuvosa, enquanto que a figura anterior a estação seca. A classe mata ciliar, continua marcando a presença dos rios e igarapés numa proporção igual à análise anterior. Quanto à área urbana nota-se o aumento significativo, em direção às áreas de povoamento mais recente, nesse aspecto, a área arborizada marca um ponto positivo no processo, pelo fato de contribuir para a infiltração do solo.

Sendo assim, o espaço urbano de 1995 aumentou substancialmente em relação ao ciclo anterior. Fato esse relacionado ao fechamento dos garimpos ocorrido em 1991 por intervenção federal. A cidade de Boa Vista, nesse período, não possuía uma base econômica local capaz de absorver os migrantes garimpeiros, mas, mesmo assim, grande parte dessa população não tinha condições financeiras para voltar à terra natal, permanecendo em Roraima. Nesse ponto cabe enfatizar que o declínio do garimpo não foi o único responsável por esse acontecimento, junto aos migrantes garimpeiros se somaram os migrantes rurais que diante das dificuldades associadas à colonização de terras se destinaram para Boa Vista (Vale, 2007).

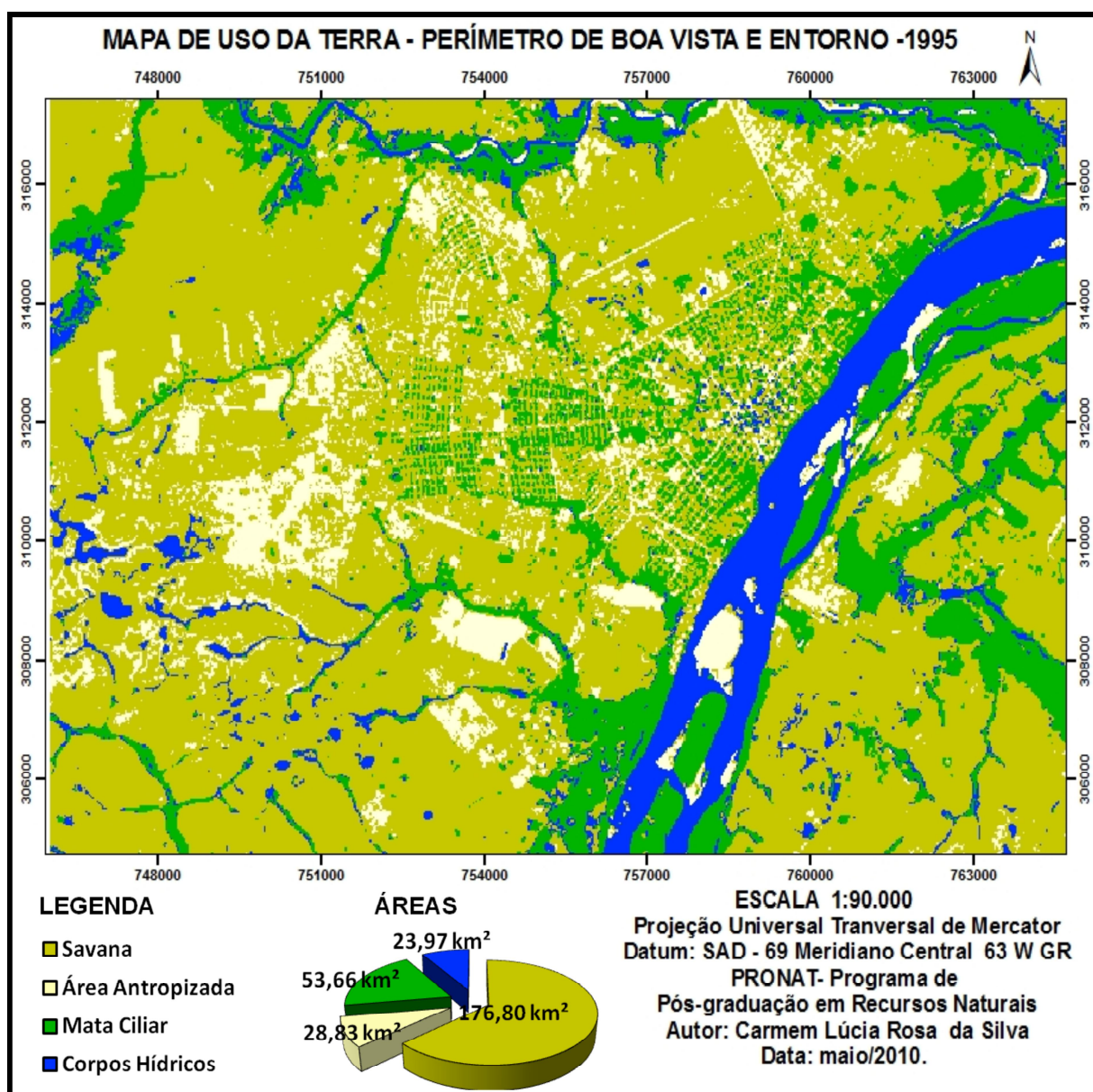


Figura 17 – Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58 da imagem TM/LANDSAT-5, de 06/05/1995.

O contingente populacional para 1991 (IBGE, 2000), no Estado de Roraima era o triplo da quantidade cadastrada em 1980. Esse quantitativo foi a maior taxa de crescimento populacional do Brasil para o período (9,55 ao ano, crescimento populacional nacional), ficando a cidade de Boa Vista com 56,3 dessa população, ou seja, 122.600 habitantes. Nesse período foi elaborado o Plano Diretor do Município de Boa Vista, em 6 de setembro de 1991 pelo Decreto-Lei nº 244, impulsionando o surgimento de 30 novos bairros. A taxa média de crescimento populacional nesta década ficou em 9,6, sendo que, de 1980 a 1991, segundo o censo do IBGE (2000) a população de Roraima saltou de 79.159 para 215.950 habitantes, induzindo um acréscimo de 63,34 aproximadamente, em 1991 conforme relatos de Vale (2007).

Os erros de classificação apresentados na matriz de confusão e índice de Kappa demonstram uma excelente classificação (tabela 11). A maior confusão deu-se na classe savana que identificou 2,99% dos “pixels” analisados para área antropizada, 1,25% para corpos hídricos e 0,67% para mata ciliar.

Tabela 11. Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 06/05/1995.

NOME	CÓDIGO	PIXEL	1	2	3	4
Mata Ciliar	1	500	99.56	0.44	0.00	0.00
Savana	2	500	0.67	95.76	2.99	1.25
Area Antropizada	3	300	0.00	0.67	99.33	0.00
Corpos Hídricos	4	300	1.25	1.25	0.00	97.50

Coeficiente Kappa = 0.97167

No ano 2000, verificou-se que a expansão urbana se expandiu assustadoramente em relação aos anos anteriores, destaque evidenciado pela imensidão representativa da classe área antropizada como identificado na tabela 12 e figura 18. É importante salientar que a classe solo exposto revelada não compõe apenas o solo nu, entendemos que tal resultado se deve a resposta inferida na classificação pelos telhados das construções, aliado a uma nova retirada da cobertura vegetal reconstituída, detectada na figura de 1995, devido à intensificação da ocupação.

Tabela 12 - Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km² das classes estimadas pela classificação da imagem de 01/04/2000.

DATA	CLASSE	CÓDIGO	PIXELS	IMAGEM (%)	ÁREA (km ²)
01/04/2000	Mata Ciliar	1	57380	20.37	57,70
	Savana	2	175432	43.45	123,05
	Area Antropizada	3	58495	23.12	65,50
	Corpos Hídricos	4	23425	13.06	37,01
	Total		314732	100,00	283.26

O acréscimo ressaltado pela classe mata ciliar demonstra a expansão da vegetação arbórea, característico de urbanização antiga. A classe corpos hídricos assinalou para essa época uma variação significativa, de 1995 para 2000, que passou de uma área de 26,97 para 37,01 km². Tal acontecimento não significou preservação ou aumento na porção hídrica, e sim, o efeito ocorrido durante o processo de classificação, resultante da resposta espectral das ruas pavimentadas similar a da hidrografia.

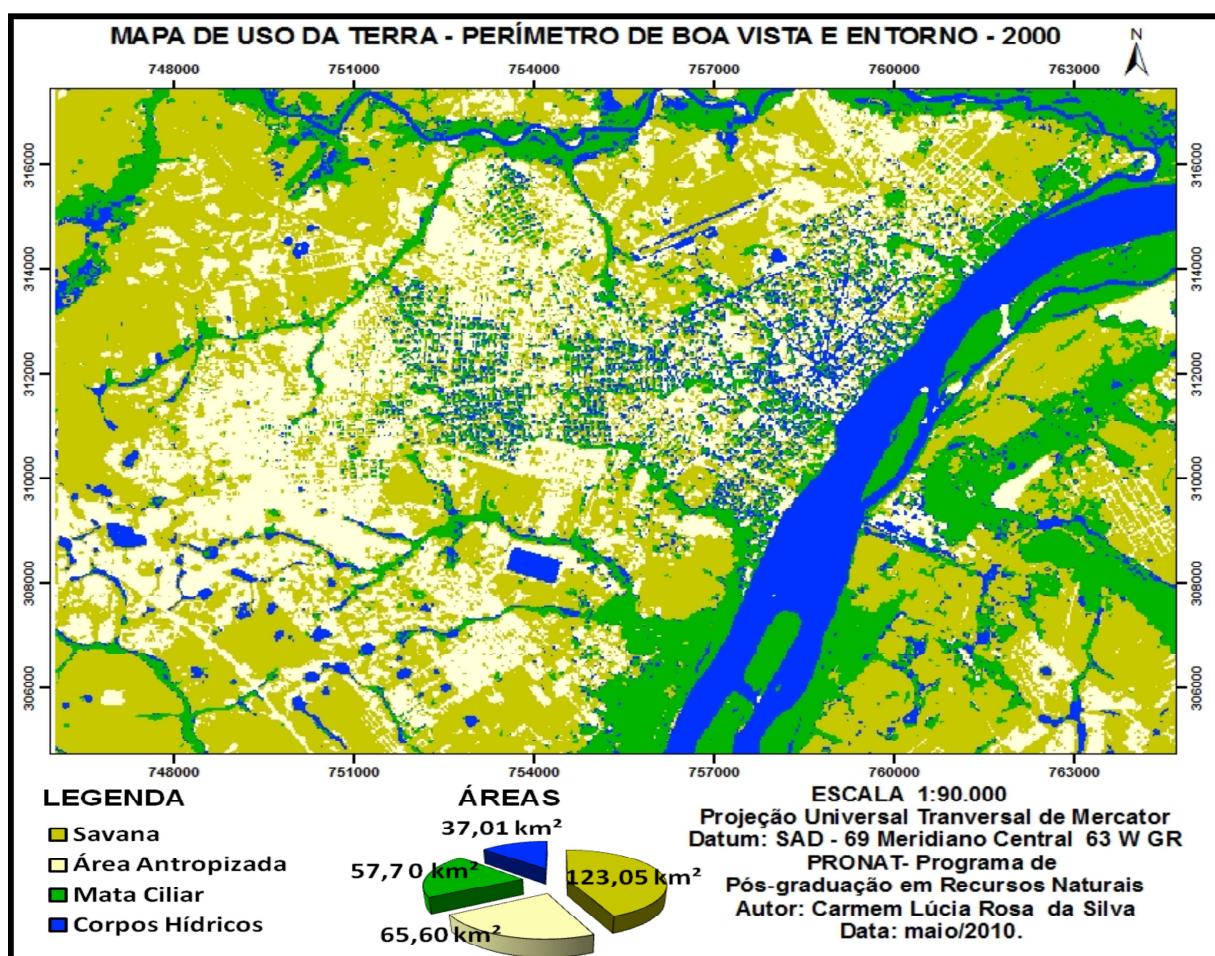


Figura 18 – Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58 da imagem TM/LANDSAT-5, de 01/04/2000.

Foi detectado que provavelmente essa expansão, se justifica pelas migrações direcionadas para o estado de Roraima em momentos anterior. Pois dados do IBGE (2005), assinala que o crescimento populacional de Boa Vista para o período acresceu em torno de 50.000 habitantes. Nesse aspecto a população que em 1991 estava próxima de 150.000 habitantes passou para 200.000 em 2000, deixando Boa Vista com cerca de 60,8% da população total do Estado. Foi um momento marcado por intensa expansão na ocupação do espaço urbano.

Estudos de Barros (1995) aponta como outro fato que contribuiu para essa ocupação, a retomada de projetos de colonização no ano de 1995, quando ocorreram melhorias de infraestrutura em áreas anteriormente colonizadas, além de novos assentamentos na região da Confiança e Bonfim. A observação da imagem do ano de 2000 nos mostrou que segundo a classificação solo exposto nos diz que o espaço ocupado possuía baixa densidade demográfica, evidenciando muitos espaços vazios para futuras ocupações.

A avaliação da classificação mostrada na matriz de confusão apresentada na tabela 13 destaca uma pequena margem de erro em todas as classes. Comprova que os erros mais significativos estão na classe corpos hídricos que identificou 2,81% dos 300 “pixels” selecionados como savana. O índice de Kappa apresentou um excelente resultado com o coeficiente 0,98366.

Tabela 13 - Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 01/04/2000.

NOME	CÓDIGO	PIXEL	1	2	3	4
Mata Ciliar	1	500	99.60	0.00	0.00	0.40
Savana	2	500	0.00	99.25	0.75	0.00
Area Antropizada	3	300	0.00	1.33	98.67	0.00
Corpos Hídricos	4	300	0.00	2.81	0.00	97.19

Coeficiente Kappa = 0,98366

Vale salientar que a análise das classificações observadas ressalta que a expansão urbana até esse momento seguiu lentamente em direção à área que abrange a Zona Norte de Boa Vista, e de forma acelerada em direção à Zona Oeste. Fato entendido quando analisamos a pesquisa de Vale (2007) e Veras (2008) onde destacam que o Plano Diretor da Cidade de Boa Vista, no que se refere à divisão de zonas, setores e bairros, determina que a Zona Oeste é

aquela destinada ao Programa de Habitação Social, em função das características socioeconômicas dos segmentos para os quais se destina à classe de menor poder aquisitivo; e a Zona Norte se destina ao uso habitacional pela população de renda média, e apresenta uma menor intensidade de ocupação.

Em busca de fatos que comprovasse o elevado índice de crescimento populacional da época, encontramos dados em trabalhos de Vale (2007), citando os projetos do governo de Roraima, através da SETRABES e da Companhia de Desenvolvimento de Roraima (CODESAIMA), que direcionaram o fluxo populacional para a zona urbana, quando implantaram a política habitacional voltada para atender a demanda populacional vigente. Essa política contou com os programas do Bem-Morar, Casas Prêmio, Casas Rurais e construção de conjuntos urbanos, visando solucionar a problemática habitacional que atingiu a população mais carente.

No ano de 2004 a classificação apresentou-se bastante complexa, já que, o espaço ocupado não variou em relação ao tempo antecedente. Essa avaliação conferiu que a área urbana está representada nas classes área antropizada, savana e mata ciliar, uma expansão praticamente estagnada entre 2000 e 2004. A pequena elevação no índice da classe savana que se mostra com 140,85 km² (tabela 14) não pode ser associada a diminuição do espaço urbano ocupado, pois consideramos advir da recomposição gramínea em área antes ocupada, quando esse é abandonado por algum tempo a espera da realização de obras de construção.

Tabela 14 - Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km² das classes estimadas pela classificação da imagem de 11/03/2004.

DATA	CLASSE	CÓDIGO	PIXELS	IMAGEM (%)	ÁREA (km ²)
11/03/2004	Mata Ciliar	1	175201	26.45	74,90
	Savana	2	37744	49.72	140,85
	Área Antropizada	3	74729	11.69	33,10
	Corpos Hídricos	4	27058	12.14	34,41
	Total		314732	100,00	283.26

Observa-se que a resposta classificatória apresentada na figura 19 referente a mata ciliar demonstra um aumento devido ao crescimento vegetal da composição arbórea, plantadas nos anos anteriores e a diminuição representada na classe corpos hídricos, caracteriza essa ocasião como o momento de maior intervenção antrópica sobre os lagos visualizados entre 1985 e 2004. Esse segmento está relacionado ao número de habitantes que, segundo dados do IBGE foram estimados em 236.319. O aumento dessa época em relação ao

período anterior foi de mais ou menos 36.000 habitantes. Em termos relativos, o crescimento populacional foi de 2,9%.

Assim sendo, essa ocasião configura uma pequena expansão no espaço, elevação determinada pela criação do Conjunto Cidadão, no bairro Senador Hélio Campos, situado no extremo Oeste da cidade, e do bairro Cidade Satélite, localizado no sentido noroeste de Boa Vista. Esse momento foi auxiliado por projetos da Prefeitura Municipal de Boa Vista, que implantou em 2001, Programas de Assistência à População, criando, em 2003, novos bairros e um conjunto habitacional, perfazendo um total de 53 bairros distribuídos pela malha urbana. O crescimento populacional que justifica a formação desses bairros está descritos na pesquisa de Vale (2007) onde estudou os movimentos migratórios para Roraima.

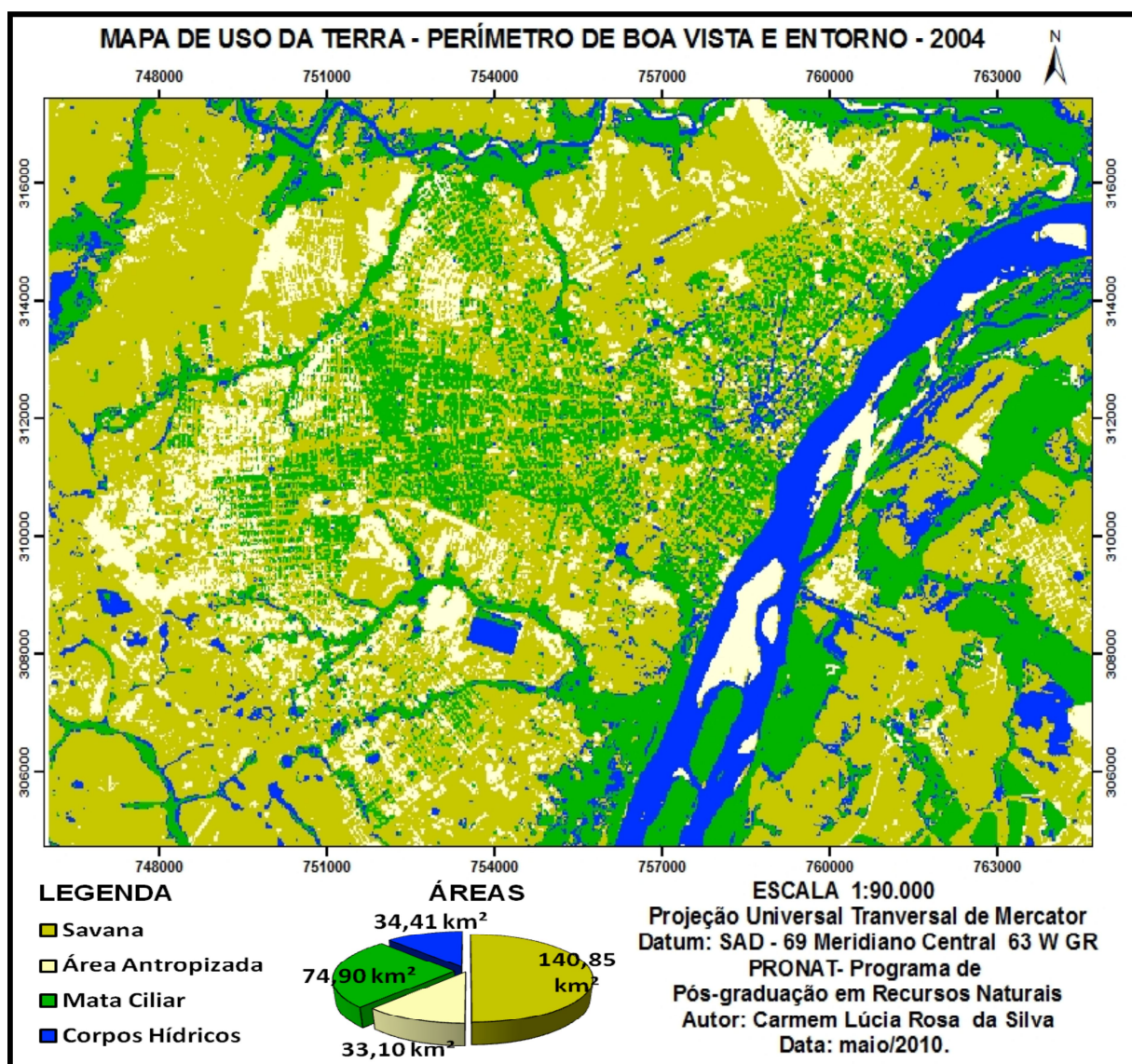


Figura 19 – Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58 da imagem TM/LANDSAT-5, de 11/03/2004.

A matriz de confusão apresentada na tabela 15 e o índice de Kappa, afirma que a classificação foi excelente. Ocorreram poucas misturas entre as classes. Os erros (confusão) em todas as classe se mostram entre 0,20 e 0,67% . O maior erro estabelecido foi para a classe corpos hídrico.

Tabela 15. Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 11/03/2004.

NOME	CÓDIGO	PIXEL	1	2	3	4
Mata Ciliar	1	500	98.71	0.14	0.00	1.14
Savana	2	500	0.00	99.90	0.00	0.10
Área Antropizada	3	300	0.00	1.00	99.00	0.00
Corpos Hídricos	4	300	1.38	1.75	0.00	96.88

Coeficiente Kappa = 0.98047

As estimativas obtidas em 2009 quando analisada visualmente, mostra uma paisagem que mantém a configuração da expansão urbana relatada no de 2004, facilmente detectado na classificação pela classe área antropizada juntamente com a classe mata ciliar (tabela 16). Portanto, é possível afirmar que essa demonstração está relacionada a resposta espectral do solo devastado e dos telhados (amianto, alumínio entre outros), das obras edificadas para habitação, durante o processo de classificação. Isso justifica o aumento significativo da classe área antropizada resultado na análise estatística da classificação.

Tabela 16 - Número de “pixels”, porcentagem de cobertura e área em km² das classes estimadas pela classificação da imagem de 19/10/2009.

DATA	CLASSE	CÓDIGO	PIXELS	IMAGEM (%)	ÁREA (km ²)
19/10/2009	Mata Ciliar	1	90806	32.18	91,17
	Savana	2	101300	25.94	73,48
	Area Antropizada	3	81645	28.86	81,73
	Corpos Hídricos	4	40981	13.02	36,88
	Total		314732	100,00	283.26

Na figura 20 observou-se que a classe savana se mostra reduzida, diminuição que pode ser atribuída à explicação relacionada ao aumento da classe área antropizada.

Verificamos que a classe representada pelos corpos hídricos mostrada pela estatística da classificação variou segundo a sazonalidade local, momento intermediário entre o final da estação chuvosa (setembro) e início da estação seca (outubro), temporada de concentração das águas superficiais.

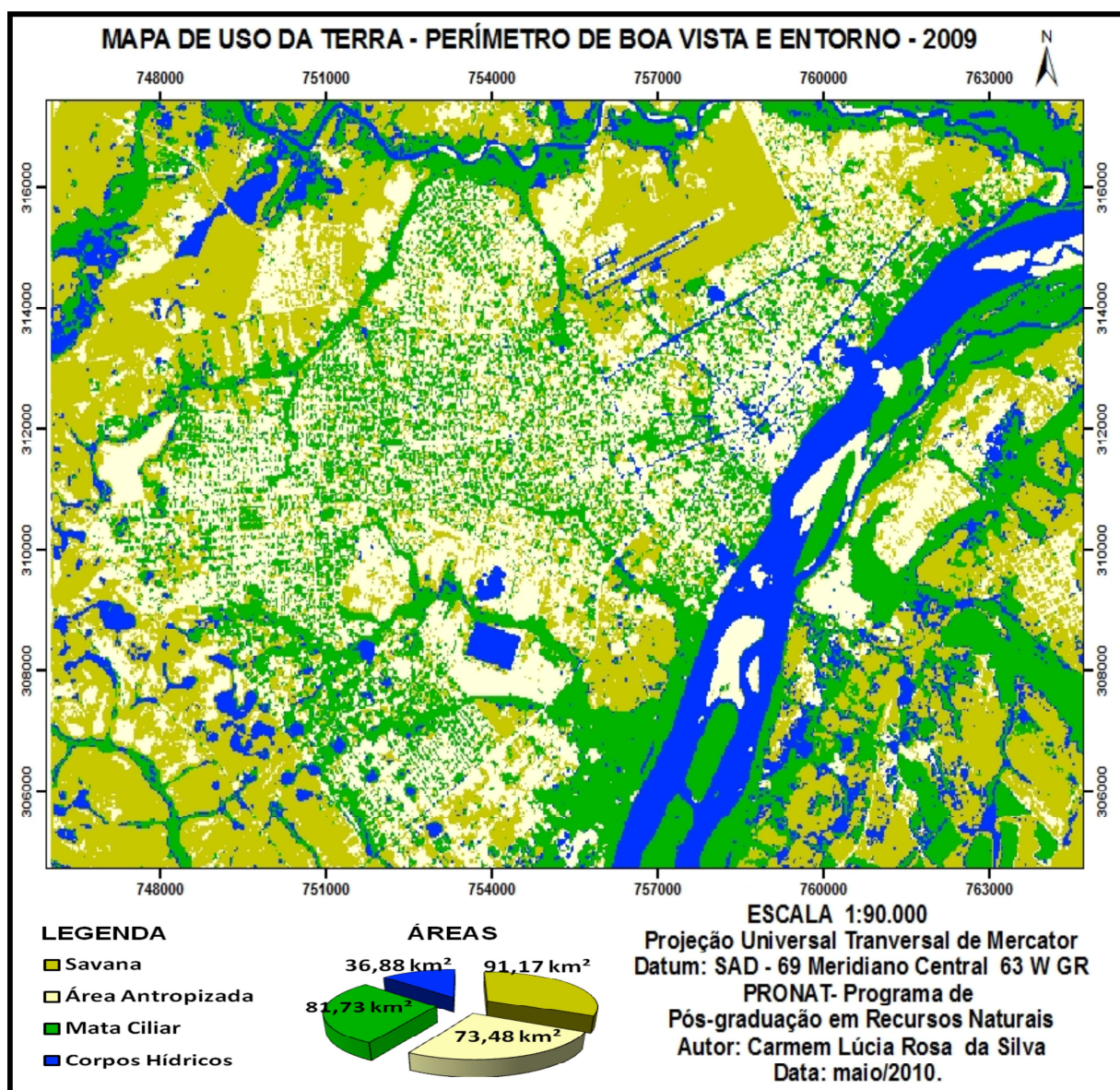


Figura 20 – Mapa de classificação gerado a partir de recorte da cena 232/58 da imagem TM/LANDSAT-5, de 19/10/2009.

A matriz de confusão apresentada na tabela 17 destacou uma pequena margem de erro em todas as classes. Essa avaliação mostrou que a classificação teve um desempenho excelente. Os erros mais significativos estão na classe savana que identificou 2,25% dos 500 “pixels” selecionados, como área antropizada, 1,14% dos “pixels” da classe mata ciliar em

corpos hídricos e 0,80% com a área antropizada. O índice de Kappa apresentou um resultado com o coeficiente 0.98410.

Tabela 17- Matriz de confusão e coeficiente Kappa gerados pela classificação no recorte de imagem de 19/10/2009.

NOME	CÓDIGO	PIXEL	1	2	3	4
Mata Ciliar	1	500	99.20	0.00	0.80	1.14
Savana	2	500	0.00	97.75	2.25	0.00
Área Antropizada	3	300	0.00	0.00	100.00	0.00
Corpos Hídricos	4	300	0.00	0.57	0.29	99.14

Coeficiente Kappa = 0.98410

No entanto, a estagnação da expansão do espaço ocupado pela urbanização foi possível, pela existência de áreas desocupadas reservadas para a especulação imobiliária em todas as zonas da cidade, além de áreas loteada, prontas, e em processo de ocupação, desde o ano 2000. A população local estimada pelo IBGE (2001), aproximava-se de 266.000 habitantes. O aumento populacional seguiu o ciclo anterior, com um acréscimo em torno de 30.000 habitantes em relação ao ano de 2004, justificando o adensamento da área ocupada. Como se observou nas figuras analisadas a expansão urbana apresentada através das classes estabelecidas para o estudo de Boa Vista, demonstra que esse processo foi mais intenso de 1995 para 2000. Processo o qual, não seguiu os requisitos mínimos de preservação ambiental, alterando a paisagem natural sem considerar a importância dos recursos hídricos, visivelmente destacado na classe corpos hídrico, pelo desaparecimento de alguns lagos.

A dinâmica espacial, de 1985 a 2009, resultou na paisagem atual composta por uma ocupação irregular, desordenada, sem infra-estrutura básica e responsável pela degradação ambiental na qual se encontra o espaço urbano de Boa Vista. A figura 21 nos permite inferir sobre os resultados obtidos, que a oscilação evidenciada pela classe solo exposto, deve-se ao fato de que num primeiro momento a ocupação humana, retira a vegetação, alterando o uso e a ocupação do solo (construções) ou a abandona permitindo a restituição vegetal natural. A classe mata ciliar evoluiu em decorrência da arborização urbana e os corpos hídricos pela pequena confusão da classificação reconhecendo as ruas compactadas como água.

No entanto a expansão urbana pode ser mais bem associada à redução da classe savana durante esse período, pois a retirada da vegetação original caracteriza uma nova

ocupação. A classe savana passou de 162, km² 91,17 km² em 2009, perdendo uma área de 70,83 km² nos últimos 25 anos, como mostra a tabela 18. A expansão urbana mostra um resultado aproximado para a vetorização manual e a classificação supervisionada quando juntamos o solo exposto de 1985, a perda da classe savana no período, resultando em aproximadamente 9,5 km² de acréscimo para a análise da vetorização. Diferença aceitável se considerarmos que a classificação supervisionada envolveu toda área recortada da imagem.

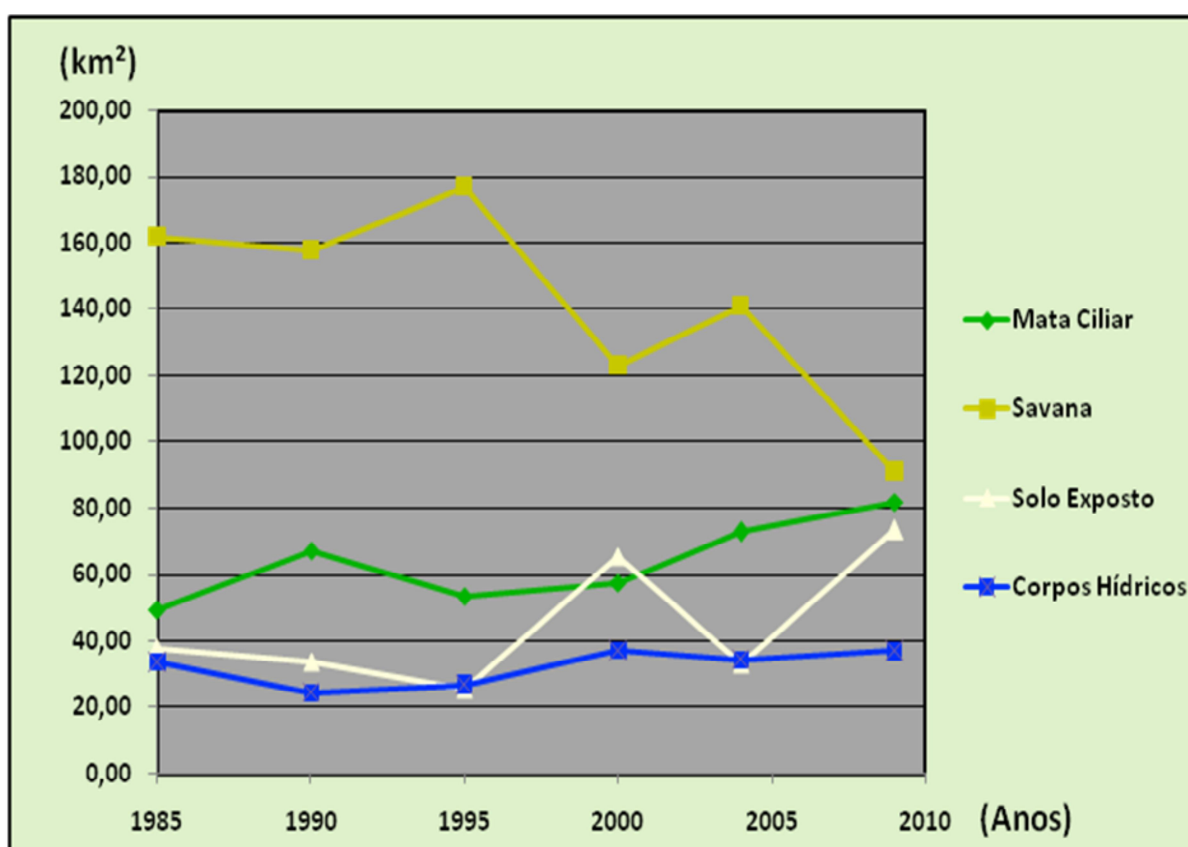


Figura 21 – Gráfico demonstrativo da evolução urbana da cidade de Boa Vista no período de 1985 a 2009.

Tabela 18 – Análise da evolução urbana da cidade de Boa Vista (km²) - 1985/2009 - relacionando a classificação supervisionada e a vetorização manual.

Resultados da classificação supervisionada e da vetorização manual.	1985 (km ²)	2009 (km ²)	Diferença (km ²)	Soma (km ²)
Classe Savana	162	91,1	70,8	-
Área Antropizada	37,6	73,4	35,9	-
Área urbana vetorizada	32,6	117,9	85,3	-
Solo Exposto + diferença Savana	37,6	70,8	-	108,4

4.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DO IGARAPÉ GRANDE

4.2.1 Rede de Drenagem e Suas Características Morfológicas

A figura 22 permitiu verificar que a rede de drenagem estudada se encontra na planície do rio Branco, uma região composta por depressões preenchidas por lagos, brejos e igarapés interligados que em período chuvoso formam fluxos lineares de água superficial. Observando o diâmetro dos lagos foi detectado que suas formas variam entre os goticulares, circulares, elipsoidais e geminados (nascentes compartilhadas). Os lagos (nascentes) mencionados estão localizados a montante dos corpos hídricos, alimentando a drenagem fluvial. Através dessa observação, detectou-se ainda que esses apresentam pequenas proporções, e seus volume e o fluxo de água estão sujeitos à variação sazonal. No período seco (seis meses), aproximadamente, 65% deles secam completamente, e os restantes ficam limitados por círculos brejosos.

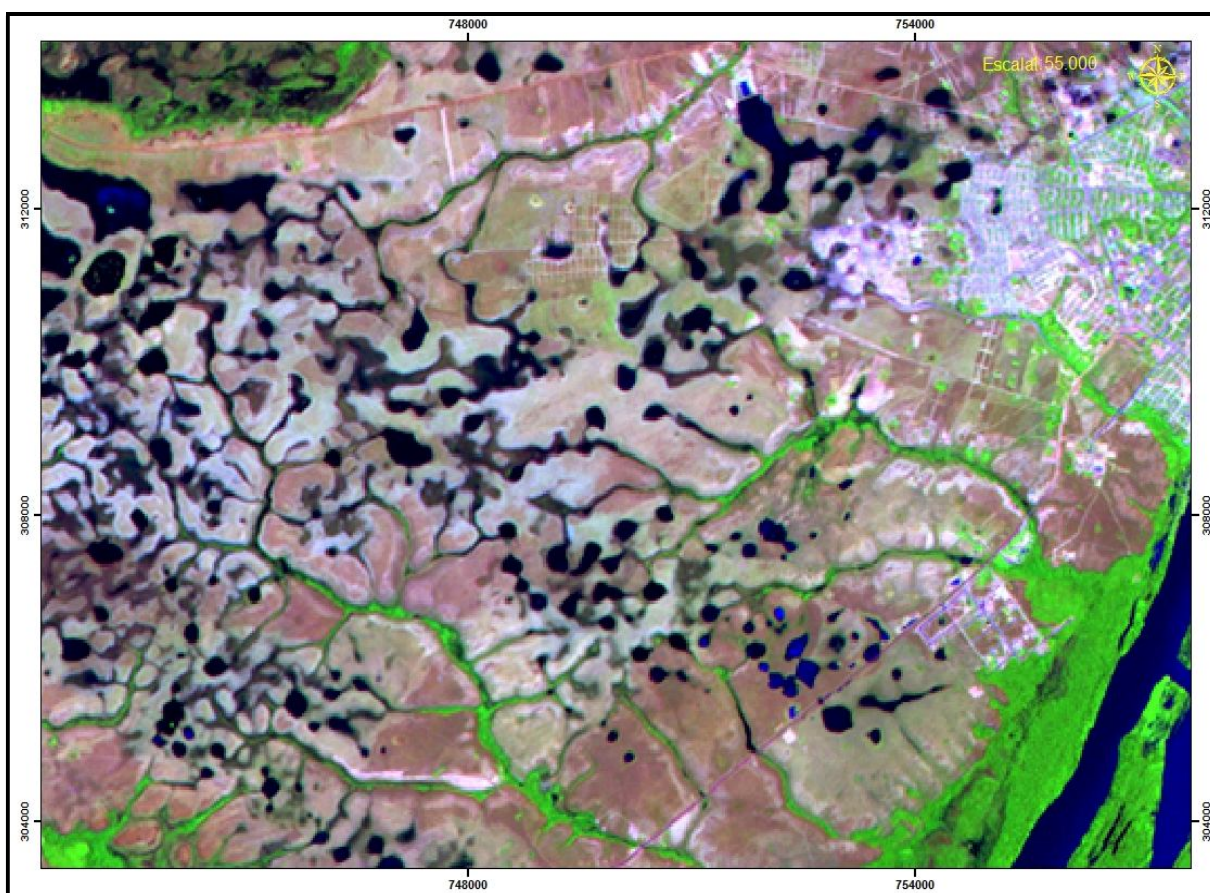


Figura 22 - Lagos conectados aos brejos e igarapés formando a rede de drenagem. Recorte de imagem de TM/LANDSAT-5 em composição RGB (123) de 15/09/1985.

Em levantamento de campo no período seco observou-se que os brejos e as veredas também sofrem da mesma influência climática e, nesse período, secam e estressam a vegetação original formada por gramíneas e buritizais. Constatou-se em período chuvoso que esses ambientes ressequidos são totalmente transformados, pois o alto índice pluviométrico satura o solo e eleva o nível freático, a lâmina d'água duplica a área de drenagem e interliga os corpos de água (alagados, lagos e veredas). O excesso hídrico observado em campo no período chuvoso para a área de estudo é corroborado nos estudos de Evangelista, Sander e Wankler, (2008) e Wankler e Sander (2010), que destaca na estação chuvosa um índice pluviométrico para Boa Vista entre 1500 e 1550 mm, e 1.800 mm anuais.

A composição vegetal dos lagos varia conforme a profundidade, em lagos pouco profundo encontra-se às ciperáceas e em lagos de maior profundidade, as macrófitas aquáticas sobre a lâmina d'água ou ciperáceas apenas nas margens. Esses lagos são típicos da bacia hidrográfica do rio Branco, situam à montante dos pequenos cursos de água (igarapés) e veredas, desempenhando papel de nascentes. Diante desse contexto é necessário preocupar com sua possível extinção total, pois a área estudada, a cada dia que passa conta menos com sua presença, cuja importância não se restringe apenas a sua beleza cênica, mas, por representar importante fonte de recursos hídricos.

Como discutido anteriormente o fraco gradiente topográfico da bacia do igarapé Grande faz com que o escoamento fluvial ocorra com baixa velocidade favorecendo o assoreamento dos canais, exceto nos períodos de intensas precipitações. Sendo assim, acreditamos que a urbanização sobre essa região alterou significativamente o perfil longitudinal do curso de água pelo bloqueio do escoamento superficial de alguns pontos. Isso ocorre principalmente no período seco, quando a lâmina de água diminui, dificultando a dinâmica do fluxo. Observações também registradas por Reis Neto (2004) apontam o problema relacionado ao assoreamento dos canais fluviais de Boa Vista.

4.2.2 Características Morfométricas da bacia

A bacia do Igarapé Grande é formada pelo igarapé Grande (canal principal) e seus afluentes, os igarapés Uai, na margem esquerda, e Paca, a margem direita. Esses igarapés são alimentados por vários lagos dispersos nas áreas de cabeceira. Seguindo a classificação de Strahler (1952), a rede de drenagem é composta por canais em trechos de cabeceira

classificado como de primeira ordem, os igarapés Paca e Uai de segunda ordem e o igarapé Grande de terceira ordem, (figura 23).

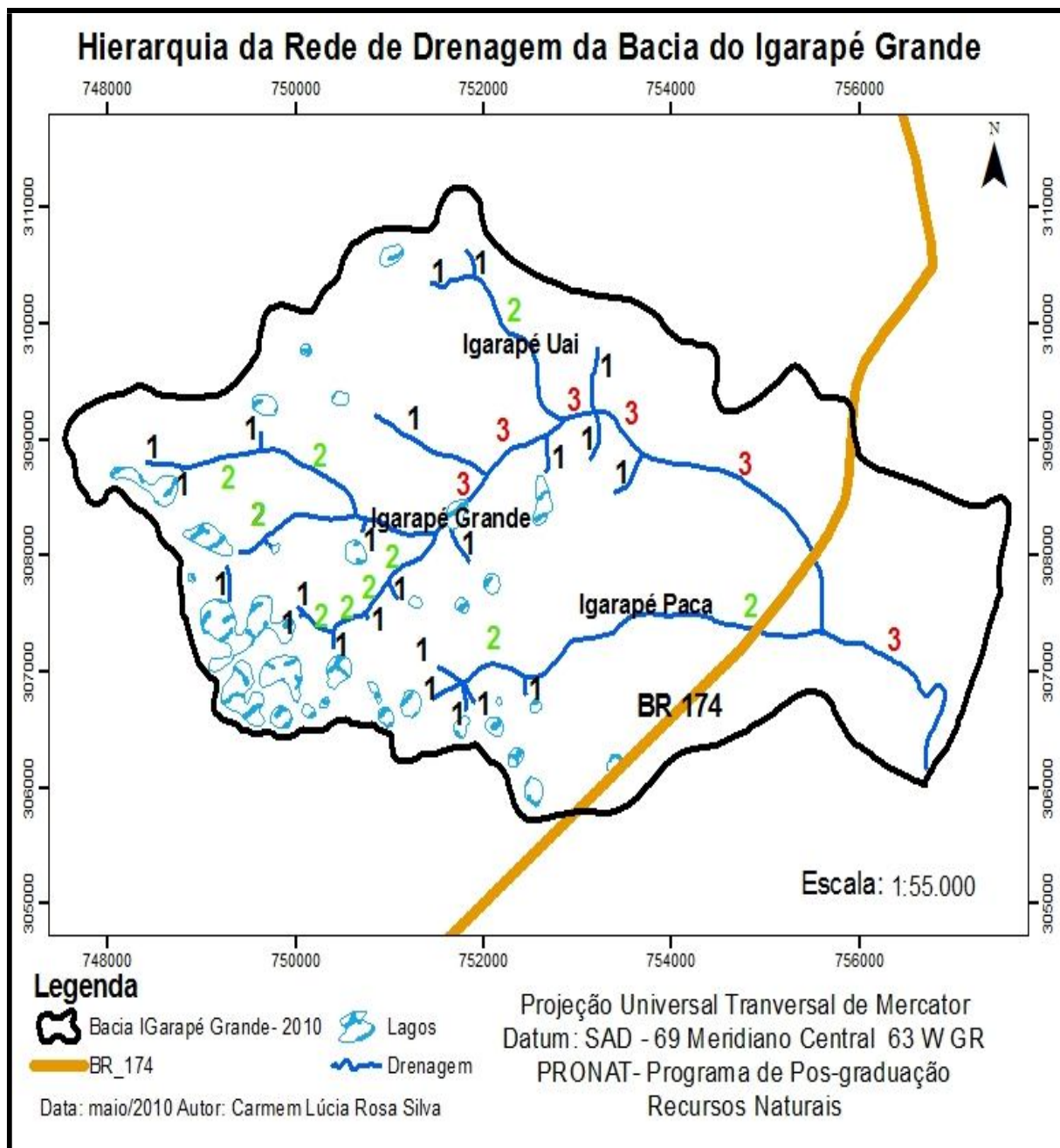


Figura 23 - Ordem dos canais de drenagem da bacia do igarapé Grande em Boa Vista-RR, segundo a classificação de Strahler (1957).

Observou-se que a bacia do igarapé Grande se caracteriza por um padrão dendrítico, instalado sobre sedimentos da depressão Boa Vista em uma área abaciada, onde a rede de drenagem não segue controle estrutural algum, distribuindo-se aleatoriamente. Da análise areal resultou que a área da bacia é de 31,70 km², considerando toda extensão drenada pelo

conjunto do sistema fluvial, esboçada em um plano horizontal e seu comprimento é de 9,68 km, medida relacionada entre a foz e o ponto mais distante da bacia. A bacia evidenciou forma retangular, o que não favorece os processos de inundação, pois dificilmente uma chuva atinge toda sua extensão. Em decorrência da análise linear foi verificado que o canal principal da rede de drenagem estabelecido foi o igarapé Grande, por ser a drenagem de maior ordem na bacia. A densidade de drenagem para a bacia se mostrou baixa com 0,48 km/km², que segundo Christofolletti (1969) baixa densidade de drenagem é os valores menores que 7,5 km/km² (tabela 19).

A bacia do igarapé grande apresenta baixa densidade de drenagem dispersa por um relevo pouco elevado que contribui para a baixa capacidade de drenagem favorecendo o assoreamento. Essas características estão em acordo com estudos na microbacia do córrego Guaviran, onde Teodoro et al (2007) identificou características morfométricas e dinâmica fluvial semelhantes.

TABELA 19 - Morfometria para a bacia do igarapé Grande.

PARÂMETROS	TOTAL
Área (km ²)	31,70
Perímetro (km)	28,66
Comprimento da bacia (km)	9,682
Canal principal	Igarapé Grande
Extensão do canal principal (km)	10,87
Extensão total dos canais (km)	25,13
Densidade de drenagem (km/km ²)	0,48

4.3 A OCUPAÇÃO DA BACIA DO IGARAPÉ GRANDE E AS ALTERAÇÕES NA REDE DE DRENAGEM

4.3.1 Influência Antrópica sobre os Cursos Fluviais

A análise da expansão urbana de Boa Vista apresentada aponta um acelerado processo de urbanização. Tal fato quase sempre perpassa por problemas gerados pela falta de

políticas públicas voltadas para o uso adequado do solo e a preservação dos recursos naturais. Visto por esse prisma, o processo de ocupação de fundos de vale não é exclusividade da cidade de Boa Vista, pois desde os tempos mais remotos, o homem optou por ocupar os locais onde estão os corpos de água, promovendo a degradação destes ambientes.

4.3.2 Variação Espaço-Temporal da Rede de Drenagem da Bacia do Igarapé Grande

Pôde ser visualizada na figura 24, a classificação da paisagem de 1985 que destaca na bacia a predominância da cobertura vegetal de savana. Percebe-se que até esse período a urbanização não havia chegado nessa área, uma vez que o espaço era ocupado por sítios que circundavam a parte central da cidade.

Diante do contexto tem-se o ano de 1985 como linha comparativa, no que diz respeito às mudanças no uso e ocupação do solo na área da bacia do igarapé Grande e suas implicações na dinâmica ambiental, em especial àquelas relacionadas às transformações da morfologia fluvial em decorrência da atividade antrópica.

Essa região possuía grande quantidade de lagos (nascentes) que interligados aos canais fluviais formavam a rede de drenagem da bacia do igarapé Grande. Conforme informações colhidas de moradores do local, essa região era composta de uma belíssima paisagem onde prevalecia a presença de animais, pássaros e peixes que viviam em harmonia com a natureza. A vegetação é composta por savanas que cobria toda a área da bacia, e a mata ciliar, formada por buritizais, seguindo o curso d'água, abundantemente. Diante do quadro exposto, é possível afirmar que os processos erosivos eram poucos de pequena intensidade, confirmando a eficiência da proteção da cobertura vegetal. A caracterização desta formação vegetal para essa área segue em concordância aos trabalhos de Meneses, Costa e Costa (2007) que estudaram as áreas lacustres dos lavrados de Roraima e do estudo de savanas de Roraima realizados por Barbosa e Miranda (2005).

O solo exposto visualizado evidencia o processo de expansão urbana em direção a cabeceira do igarapé Uai, demonstrando a atuação do processo de degradação ambiental que indiretamente deverá ter afetado os canais de drenagem. Isso porque a vegetação regula o escoamento e previne a erosão e a sedimentação dos corpos hídricos. A retirada da vegetação permite a exposição do solo que passa a sofrer uma maior radiação solar, o impacto do vento e da chuva age diretamente sobre o solo no que sofre perda de detritos por erosão. Os

sedimentos são carreados pelas águas superficiais em direção aos corpos hídricos alterando a dinâmica do fluxo e as condições morfológicas do canal.

Na análise observou-se que em 1985 a vegetação savana era abundante por toda a bacia e que a rede viária era quase inexistente, prevalecia-se de caminhos e trilhas que ligavam essa área aos bairros já estabelecidos na época. A ocupação e o modo de exploração do solo identificado apresentavam poucas alterações, sendo esses, pontos de solo exposto nas margens dos canais dos igarapés Uai e Grande, característicos da degradação gerada pela ocupação humana.

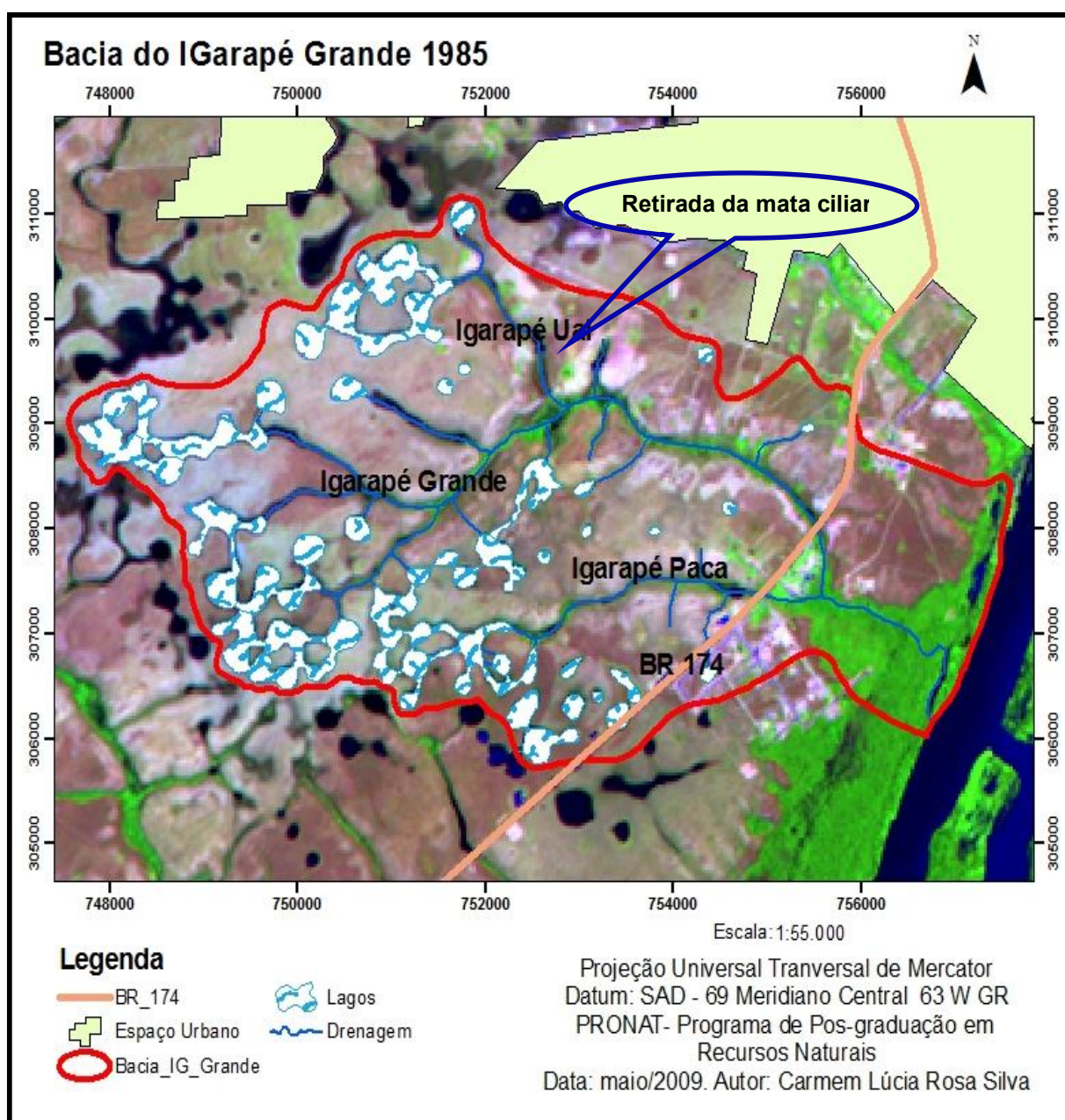


Figura 24 - Ocupação urbana da bacia do igarapé Grande localizada em Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5, em composição RGB (541) de 15/09/1985.

No entanto, é possível abordar que a ocupação do solo, mesmo com um contingente populacional reduzido (moradores dos sítios) sinalizou para a descaracterização do ambiente. Conforme estas afirmativas o processo de ocupação não levou em consideração a preservação dos canais de drenagem existentes. Na observação de campo constatou-se que em alguns pontos onde foi retirada a mata ciliar das margens dos igarapés, existe erosão a acumulação de sedimentos no leito vazante de canais, desestabilizando a eficiência do fluxo e o equilíbrio longitudinal dos igarapés.

Verificou-se também que as modificações sobre a área da bacia de drenagem do igarapé Grande são evidenciadas, num primeiro momento, pela intervenção direta sobre os canais do igarapé Grande e Paca, quando executada a construção de vias de tráfego e terraplanagem da BR-174. Esse fato torna-se preocupante, pois desenvolve processos erosivos no sentido transversal dos igarapés aumentando a carga sedimentar que uma vez transportada por estes canais podem acarretar alterações a jusante. A ação impactante da presença humana é detectada ainda na margem esquerda da rodovia e a direita do igarapé Paca, onde existe a presença de solo exposto e as trilhas de acesso.

Na figura 25 observa-se que no ano de 1990 começou o processo de expansão urbana sobre a bacia do igarapé Grande. As modificações da paisagem em relação a 1985 são ínfimas, mesmo assim, se faz delineando as proporções da degradação ambiental. A ocupação atingiu a bacia nas áreas de cabeceira das drenagens principalmente sobre os cursos fluviais no trecho superior do igarapé Uai, e pela margem esquerda do igarapé Grande. A abrangência desse impacto atingiu uma parte relativamente pequena da área espacial, mas a retirada da cobertura vegetal e o aterramento para as construções de moradias atingiram a extensão longitudinal da parte do canal do igarapé Uai, desestruturando sua geometria.

A imagem permitiu verificar que um trecho do igarapé Uai, situado na nascente foi totalmente descaracterizado, em função de ocupações urbanas irregulares. Neste local é tocante o impacto sobre parte do canal do igarapé Uai e do lago nascente, pois o mesmo perdeu a conexão com o igarapé. O solo exposto é mais uma evidência de que a área está sendo preparada para a ocupação urbana. Diante disso, confirma-se que essas intervenções afetaram indiretamente os cursos fluviais, através da deposição de sedimentos (provenientes da erosão das áreas de solo exposto) quando observado o soterramento das áreas de nascente, originando a maior oscilação da descarga dos canais em devido a perda da capacidade de infiltração e diminuição da recarga dos reservatórios subterrâneos. Este fenômeno segue o

pensamento de Faria (1994, 1996 e 1997) quando em estudos no Rio de Janeiro e Uberlândia comprovou a oscilação na extensão das drenagens em função da erosão e soterramento.

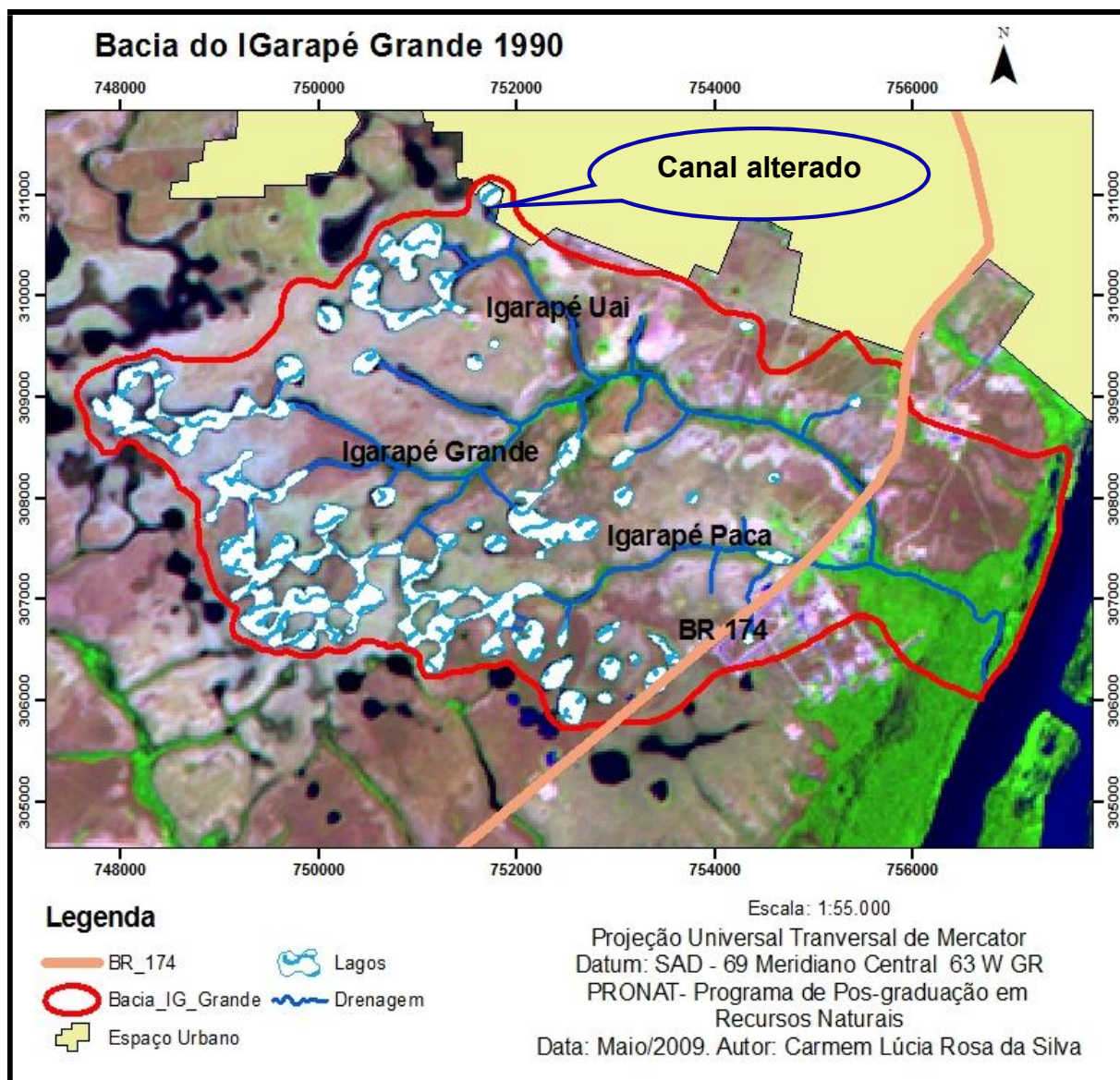


Figura 25 - Ocupação urbana da bacia do Igarapé Grande localizada em Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5 em composição RGB (541) de 17/02/1990.

A figura 26 mostra os impactos da expansão urbana sobre o curso fluvial do Igarapé Uai, confirmando que essas áreas começaram a ser ocupadas por moradias, sem considerar a existência dos lagos, o tipo de solo e nem o leito da drenagem. A ocupação foi favorecida pela inexistência do fluxo fluvial no período de estiagem, já que este canal é do tipo intermitente. Em consequência disso, verificou-se problema de alagamento na época chuvosa, que atingiu as residências, visto que, estas estão construídas dentro do leito vazante do canal.



Figura 26- Moradia construída sobre o canal do igarapé Uai, localizado na cidade de Boa Vista.

Analisando a figura 27 de 1995, verificou-se que o espaço urbano restringia-se a uma pequena área da bacia do igarapé Grande. Nesse período, a população concentrou-se na porção noroeste da bacia. Fato que justifica as consequências ambientais intensas sobre os lagos dessa área. Principalmente nas margens dos lagos que formavam as nascentes do igarapé Uai. Tais mudanças promoveram o aterramento desses, para dar espaço a construções de residências, em consequência disso, surge o aumento das superfícies impermeáveis ocasionados sérios desequilíbrios no fluxo fluvial e um aumento periódico de inundações.

Sendo assim, é admissível que o regime do fluxo do igarapé Grande também foi alterado já que os lagos afetados alimentavam o igarapé Uai e, seu afluente. Isso porque, a degradação dos lagos altera a dinâmica do sistema de drenagem, repercutindo no volume do fluxo a jusante, na dinâmica dos sedimentos, bem como, no teor de matérias orgânicas e poluentes presentes na água. Isso justifica a importância na conservação e preservação dos lagos, que pode ser feita através do monitoramento e controle dessas ações, visando à manutenção dos corpos hídricos.

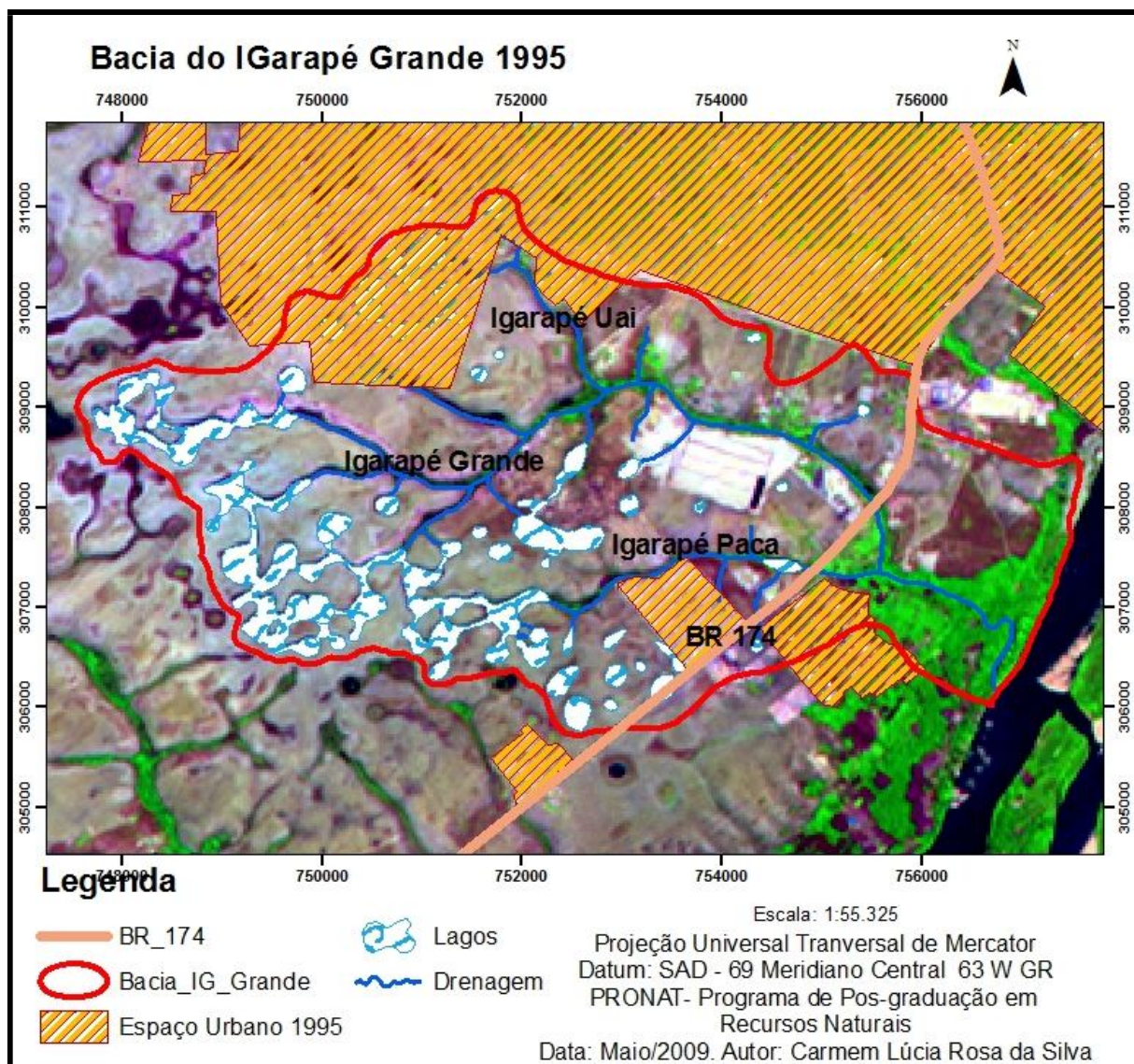


Figura 27 - Ocupação urbana da bacia do igarapé Grande, localizada na cidade de Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5 em composição R5G4B1 de 06/05/1995.

Analogicamente a paisagem natural dos lagos é substituída pela paisagem urbana, formada pelos bairros Cambará, Nova Canaã, Pintolândia e Silvio Botelho. O bairro Jóquei Clube começa a surgir pela margem esquerda do Igarapé Uai, já atuando negativamente sobre a natureza. Essa afirmativa pode ser comprovada pela presença de solo exposto, sugerindo a ação atuante do processo de erosão e sedimentação diretamente no canal quando aliado a corte na seção transversal por meio de aterro, obstruindo o canal e represando a água interferindo seu fluxo (figura 28).

A figura 28 ostenta uma área de solo exposto no local escolhido para a construção da Lagoa de estabilização. Esse período marca o início dessa construção e, mesmo antes do término, já era visível o impacto ambiental gerado por essa intervenção. Comprova-se que

outros impactos ocorreram atingindo os canais fluviais, quando observamos a elevação do número de ruas e trilhas utilizadas para o acesso dos moradores em toda a bacia. As consequências desse ato são inúmeras, mas é o aumento da erosão das margens, a sedimentação do leito do canal e o represamento da lâmina de água que são os aspectos mais fáceis de detectar.

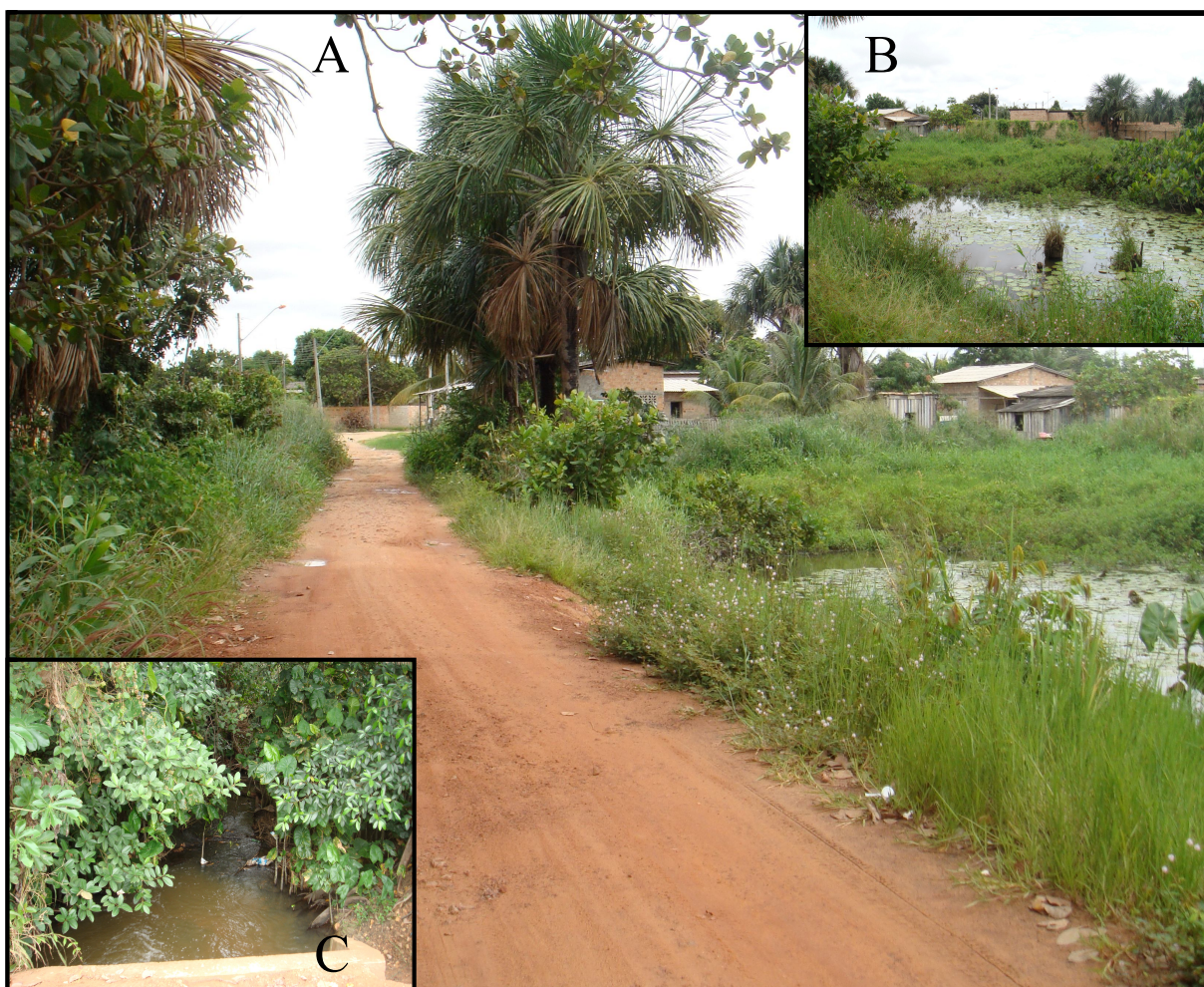


Figura 28 - (A) Aterro transversal sobre o igarapé Uai, localizado na cidade de Boa Vista. (B) Represamento da água pela obstrução do canal. (C) Diminuição da sequência do fluxo.

No ano 2000, a ocupação urbana atingiu o mais elevado grau de expansão do período estudado, recobrando quase toda a bacia do igarapé Grande. Houve uma acelerada substituição da vegetação nativa localizada nas cabeceiras de drenagem em função da ocupação das nascentes e canais. Por conseguinte, o cenário apresentado anteriormente, modifica-se gradualmente, e a área pouco explorada cede espaço à divisão da bacia em loteamentos, aumentam os arruamentos, o número de caminhos e trilhas e o adensamento de solo exposto (figura 29).

Em vista disso, detectou-se que o ano 2000 foi marcado por ações diretas sobre a drenagem. Parte das áreas pantanosas dos lagos, do leito dos igarapés e de alguns canais de primeira ordem, não foi preservada. Por conseguinte, a estagnação da ocupação urbana não significou estabilidade na mudança da paisagem, pois levantamento em campo mostra que o adensamento ocupacional comprovado deu-se sobre os vales de drenagem fluvial. A degradação mencionada vem corroborar com os efeitos da ação direta apresentadas em estudos de Faria (1996) que analisou a fragilidade de canais de 1ª ordem.

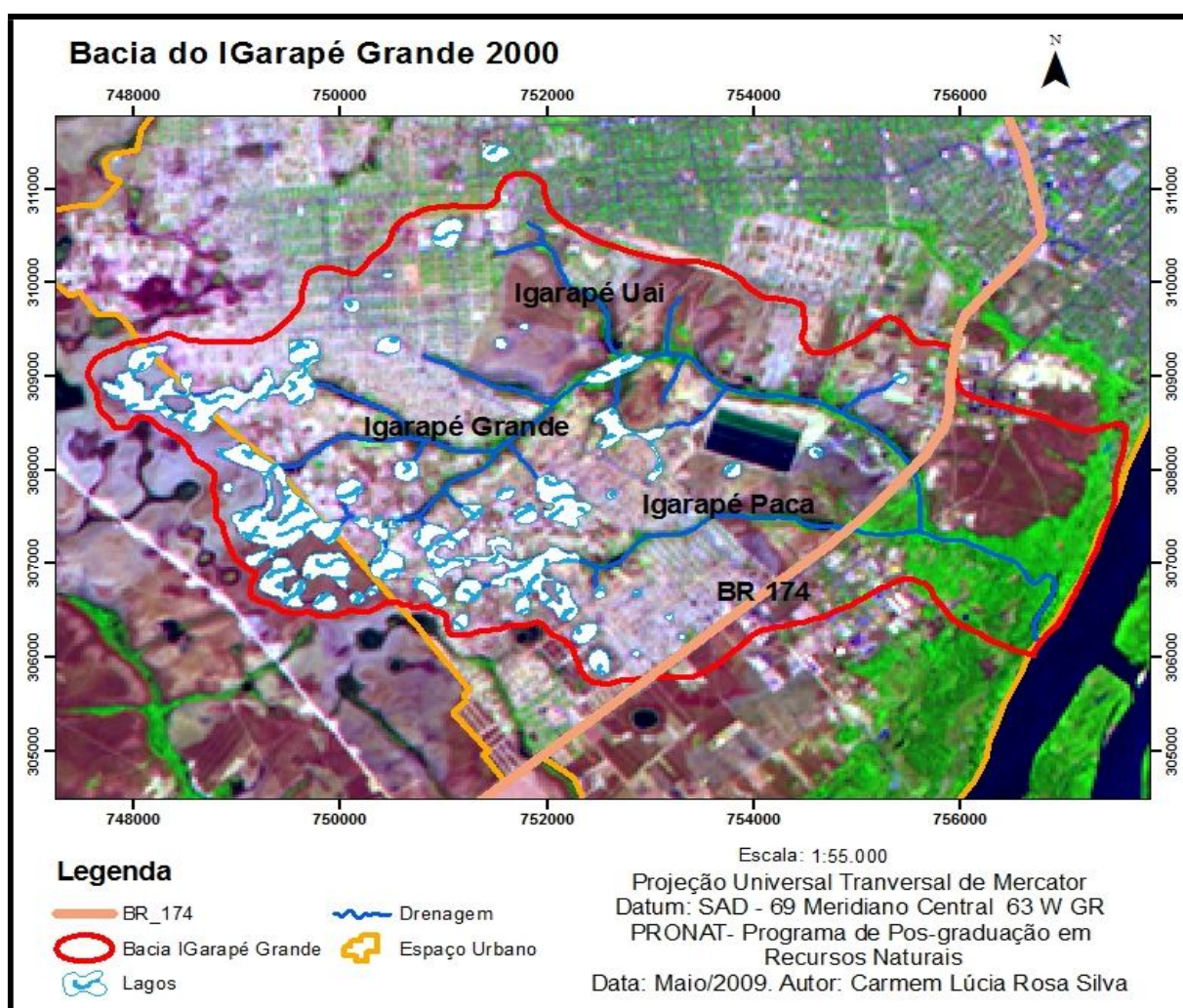


Figura 29 - Ocupação urbana da bacia do igarapé Grande localizada em Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5 em composição RGB (451) de 01/04/2000.

Diante do contexto, admite-se que a interferência antrópica sobre os canais da bacia foi por meio de construções e modificações nos sistemas de drenagem dos canais e das nascentes. Os aterramentos desses espaços aumentaram as superfícies impermeáveis, e, conseqüentemente ocasionaram sérios desequilíbrios ecológicos e um aumento periódico de

inundações. As nascentes dos igarapés Grande e Paca se mostram seriamente afetadas, haja vista estarem tomadas pela ocupação urbana, reduzindo a extensão longitudinal dos canais naturais nessa área (figura 30).

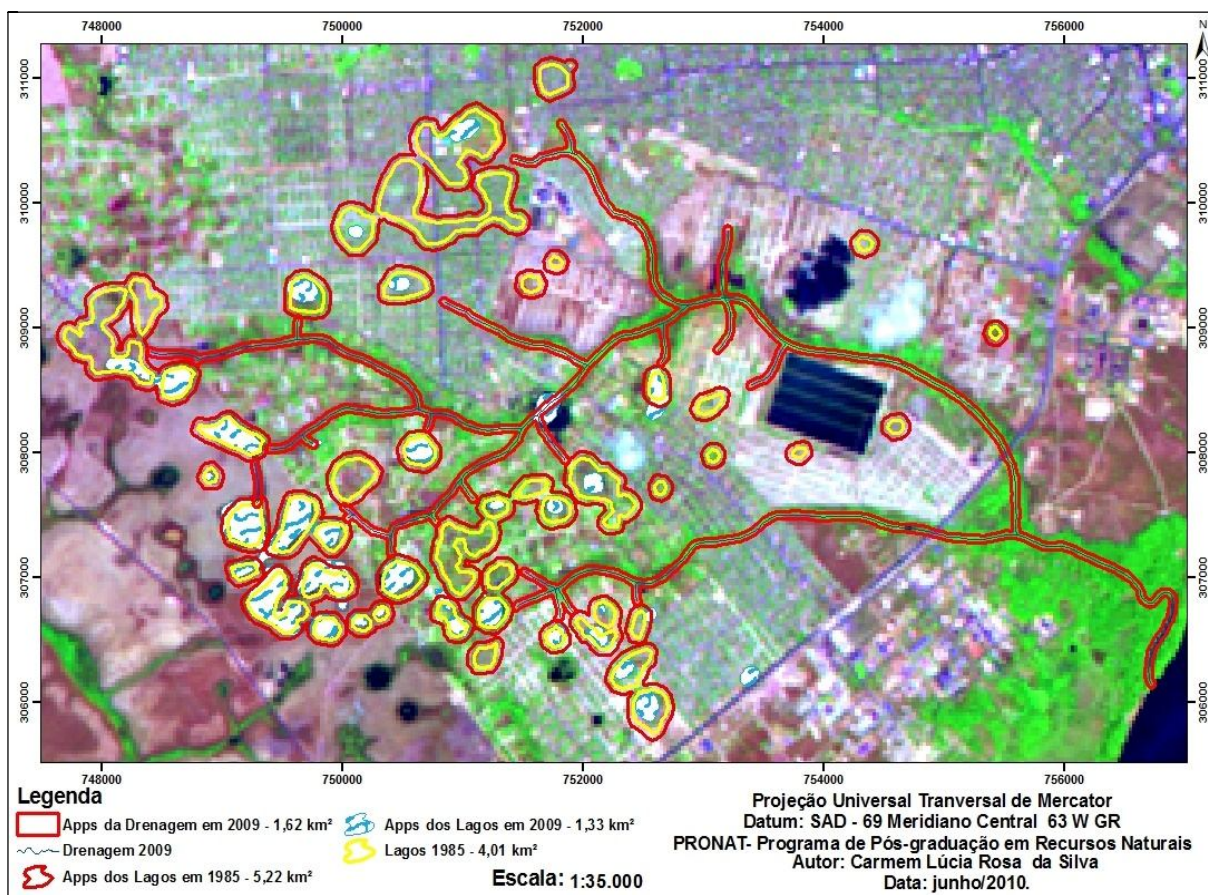


Figura 30 – APPs dos corpos hídricos da bacia do igarapé Grande em Boa Vista.

Em levantamento feito em campo detectou-se que as construções nas margens desses igarapés e dos lagos não respeitaram as áreas de APPs. Fato comprovado na figura 30, onde se verificou que os lagos foram os mais degradados durante a ocupação, pois em 1985 as áreas de APPs dos lagos era de aproximadamente 5,22 km² ficando com apenas 1,33 km² atualmente. Observou-se que a atuação antrópica nessas áreas promoveu a retirada da vegetação ciliar de forma parcial no decorrer das drenagens, os únicos locais ainda não alterados significativamente encontra se após a confluência com o igarapé Paca no sentido a jusante como mostra a figura. No entanto na foz existe a ação do homem para a retirada de areia que está interferindo muito nas condições geométrica do canal do igarapé Grande.

A análise das áreas de APPs visualizada na figura 30 mostra uma quantidade significativa das áreas de lagos ocupada pelas residências. Certificou-se “in loco” que parte

dessas áreas sofrem com a influencia das intensas precipitações que provocam alagamentos no período chuvoso, principalmente as margens do igarapé Paca. A ocupação das margens do igarapé Grande e paca tiveram como objetivo área de cultivo hortifrutigranjeiro, já que, é composta por chácaras onde são comuns as construções de estufas e açudes nas margens por todo o espaço. Outro problema degradante para o igarapé Grande foi à construção da lagoa de estabilização da CAER, Estação de Tratamento de Esgoto - ETE, contribuinte de nutrientes e biomassa fitoplanctônica para o igarapé (figura 31) como mostra o trabalho de Peccini Neto et al. (2007).

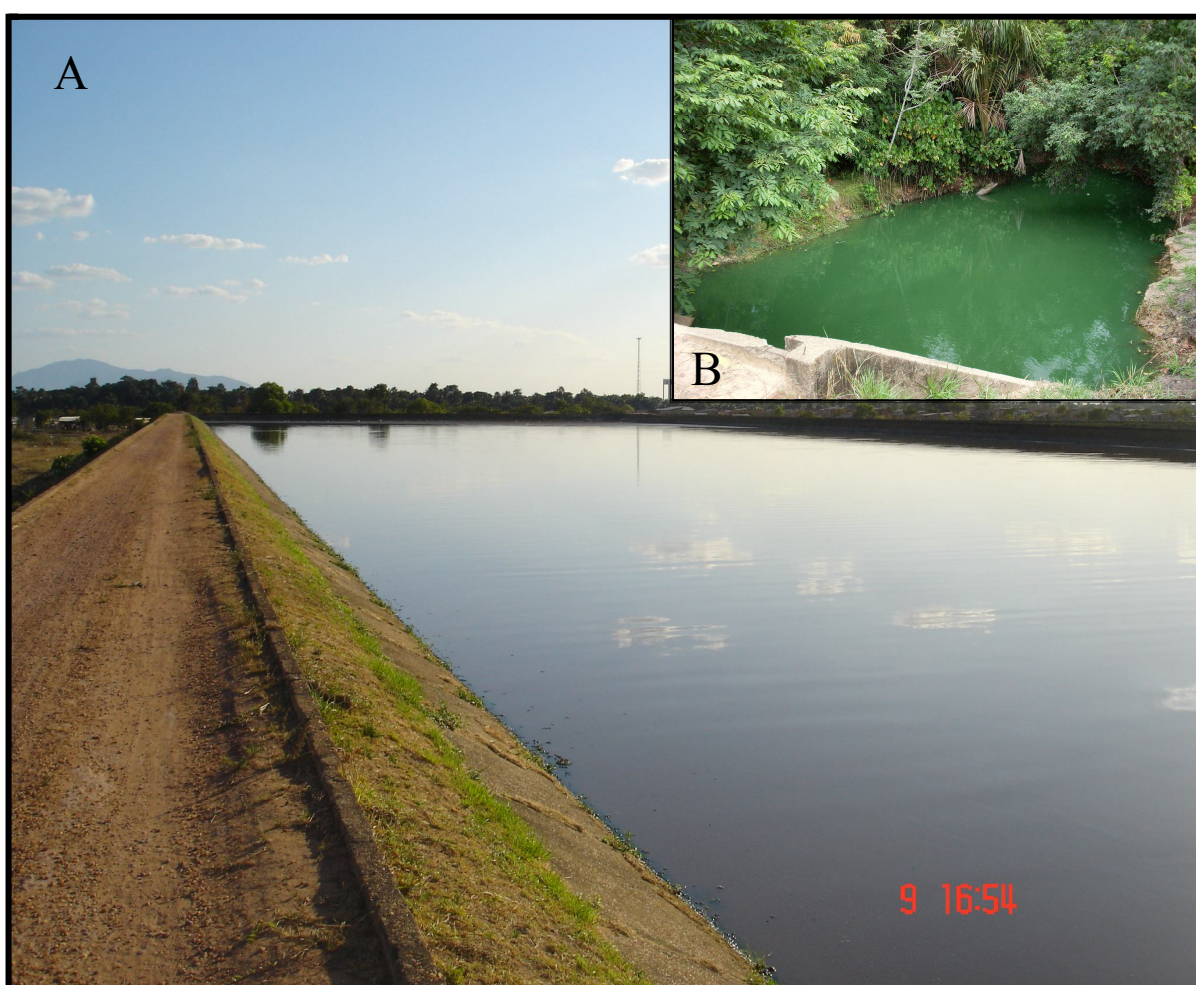


Figura 31 - (A) Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Localizada no Bairro São Bento. (B) Igarapé Grande contaminado por resíduos da lagoa de estabilização.

A figura 32 mostra que em 2004, o espaço ocupado não apresenta expansão expressiva em relação a 2000, mas as mudanças nos canais fluviais aumentaram devido ao adensamento populacional na área, intensificando cada vez mais a retirada dos restos vegetais de savana das porções mais elevadas das vertentes. Conseqüentemente tais ações geraram

várias consequências já discutidas anteriormente e que influenciaram de forma incisiva na dinâmica fluvial.

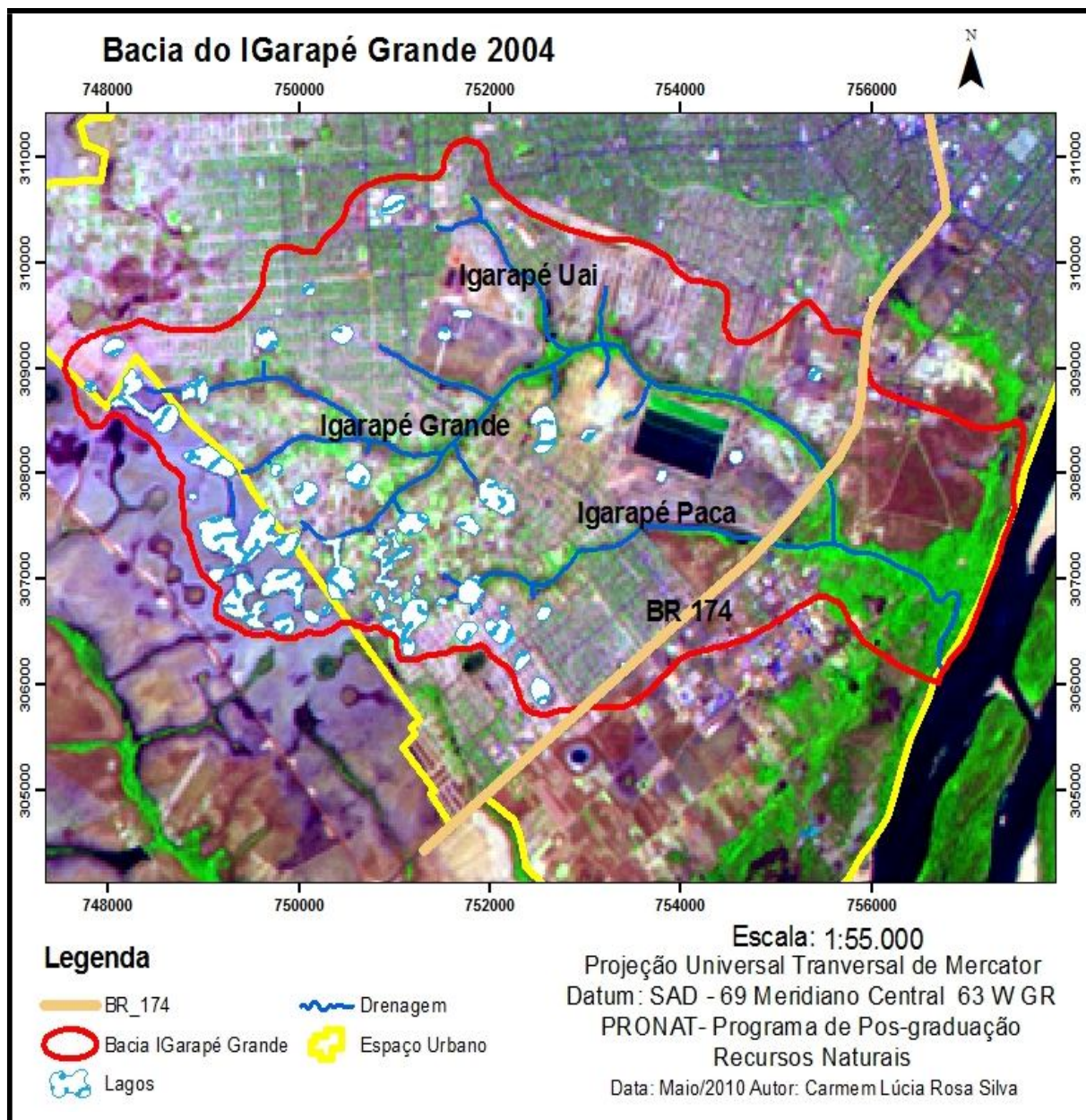


Figura 32 - Ocupação urbana da bacia do igarapé Grande localizada na cidade de Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5 em composição RGB (541) de 11/03/2004.

Neste momento predomina a intensa redução da cobertura vegetal nas áreas de nascentes, e ao longo do trajeto principal dos canais. O soterramento das áreas de nascentes de grande parte dos canais vai decisivamente influenciar para o aumento da possibilidade de ocorrência de modificações associados à geomorfologia do canal. Sendo assim, o escoamento, que antes estava em estado retardado, passa a ocorrer antecipado e com uma magnitude

maior. Isso tem como resultado negativo o aumento na frequência das enchentes de proporções significativas em alguns trechos do canal fluvial, devido à intensa duração das precipitações. Problemas semelhantes foram detectados por Wankler et al. (2009) quando estudaram as implicações sobre o igarapé Caranã em Boa Vista.

Pode ser observado na figura 33, que no ano de 2009 o espaço urbano não apresentou expansão significativa em relação ao ano de 2000. No entanto, o adensamento populacional favoreceu a ação antrópica dando continuidade ao processo de degradação nos corpos hídricos, agindo tanto de forma direta, como indireta. Tais alterações serão discutidas no tópico a seguir, onde a visualização da imagem estará relacionada diretamente ao levantamento realizado em campo.

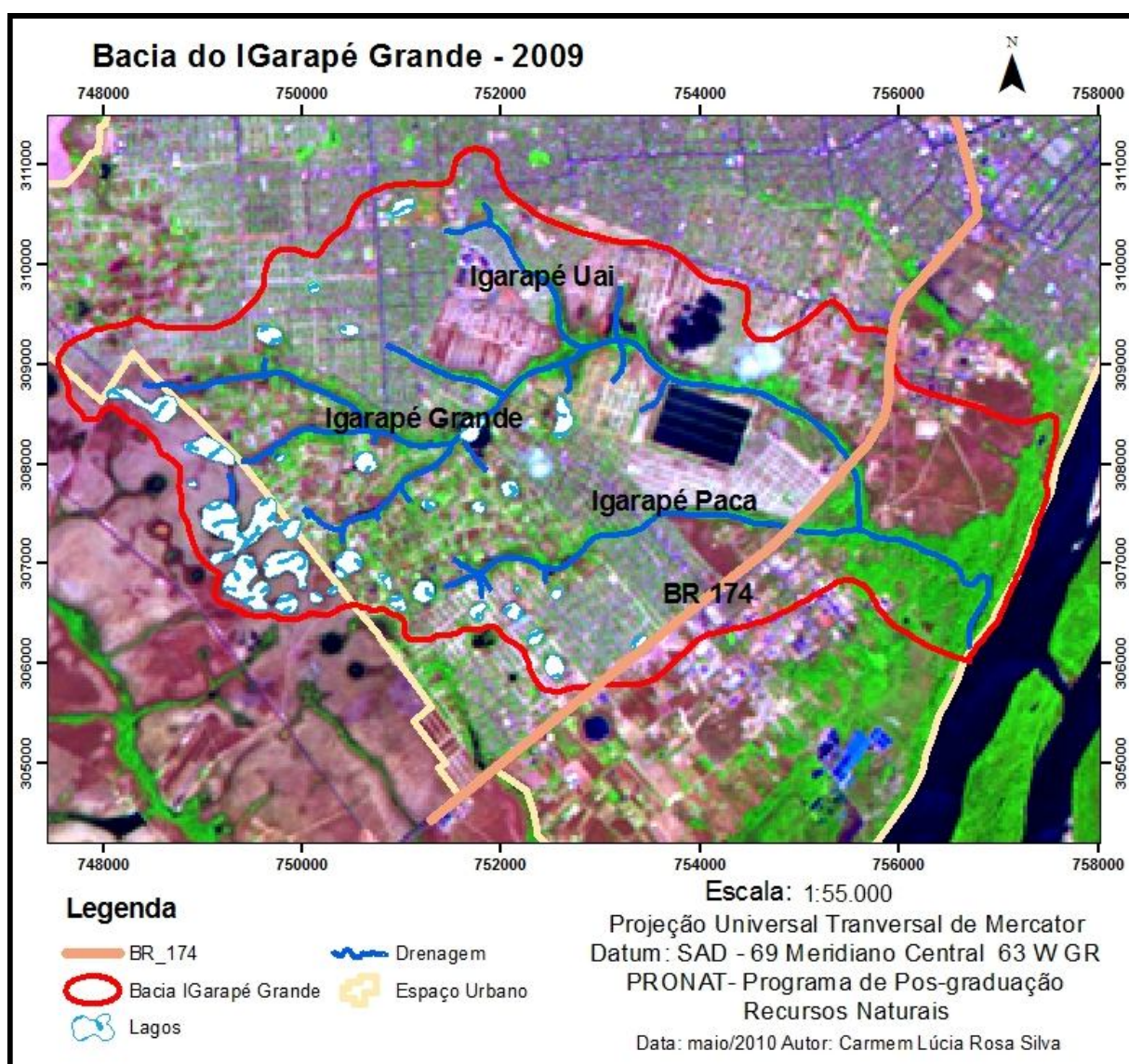


Figura 33 – Ocupação urbana da bacia do igarapé Grande localizada na cidade de Boa Vista, visualizada na imagem TM/LANDSAT-5 em composição RGB (123) de 05/10/2009.

4.3.3 Avaliação da Variação do Padrão de Drenagem de 1985 a 2010 em Função dos Impactos Diretos e Indiretos.

Observações feitas durante o levantamento em campo confirmaram os resultados visualizados na vetorização manual e na classificação supervisionada das imagens, além de identificar as intervenções diretas nos canais de drenagem da bacia do igarapé Grande, impossíveis de serem observadas. Portanto os resultados e as discussões a partir de agora serão relacionada ao ano de 2010.

As análises das imagens anteriores atestam um período de ocupação intensa na bacia nos últimos quinze anos. Observações em campo asseguram que, essa ocupação, provocou ações diretas e indiretas sobre os canais de drenagem. O resultado das atividades humanas desenvolvidas na bacia do igarapé Grande decorreu das ações indiretas especialmente pelo manejo inadequado do solo. Em levantamento de campo foi confirmado a deposição de sedimentos encontrados nas áreas, tanto das nascentes como dos canais.

Em pesquisa in loco verificou-se que o processo de ocupação urbana compacta o solo, gerando a impermeabilização, tendo como consequência a diminuição da taxa de infiltração de água, aumentando o escoamento superficial, e a quantidade de sedimentos a ser carregado para a rede de drenagem, o acúmulo desses, geram conforme visualizado ao longo do curso d'água do igarapé Grande, depósitos de sedimentos que modificou a geometria do canal de drenagem por meio do assoreamento (figura 34). Essa constatação segue o pensamento de Faria (1994) e Sander (2003) sobre mudança na geometria de canal.

No entanto, a condição atual da bacia do igarapé Grande resulta da ocupação do espaço pela urbanização. Analisando a situação verifica-se que a expansão urbana interferiu sobre os cursos fluviais causando alterações que afetaram parte, ou toda a extensão dos corpos hídricos. Observamos que atualmente a bacia está com aproximadamente 94,5% de sua área urbanizada e os impactos sobre os canais de drenagem são bastante perceptíveis.

Neste estudo verificou-se que uma parte da área da bacia visualizada exibe que essas áreas foram intensamente ocupadas pela urbanização, onde uma pequena área permanece com solo exposto, resultante de alguns lotes a espera de ocupação. A mata ciliar está parcialmente preservada ao longo dos canais, principalmente próximo à jusante dos mesmos.



Figura 34 - Banco de areia assoreando o canal e alterando o fluxo do Igarapé Grande localizado em Boa Vista.

A análise da figura 35 ostenta que a expansão urbana na bacia estudada foi intensamente expandida entre o ano de 1995 a 2000, ficando a partir desse momento estagnada em relação à expansão da área até o ano 2009. O levantamento das ações antrópicas detectadas em campo indicou que a ocupação do solo dessa área no decorrer desse tempo foi intensa.

Diante do contexto, analisamos que o primeiro nível de intervenção antrópica, está associado à esfera da cobertura vegetal e uso da terra, através da retirada da vegetação. O segundo nível de intervenção ocorre através da criação de uma nova morfologia dos canais. Nessa fase, são elaborados grandes cortes e aterros no terreno para a instalação do sistema viário e posterior instalação das construções. No entanto afirmamos que a dinâmica no processo de expansão se mostra nos dois níveis ao mesmo tempo, o contrário ocorrerá quando a expansão estiver estagnada. Essas alterações confirmam as idéias de Cunha (2003) quando alega que as atividades humanas podem alterar os canais de drenagem de diferentes formas e escala de intensidade por meio de obras de engenharia ficando em apenas um nível.

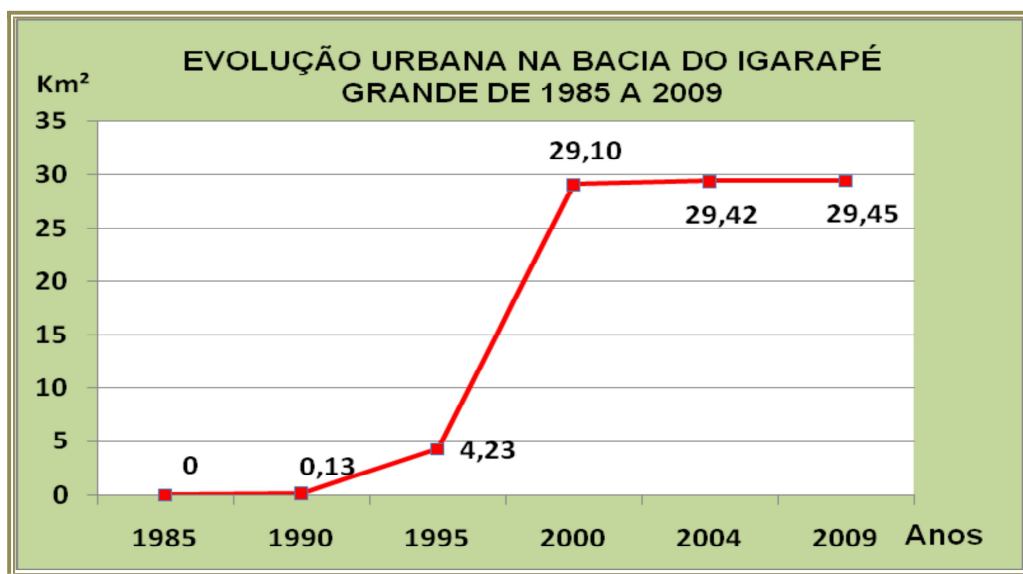


Figura 35 - Resultado da variação espaço-temporal derivada da ocupação e uso do solo pela população urbana de Boa Vista.

Na área de estudo foram observadas várias intervenções antrópicas sobre as formas de relevo, alterando as morfologias originais, destruindo algumas de suas características básicas e gerando novos processos morfodinâmicos. A degradação ambiental é resultado da expansão urbana que não visa o uso dos recursos naturais de modo sustentável, poluindo os meios aquáticos, incluindo os lagos e canais, provocando situações desastrosas, com chance de estabilidade cada vez menor.

Entre os impactos observados verificaram-se os arruamentos, que respeitando a topografia, acabam cortando e direcionando os fluxos hídricos, gerando padrões de drenagens não existentes. Isso transforma as ruas em verdadeiros leitos pluviais durante os eventos chuvosos, canalizando e direcionando os fluxos para setores que anteriormente possuíam um sistema de drenagem diferente.

Atualmente observa-se na extinção dos lagos, uma grande perda, no âmbito natural, no que se refere à hidrografia local. A extinção e a deterioração desses lagos causam prejuízo através de mudanças no padrão oscilatório natural das águas, que interfere em períodos de seca, quando a água passa pelo processo de evaporação em períodos de chuvas, onde geralmente ocorrem grandes cheias.

A importância desses ambientes está relacionada à sua função que permite a manutenção dos recursos hídricos, sendo, portanto, necessários ao equilíbrio das regiões em que está inserida. Seu papel é alimentar as drenagens, conter as enchentes e manter a biodiversidade, sendo necessário, para isso, que ocorra sua conservação. Portanto, pode-se assegurar que os períodos de inundação temporária ou permanente na bacia devem-se a

descaracterização morfológica dos corpos hídricos em locais com presença de lagos e em áreas paludais, pois trabalhos de Vieira e Cunha (2005) declaram mudanças na geometria das drenagens em áreas urbanas influenciam no comportamento das vazões responsáveis na maioria das vezes, pelas inundações.

No entanto com a ocupação urbana, parte da água que antes infiltrava no solo, ou escoava lentamente pela superfície da bacia, passe a escoar mais rápido em direção ao canal fluvial. Isso faz com que as águas das chuvas permaneçam por mais tempo na superfície, aumentando o volume, que exige maior capacidade de escoamento do canal fluvial. Diante da incapacidade do canal, esse fator acaba provocando enchentes e a acumulação pontual da água atingindo locais de risco a inundação.

Vendo por esse ângulo, a construção da malha urbana tem induzido a uma impermeabilização do solo e a diminuição no tempo de deslocamento da água da chuva até a sua chegada às áreas de fundo de vale determinando uma maior frequência de inundações em trechos dos igarapés da bacia.

Como detectado neste local, a dinâmica fluvial dos igarapés está relacionada à exposição do solo que, impulsionada pelos processos erosivos e pela baixa competência da drenagem em remover os sedimentos depositados pelos fluxos, permite a sedimentação. Observação na bacia detectou a diminuição da descarga e da extensão de trechos de canais, além da destruição de diversas nascentes. As deposições de sedimentos encontradas ao longo dos canais são de granulometria variada, sendo que os de menor proporção atestam que sua deposição está relacionada ao baixo gradiente do canal e a menor descarga durante a ocorrência de chuvas.

As intervenções no igarapé Uai foram em virtude do uso do solo para a construção de bairro residencial. Além da intervenção direta na rede de drenagem, conferimos outros impactos como: fornecimento de maiores volumes de sedimentos para a rede de drenagem (devido à maior exposição do solo); o aterramento de algumas nascentes; construção de ruas e a concentração de escoamento superficial, maior variação do fluxo de base dos canais (pela diminuição da permeabilidade da área da bacia); e o aumento da erosão ao longo do canal nos trechos superiores (em consequência do incremento do escoamento superficial).

A complexidade de alterações diretas executadas na rede de drenagem tem sido semelhante entre si, na maioria dos canais, variando apenas no espaço e tempo. A interferência antrópica nos igarapés Uai, têm se dado principalmente pela modificação dos sistemas de drenagem na área das nascentes. Os tipos de intervenções mais utilizados foram: a construção de residências sobre o canal, aterramento de canais e de áreas de nascentes, canais

artificiais (canalização de fluxos); ampliação da seção transversal do canal; e construção de açudes. As intervenções diretas ao igarapé Uai foram: o desvio de um trecho através de retinilização aumentando a extensão longitudinal, a extinção de alguns trechos (figura 36).



Figura 36 – Canalização na cabeceira do igarapé Uai, localizado em Boa Vista. Moradias em área de alagamento

Levantamento no igarapé Grande identificou um grande período de intervenção direta na rede de drenagem por meio da construção de açudes nas margens e dentro do canal. Esse igarapé foi fortemente atacado em seus lagos, como nos mostra a figura 37 e 38, onde o lago foi cortado ao meio por uma rua, utilizada em período seco. Alguns lagos, ainda, permanecem ativos, no entanto, diante das ocupações irregulares, fica difícil prever até quando esses estarão presentes nessa área.

A montante do igarapé Grande, área anteriormente ocupada por vários lagos, foi construído o Conjunto Cidadão, alterando a área limite da bacia. Neste ponto foi necessário fazer uma vala para drenar as águas dessa região (período chuvoso). Nesse período, o volume de água excede o normal pelo recebimento de água que deveria estar acumulada no perímetro ocupado pelo referido loteamento seguindo mais intensamente em direção a bacia do igarapé

Grande aumenta o nível da lamina de água. A elevação do nível das águas na nascente do igarapé Grande altera o fluxo normal, inundando locais que antes não possuía esse problema.



Figura 37 - Lago da cabeceira do canal afluente do igarapé Grande em Boa Vista.

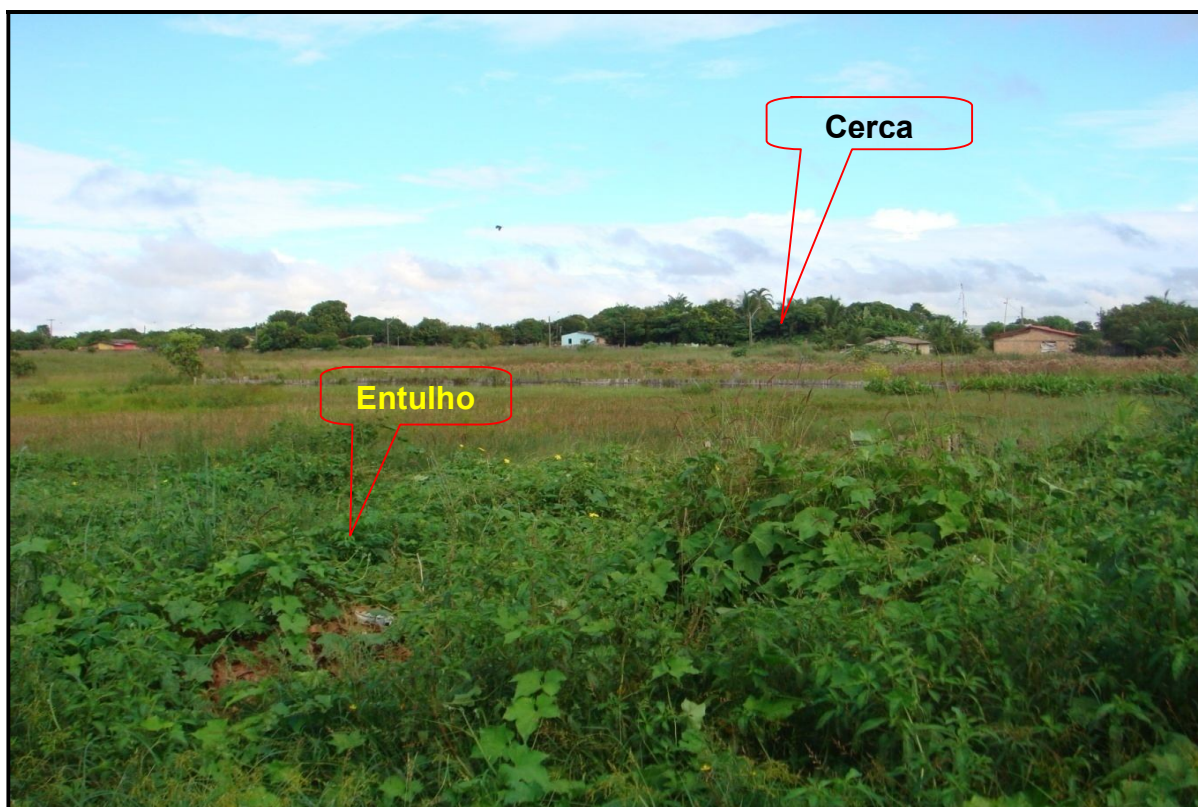


Figura 38 - Lago pertencente ao igarapé Grande em Boa Vista, ocupado por residências.

A ocupação atingiu também pequenos canais afluentes do igarapé Grande, por meio de retificação. Outras intervenções têm ocorrido com a construção de ruas voltadas à circulação de pessoas no sentido transversal do canal. Além disso, surgiram modificações na rede de drenagem a fim de dois propósitos principais: o primeiro foi baseado no armazenamento da água através da construção de açudes, e o segundo teve o objetivo de acelerar a saída da água em certos trechos do canal, por meio da construção de drenagens.

A deterioração dos ambientes aquáticos desta bacia, como visualizados na figura 39, vincula-se ao crescimento populacional e rápida urbanização de Boa Vista, aliadas a falta de planejamento urbano e a importância dos recursos hídricos disponíveis. Em campo verificaram-se o crescimento exagerado de macrófitas aquáticas e organismos fitoplanctônicos, como as Cyanobacteria que deixam claro a eutrofização desse ambiente. Trabalhos realizados por Peccini Neto et al. (2007) confirmam esse resultado, pois constataram prejuízos ambientais, causados por esses organismos, reduzindo a diversidade ecológica e restringindo o uso da água para abastecimento público.



Figura 39 – Vista parcial do lago nascente do igarapé Grande com presença de macrófitas e ciperácias.

No entanto ressaltamos que as transformações na rede de drenagem têm se baseado na manipulação dos recursos hídricos nas áreas de nascentes através da regulação e gerenciamento dos canais. Dentre as maiores alterações destacam-se as modificações por

meio de revitalização de drenagem da bacia, principalmente nas ligações entre lagos, além de cortes transversais que impedem o curso normal de escoamento da água, provocando seu represamento (figura 40). Estudos realizados por Faria (1996), Fernandez, Sander e Rebelatto (2001), Vieira e Cunha (2005), Fernandes, Carneiro e Magalhães Junior (2008) destacam que o problema gerado pelas obras de engenharia nas seções transversais dos canais são intensos, e afetam a variabilidade da magnitude e da frequência da água em direção à jusante.



Figura 40 – Vista parcial de açude construído no leito do igarapé Grande na cidade de Boa Vista.

A rede de drenagem do igarapé Grande tem sido utilizada ainda para o cultivo de hortaliças fato esse favorecido pela construção de canais artificiais para a drenagem de áreas pantanosas e a melhoria da drenagem do solo úmido.

Entre os impactos constatados sobre os igarapés temos também as construções de ruas impedindo o fluxo da drenagem e pontes (figura 41, 42 e 43). Tais impactos devem ser evitados através da reconstrução da vegetação da margem após o termino da construção, infelizmente, isso não ocorre. A instalação desse tipo de estrutura determinou a diminuição da seção transversal do canal, obstruindo a passagem de materiais como galhos de árvores e o lixo jogado no canal. A interceptação desses materiais gerou um processo de erosão e

deposição de sedimentos na seção transversal como mostra a figura. No entanto, notou-se que a substituição da ponte de madeira por outra de concreto intensificou os problemas gerados pela primeira construção.



Figura 41 - Processo de erosão na transversal do igarapé Grande localizado em Boa Vista.



Figura 42 –Nova ponte do igarapé Grande localizado em Boa Vista. Intervenção sobre a vegetação.

As consequências aparentes das construções de pontes no igarapé Grande são a acumulação de sedimentos nas bordas e dentro do curso d'água, além disso, os igarapés da bacia podem ser contaminados em decorrência da matéria orgânica acumulada ou por compostos químicos retidos nos sedimentos oriundos da erosão do leito e margens do canal. A rede de drenagem em estudo favorece o aparecimento desses impactos em função de seu baixo gradiente que interfere na dinâmica do fluxo, diminuindo a capacidade de escoamento da água, principalmente na estação seca.



Figura 43 - Residências sobrepondo o canal de drenagem natural afluente do igarapé Grande extinto pela ocupação. Bairro Centenário em Boa Vista.

Visitas na bacia do igarapé Grande possibilitaram constatar interferências antrópicas que modificaram a geometria, a densidade (comprimento dos canais por unidade de área) e a frequência (número de canais por unidade de área) da rede de drenagem. Essas mudanças foram verificadas no traçado de alguns canais que foram transferidos e reposicionados conforme o limite das propriedades; exemplificado na figura 43 que destaca as construções sobre o que antes era uma drenagem do igarapé Grande.

As modificações visualizadas no canal do igarapé Paca se assemelham às ocorridas nos igarapés Grande e Uai. Nota-se que a urbanização causou as seguintes alterações: a retirada da vegetação primitiva e impermeabilização do solo, aterramento das áreas de

nascentes da água nas cabeceiras de drenagem para a construção de moradias e acessos, edificação de casas no leito dos canais e construção de canalização para escoamento pluvial. Além disso, foram constituídos açudes localizados nos extremos à montante das áreas formadas por depressões pantanosas, atingindo suas nascentes principais.

No entanto as construções desses açudes tiveram seus fins voltados à piscicultura (figura 44). Além disso, foram construídos canalizações para drenagem de trechos alagados, com objetivos de aumentar as áreas de cultivos de hortaliças e também, para dissipação de fluxos torrenciais.



Figura 44 - Vista parcial do açude construído na margem do igarapé Paca localizado em Boa Vista, próximo ao lago.

Podemos perceber que processos históricos da influência antrópica direta nos cursos fluviais promoveram diferentes rearranjos espaciais e temporais na rede de drenagem. As intervenções diretas na bacia foram bastante intensas, afetando às áreas de cabeceira de drenagem e no decorrer da extensão longitudinal dos canais. Essas mudanças foram em função da necessidade em fixar moradia e pela construção de açudes para a produção de peixe.

A construção de estradas e ruas modificou a seção transversal do canal impedindo a passagem do fluxo de água. Assim, quando chega a estação chuvosa, os fluxos ficam represados ao longo da estrada juntamente com detrito erodido sendo depositado junto aos

cursos fluviais em alguns setores dificultando a capacidade do canal de drenar água durante períodos de fortes chuvas. Esse processo tem favorecido a emersão de água em alguns setores de antigas áreas pantanosas.

O igarapé Paca, especificamente na margem esquerda onde se localiza o assentamento urbano São Bento, possui fluxo perene devido à interceptação do lençol. Naquele local, observou-se a existência de um canal artificial que desvia o fluxo da água (figura 45). Um canal retificado gera inúmeros impactos geomorfológicos, como: alteração no padrão de drenagem, redução no comprimento do canal, perda de meandros; alteração na forma do canal (aprofundamento e alargamento); diminuição da rugosidade do leito.

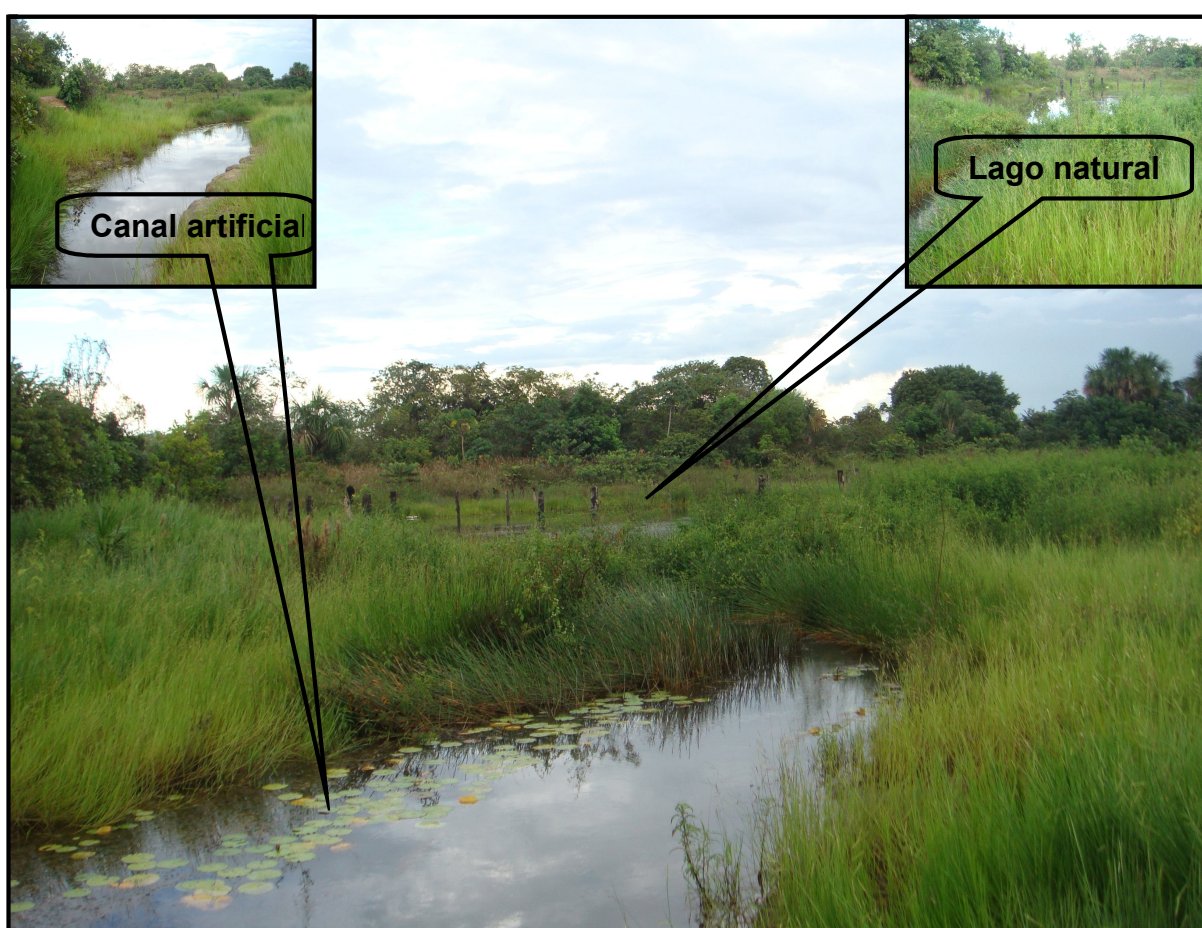


Figura 45 - Trecho canalizado, desviando fluxo do igarapé Paca, criando novo curso de água.

A expansão urbana apresentada na figura 46 sobrepôs uma drenagem afluente do igarapé Grande visualizada na análise de 1985, sendo que atualmente está extinta. O escoamento superficial se dispersa indefinidamente pelas ruas. As observações realizadas em campo mostraram interdependência entre a extensão total de fluxos nos canais, descarga dos

igarapés e a pluviosidade. Neste sentido, os igarapés estudados têm maior extensão dos fluxos na estação chuvosa com mais altas descargas no mês de julho.



Figura 46 - Fluxo de água intermitente represado na estação chuvosa. Igarapé Grande. Bairro Operário em Boa Vista.

No período seco, ocorrem às migrações das nascentes, sob o efeito de retração da rede de drenagem, o decréscimo na descarga dos canais. A extensão dos canais em época de estiagem reduz seu fluxo em coerência à diminuição do índice pluviométrico. Os mais baixos valores de descarga do canal estão relacionados aos períodos de estiagem. Os trechos de canais intermitentes da bacia do igarapé Grande são a resposta do clima associado à interferência antrópica no espaço urbano. Este fato nos coloca diante da importância dos reservatórios subterrâneos para a manutenção da extensão dos fluxos das redes de drenagem durante períodos de forte deficiência hídrica (período de setembro a março).

Verificou-se que as alterações diretas e indiretas que modificaram a rede de drenagem da bacia do igarapé Grande ocorreram de modo aleatório, haja vista, a ocupação e o uso do solo terem desconsiderado a conservação do meio ambiente. O diagnóstico de alguns

pontos de degradação gerados pela ocupação do solo aponta a falta de um planejamento urbano controlado e sustentável. Os problemas observados alertam para a necessidade de políticas adequadas que visem à preservação dos recursos naturais, reduzindo a degradação ambiental. Essa consideração segue o pensamento de Tucci (2008) que enfatiza a necessidade de planejamento e gestão do uso do solo para uma expansão urbana sustentável.

Desse modo, devem-se preservar os corpos hídricos porque os mesmos podem levar séculos para se recuperar. Nesse sentido, o processo de revitalização pode ser acelerado através da intervenção ativa, tal processo exige maiores investimentos financeiros. Primeiramente, são executados projetos ligados à intervenção ativa em canais de baixa e média-ordem. Dentre os projetos mais conhecidos por intermédio da intervenção ativa está o restabelecimento de meandros, de depressões/soleiras e Estrutura de depressão/cascata. Fato dessa natureza é preocupante, porque o controle da ação antrópica sobre a rede de drenagem fluvial e a restauração demanda um investimento de alto custo.

De modo geral, as medidas de controle diretas aplicadas a canais fluviais mais conhecidas são: estruturas de diques (EUA) para corrigir o traçado de canais, assim como, para promover a proteção contra danos de erosão ou inundação em áreas cultivadas e centros urbanos; dragagem: para a limpeza de canais de rios, para corrigir as irregularidades e aprofundar o leito dos canais e lagos; represas (barragens) e reservatórios: para o controle de inundação e lazer a qual representa ação impactante intensiva na área do reservatório e em trechos à jusante do represamento (depósito de sedimentos erodidos e trazidos de encostas à montante).

Diante do contexto, sugere-se que haja mudanças na forma de urbanização, que se adotem modelos que busquem promover a sustentabilidade urbana, pois, esse promove a aproximação das dimensões ambiental, social e econômica, relacionando questões relativas à vulnerabilidade social de uma área urbana à capacidade do meio ambiente em absorver os impactos das atividades antrópicas. O processo de ocupação do solo urbano deve se sustentar em um Plano Diretor do Município desenvolvido em acordo com as Leis ambientais.

A situação atual dos igarapés que compõem a bacia do igarapé Grande aponta para uma vegetação ciliar razoavelmente preservada, principalmente em direção à jusante. A presença da vegetação ciliar no decorrer de maior parte dos canais está parcialmente preservada. Isso nos dá uma visão da necessidade de restabelecimento das áreas degradadas com espécies vegetais nativas, tornando-se viável economicamente e ambientalmente correta, pois a recuperação natural não implica em grandes gastos monetários.

Desta forma, a reposição da cobertura vegetal ciliar é um elemento essencial no equilíbrio do sistema através da estabilização de margens; regulação de nutrientes; purificação de sedimentos; aninhamento de áreas para pássaros; cobertura para peixes; age como modelador térmico, mantendo a água resfriada durante o verão e mais aquecida no inverno. Comprova-se, portanto, que a presença da vegetação melhora e auxilia a retenção da água proveniente do escoamento superficial e, assim, libera o fluido lentamente, transformando canais efêmeros em intermitentes ou mesmo perenes (a vegetação age como reservatório natural de água).

4.3.4 Variação da Extensão da Rede de Drenagem da Bacia do Igarapé Grande

Quanto às transformações na morfologia do canal principal da bacia, constatou-se que a expansão urbana vivenciada neste espaço produziu alterações bastante significativas. Esse fato pode ser atribuído, aos fatores: a ocupação da planície de inundação, a construção de açudes nas APPs, a arquitetura de pontes e ruas nas transversais dos canais. Esse problema não se restringe apenas a bacia do igarapé Grande, se compararmos este estudo ao realizado por Wankler et al. (2009) na microbacia do igarapé Caranã, os problemas são semelhantes.

A análise das imagens TM/LANDSAT-5 de 1985 a 2009 possibilitaram observar a variação decorrida em relação à extensão dos canais (tabela 20). Em 1985, a rede de drenagem da bacia do igarapé Grande contava com 33,11 km de canais fluviais 4,01 km² de área de lagos, em 1990 passou para 32,73 km de drenagem e 3,81 km² de área de lagos e 1995 a drenagem contou com 30,29 km de drenagem e 3,58 de lagos, este índice, no ano de 2000 diminuiu para 29,58 km², enquanto que os lagos foram reduzidos para 3,05 km, a rede drenagem em 2004 foi reduzida para 28,97 km e os lagos para 2,05 km² e finalmente em 2009 contava apenas com 25,13 km de drenagem e 1,30 km² de lagos. Diante disso do ano de 1985 a 2009 a rede de drenagem foi reduzida em aproximadamente 8,1 km de extensão e as áreas de lagos em 2,7 km² (figura 47).

Tabela 20 - Variação na extensão da rede de drenagem e da área dos lagos de 1985 a 2009.

Recursos Hídricos	1985	1990	1995	2000	2004	2009	Total reduzido
Drenagem	33,11 (km)	32,73 (km)	30,29 (km)	29,58 (km)	28,97 (km)	25,13 (km)	8,1 (km)
Lagos	4,01 (km ²)	3,81 (km ²)	3,58 (km ²)	3,05 (km ²)	2,05 (km ²)	1,30 (km ²)	2,7 (km ²)

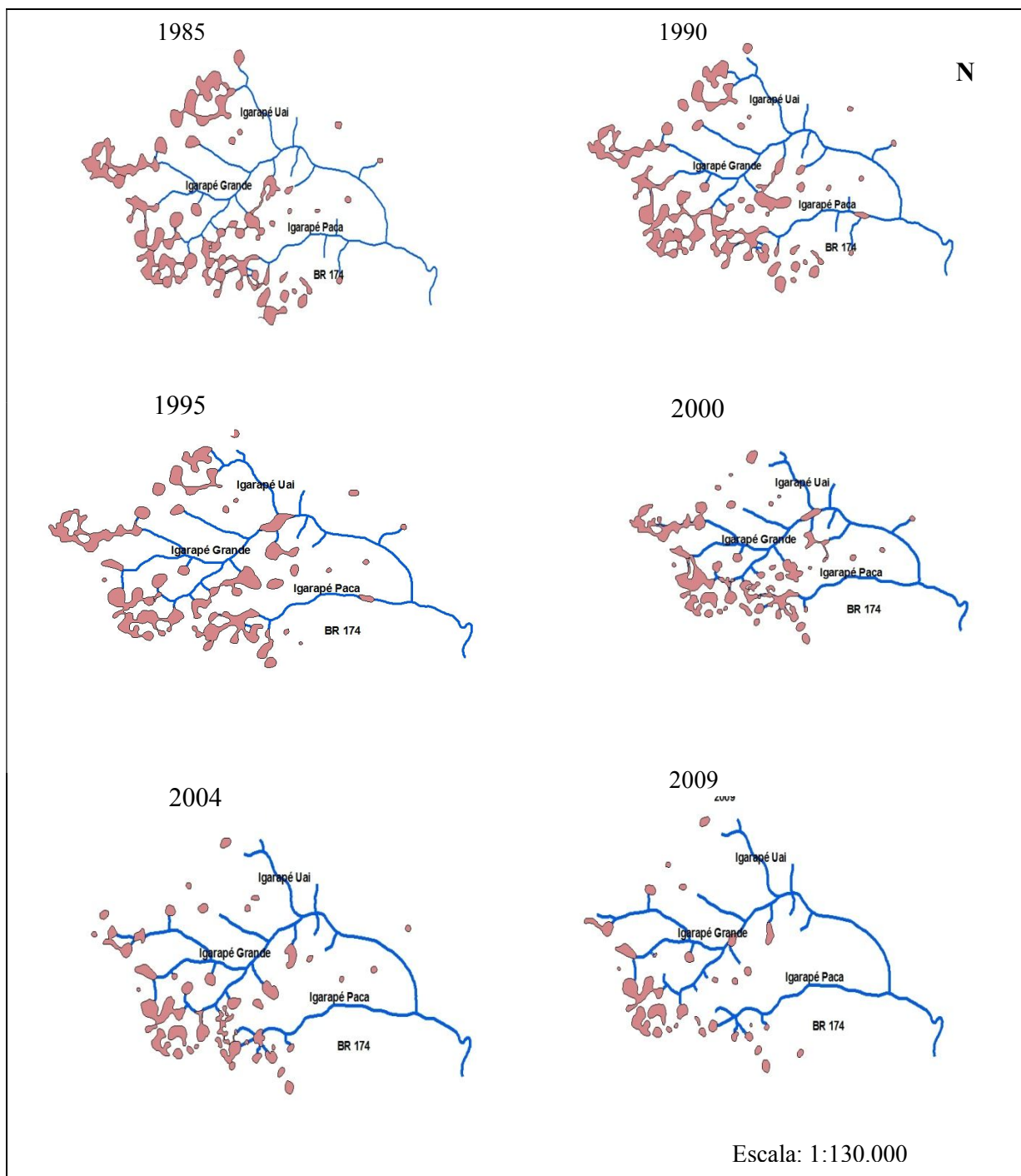


Figura 47 – Extensão longitudinal dos canais da bacia do Igarapé Grande de 1985 a 2009.

A oscilação da rede de drenagem durante o período analisado é dependente do período sazonal variando segundo as condições de umidade do solo, anterior ao momento chuvoso, porque o comprimento fluente total e a descarga são altamente correlatos, e estão vinculados a duas relações: a subida (maior quantidade do fluxo) e, ao estágio de diminuição da rede de drenagem. Sendo assim, o melhor indicador de respostas da área de captação para chuva (mesmo podendo ser altamente correlato com a descarga) é a extensão do córrego.

Observa-se que a variação da rede de drenagem da bacia do igarapé Grande, quando analisada a nível local, deu-se em função da ocupação e uso do solo pela população urbana. O rápido crescimento populacional não permitiu um planejamento de uso do solo adequado, gerando uma ocupação desordenada e conseqüentemente a degradação dos corpos hídricos. As análises espaço-temporais das imagens de satélites demonstraram que a extensão da rede de drenagem da bacia do igarapé Grande foi diminuindo na proporção inversa a ocupação urbana.

As intervenções antrópicas ocorridas durante o processo de evolução urbana (1985 a 2010) alteraram as drenagens da bacia do igarapé Grande. Tais transformações estão caracterizadas na figura 48, que explicita os tipos de canais constatados em levantamento de campo em 2010.

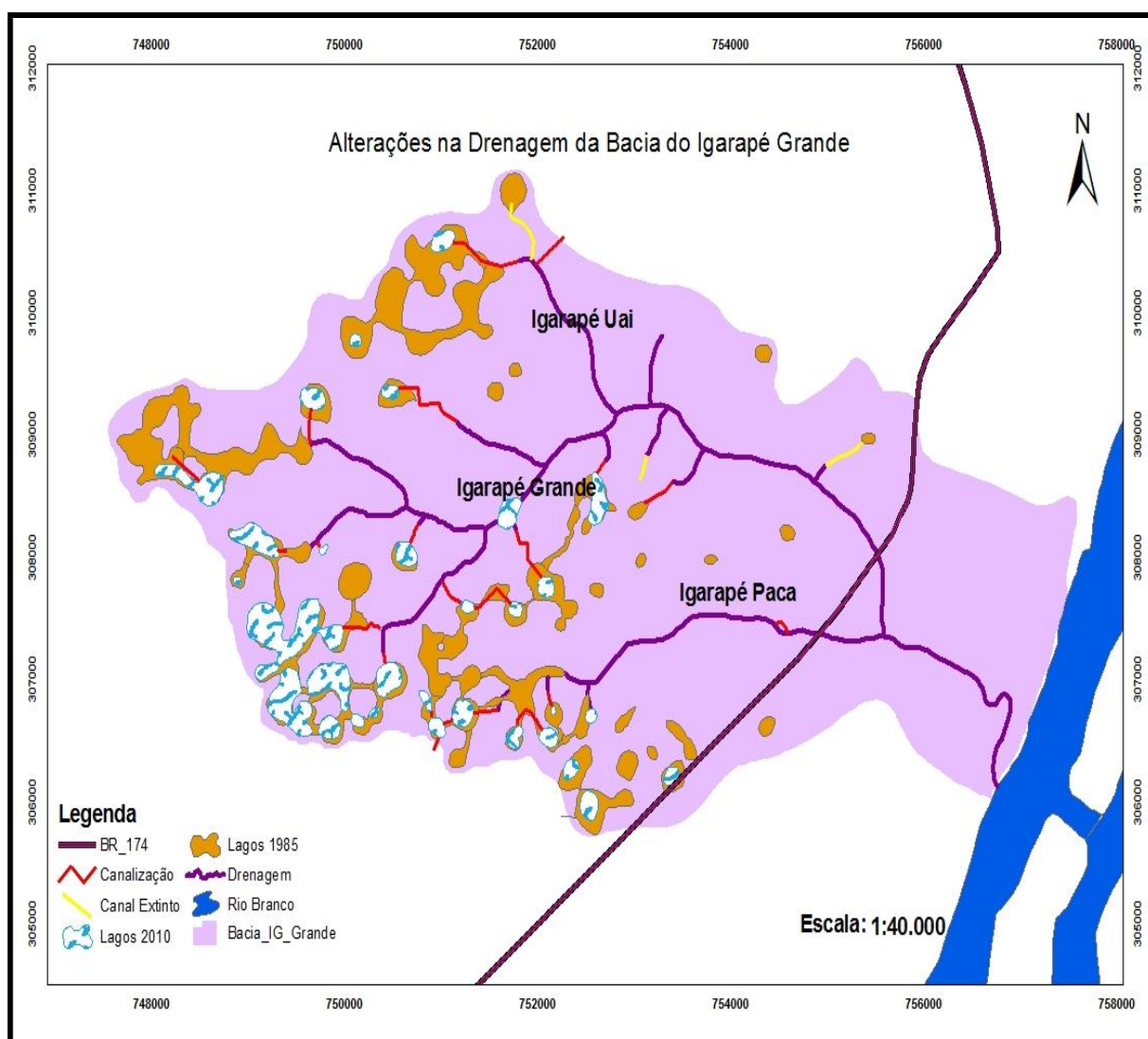


Figura 48 – Configuração atual da rede de drenagem do igarapé Grande localizado em Boa Vista, constatada em campo, março de 2010.

4.3.5 Determinação dos Tipos de Canais

Os níveis de água dos canais de drenagem da bacia do igarapé Grande são sazonalmente controlados, onde grande parte desses igarapés são intermitente no período de estiagem, caracterizando a presença de igarapés com trechos perenes e intermitentes. Evidentemente, o processo de ocupação urbana vem contribuir para o agravamento do estresse hídrico em período de estiagem.

Os trechos de canais intermitentes, por sua vez, representam a maior parcela da rede de drenagem na bacia, esse acontecimento deve-se ao fato de que os canais intermitentes e perenes variam em consequência da menor recarga do lençol freático e do soterramento dos fundos de vale. Esse processo ocorre devido a pouca capacidade dos fluxos para transportar os sedimentos depositados ao longo dos canais.

Uma rede de drenagem, quando desmatada, pode sofrer tanto efeitos de contração, como de expansão, dependendo de sua suscetibilidade a processos erosivos. A pesquisa mostrou-se que a deposição de materiais sobre o corpo hídrico, como por exemplo, o aterro dos lagos reduz a extensão da drenagem e a construção de pontes propicia o aparecimento de voçorocas e erosão e o soterramento do leito, fato esse agravado pelo baixo gradiente da bacia que dificulta o transporte desses sedimentos. No levantamento em campo feito sempre próximo aos cursos de água a altitude ficou entre 62 e 82 metros comprovando o baixo gradiente.

A figura 49 expressa que todos os igarapés da rede de drenagem estudada são canais intermitentes com trechos perenes, ou seja, o fluxo mantido por toda extensão do canal depende, exclusivamente, do período sazonal, alimentado no período chuvoso variando entre abril a setembro, sendo que no tempo de estiagem, parte do canal se mantém perene em alguns trechos, em outros úmidos ou totalmente secos. A extensão máxima do fluxo desses canais se apresenta no mês de julho, período de maior precipitação. Assim, a posição dos lagos que formam as nascentes também sofre oscilações em detrimento dos níveis pluviométricos.

O contexto confirma que as diversas mudanças nos tipos de canais dessa bacia, surgiram dentre outros fatores, em consequência da alteração do uso e ocupação do solo em decorrência da expansão urbana. Esse processo promoveu a retirada da vegetação e o aterramento das áreas abaciadas formadoras de lagos e fundos de vale, alterando as nascentes

e retraindo o comprimento (até mesmo a extinção) dos trechos de segmentos intermitentes e perenes, gerando um estresse hídrico.

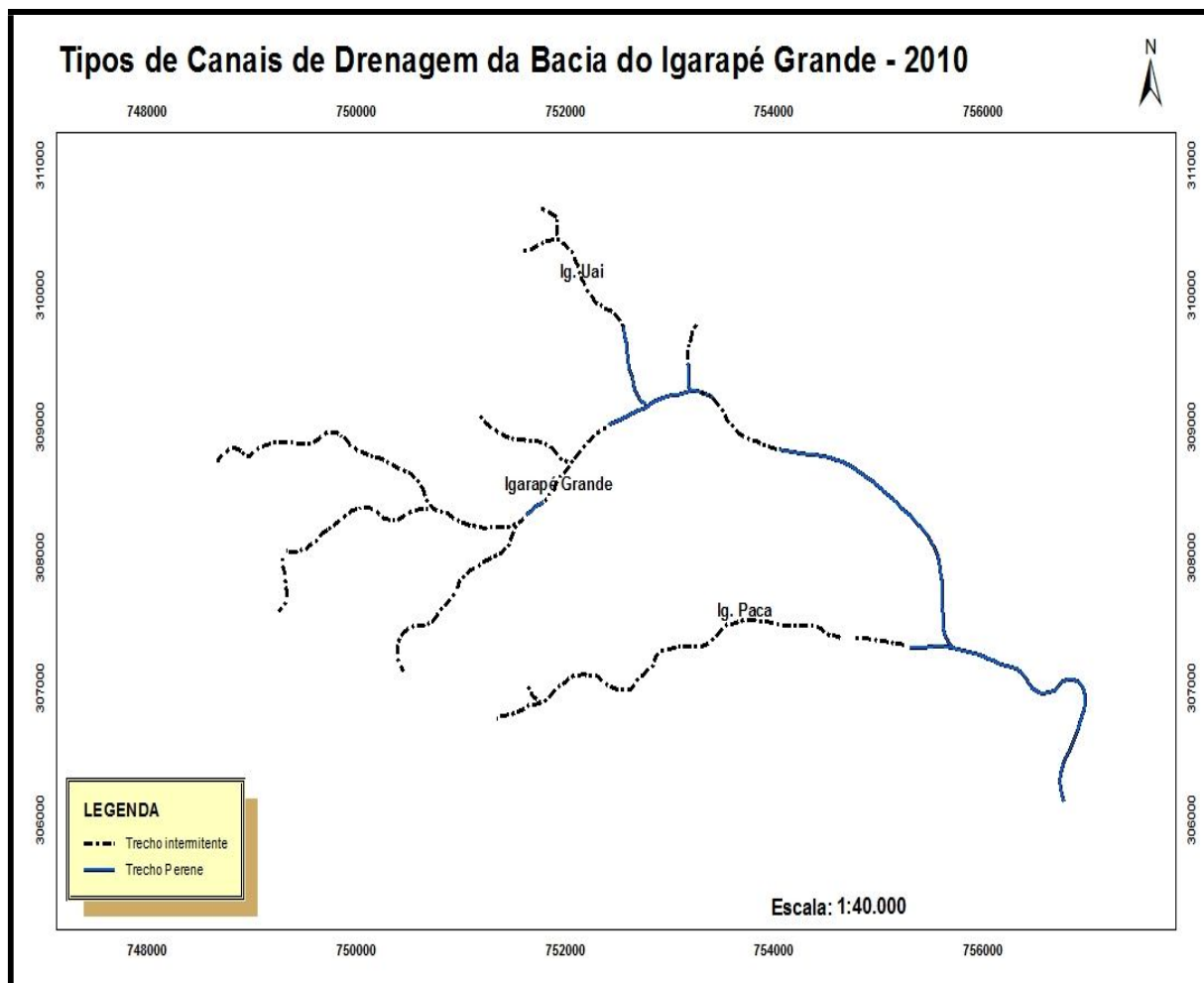


Figura 49 - Tipos de canais da bacia do igarapé Grande localizada em Boa Vista (trechos perenes e intermitentes) levantamento realizado em março de 2010.

No entanto, pode-se alegar que a extensão total do fluxo de redes de drenagem varia dentro da dinâmica espacial da retração e expansão dos canais fluviais determinada por um equilíbrio nos fluxos de entrada e saída da água e sedimentos. As variações anuais do comprimento dos fluxos dos canais de drenagem fluviais da bacia do igarapé Grande têm mantido a marca pluviométrica, estabelecendo períodos de difusão da extensão dos canais para o aumento da pluviosidade e de retração, decorrentes de períodos de baixa pluviosidade. A descarga dos canais também apresenta conformidade em relação ao aumento e diminuição da pluviosidade para os mesmos períodos, apresentando maiores volumes de vazão para períodos úmidos e de baixa vazão para períodos secos.

Durante os períodos de grande umidade, as nascentes migram ao longo da calha fluvial em direção a montante, acompanhando a elevação do nível do lençol freático; ativando os trechos de canais intermitentes e as nascentes móveis; e dando vazão máxima aos canais. A urbanização é a principal responsável pelas intervenções diretas na rede de drenagem. Isso pode ser verificado através da análise das imagens utilizadas neste trabalho, onde a evidência da urbanização atual alterou radicalmente os corpos hídricos da bacia do Igarapé Grande. Conferimos que ao longo dos últimos anos, as drenagens sofreram modificações morfológicas bastante graves. A paisagem natural da bacia se tornou uma superfície bastante impermeável em função do desenvolvimento de setores urbanizados. As alterações na rede de drenagem mostram pontos obstruídos por pontes e bueiros que interceptam os canais, no sentido transversal, interferindo em seu fluxo, por represamento da água.

É notória que a ocupação da bacia hidrográfica do Igarapé Grande, tem cooperado drasticamente para que as formas da rede de drenagem e as condições de fluxos alterem a paisagem. A modificação no uso do solo tem sido determinante nas transformações dos processos de encostas (erosão das encostas; aterramento das áreas de nascentes; e diminuição da permeabilidade dos solos). Os trajetos fluviais contribuem para o assoreamento das nascentes com materiais provenientes das áreas de encostas; a inclusão de novos canais provenientes dos processos de erosão linear pode passar por diferentes estágios desde ravinas, formando trechos de canais intermitentes, até se transformar em voçoroca, quando esta atinge o lençol freático, tendo fluxo contínuo, podendo formar trechos de canais intermitentes e perenes.

De qualquer forma a transformação do espaço natural em ambiente urbano traz sérias consequências aos corpos hídricos, entre as quais estão: o aumento do escoamento superficial sobre a área de captação dos canais fluviais, a elevação do processo de erosão e da quantidade de sedimentos acumulada. Da mesma forma a impermeabilização do solo muda a dinâmica dos fluxos dos canais, alterando o regime de descarga do canal (maior variação do lençol freático devido à recarga irregular do reservatório subterrâneo pela perda da capacidade de infiltração do solo); o volume de sedimentos transportados pelo fluxo (oriundos de sedimentos erodidos nas regiões de encostas e áreas de captação); a intensidade do assoreamento e da erosão da calha do rio (devido ao volume de solo erodido e a perda da capacidade do fluxo no escoamento dos sedimentos); varia a extensão do fluxo (alterações ambientais nas áreas de cabeceira de drenagem); e contamina a água (proveniente da contaminação dos reservatórios subterrâneos pelo despejo de esgoto doméstico e residencial diretamente no canal).

5 CONCLUSÕES

O processo de urbanização na cidade de Boa Vista nos últimos 25 anos, deu-se de forma desordenada, causando sérios problemas ambientais, gerados por falta de planejamento urbano para o uso do solo e a desconsideração na preservação dos recursos naturais. As alterações percebidas foram atuantes principalmente sobre os corpos hídricos.

A avaliação da ocupação urbana na bacia do igarapé Grande apontou que, o período de maior expansão se deu entre o ano de 1995 a 2000, ficando a partir desse momento estagnada em relação à expansão da área até o ano de 2009.

Foi verificado nas observações em campo que a ocupação intensa dos últimos anos causou muitas alterações na bacia do igarapé Grande as quais se deram em dois níveis: primeiro, vinculado a influencia indireta na rede fluvial, quando houve a retirada da cobertura vegetal original. Essa ocupação afetou diretamente a permeabilidade do solo em virtude da ampliação do escoamento superficial, e do aumento da erosão em função da maior exposição dos solos que estão depositados nas áreas das nascentes e nos leitos dos canais. Em segundo está a ação direta em virtude das alterações diretas nos canais, devido às intervenções antrópicas intensas tanto nas áreas das nascentes, como nos leitos dos canais, da ocupação da planície de inundação, das retiradas pontuais da mata ciliar, da construção de açudes nas APPs, e da arquitetura de pontes e ruas nas sessões transversais dos canais, edificação de casas no leito dos canais, aterramento, assoreamento, lançamento de lixo entre outros.

Foram alteradas também as medidas geométricas do canal, onde os padrões (comprimento, largura e profundidade) originais apresentaram-se descaracterizados, pois se constatou que aterramento das áreas de nascentes nas cabeceiras de drenagem e a construção de canais para escoamento pluvial, entre outras ações modificaram a extensão longitudinal e transversal da rede de drenagem do igarapé Grande, e que as alterações das áreas de lagos foram muito significativas.

As imagens possibilitaram por meio do geoprocessamento a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do igarapé Grande que determinaram: 31,70 km² de área, 28,66 km de perímetro, 9,682 km de comprimento, 10,87 km de extensão para o canal principal (igarapé Grande), 28,98 km de extensão total de canais e 0,48 km/km² de densidade de drenagem. A bacia é de terceira ordem e seu sistema de drenagem é pouco ramificado.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. A. Previsão de Impactos em Uma Visão Multidisciplinar. In: PLANTENBERG, C. M.; AB'SABER, A. N. **Previsão de Impactos o Estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul**. 2. ed. São Paulo: USP, 1998. p.27-49.
- AGOSTINHO, J. A Questão Ambiental em Roraima. **Revista Ação Ambiental: Roraima ambientes do extremo Norte do Brasil**, Viçosa, n.32, p.7-10, jul./ ago. 2005.
- ALMEIDA, D. A. **Utilização de Imagens LANDSAT – 5/TM e SRTM para Reconhecimento e Análise das Mudanças na Paisagem da Serra de Pacaraima**. Boa Vista, 2008. 107f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima.
- ARAÚJO, W. F. ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação Pluviométrica Mensal Provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.563-567, nov. 2001.
- ÁVILA, I. C. S. S. **Caracterização Preliminar do Subsolo da área Urbana de Boa Vista-RR, a partir de Sondagens de Simples Reconhecimento**. Boa Vista, 2007. 82f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima.
- BARBOSA, R. I. Ocupação Humana em Roraima. II. Uma Revisão do Equívoco da Recente Política de Desenvolvimento e o Crescimento Desordenado. **Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi**, Belém, v.9, n.2, p.177-197, 1993.
- BARBOSA, R. I.; MIRANDA, I. S. Diversidade de Savanas de Roraima. **Revista Ação Ambiental: Roraima Ambientes do Extremo Norte do Brasil**, Viçosa, n.32, p.19-23, jul./ ago. 2005.
- BARBOSA, R. I.; MIRANDA, I. S. Fitofisionomias e Diversidade Vegetal das Savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; SOUZA, J. M. C.; XAUD, H. A. **Savanas de Roraima: etnoecologia, biodiversidade e potencialidades agrossilvipastoris**. Boa Vista: FEMACT, 2005, p.6-78.
- BARROS, N. C. C. **Paisagem e Tempo na Amazônia Setentrional: estudo de ocupação pioneira na América do Sul**. Recife: UFPE, 1995.

BESERRA NETA, L. C.; TAVARES JÚNIOR, S.S. Geomorfologia do Estado de Roraima por Imagens de Sensores Remotos. In: SILVA, P. R. F.; OLIVEIRA, R. S. (Org.). **Roraima 20 anos: as geografias de um novo estado**. Boa Vista: UFRR, 2008. p.168-192.

BOHRER, C. B. A. Vegetação, Paisagem e o Planejamento do Uso da Terra. **Revista Geographia**, Rio de Janeiro, v.2, n.4, p.103-120, 2000. Disponível em: <<http://www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/article/view/44/42>>. Acesso em: 25 out. 2009.

BONATTO, F. **Transformações na Paisagem Natural de Boa Vista, Roraima: um diagnóstico ambiental por geoprocessamento**. Rio de Janeiro, 2002. 346f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BRAVARD, J. P.; PETTS, G. E. Human Impacts in Fluvial Hydrosystems. In: PETTS, G. E.; AMOROS, C. **Fluvial Hydrosystems**. London: Chapman e Hall, 1996. p.322.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL - Boa Vista. Rio de Janeiro, 1975. Folha NA. 20. Rio de Janeiro, 1975. v.8.

BROOKES, A. River Channel Change. In: PETTS, G.; CALOW, P. **River Flows and Channel Forms**. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1996. p.262.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. Conceitos Básicos em Ciências da Geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, 2001. INPE-10506-RPQ/249

CASTRO FILHO, C. A Experiência em Microbacias no Arenito Caiuá. In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Solos Altamente Susceptíveis a Erosão**. Jaboticabal, 1994. p.56-78. Disponível em: <www.rbc.ufrj.br/pdf_54_2002/54_09.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2009.

CECÍLIO, R. A.; REIS, E. F. **Apostila Didática: manejo de bacias hidrográficas**. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. p.1-10.

CHAGAS, I. S. C. **Crescimento Urbano e Descaracterização Ambiental do Igarapé Pricumã nos Bairros Pricumã e Cinturão Verde na Cidade de Boa Vista-RR**. Boa Vista, 2005. 80f. Monografia (Especialização em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Roraima.

COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. In: GUERRA, J. T.; CUNHA, S. B (Org.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p.27-28.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org.) 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educação and pshychological Measurement**, V,20, n.1, p.37-46, 1960.

COSTA, J. A. V.; COSTA, N. S. R.; REIS NETO, R. A. Indícios de Drenagem Urbana rumo à Extinção: O Caso dos Igarapés da Grande Boa Vista. **Revista de Filosofia e Ciências Sociais da UFRR**: Textos & Debates Boa Vista, v.1, p.64-70, nov. 2004.

COSTA, J. A. V.; BESERRA NETA, L. C.; SILVA, G. F. N. Vetores de Crescimento da Região Urbana de Boa Vista - Roraima e Impactos Ambientais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, 2001, Recife. **Resumos...** Recife: UFPE, 2001. 530p. p.139-140.

COSTA, J. A. V.; Estresse da Drenagem Urbana de Boa Vista: Relação com Inundações/ Alagamentos e Providências Exequíveis. **Mens Agitat**, Boa Vista, v.1, n.2, jul. 2006.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. São Paulo: IG/ UNICAP, 1992.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise Morfométrica de Bacias Hidrográficas. **Revista Geomorfológica**. Campinas, v.18, n.9, p.35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2007.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In. CUNHA, S. B.; GUERRA, J. A. T. (Org.). **Geomorfologia: uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p.211-252.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a Questão ambiental. In: GUERRA A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org). **A Questão Ambiental: Diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.219-239.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p.157-189.

DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; PEDRON, F. A. Modificações do Solo em Áreas Urbanas. In: **Solos e Ambiente**. II Fórum Os solos e as cidades. Santa Maria: Orium, 2006.

DAY, D. G. **Drainage Density Change During Rainfall**. Earth surface processes, California. v.3, p.319-326. 1978.

DIETRICH, W. E.; DUNNE, T. **A channel Head**. BEVEN, K; KIRKBY, M. J. J. Wiley e Sons Ltd. 1993. p.175-219.

DINIZ, A. M.; SANTOS, R. O. O Vertiginoso Crescimento Populacional de Roraima e Seus Impactos Socioambientais. In: **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v.15, n.25, p. 23-44, 2º sem. 2005. Disponível em: <www.pucminas.br/documentos/geografia_25_art02.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2009.

DREW, D. **Processos Interativos Homem - Meio Ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989.

EVANGELISTA, R. A. O.; SANDER, C.; WANKLER. Estudo Preliminar da Distribuição Pluviométrica e do Regime Fluvial da Bacia do Rio Branco, Estado de Roraima. In: SILVA, P. R. F.; OLIVEIRA, R. S. (Org.). **Roraima 20 anos: As geografias de um novo estado**. Boa Vista: UFRR, 2008. p.142-167.

FARIA, A. P. As Conseqüências da Erosão em Microbacias Sobre os Canais Efêmeros, Intermitentes e Perenes. In: **Cadernos de Geociências**, 1994. n.11, p.67-83. Disponível em: <cac.php.unioeste.br/pos/media/File/geografia/.../Estrutura_e_Dinamica1.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2009.

FARIA, A. P. **A Dinâmica e Fragilidade das Bacias Fluviais de Primeira Ordem**. Rio de Janeiro, 1996. 218f. Tese (Doutorado em Geomorfologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FARIA, A. P. A Oscilação na Extensão da Rede de Drenagem em Fases de Desmatamento e Reflorestamento. In: I Simpósio Nacional de Geomorfologia, 1996, Uberlândia. **Anais....** V.15, p. 51-55. Disponível em: <revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/.../513/425>. Acesso em: 07 set. 2009.

FARIA, A. P. A Dinâmica de Nascentes e a Influência sobre os Fluxos dos Canais. **A água em Revista**, Belo Horizonte, v.8, n.5, p.74-80, nov. 1997.

FAUSTINO, J. Planificación y Gestión de Manejo de Cuencas. Turrialba: CATIE, 1996.

FERNANDES, M. R.; SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias**. Belo Horizonte: EMATER, 1994.

FERNANDES, A. S.; CARNEIRO, S. P.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **Alterações na Morfologia Hidrográfica em Decorência da Expansão Urbana: Estudo de caso da bacia hidrográfica de um afluente do Córrego Gorduras**. Belo Horizonte, 2008.

FERNANDEZ, O. V. Q.; SPONCHIADO, C.; GAUER, M.; SORATTO, A. A.; BECK, A. C.; SANDER, C.; REBELATTO, G. E. Estrutura da Rede de Drenagem Numa Bacia de Primeira Ordem na Região Oeste do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA APLICADA, n.8, 1999, Belo Horizonte. **Anais ...** Belo Horizonte: U FMG, 1999.250p. p. 165 - 167.

FERNANDEZ, O. V. Q.; SANDER, C.; REBELATTO, G. E. Análise Quantitativa de Seções Transversais em Canais Fluviais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.1, p.85 – 92. 2001. Disponível em: <www.periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/13562/12433>. Acesso em: 07 dez. 2009.

FITZ, P. F. **Geoprocessamento Sem Complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FLORENZANO, F. G. Geotecnologias na Geografia Aplicada: Difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.17. p.24-29. 2005.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

FLORENZANO, T. G. Sensoriamento Remoto para Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

GARDINER, V. Channel Networks: progress in the study of spatial and temporal variations of drainage density. In: **Changing River Channels**. Wiley e Sons Ltd, 1995 p.65 – 85.

GOMES, N. A. **Estrutura da Comunidade de Algas Perífíticas no Igarapé Água Boa e no Rio Cauamé, Município de Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil, ao Longo de um Ciclo Sazonal**. Manaus: 2000, 260f. Tese (Doutorado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) - Universidade do Amazonas – UA, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA.

GROSTEIN, M. D. Metr pole e Expansão Urbana a Persistência de Processos “Insustentáveis”. **Revista São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v.15, n.1, jan./mar. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392001000100003>. Acesso em: 20 nov. 2009.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

GURNELL, A. M.; S. R. Channel Planform Change of the River dee Meanders. In: **Regulated Rivers: Research & Management**, Austrália, v.9, p.187-204. 1994.

HORTON, R.E. Erosional Development of Streams and their Drainage Basin. In: Hydrophysical approach to Quantitative Morphology. **Geol. Soc. America Bulletin** Washington, v.56, p.275-370, 1945.

HOWARD, A. D. Drainage Analysis in Geologic Interpretation: Summation. American Association of Petroleum Geology. **Geol. Soc. America Bulletin**, California, v.51, n.11, p.2246-2259, nov. 1967.

INPE. Divisão de Gera o de Imagens: Os Satélites Landsat 5 e 7. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2008. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 03 nov. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento, e Gestão. Diretoria de Geociências. Mapa do Estado de Roraima: Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Vegeta o. [Rio de Janeiro], 2005. Folha NA-20-Z-D-IV / I, Escala de 1:100.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Demográfico 2000: Características da população e dos domicílios—resultado do universo. Rio de Janeiro, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Demográfico, 2000: Características da população e dos domicílios. Rio de Janeiro, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Demográfico 2000, Tendências Demográficas 2000. Rio de Janeiro, 2001.

LUCAS, L. M.; CUNHA, S. C. **Rede de Drenagem Urbana em Área Tropical: Mudanças na Morfologia do Canal e Níveis de Poluição das águas - Rio dos Macacos - Rio de Janeiro -RJ.** GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n. 22, pp.39-64, 2007. Disponível em: <www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/.../Artigo_Luciano_e_Sandra.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2009

MARÇAL, M. S; GUERRA, A. J. T. Processo de Urbanização e Mudanças na Paisagem da Cidade de Açailândia (Maranhão). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. (Org.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil.** 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p.275-303.

MARTINE, G. Estado, Economia e Mobilidade Geográfica: retrospectiva e perspectivas para o fim do século. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v.11, n.1, p. 40-60, jan./jun. 1994.

MARTINS, F. B.; ROCHA, J. S. M.; ROBAINAI, KURTZ, S. M. J. M.; KURTZ, F. C.; GARCIA, S. M. SANTOS, A. H. O.; DILL, P. R. J.; NOALS, T. N. **Zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS.** Cerne, Lavras, v. 11, n. 3, p. 315-322, jul./set. 2005.

MATHER, P. M. **Computer Processing of Remotely-sensed Images:** introduction. 2. ed. Nova York: John Wiley and Sons, 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Cidades Sustentáveis:** Plano nacional de recursos hídricos. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2006.

MENESES, M. E. N. S.; COSTA, M. L; COSTA. J. A. V. Os Lagos do Lavrado de Boa Vista – Roraima: fisiografia, físico-químico das águas, mineralogia e química dos sedimentos. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v.37, n.3, p.478-489, set. 2007.

MENESES, M. E. N. S.; COSTA, J. A. V. Urbanização do Setor Sudoeste de Boa Vista-RR e Implicações Ambientais na Microbacia Igarapé Grande-Paca. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista, n.1, v.1 p.67-83, jan./jun. 2007.

MOURÃO, G. M. N. Roraima no Contexto Agrário. In: SILVA, P. R.F.; OLIVEIRA, R.S. (Org.). **Roraima 20 anos: As geografias de um novo estado**. Boa Vista: UFRR, 2008. p.88-116.

NOGUEIRA, A. N. F. SANSON, F.; PESSOA, K A Expansão Urbana e Demográfica da Cidade de Manaus e seus Impactos Ambientais. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2007, Florianópolis. Florianópolis: INPE, 21-26 abr., p. 5427-5434. Disponível em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.17.45/doc/5427-5434.pdf>>. Acesso em: 06 set.09.

OLIVEIRA, M. A. T.; HERRMANN, M. L. P. Ocupação do Solo e Riscos Ambientais na Área Conurbada de Florianópolis. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p.147-185.

OLIVEIRA, R. S. **Atlas do Estado de Roraima: território e população**. Boa Vista/RR: UFRR, 2006. 1 CD-ROM.

PECCINI NETO, N. A.; MONTEIRO, E. M. G.; DINIZ, I. S.; FURTADO, E. F.; GOMES, N. A Identificação Ambiental das Microbacias do Município de Boa Vista e sua Relação com as Algas Perifíticas. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2, 2007, JOAO PESSOA. **Anais...** João Pessoa: CONNEPI, 2007. Disponível em: <http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080213_093311_MEIO-099.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2010.

PINHEIRO, M. N. M.; FALCÃO, M. T.; OLIVEIRA, S. K. S. Processos de Urbanização e Mudanças na Paisagem da Cidade de Boa Vista-RR. In: SILVA, P. R. F.; OLIVEIRA, S. O (Org.). **Roraima 20 Anos: As geografias de um novo estado**. Boa Vista: UFRR, 2008. p.195-223.

REIS NETO, R. A. **Implicações Ambientais Associados à Expansão Urbana: Impactos Causados aos Lagos do Setor Oeste e Sudoeste da cidade de Boa Vista-RR**. Boa Vista, 2004. 80f. Monografia (Especialização em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Roraima.

REIS NETO, R. A. **Geomorfologia e Neotectônica da Bacia do Rio Cauamé**. Boa Vista, 2007. 85f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Roraima.

REIS NETO, R. A.; COSTA, J. A. V. Implicações Ambientais Associadas à Expansão Urbana: Impactos Causados aos Lagos do Setor Oeste e Sudoeste da Cidade de Boa Vista-RR. **Revista do IESAM**, Boa Vista, n.2, v.3, jan./dez. 2005.

ROCHA, J. S. M. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997.

RODRIGUES, F. dos S. “**Garimpendo**” a Sociedade Roraimense: Uma análise da conjuntura sócio-política. Belém, 1996. 133f. Dissertação (Mestrado Internacional em Planejamento do Desenvolvimento) - Núcleo de Altos Estudos da Amazônia da Universidade Federal do Pará.

SANDER, C. **Variação Espaço-Temporal da Densidade de Drenagem e Mudanças Antrópicas na Cabeceira do Córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon (PR)**. Maringá, 2003. 162f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais na Área de Análise Ambiental). Universidade Estadual de Maringá.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p.

SANTOS, A. F. S. **Morfometria da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Faxinal Botucatu-SP e Alterações em suas Áreas de Biomassa no Período de 1972 a 2000**. Botucatu-SP, 2004. 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

SANTOS, C. A. M.; NUNES, J. O. R. A Relação Espaço-tempo pra Formação do Relevo da Cidade de Marília e seu Sistema de Afastamento e Tratamento de Esgoto. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, n.1, 2008, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: UNESP, 2008. 565p. p.499- 513. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/simpgeo/499-513caio.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2010.

SANTOS, E. E.; FERNANDES FILHO, E. I.; FARIA, A. L. L.; SIVA, R. M. L. **Utilização do Geoprocessamento para Análise dos Conflitos Existentes entre Uso e Ocupação do Solo em Áreas de Preservação Permanente da Bacia do Ribeirão São Bartolomeu Viçosa – MG**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=1384>. Acesso em: 20 Jul. 2010.

SETTE SILVA, E. A Vegetação de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLON, E. G. **Homem, Ambiente, e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p.401-415.

SILVA, M. L. Características das Águas Subterrâneas numa Faixa Norte-sul na Cidade de Manaus (AM). **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.54, n.2, abr./jun.2001.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Paulo: RIMA, 2003.

SILVA, G. F. N. Roraima: Evolução Demográfica entre 1970 e 2007. In: SILVA, P. R. F.; OLIVEIRA, R. S. (Org.). **Roraima 20 anos: As novas Geografias de um Novo Estado**. Boa Vista-RR: UFRR, 2008. p.118-141.

SILVA, G. **Processo de Ocupação Urbana da Barra da Tijuca RJ: Problemas Ambientais, Conflitos Sócio-ambientais, Impactos Ambientais Urbanos**. Publicação eletrônica, 1º de out. 2006. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2009.

SOARES, T. S.; CARVALHO, R. M. A.; VIANA, E. C.; ANTUNES, F.C.B. Impactos Ambientais Decorrentes da Ocupação Desordenada na Área Urbana do Município de Viçosa, Estado de Minas Gerais. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Publicação Científica da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça: FAEF. n.8, ano IV, ago./2006. Disponível em: <www.revista.inf.br/florestal08/pages/artigos/artigo06.pdf>. Acesso em: 08 nov.09.

SOUZA, V.; TAVARES JUNIOR, S. S.; OLIVEIRA, R. S. **Atlas dos Igarapés Urbanos de Boa Vista-RR**. Boa Vista-RR: UFRR, 2010. 62 p.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) Analysis of Erosional. Topography. **Bulletin of the Geological Society of America**, California, v.63, p. 1117-1142.1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Wastherhed Geomorphology. **Trans. Amer. Geophys.** Union, Flórida, v.38, n.6, p.913-920, ago. 1957.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Uniara**, v.13, n.20, p.137-155, 2007. Disponível em: <http://www.uniara.com.br/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2009.

TUCCI, C. E. M.; Águas Urbanas. **Estudos Avançados**. São Paulo, v22, n.63, p.97-112. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0103-0142008000200007&script=sca_arttext>. Acesso em: 16 dez. 2009.

TUCCI, C. E. M.; BRAGA JÚNIOR, B. P. F.; SILVEIRA, A. L. L. Avaliação do Impacto da Urbanização nas Cheias Urbanas. **Revista Brasileira de Engenharia**, Cadernos de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.7, n.1, p.77-101, 1989. Disponível em: <<http://www.rhama.net/download/artigos/artigo2.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2010.

TUCCI, C. E. Curso de Gestão das Inundações Urbanas. Porto Alegre: UNESCO – **Global Wather Partnership South America** - Asociación mundial del agua, 2005. Disponível em: <<http://www.vitalis.net/Manual20Gestion%20de%20%20Inundaciones%20Urbanas.pdf>>. Acesso em: nov. 2009.

VALE JUNIOR, J. F.; SOUSA, M. I. L. Solos da Amazônia: Caracterização e Distribuição dos Solos das Savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; SOUZA, J. M. C. **Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris**. Boa Vista: FEMACT, 2005, p.79-91.

VALE, A. L. F. **Migração e Territorialização: As Dimensões Territoriais dos Nordestinos em Boa Vista / RR**. São Paulo, 2007. 293 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Geografia) Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista.

VERAS, A. T. R. **A Produção do Espaço Urbano de Boa Vista –Roraima**. São Paulo, 2009. 235f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas.

VERAS, A. T. R. Produção do Espaço e Uso do Solo Urbano em Boa Vista-Roraima. In: SILVA, P. R. F.; OLIVEIRA, R. S. (Org.). **Roraima 20 anos: As novas Geografias de um novo estado**. Boa Vista-RR: UFRR, 2008. p.118-141.

VIEIRA, T. V.; CUNHA, S. B. Mudanças na Rede de Drenagem Urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p.111-145.

WALTER, H. **Vegetação e Zonas Climáticas: Tratado de ecologia global**. São Paulo: 1986.

WANKLER F. L.; SANDER, C. Município de Boa Vista: Precipitação de Chuva Durante a Estação Úmida. In: SOUZA, V.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; OLIVEIRA, R. S. **Atlas dos Igarapés Urbanos de Boa Vista - RR**. Boa Vista-RR: UFRR, 2010, p.62.

WANKLER, F. L.; SANDER, C.; EVANGELISTA, O. A.; SANTOS, L. M.; FERNANDEZ, O. V. Q. Implicações da Urbanização sobre a Estrutura e Funcionamento de Bacias Hidrográficas: uma avaliação sobre o igarapé Caraná, Boa Vista-RR. In: NASCIMENTO, R.

S. C.; HORBE, M. C. **Contribuição à Geologia da Amazônia**. Manaus: Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, 2009 (No prelo).