



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

ANTÔNIO CARLOS RIBEIRO ARAÚJO JÚNIOR

**USO DO SOLO E RISCO À INUNDAÇÃO NA CIDADE DE BOA VISTA - RR**

Boa Vista, RR  
2016

ANTÔNIO CARLOS RIBEIRO ARAÚJO JÚNIOR

**USO DO SOLO E RISCO À INUNDAÇÃO NA CIDADE DE BOA VISTA - RR**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, da Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais. Área de concentração: Manejo e conservação de Bacias Hidrográficas.

Orientador: Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Junior.

Boa Vista, RR

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

A663u Araújo Júnior, Antônio Carlos Ribeiro.  
Uso do solo e risco à inundação na cidade de Boa Vista-RR /  
Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior. – Boa Vista, 2016.  
140 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Junior.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima,  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais.

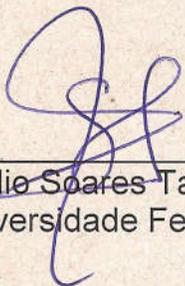
1 – Inundação. 2 – Risco. 3 – Bacia hidrográfica. 4 –  
Geotecnologia. I – Título. II – Tavares Junior, Stélio Soares.  
(orientador).

CDU – 528.8(811.4)

**Antônio Carlos Ribeiro Araújo Junior**

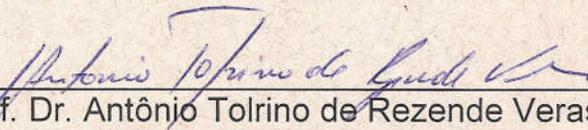
**“Uso do solo e risco à inundação na cidade de Boa Vista – RR”**

Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima, defendida em 06 de abril de 2016 e avaliada pela seguinte Banca Examinadora:



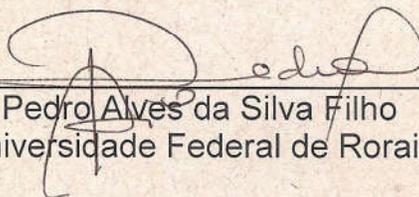
---

Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior  
Orientador – Universidade Federal de Roraima



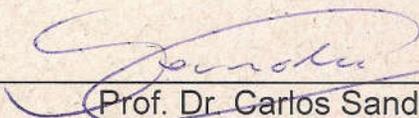
---

Prof. Dr. Antônio Tolrino de Rezende Veras  
Membro – Universidade Federal de Roraima



---

Prof. Dr. Pedro Alves da Silva Filho  
Membro – Universidade Federal de Roraima



---

Prof. Dr. Carlos Sander  
Membro – Universidade Federal de Roraima

À minha esposa.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais pelos ensinamentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia por viabilizar o uso do laboratório de informática, sendo indispensável à operacionalização do trabalho.

Ao Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior pelos ensinamentos e sabedoria, os quais permitiram o desenvolvimento e conclusão deste trabalho. O meu muito obrigado.

Aos colegas do Departamento de Geografia que direta e indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

À minha esposa que nos momentos de escuridão me trouxe a luz, nos momentos de agonia me trouxe o conforto, nos momentos de dúvida me trouxe o esclarecimento e no momento de maior tristeza me trouxe minha maior alegria, meu filho Miguel. Nunca poderei te agradecer por ele na minha vida, mas obrigado pela ajuda na conclusão da dissertação.

## RESUMO

Boa Vista faz parte da Amazônia Setentrional e teve sua gênese no século XIX em 1830 na margem direita do Rio Branco, o qual faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Negro. Nos últimos 30 anos a dinâmica urbana passou por grandes transformações, visto a população ter aumentado em cerca de 79%, por conta de abertura de estradas, ciclos econômicos (diamante e ouro principalmente) e a possibilidade de fixação de residência em razão da doação de terras por parte do governo do Estado. A passagem de Território Federal de Roraima para Estado de Roraima em 1988 acirrou a migração e promoveu um inchaço urbano, fazendo com que áreas antes não ocupadas fossem ocupadas, tais áreas incluem nascentes e planícies de inundação, ou seja, áreas impróprias para a habitação devido serem afetadas por inundações durante os meses de abril-setembro. Por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento buscou-se analisar o processo de uso e cobertura do solo e sua relação com as inundações na cidade de Boa Vista - RR. Foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5 sensor TM anos 1985 e 1995, CBERS-2 sensor CCD do ano de 2005 e Landsat 8 sensor OLI do ano de 2014, as quais subsidiaram a análise de transformação dos uso e cobertura do solo com auxílio dos softwares PCI Geomatic 10, ENVI 5.0 e ArcGis 10. Para a identificação do risco à inundação nas bacias hidrográficas foram gerados Modelos Numéricos de Terreno (MNTs) das variáveis (i) declividade, (ii) drenagem, (iii) distância de inundação nos principais cursos d'água da cidade de Boa Vista e (iv) uso e Cobertura do solo para utilização do Analytic Hierarchy Process (AHP), o qual permite a ponderação dos fatores elencados em processos de diagnósticos e tomadas de decisão, utilizando linguagem algébrica e auxiliando a integração de dados indicadores com posterior hierarquização das variáveis elencadas pela atribuição de pesos. Foi observado um avanço da área urbana em relação as demais matrizes de uso e que seu avanço resultou na supressão de vegetação, cursos d'água e nascentes em direção a zona oeste da cidade de Boa Vista. Quanto as áreas de risco à inundação constatou-se que 63,6% da área total da cidade de Boa Vista (limite segundo o Plano Diretor de 2006) está sob baixo risco de inundação, 8,8% encontra-se em médio risco à inundação e 27,6% está sob alto risco à inundação, concentrados especificamente nas bacias hidrográficas Caxangá, Frasco e Pricumã. Aspectos físicos como declividade influenciam a impactação por inundação, mas o uso e ocupação das planícies de inundação é um dos fatores preponderantes para a gênese dos risco a inundação, sendo necessário ir além de medidas infraestruturais, como concretamento dos canais, impermeabilização das margens e retirada da cobertura vegetal ciliar e atuar em ações que visem a participação da população de forma participativa no planejamento e na gestão do espaço de Boa Vista, considerando aspectos sociais indissociados dos aspectos biofísicos.

Palavras-chave: Inundação. Risco. Bacia hidrográfica. Geotecnologia.

## ABSTRACT

Boa Vista part of the Northern Amazon and has its genesis in the nineteenth century in 1830 on the right bank of the Rio Branco, which is part of the Rio Negro watershed. Over the past 30 years the urban dynamics has undergone major changes since the population has increased by about 79%, by road account opening, business cycles (diamond and gold principally) and the possibility of establishing residence as a result of donation land by the state government. The passage of Roraima Federal Territory to state of Roraima in 1988 intensifies migration and promotes an urban swelling, causing areas previously unoccupied were occupied such areas include springs and flood plains, or areas unsuitable for habitation due be affected by floods during the months from April to September. Through Remote Sensing and Geoprocessing sought to analyze the process of use and soil cover and its relation to the floods in the city of Boa Vista - RR. Were used satellite images Landsat 5 sensor TM years 1985 and 1995, CBERS-2 CCD sensor of 2005 and Landsat 8 OLI sensor of 2014, which supported the analysis of the transformation of use and land cover with the aid of software PCI Geomatic 10, ENVI 5.0 and ArcGIS 10. To identify the risk of flooding in watersheds were generated Numerical Models of Land (DEM) of the variables (i) slope, (ii) drainage, (iii) flood away the main waterways of the city of Boa Vista and (iv) use and land cover for use of the Analytic hierarchy Process (AHP), which allows the balancing of the factors listed in processes of diagnosis and decision making, using algebraic language and assisting the integration of indicator data with subsequent ranking of variables listed by assigning weights. Was observed an advancement of the urban area in relation the other use of matrices and their advance has resulted in the suppression of vegetation, waterways and springs towards the west of the city of Boa Vista. The risk areas to flood it was found that 63.6% of the total area of the city of Boa Vista (limit according to the Master Plan 2006) is at low risk of flooding, 8.8% is in the medium risk flooding and 27.6% are at high risk to flooding, concentrated specifically in watersheds Caxangá, Frasco and Pricumã. Physical aspects such as slope influence the impaction by flooding, but the use and occupation of flood plains is one of the important factors for the genesis of the risk to flooding, being necessary to go beyond infrastructure measures such as concretamento the channels, sealing the banks and withdrawal the riparian vegetation cover and act on actions aimed at participation of the population in a participatory way in the planning and management of Boa Vista space, considering social aspects undissociated the biophysical aspects.

Keywords: Flood. Risk. Watershed. Geotechnology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de planejamento.....	17
Figura 2 - Quadro dos agentes produtores do espaço urbano.....	19
Figura 3 - Gráfico da População do estado de Roraima e cidade de Boa Vista.....	23
Figura 4 - Mapa de distribuição das Zonas da área urbana de Boa Vista - RR.....	24
Figura 5 - Quadro dos bairros da cidade de Boa Vista.....	25
Figura 6 - Crescimento da cidade de Boa Vista 1985, 1995, 2005 e 2014.....	25
Figura 7 - Quadro das características das bacias hidrográficas.....	27
Figura 8 - Quadro dos aspectos relativos à Política Ambiental voltada para os Recursos Hídricos.....	35
Figura 9 - Quadro dos tipos de dados dentro de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD).....	38
Figura 10 - Quadro da diferenciação dos mapas de previsão.....	39
Figura 11 - Hierarquia de tarefas de processamento de imagens.....	41
Figura 12 - Quadro de discriminação de riscos associados a fatores endógenos e exógenos.....	43
Figura 13 - Quadro da diferenciação conceitual para análise de risco.....	44
Figura 14 - Relação entre os conceitos de risco, perigo e crise para prevenção e gestão de eventos desastrosos.....	45
Figura 15 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.....	46
Figura 16 - Características dos leitos do rio.....	47
Figura 17 - Mapa de localização da área de estudo.....	49
Figura 18 - Quadro da caracterização das bacias hidrográficas urbanas de Boa Vista....	50
Figura 19 - Quadro das semelhanças e diferenças entre geossistema e ecossistema.....	53
Figura 20 - Esboço de uma definição teórica de Geossistema.....	54
Figura 21 - Fluxograma da integração de dados para elaboração de um mapa de risco..	57
Figura 22 - (A) e (B) Modelos assintóticos das imagens Landsat 5 para os anos 1985 e 1995 das bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7; (C) CBERS-2 do ano de 2005 das bandas 1, 2, 3, 4 e (D) Landsat 8 do ano de 2014 do ano de 2014.....	58

Figura 23 - Exemplo de grade numérica representando o Modelo Numérico de Terreno (MNT) na interface do Spring 5.3.....	66
Figura 24 - Quadro da escala de Valores do Analytic Hierarchy Process (AHP) para comparação pareada.....	68
Figura 25 - Processo de expansão urbana sobre as bacias hidrográficas de Boa Vista-RR.....	71
Figura 26 - Área de expansão da cidade de Boa Vista - RR segundo o Plano Diretor do ano de 2006.....	73
Figura 27 - Mapa de classificação do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 5 sensor TM de 1985.....	75
Figura 28 - Gráfico do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 5 de 1985 sensor TM.....	76
Figura 29 - Mapa de classificação do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 5 sensor TM de 1995.....	77
Figura 30 - Gráfico do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 5 de 1995 sensor TM.....	78
Figura 31 - Mapa de classificação do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem CBERS-2 sensor CCD de 2005.....	80
Figura 32 - Gráfico do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem CBERS-2 de 2005 sensor CCD.....	81
Figura 33 - Terminal de Integração João Firmino Neto.....	82
Figura 34 - Vila Olímpica no bairro Olímpico.....	83
Figura 35 - Vista panorâmica do Parque Germano Augusto Sampaio.....	83
Figura 36 - Mapa de classificação do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 8 sensor OLI de 2014.....	84
Figura 37 - Quadro da pavimentação e calçamento de vias com destaque para os bairros da zona oeste.....	85
Figura 38 - Gráfico do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 8 de 2014 sensor OLI.....	86
Figura 39 - Mapa de altitude com curvas de nível da cidade de Boa Vista - RR.....	89
Figura 40 - Quadro da classificação de declividade.....	90
Figura 41 - Mapa de declividade da cidade de Boa Vista - RR.....	90
Figura 42 - Inundação na cidade de Boa Vista no ano de 2011.....	91

Figura 43 - Distâncias de inundações nos Rios Branco e Cauamé na cidade de Boa Vista - RR.....	92
Figura 44 - Mapa de localização das bacias hidrográficas de Boa Vista - RR.....	93
Figura 45 - Ferramenta de suporte à decisão Analytic Hierarchy Process (AHP).....	97
Figura 46 - Centro: banhado pelos Rios Branco e Cauamé.....	98
Figura 47 - Bairro São Pedro zona leste: banhado pelos Rios Branco e Cauamé.....	98
Figura 48 - Modelo Numérico de Terreno (MNT) do risco à inundação na cidade de Boa Vista.....	100
Figura 49 - Mapa de risco à inundação da cidade de Boa Vista - RR.....	101
Figura 50 - Gráfico do total de áreas propensas à inundação.....	102
Figura 51 - Bairro Paraviana zona norte: banhado pelos Rios Branco e Cauamé.....	103
Figura 52 - Bairro Cauamé zona norte: banhado pelos Rios Branco e Cauamé.....	104
Figura 53 - Mapa de enquadramento das bacias hidrográficas de Boa Vista-RR nas áreas de risco à inundação.....	105
Figura 54 - Transformações estruturais da cidade de Boa Vista ocorridas durante 1940. A-C) galerias de águas pluviais: A) Rua Benjamin Constant, B) Rua Jaime Brasil e C) Rua 5 de setembro; D) tampão de caixa de areia, Rua Jaime Brasil.....	107
Figura 55 - Transbordamento e alagamento na cidade de Boa Vista. A) lixo e árvores trazidos por transbordamento de canal e B) alagamento no bairro Buritis, na zona oeste de Boa Vista.....	108
Figura 56 - (A) Confluência dos igarapés Tiririca (esquerda) e Jararaca (direita) para formar o igarapé Caxangá, com ênfase para o concretamento e retirada da cobertura vegetal e (B) Trecho do igarapé Mirandinha próximo a desembocadura na Av. Ville Roy.....	109
Figura 57 - Bairro Calungá - Zona Sul: banhado pelos Rios Branco e Cauamé.....	110
Figura 58 - Bairro Caetano Filho - Centro: banhado pelos Rios Branco e Cauamé.....	110

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Valores de OIF obtidos para imagem Landsat 5 do ano de 1985.....	61
Tabela 2 -	Valores de OIF obtidos para imagem Landsat 5 do ano de 1995.....	61
Tabela 3 -	Valores de OIF obtidos para imagem Landsat 8 do ano de 2014.....	62
Tabela 4 -	Índices de referência para acurácia na classificação MAXVER pelo coeficiente Kappa.....	65

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
1.1.1	PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL: O ESPAÇO COMO RECURSO, O ESPAÇO COMO RISCO.....	16
1.1.1.1	<b>Produção do espaço urbano em Boa Vista - RR: o social e o natural</b> .....	18
1.1.1.2	<b>Bacias hidrográficas e a relação sociedade-natureza</b> .....	27
1.1.1.3	<b>Mecanismos de planejamento e gestão do espaço urbano</b> .....	28
1.1.1.4	<b>Geoprocessamento como instrumento de gestão ambiental</b> .....	37
1.2	RISCO AMBIENTAL.....	42
1.2.1	<b>Risco à inundação</b> .....	46
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	48
2.1	OBJETIVO GERAL.....	48
2.1.1	<b>Objetivo específico</b> .....	48
3	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	49
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	49
3.2	MÉTODO DE ORIENTAÇÃO.....	51
3.3	MATERIAIS UTILIZADOS.....	55
3.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	56
3.4.1	<b>Geoprocessamento das imagens de sensores remotos</b> .....	57
3.4.2	<b>Elaboração dos mapas temáticos</b> .....	63
3.4.3	<b>Classificação do uso e cobertura do solo</b> .....	63
3.4.4	<b>Analytic Hierarchy Process (AHP)</b> .....	65
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	69
4.1	BACIAS HIDROGRÁFICAS DE BOA VISTA.....	69
4.2	USO E COBERTURA DO SOLO.....	74
4.3	RISCO À INUNDAÇÃO NA CIDADE DE BOA VISTA.....	88
4.3.1	<b>Políticas públicas e planejamento ambiental</b> .....	106
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	112
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	114
	<b>APÊNDICE</b> .....	123

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial, tendo sua concentração predominantemente nos centros urbanos faz com que áreas impróprias (topos de morro, encostas, planícies de inundação etc.) sejam ocupadas, podendo vir a gerar ou potencializar fenômenos nocivos a esta mesma população que busca saciar uma necessidade básica, a moradia.

Espaços geográficos utilizados para o desenvolvimento das atividades humanas sempre fizeram parte da sociedade, no entanto, a utilização sem planejamento fez e faz com que áreas de risco ambiental tornem-se mais evidentes e inegavelmente passem a assumir papel de destaque por seus impactos ambientais, os quais levam a perdas materiais (moradias, infraestruturas viárias, sanitárias etc.), bem como de vidas humanas.

Técnicas de geoinformação como Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Sistemas de Informação Geográficos (SIGs), entre outras, aparecem como importante ferramenta de gestão dos espaços em risco. Estes espaços tornam-se vulneráveis ambientalmente por questões sociais, as quais podem se remeter a baixo poder aquisitivo por parte da população de espaços "livres" de fenômenos naturais que possivelmente possam lhe causar danos ou perdas ou mesmo pela ausência de mecanismos de planejamento que considerem a sociedade como elemento indissociável das variáveis naturais (clima, solo, vegetação, hidrografia).

O projeto desenvolvido visou a partir de uma abordagem sistêmica – viés econômico, social e ambiental – não só mapear as áreas de risco à inundação na cidade de Boa Vista, no estado de Roraima, tendo como recorte espacial suas bacias hidrográficas (figura 1). Buscou também a compreensão da interação sociedade e natureza no processo de gênese e potencialização de áreas de risco, bem como de seu controle, com o intuito de prevenir fenômenos desastrosos, fazendo com que seus impactos sejam minimizados, sendo, por tanto, um contraponto a medidas somente de remediação, ou seja, medidas pós-eventos.

O entendimento da sociedade como agente formador, estruturador e modificador do espaço é de suma importância, pois está é composta pelo Estado - transfigurado no poder público - e pela sociedade civil, a qual pode estar organizada ou não, mas que independente disso faz parte dos processos decisórios de apropriação socioambiental do espaço urbano.

Partir do método sistêmico possibilita utilizar a terminologia sociedade como agregadora dos agentes que devem coexistir de forma una, viabilizando processos de apropriação espacial coerentes com as diferentes necessidades, uma vez que cada agente social desempenha e demanda diferentes funções no espaço citadino.

Tal coexistência também deve se fazer presente entre a sociedade e a natureza, esta última entendida como agente provedor primário das necessidades básicas dos seres humanos (comer, vestir, ..., transformar). Todavia, fenômenos naturais podem desencadear prejuízos materiais e imateriais, os quais podem ser potencializados caso a coexistência entre sociedade e natureza não se faça considerando as variáveis físicas como imprescindíveis para que alterações sociais possam ser feitas.

O espaço urbano aparece como excelente escopo para entender as relações estabelecidas entre sociedade e natureza, pois as transformações sociais impostas sobre a natureza, por vezes não consideram as especificidades ambientais locais e regionais, propiciando o surgir e/ou o intensificar de áreas de risco para a sociedade como um todo.

A cidade de Boa Vista, capital do estado de Roraima tem seu espaço citadino densamente ocupado com cerca de 60% da população do estado, no entanto, mesmo de posse de instrumentos jurídicos que regulamentam seu uso e ocupação (Plano Diretor Urbano, Lei Orgânica, Código Florestal etc), por força de eventos naturais extremos relacionados a intensa pluviosidade associados a ocupações humanas em áreas "impróprias", esta cidade é fortemente impactada por inundações e alagamentos, os quais desvelam que o planejamento e a gestão não ocorrem de maneira eficiente.

Partindo destes pressupostos as seguintes questões foram levantadas:

- Quais fatores estão relacionados ao risco à inundação nas bacias hidrográficas da cidade de Boa Vista - RR?
- Quais bacias hidrográficas estão mais susceptíveis à inundação?
- Quais mecanismos são utilizados para lidar com o risco à inundação na cidade de Boa Vista - RR?

Acredita-se que a região amazônica ainda se recente de estudos relacionados a seus recursos naturais e sua intrínseca relação estabelecida com a sociedade. Em âmbito nacional teve, em nível de “estudos”, um grande Programa e um grande Projeto relevantes, que são respectivamente o Calha Norte e o RADAM Brasil, ambos com finalidades de catalogação e preservação do espaço e seus recursos naturais, no entanto ambos não conseguiram abarcar a totalidade das particularidades socioambientais da região, sendo necessários estudos mais pontuais.

Tem-se como salutar produzir conhecimentos para a sociedade que usa e ocupa o espaço, no caso, o espaço amazônico, em virtude da exposição tanto positiva quanto negativa a dinâmicas naturais.

No entanto, quando se fala em recursos naturais é quase inevitável não pensar em elementos benéficos para utilização como vegetais, animais, água, todavia, não se deve negligenciar que há dinâmicas naturais que por sua natureza expõem a sociedade a riscos, os quais a comprometem material e imaterialmente, ou seja, a catalogação não é insuficiente para assegurar, por si só, o bem-estar da sociedade, havendo necessidade de análise dos seus elementos socioambientais de forma integrada.

Assumindo esta postura, a água, elemento essencial à vida e importante recurso natural, pode se transformar em elemento nocivo por meio de fenômenos naturais como inundações e alagamentos.

O risco à inundação e alagamentos é assunto por vezes negligenciado no espaço amazônico, apesar de causar danos materiais sérios e comprometer as formas de uso e ocupação da população, a qual habita principalmente a proximidade de cursos d'água (na maioria das vezes por falta de opções mais acessíveis), sendo tratado como fenômeno eminentemente natural, no qual a sociedade não tem participação, nem na gênese e nem na sua potencialização.

Entender a conjugação de fatores sociais e naturais que corroboram para expor a sociedade a riscos naturais tendo como foco o espaço urbano de Boa Vista - Roraima torna-se relevante, uma vez que os espaços urbanos são dotados de uma miscelânea de dinâmicas, compostas pela forma com a qual a sociedade lida com o espaço natural, transformando-o ou mesmo produzindo-o para melhor ocupá-lo e dotá-lo de formas de uso condizentes com suas realidades.

## **1.1 REFERENCIAL TEÓRICO**

Riscos naturais variam em magnitude e intensidade, no tempo e no espaço e segundo Tsakiris (2014) sob certas condições e influenciado por fatores desencadeantes, podem causar perda de vidas, destruir infra-estruturas e propriedades, impedir atividades econômicas e sociais, bem como causar a destruição de monumentos do patrimônio cultural e do ambiente.

Assim, com este referencial busca-se construir uma base inicial sobre as nuances do processo de planejamento e gestão do espaço urbano relacionados as formas de identificar e caracterizar riscos naturais, notadamente os relacionados a inundações, tendo como escopo a cidade de Boa Vista, capital do estado de Roraima.

### 1.1.1 PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL: O ESPAÇO COMO RECURSO, O ESPAÇO COMO RISCO

O espaço geográfico é o lócus de produção e reprodução da vida humana, o qual por meio de ações o homem, transfigurado em sociedade, intenta transformações as quais privilegiam (ou deveriam privilegiar) seu bem estar e de todos aqueles que fazem uso fruto dos elementos que fazem parte do espaço apropriado.

Estas ações – sob o aporte jurídico-político – devem vir acompanhadas de um conjunto de prerrogativas que as justifiquem, uma vez que após serem efetuadas transformações ou mesmo serem geradas novas formas espaciais, a gestão que irá se empreender neste espaço será modificada, assim, o processo de planejamento deve estar intimamente ligado ao processo de gestão, para que esta seja eficiente nas futuras demandas.

Neste íterim, coaduna-se com De Paula, Silva e Gorayeb (2014) em que processos de planejamento devem desde o início ser participativos, e é preciso ouvir com zelo a experiência das comunidades científicas e tradicionais, assim como devem ser realizadas intervenções sensibilizadoras sobre as limitações e potencialidades do uso da paisagem.

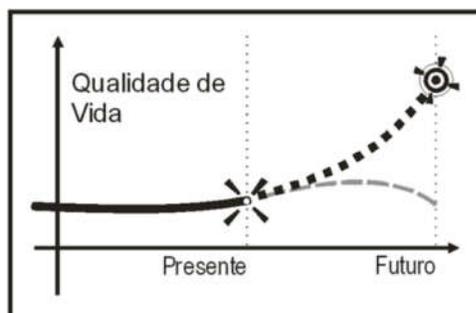
Planejar o espaço urbano requer os mesmo compromissos que se tem quando se está planejando espaços ribeirinhos, quilombolas ou indígenas, ou seja, ouvir da população as demandas que existem e transformar isso em instrumentos legais de ação para a sociedade. Segundo Costa (2008), tem havido um significativo avanço nos últimos anos no que se refere à criação e implementação de instrumentos de planejamento urbano e ambiental nas áreas urbanas, sendo importante citar o Plano Diretor Urbano, o Estatuto da Cidade (BRASIL, 2002), entre outros.

Adotar instrumentos regulatórios de planejamento espacial no urbano é importante, visto que quando se fala em espaço urbano está se falando em um recurso limitado que é dotado de valor econômico e que deve ser utilizado de forma racional. Dentre as formas de uso mais elementares encontra-se a construção de moradias, prioritariamente em locais com condições infraestruturais previamente constituídas, pois se tem como princípio a prevenção de doenças, bem como de fenômenos desastrosos.

Ordenar o espaço para que as condições ótimas de bem estar da população sejam atendidas deve ser prioridade do poder público e de acordo com Silva e Ferreira (2014) o ordenamento têm como objetivo estabelecer restrições no uso e ocupação do solo, conforme as características ambientais do local, de modo a direcionar o uso e ocupação de áreas que apresentem menores restrições ambientais.

O ordenar espacial ocorre por meio do planejamento e sendo necessário para isso saber onde se quer ir (figura 1), posto que a gestão se processará e será alterada de acordo com os objetivos propostos do planejamento, com o intuito de cumpri-lo sem maiores perdas.

Figura 1 - Processo de planejamento



Fonte: <http://urbanidades.arq.br/2008/06/o-que-e-plano-diretor/>

Diversos autores têm dedicado estudos à compreensão de como os grupos sociais provocam impactos sobre o meio físico, e por conta disso acabam sendo prejudicados pelas transformações ocorridas no ambiente (BRÜSEKE, 1997; CHRISTOFOLETTI, 2008; DAGNINO; CARPI JÚNIOR, 2007; HOGAN et al., 2001; VIEILLARD-BARON, 2007;). Tais autores sinalizam uma visão integrada a cerca da intensificação/geração de formas e processos, os quais modificam o meio biofísico e colocam em risco as sociedades.

De acordo com Veyret e Meschinet de Richemond (2007), há de se considerar que os territórios onde se verificam riscos, tanto naturais quanto tecnológicos ou sociais, são tributários de um passado nem sempre bem conhecido, e de escolhas políticas ou econômicas cuja pertinência não pode ser compreendida senão no contexto de uma dada época.

Nesse sentido, o trabalho tomará o uso do termo risco como uma categoria de análise que segundo Castro, Peixoto e Pires do Rio (2005) está associado à priori às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem "natural" (tais como os processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas.

O risco (*lato sensu*) refere-se, portanto, à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não-determinados, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana.

O espaço assume nesta análise uma dupla conotação (i) é recurso físico-material de produção e reprodução da vida social e (ii) risco em sentido *lato sensu*, ou seja, a partir do uso "desordenado" pode gerar ou potencializar fenômenos desastrosos, inundações, deslizamentos

etc. Cada realidade urbana apresenta suas particularidades quanto aos usos espaciais, para tanto será apresentado a seguir uma breve contextualização do processo de produção da cidade de Boa Vista.

#### **1.1.1.1 Produção do espaço urbano em Boa Vista - RR: o social e o natural**

Corrêa (1989) e Carlos (1992) compartilham a ideia de que conhecer e atuar sobre a cidade deriva do fato de ser ela o lugar onde vive parcela crescente da população, mas também onde grandes investimentos de capital ocorrem, seja em atividades localizadas na cidade, seja no próprio urbano por meio da produção da cidade e mais, por ser o principal lugar dos conflitos sociais.

Carlos (1992) afirma que a cidade, enquanto realização humana é um fazer-se intenso e ininterrupto, sendo necessário identificar e caracterizar os agentes<sup>1</sup> que produzem o espaço urbano, como exposto na figura 2.

---

<sup>1</sup> Atores sociais que criam uma lógica de produção.

Figura 2 - Quadro dos agentes produtores do espaço urbano

Proprietários				Promotores Imobiliários			Grupos Sociais Excluídos	Estado
Dos meios de produção e serviços	Rentistas	Usuários da Moradia	Fundiários	Incorporadores <sup>2</sup> e Indústria de Construção <sup>3</sup>	Instituições financeiras e de crédito	Intermediários		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modela e consomem o espaço urbano;</li> <li>• Buscam amplos terrenos a baixos custos, aumentando assim a rentabilidade;</li> <li>• A princípio não é interessante a especulação imobiliária;</li> <li>• Interferem na produção de outros espaços;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não possuem propriedade imobiliária para uso, mas cria nela valor de troca;</li> <li>• Investem no imóvel para agregar valor e aumentar o valor de troca;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Têm o imóvel como valor de uso;</li> <li>• Secundariamente o imóvel é pensado como valor de troca;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criam o padrão de segregação urbana;</li> <li>• Pensam no imóvel como valor de troca, pensando em especular a terra urbana;</li> <li>• Pensam em rendas fundiárias (vendo do terreno ou construir um imóvel para extrair renda);</li> <li>• Interesse em transformar terras rurais em terras urbanas;</li> <li>• Total interesse na renovação urbana, aumentando valor de troca;</li> <li>• Interfere no zoneamento urbano</li> <li>• Atuam em áreas periféricas pouco adensadas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preocupados em transformar capital dinheiro (KD) em capital mercadoria (KM);</li> <li>• Criam valores de uso para outros visando obter KD novamente (renda imediata);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bancos, companhias de seguro;</li> <li>• Provê agentes de recursos monetários;</li> <li>• Provê KD e o transforma em KM;</li> <li>• Criam imóveis de valores de uso para terceiros;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corretores, planejadores de venda, publicitários, arquitetos;</li> <li>• Preocupados em transformar KM em KD;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade ao acesso de moradias, promovendo a criação de "cortiços";</li> <li>• Processo de expulsão das pessoas que ocupam a terra, principalmente em ocupações de terreno com valor especulativo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representante de interesses;</li> <li>• Pode assumir o papel de todos os demais agentes;</li> <li>• Pode atuar diretamente ou indiretamente (Ex.: Caixa Econômica Federal).</li> </ul>

Fonte: Elaborado a partir de Corrêa (1989).

<sup>2</sup> Preocupam-se com processos de gestão (transformar KD e KM).

<sup>3</sup> Especializados no ramo da construção;

A complexidade da ação destes agentes sociais, segundo Corrêa (1989) inclui práticas que levam a um constante processo de reorganização espacial que se faz via incorporação de novas áreas ao espaço urbano, densificação do uso do solo, deterioração de certas áreas, renovação urbana, relocação diferenciada da infraestrutura e mudança, coercitiva ou não, do conteúdo social e econômico de determinadas áreas da cidade.

Tais agentes atuam em conjunto, com maior ou menor força, e de forma indissociável apropriam-se e transformam o espaço, fazendo com que o urbano seja uma miscelânea de relações conflituosas, as quais, por vezes, inviabilizam um consenso sobre formas mais viáveis de planejamento espacial e gestão urbana.

Neste contexto Veras (2009) e Corrêa (1989) consideram que a produção do espaço urbano de Boa Vista é um produto de ações sociais, econômicas e político-institucionais acumuladas através do tempo no espaço físico, além disso derivam da dinâmica de acumulação de capital, das necessidades mutáveis de reprodução das relações de produção e dos conflitos de classe que dela emergem.

Tais ações reorganizam constantemente o espaço, percebendo-se por meio da incorporação de novas áreas ao urbano, densificação do uso do solo, deterioração de certas áreas, renovação urbana, relocação diferenciada da infraestrutura e mudança do conteúdo social e econômico de determinadas áreas da cidade (CARLOS, 1992; CORRÊA, 1989; RODRIGUES, 1989).

Em seu processo de formação histórico-geográfico Veras (2009) entende a produção do espaço urbano da capital do estado de Roraima, Boa Vista, como um produto histórico e social, subdividindo esta produção em três momentos: (i) quando estava sob a jurisdição do estado do Amazonas (1890-1943); (ii) criação do Território Federal do Rio Branco (1943) e implantação do Plano Urbanístico da cidade (1944) e (iii) Transformação do Território Federal de Roraima em Estado (1988).

O Estado enquanto agente político-jurídico esteve a frente das transformações espaciais mais significativas do estado de Roraima, fazendo com que o espaço fosse (re) ordenado de forma dinâmica e constante.

Mesmo o Estado sendo agente preponderante nas alterações ocorridas e em curso no estado de Roraima e na cidade de Boa Vista, cabe lembrar Souza (2004) quando este afirma que a cidade é um fenômeno gerado pela interação complexa, jamais plenamente previsível ou manipulável, de uma miríade de agentes modeladores do espaço, interesses, significações e fatores estruturais, sendo o Estado apenas um dos condicionantes em jogo (ainda que seja um condicionante crucial nas modernas sociedades capitalistas).

Neste ínterim, um breve apanhado da formação espacial da cidade de Boa Vista e de seus agentes formadores se faz necessário.

Após a promulgação da Constituição Federal Brasileira de 1988 Roraima deixou de ser Território Federal e passou à condição de estado da República Federativa do Brasil e segundo Barros (1995) apesar de considerado um estado novo, sua ocupação data do final do século XVIII, quando os portugueses preocupados em garantir a colonização no rio Branco, estabeleceram Fazendas Reais na região.

Oliveira (2008) ao retratar as transformações na configuração político-administrativa do estado de Roraima elenca as profundas conformações espaciais roraimenses, no âmbito político-econômico (por conta do processo de federalização e exploração/proteção de recursos naturais), cultural (maior contato com povos indígenas) e ambiental (consolidação e abertura de vias de acesso fluvial e terrestres).

A construção da BR-174 (interligação entre Brasil e Venezuela) na década de 1970 mostrou o descompasso entre as variáveis elencadas anteriormente, refletindo segundo Oliveira (2008) e Escobar (1998) a forma como os empreendimentos na Amazônia foram conduzidos, primando pelo desenvolvimento da região, tendo as populações locais como entraves para o avanço político e econômico.

O exemplo da BR-174 é bem significativo sobre o poder de transformação espacial da sociedade, pois sua implantação além de ter promovido intensos conflitos sociais, gerou grandes desflorestamentos, alterando as dinâmicas espaciais e imprimindo uma nova lógica na organização espacial.

Boa Vista é a capital do estado de Roraima e está localizada à margem direita do Rio Branco. É uma cidade planejada, com ruas largas e avenidas amplas, todas se dirigindo para o centro, com uma área de aproximadamente 5.711,9 km<sup>2</sup> (SEBRAE/RR, 2004). Esta cidade teve início com a “Fazenda Boa Vista”, fundada em meados de 1830 por Inácio Lopes de Magalhães, sendo que a abundância de água, os campos naturais e os buritizais que decoravam a paisagem local foram ideais para a pecuária (MAGALHÃES, 1986).

Em 09 de julho de 1890, Boa Vista passou à condição de cidade, sendo criado o recém município de Boa Vista. Em meados dos anos 1950, tornou-se a capital do então Território Federal de Roraima. As mudanças estruturais do traçado urbanístico da cidade devem-se ao engenheiro Darcy Aleixo Derenusson, que dirigiu uma equipe dos mais conceituados especialistas em urbanismo, esgotos sanitários, pluviais, abastecimento de água, energia elétrica com sua rede distribuidora (MAGALHÃES, 1986, p. 28).

Pinheiro, Falcão e Oliveira (2008) destacam que entre 1950 e 2007 a população do estado de Roraima saltou de 17.247 para 395.725 habitantes, um crescimento superior a 1.000%. Tal crescimento se deve principalmente a ondas de migração, sendo as mais expressivas ocorridas nas décadas de 1970 e 1980 com a descoberta do garimpo e com a entrega da BR-174 totalmente pavimentada, extrapolando as tendências da dinâmica socioambiental.

O *boom* populacional experienciado pela cidade de Boa Vista a coloca no centro das discussões sobre o planejamento urbano e ambiental cidadão, uma vez que os serviços públicos básicos como infraestrutura sanitária, rede de transportes, saúde e educação (entre outros) não são capazes de atender satisfatoriamente a demanda crescente da população deste espaço urbano.

Destaca-se também que o crescimento populacional demanda o atendimento de uma necessidade básica que é a habitação, a qual vai buscar espaços para além dos planejados pelo poder público, incorrendo na ocupação de áreas impróprias e propícias a incidência de fenômenos desastrosos, como é o caso de populações que habitam planícies de inundação e estão sujeitas a riscos como inundações e alagamentos.

Segundo Diniz e Santos (2005) o território que hoje ocupa o Estado de Roraima ficou isolado por séculos. Somente após a construção das rodovias BR-174 e Perimetral Norte, é que se solucionaram em boa medida o crônico problema de acessibilidade, pois Roraima foi efetivamente “colocada” no mapa fazendo com que as taxas populacionais do Estado exibissem altos crescimentos demográficos nas duas últimas décadas.

Nas décadas de 1990 e 2000 a cidade de Boa Vista teve um amplo incremento populacional passando de 122.600 para 284.300 (figura 3) um aumento de 131,89%, o que equivale a uma população de 63% concentrada unicamente no espaço urbano de Boa Vista, permitindo dizer que este é o *locus* de transformação espacial por excelência.

Figura 3 - Gráfico da População do estado de Roraima e cidade de Boa Vista



Fonte: IBGE (2014).

A expansão da cidade pode ser sentida a partir da criação de novos bairros e segundo Vale (2007), com a Lei nº 483, de 9 de dezembro de 1999, a cidade de Boa Vista, já com aproximadamente 200 mil habitantes, passou a ter um total de 49 bairros, assim distribuídos: 6 bairros na Zona Norte, 5 bairros na Zona Sul, 3 bairros na Zona Leste, 34 bairros na Zona Oeste, além do Centro (figura 4). O figura 5 mostra esta distribuição em 2000.

Figura 4 – Mapa de distribuição das Zonas da área urbana de Boa Vista - RR

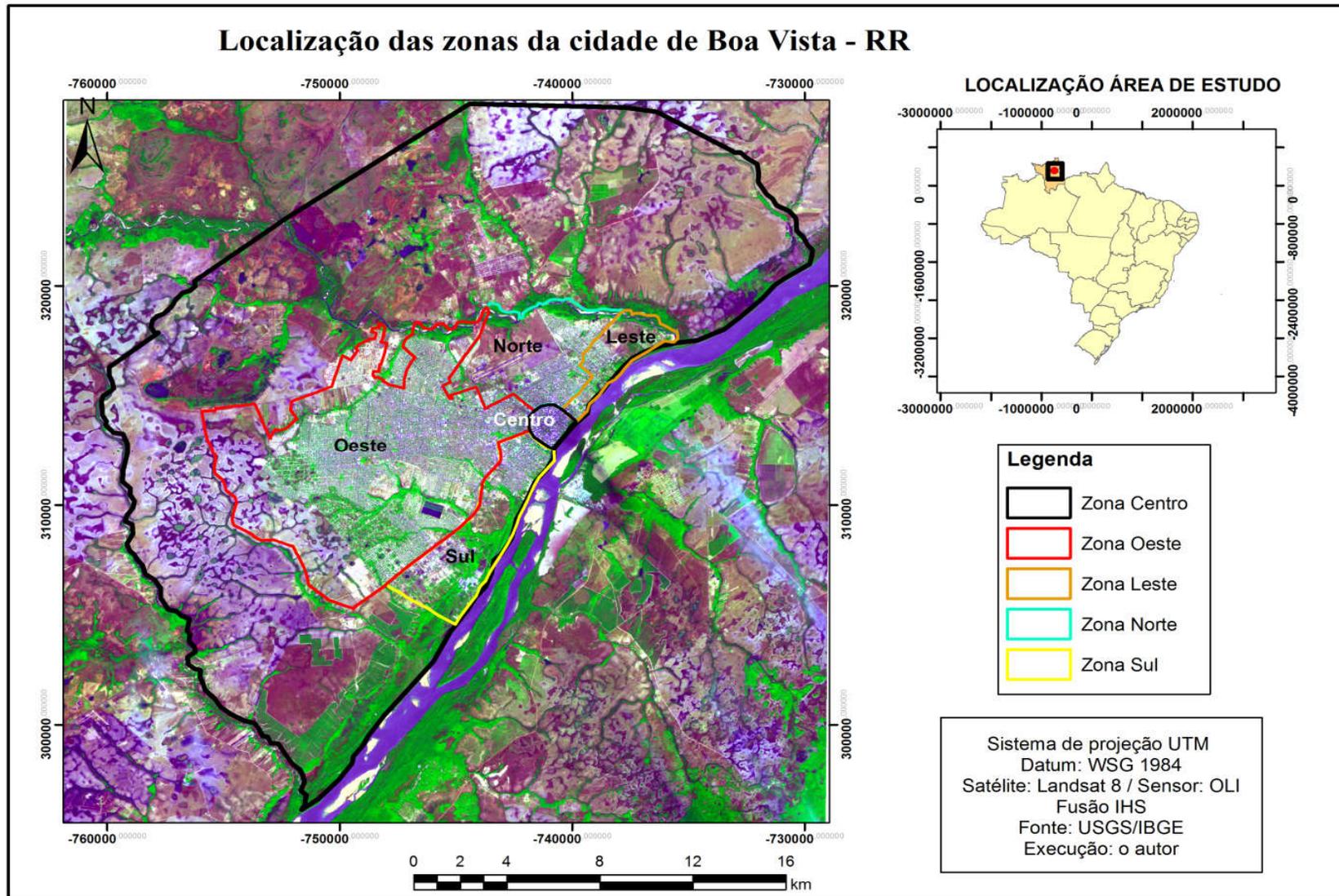


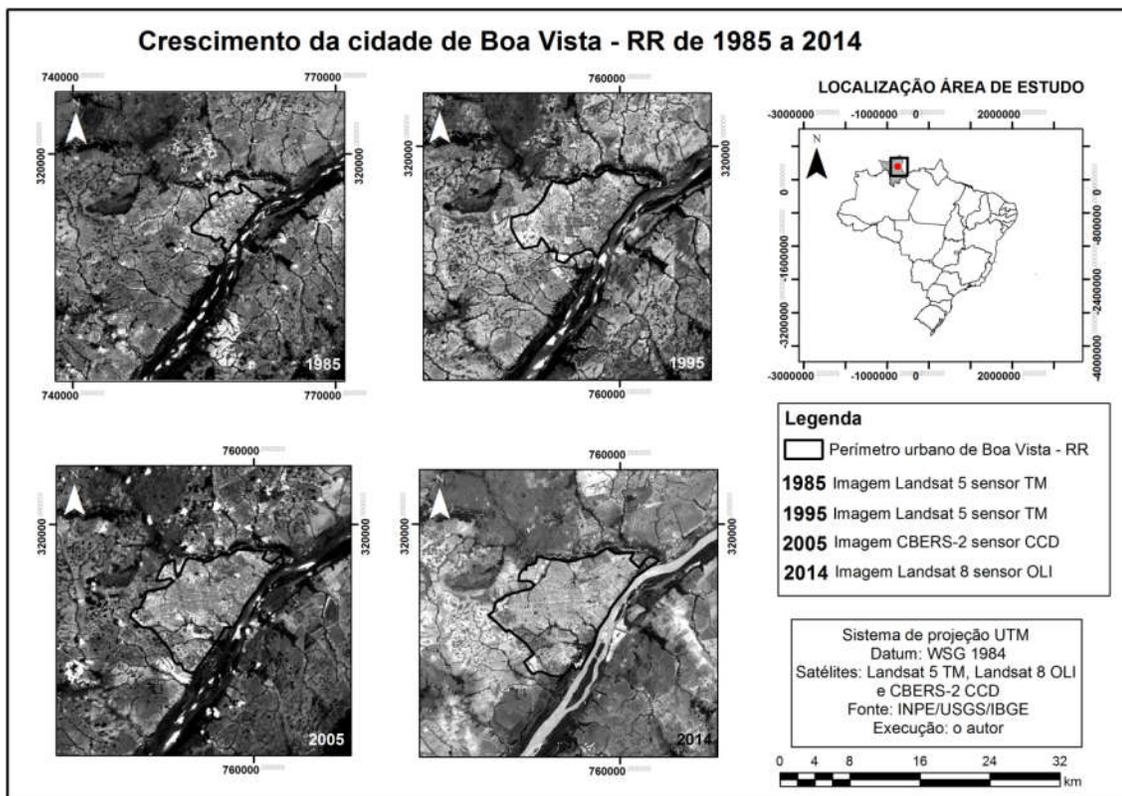
Figura 5 - Quadro dos bairros da cidade de Boa Vista

Zona	Bairros
Norte	Dos Estados, Aparecida, Aeroporto, Paraviana, São Francisco, 31 de Março
Sul	Calungá, Distrito Industrial, Marechal Rondon, São Vicente, 13 de Setembro
Leste	Caçari, Canarinho, São Pedro
Oeste	Asa Branca, Buritis, Caimbé, Cauamé, Caranã, Centenário, Cambará, Equatorial, Jardim Floresta, Jardim Tropical, Liberdade, Mecejana, Nova Canaã, Operário, Pricumã, Tancredo Neves, Alvorada, Bela Vista, Cidade Satélite, Cinturão Verde, Dr. Sílvio Botelho, Dr. Sílvio Leite, Jardim Caranã, Jardim Primavera, Jóquei Clube, Nova Cidade, Pintolândia, Piscicultura, Araceli Souto, Santa Luzia, Santa Teresa, Senador Hélio Campos, Raiar do Sol, União

Fonte: Staevie (2011).

Verifica-se com isso que há uma grande expansão para a zona oeste da cidade de Boa Vista (figura 6) o que acaba por transformar e gerar novas dinâmicas espaciais, bem como propicia a ocupação de áreas impróprias e que podem vir a ser obstáculos futuros para o pleno desenvolvimento social.

Figura 6 - Crescimento da cidade de Boa Vista 1985, 1995, 2005 e 2014



A figura 6 retrata 30 anos de expansão da cidade de Boa Vista, sendo importante observar que áreas de corpos d'água antes não ocupadas passaram a integrar a malha urbana da cidade, como nos casos do igarapé Caranã na porção noroeste da cidade e do igarapé Grande da porção oeste da cidade (ambos entre os anos de 1995 e 2004), cabendo analisar quais condições infraestruturais foram dadas para que estas ocupações fossem feitas, minimizando possíveis impactos oriundos do meio físico ou potencializados pela ação humana.

Há de se analisar também como as condições físicas vão influenciar qualitativamente nas condições de uso e ocupação do solo, pois como destaca Farias, Veras e Paixão (2012), Boa Vista possui uma geomorfologia plana levemente ondulada, com dissecação que varia de fraca a muito fraca, desenvolvida sobre rochas sedimentares, que constituem a formação do município, com cotas altimétricas com média de 70-80 m, ou seja, baixa declividade, o que favorece fenômenos de acumulação de água, como os alagamentos.

O fenômeno de acumulação das águas nas planícies de inundação e áreas próximas é mais propício entre os meses de abril a setembro, quando o período chuvoso pode se tornar mais intenso, uma vez que

A cidade de Boa Vista encontra-se sob clima tropical úmido (Aw1 na classificação de Köppen). O verão chuvoso se estende normalmente de abril a setembro e o período seco de outubro a março. O mês de janeiro em geral é o mês mais seco, com precipitação média inferior a 60 mm. A precipitação média anual oscila em torno de 1.750 mm e a temperatura média anual é de 27,4 °C (MENESES; COSTA; COSTA, 2007, p. 479).

Aspectos como relevo e clima devem ser considerados previamente ao processo de ocupação do espaço, mas segundo Farias, Veras e Paixão (2012) o crescimento urbano de Boa Vista, nas últimas décadas, ocorreu de modo rápido e principalmente no sentido sudoeste e oeste, englobando paulatinamente diversas bacias de igarapés antes situados fora da área urbana.

As bacias do Caranã, Caxangá, Frasco, Grande, Mirandinha e Pricumã localizadas na cidade de Boa Vista precisam de uma análise mais acurada das relações sociais e naturais que as compõem. Todavia, não basta atribuir ao crescimento populacional toda a culpa por fenômenos de ordem natural como as inundações com afirmativas do tipo "estas famílias não deveriam ocupar estas áreas, pois são áreas de risco".

### 1.1.1.2 Bacia hidrográfica e a relação sociedade-natureza

A bacia hidrográfica é reconhecida como unidade espacial na Geografia Física desde o fim dos anos 1960. Contudo, segundo Botelho e Silva (2012) durante a última década ela foi, de fato, incorporada pelos profissionais não só da Geografia, mas da grande área das chamadas Ciências Ambientais, em seus estudos e projetos de pesquisa.

Para Chauhan (2010) bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas de um ponto mais alto até um ponto mais baixo, tendo como sua desembocadura um ponto comum ou de acordo com Coelho Neto (2007) é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial.

As definições de bacias hidrográfica são desde a noção geomorfológica de escoamento do ponto mais alto indo ponto mais baixo até noções mais elaboradas que a consideram unidade política de administração espacial, a qual deve ser gerida aos moldes de uma gestão integrada que considere aspectos físicos atrelados aos socioeconômicos.

Teodoro et al. (2007) diz que a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos adotando a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão, sendo importante frisar que se vislumbra nesta unidade uma gestão compartilhada entre poder público e sociedade em suas diferentes escalas, ou seja, desde o bairro até o país.

Coaduna-se com Rodríguez, Silva e Leal (2011) em que na atualidade o tema planejamento sobre o uso e a gestão das bacias hidrográficas tem uma importância cada vez maior, para tanto destacam algumas características que possibilitam a melhor visualização de como se pode melhor utilizá-la (figura 7).

Figura 7 - Quadro das características das bacias hidrográficas

	<b>Características Físicas</b>	<b>Características de Planejamento e Gestão</b>
Bacia Hidrográfica	É a superfície terrestre drenada por um sistema fluvial contínuo e bem definido	Abrange parte de um conjunto de feições ambientais homogêneas (paisagens, ecossistemas) ou de diversas unidades territoriais
	As águas escolhem outro sistema fluvial ou outros objetos hídricos	Considera-se como a unidade mais apropriada para o estudo quantitativo e qualitativo do recurso água, e dos fluxos de sedimentos e de nutrientes
	Seus limites estão geralmente determinados pela divisão principal, segundo o relevo	Assume-se como a unidade preferencial para o planejamento e a gestão ambiental
	É o conjunto de terras drenadas por um corpo principal de águas	Vislumbra-se nesta unidade uma gestão compartilhada entre poder público e sociedade em suas diferentes escalas
	É um espaço físico-funcional	

Fonte: Elaborado a partir de Rodríguez, Silva e Leal (2011).

Elencar estas características torna-se salutar para que uma análise possa ser efetuado considerando aspectos físicos como inclusos no processo de planejamento e assim, efetivamente construir um planejamento ambiental consistente, adotando o viés sistêmico na análise de bacia hidrográfica, pois

A análise da bacia, a partir de uma perspectiva sistêmica, sustentável e complexa, é válida porque, no caso dos recursos hídricos, a tarefa consiste em compreender e considerar as relações do arranjo espaço-temporal do papel da água como um recurso indispensável no funcionamento da biosfera, mas surgida e limitada dentro do complexo da geosfera ou esfera geográfica. Isso é devido ao fato desses nexos e relações dependerem das interações espaciais entre a distribuição da água, o clima, a geologia e o relevo, formando todos, de maneira articulada uma totalidade ambiental, que constitui o espaço e a paisagem natural (RODRÍGUEZ; SILVA; LEAL, 2011, p. 31).

Dentre as relações espaciais a relação sociedade-natureza será enfatizada, uma vez que as formas de uso e apropriação dos recursos contidos na bacia hidrográfica fazem com dinâmicas sejam geradas ou intensificadas, podendo transformar elementos da natureza que seriam recurso em risco para a população que estiver em suas proximidades.

Para tanto, tentar-se-á lançar mão de alguns pressupostos da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) para que os fenômenos comecem a ser analisados em suas particularidades e não somente em suas leis gerais, não tendo, portanto o todo como partes somadas, mas como dependente da intensidade das inter-relações que ocorrem entre as partes. E para compreender as características das partes constitutivas de um sistema é necessário que se conheça não somente as partes, mas também as suas relações (LIMBERGER, 2006).

A TGS, a guisa de arcabouço teórico, tendo esta visão holística, permite com que a sociedade não mais seja vista como uma parte desintegrada do sistema. Esta agora passará a ser concebida como agente geomórfico, possibilitando que se consiga entender melhor como, por que e para que as alterações no meio físico ocorrem.

### **1.1.1.3 Mecanismos de planejamento e gestão do espaço urbano**

Dentre os dispositivos constitucionais criados para melhor planejar o espaço urbano a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 ou simplesmente Estatuto da Cidade (BRASIL, 2002) é o mais voltado para tal fim, vindo estabelecer normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.

O Estatuto da cidade regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelecendo diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. No Título VII (Da ordem econômica e financeira), Capítulo II (Da política urbana) o Art. 182 diz que a política

de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes

Quanto aos instrumentos responsáveis por encaminhar a política urbana está o plano diretor, sendo que o caput 1º do presente artigo coloca que o plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

Quanto ao artigo 183, este se remete a questões concernentes a direito de uso e propriedade<sup>4</sup>, afirmando que aquele que possuir como sua área urbana de até duzentos e cinquenta metros quadrados, por cinco anos, ininterruptamente e sem oposição, utilizando-a para sua moradia ou de sua família, adquirir-lhe-á o domínio, desde que não seja proprietário de outro imóvel urbano ou rural.

Em seus dezesseis incisos o artigo 2º do Estatuto prevê que a política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, para os quais dar-se-á destaque para alguns incisos, como o primeiro, o qual se remete a garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações, ou seja, uma cidade sustentável.

No inciso segundo é posto que ações a serem desenvolvidas no espaço urbano deverão primar por uma gestão democrática, através da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano, tendo como foco o levantamento das demandas singulares que são produzidas espacialmente, uma vez que apesar de se falar em um espaço urbano não se pode negligenciar as múltiplas relações sociais processadas neste espaço.

Quanto a morfologia urbana o inciso quarto recomenda um planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente,

---

<sup>4</sup> Propriedade é o direito real que dá a uma pessoa (denominada então "proprietário") a posse de uma coisa, em todas as suas relações. É também o direito/faculdade de usar, gozar e dispor da coisa, além do direito de reavê-la de quem injustamente a possua ou detenha. Gomes (2008) descreve que é ainda um direito complexo, absoluto, perpétuo e exclusivo.

pois há o entendimento que as interações entre sociedade e natureza se processadas de forma desordenada causarão prejuízos futuros.

Ordenar e controlar o uso do solo é tarefa intrínseca ao planejamento e gestão do espaço urbano, para tanto o inciso sexto propõe em suas alíneas para atingir este fim último, evitar:

- a) a utilização inadequada dos imóveis urbanos;
- b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes;
- c) o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana;
- d) a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como polos geradores de tráfego, sem a previsão da infraestrutura correspondente;
- e) a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização;
- f) a deterioração das áreas urbanizadas;
- g) a poluição e a degradação ambiental;

Tais medidas são necessárias para que o inciso nono possa se concretizar, havendo assim a justa distribuição dos benefícios e ônus decorrentes do processo de urbanização, pois que vem se percebendo nos espaços urbanos é um descompasso entre os incisos sexto e nono, posto que em grande parte o ônus é "destinado" as classes menos abastadas da população, as quais tem que conviver com mazelas sociais crônicas (falta de saneamento, moradia, transporte etc.), bem como ambientais (moradia em áreas de riscos a inundação, deslizamentos etc.).

Destaque se faz ao inciso doze relativo à proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico, visto que há um depauperamento do patrimônio natural e construído dentro dos espaço urbano em razão de mecanismos pouco efetivos de diálogo entre os diferentes organismos da sociedade (poder público e população).

Para o município o Estatuto da Cidade prevê a implantação do Plano Diretor, o qual é responsável pela manutenção da função social da propriedade urbana, assegurando o atendimento das necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida, à justiça social e ao desenvolvimento das atividades econômicas, respeitadas as diretrizes previstas no art. 2º do referido estatuto, sendo alguns incisos já aqui comentados.

Segundo o artigo 40 o plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, tendo por obrigação, (i) integrar o

processo de planejamento municipal; (ii) englobar o território do município como um todo; (iii) ser revisto a cada 10 anos e (iv) os poderes Legislativo e Executivo deverão garantir no processo de elaboração e fiscalização o descrito nos incisos abaixo

I – a promoção de audiências públicas e debates com a participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade;

II – a publicidade quanto aos documentos e informações produzidos;

III – o acesso de qualquer interessado aos documentos e informações produzidos.

Frisa-se ainda que há condições para a implantação do plano diretor, tornando-se obrigatória sua implantação para cidades: (i) com mais de vinte mil habitantes; (ii) integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas; (iii) onde o Poder Público municipal pretenda utilizar os instrumentos previstos no 4º do art. 182 da Constituição Federal; (iv) integrantes de áreas de especial interesse turístico; e (v) inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional.

Cabe mencionar também que segundo o artigo 42 do Estatuto da Cidade o plano diretor deverá conter no mínimo:

I – a delimitação das áreas urbanas onde poderá ser aplicado o parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, considerando a existência de infraestrutura e de demanda para utilização, na forma do art. 5º do Estatuto da Cidade;

II – disposições requeridas pelos artigos 25, 28, 29, 32 e 35 do Estatuto da Cidade;

III – sistema de acompanhamento e controle.

Em um contexto de implantação Braga (2001) diz que o Plano Diretor é um instrumento eminentemente político, cujo objetivo precípua deverá ser o de dar transparência e democratizar a política urbana, ou seja, o plano diretor deve ser, antes de tudo, um instrumento de gestão democrática da cidade. Nesse sentido, é importante salientar dois aspectos do Plano: a transparência e a participação democrática.

Para a cidade de Boa Vista, capital do estado de Roraima, a Lei nº 244, de 06 de setembro de 1991 (BRASIL, 1991), que dispõe sobre a promoção do desenvolvimento urbano, zoneamento, uso e ocupação do solo, sistema viário, parcelamento do solo e dá outras providências, aprovada pela Câmara municipal de Boa Vista constitui-se no seu primeiro plano diretor, abrangendo zoneamento; uso e ocupação do solo; sistema viário; e parcelamento do solo.

No artigo 2º da presente lei, em seu inciso 5º percebe-se preocupação das relações estabelecidas com a natureza dentro do espaço urbano, uma vez que visa-se a promoção do melhor equilíbrio do homem e de suas relações com o meio ambiente natural, para entanto, o artigo 37 da Seção I (Da Preservação) considera inaptas à urbanização as áreas alagadiças e sujeitas a inundações.

O parágrafo único deste artigo condiciona, porém, a urbanização destas áreas obedecidos os critérios técnicos dos órgãos competentes, para que essas áreas possam ser urbanizadas, desde que executadas as obras de drenagem que assegurem o não alagamento, ainda que se tratem de áreas especiais de preservação ou ecologicamente frágeis.

Há assim, neste contexto a identificação no artigo 38 das áreas inaptas à urbanização, não edificáveis e de preservação permanente, sendo as faixas de terreno situadas às margens de rios ou cursos d'água, de largura variável, indicadas em seus incisos:

I - Rio Branco, faixa de preservação de 500m (quinhentos metros), a jusante da foz do igarapé Pricumã e 150m (cento e cinquenta metros), a montante da foz do rio Cauamé, sendo que o trecho compreendido entre os rios pontos de referência, a faixa de preservação é de 50m (cinquenta metros);

II - Rio Cauamé, com faixa de preservação de 100 (cem metros);

III - Igarapés Uai Grande, Murupú, Água Boa de Baixo e Água Boa de Cima, a faixa de preservação é de 50m (cinquenta metros);

IV - Igarapé Caranã, com faixa de preservação de 50m (cinquenta metros)

V - Igarapés Grande, Carrapato, Curupira, Taboca, São José e Caçari na a faixa de preservação é de 70m (setenta metros);

VI - Igarapés Uaizinho, do Paca, Pricumã, Caxangá, do Frasco e Mirandinha a faixa de preservação é de 50m (cinquenta metros);

VII - Igarapés Mecejana, Tiririca e Jararaca a faixa de preservação.

É perceptível uma preocupação com áreas potencialmente frágeis no espaço urbano, as quais podem ser drasticamente impactadas se instrumentos reguladores como o plano diretor não forem postos a funcionarem para a plena gestão.

Seguindo esta linha a Lei complementar nº 924, de 28 de novembro de 2006, a qual dispõe sobre o plano diretor estratégico e participativo de boa vista e dá outras providências, trata-se do atual plano diretor de Boa Vista e a Lei nº 926, de 29 de novembro de 2006 que dispõe sobre o uso e ocupação do solo urbano do município de Boa Vista e dá outras providências (BOA VISTA, 2006), vão normatizar o planejamento e a gestão do espaço urbano de Boa Vista.

Dar-se-á enfoque no Plano Diretor Estratégico Participativo de Boa Vista (PDEPBV) por esse tratar de forma mais abrangente os mecanismos e as diretrizes a serem adotadas para o desenvolvimento urbano, assumindo como objetivo geral em seu artigo 3º a promoção do ordenamento territorial e o desenvolvimento social e econômico sustentável do Município de Boa Vista, a partir do reconhecimento de suas potencialidades e de seus condicionantes ambientais.

Dentre as linhas estratégicas de atuação chama-se a atenção do inciso segundo do artigo 4º o qual trata da qualificação ambiental do município considerando sua biodiversidade e condicionantes socioeconômicas. Assim como em sua primeira versão, há uma preocupação com as relações estabelecidas entre a sociedade e a natureza.

O artigo 6 aponta as diretrizes voltadas para a estratégia de qualificação ambiental do Município de Boa Vista, quais sejam:

- I – a preservação, a proteção, a recuperação e a valorização do patrimônio ambiental;
- II – a promoção do planejamento e da gestão municipal que respeite os condicionantes do meio físico e biótico;
- III – a implementação do Macrozoneamento municipal proposto na presente lei.

Para qualificar ambientalmente Boa Vista um direcionamento por meio de base legal se faz importante e a Seção I (Da Política de Meio Ambiente) está incluída no PDEPBV exatamente para dar este suporte, e para os fins deste trabalho destaque se dá aos dois primeiros incisos, os quais tratam respectivamente da (i) a utilização racional dos recursos naturais de modo ambientalmente sustentável, para as presentes e futuras gerações; e (ii) a incorporação da unidade de bacia e sub-bacia de drenagem no planejamento e gestão municipal.

Acredita-se que ambos estejam interligados pelo fato de, enquanto o segundo apresenta uma base física de delimitação espacial por meio da bacia hidrográfica o primeiro aborda as diversificadas relações que ocorrem entre os agentes sociais e que em maior ou menor grau acabam por transformar e conformar o espaço e nem sempre aproveitando de positiva os recursos ali presentes.

O artigo 8 ainda vem ratificar a importância dos cursos d'água em seus três primeiros incisos categorizando-os como patrimônio ambiental do município de Boa Vista, assim os considerando

- I – os corpos hídricos perenes e intermitentes e suas respectivas áreas de Preservação Permanente – APP, definidas pela Lei Federal 4771 datado de 15 de setembro de 1965, Código Florestal;

II – as faixas marginais de proteção dos igarapés, das lagoas e dos rios, com exceção apenas da orla do rio Branco, dentro do perímetro urbano, nos bairros 13 de Setembro, Calungá, Francisco Caetano Filho, Centro, São Pedro, Canarinho e Caçari, já consolidados;

III – os mananciais, especialmente aqueles que compõem as sub-bacias dos igarapés Água Boa de Cima e Água Boa;

Considerar os corpos d'água do município como patrimônio ambiental é um passo importante para conservá-los, bem como para que tentativas de recuperação e revitalização possam vir a ocorrer, tanto que a Subseção I (Dos Recursos Hídricos) explicita os objetivos, diretrizes e ações estratégicas relativos à Política Ambiental voltada para os Recursos Hídricos como é possível analisar na figura 8.

Figura 8 - Quadro dos aspectos relativos à Política Ambiental voltada para os Recursos Hídricos

Política Ambiental voltada para os Recursos Hídricos no município de Boa Vista - RR		
Objetivos	Diretrizes	Ações estratégicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• proteger e recuperar os mananciais do município, superficiais e profundos, considerando também o entorno das lagoas, rios e igarapés, sejam eles permanentes ou temporários;</li> <li>• incentivar a adoção de hábitos, costumes, posturas, práticas sociais e econômicas que visem à proteção e recuperação dos recursos hídricos do município;</li> <li>• buscar a conscientização das interações entre as atividades antrópicas e o meio hídrico para que sejam articuladas de maneira sustentável.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• observar a Política Nacional de Recursos Hídricos, nos termos da legislação federal e principalmente da Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997;</li> <li>• observar o Código Florestal, Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965;</li> <li>• definir metas de redução da poluição hídrica;</li> <li>• priorizar a preservação dos igarapés e lagoas inseridos nas zonas sul/sudoeste da cidade por serem áreas menos degradadas e passíveis de recuperação;</li> <li>• preservar as cabeceiras e nascentes dos principais cursos d'água da área urbana: Igarapé Grande e Caranã.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• definir as bacias e sub-bacias hidrográficas do município em sistema georreferenciado até o ano de 2007;</li> <li>• fiscalizar e normatizar a atividade de mineração e os movimentos de terra em Áreas de Preservação Permanente e exigir de seus empreendedores a aplicação de medidas mitigadoras;</li> <li>• dar continuidade e fomentar projetos de recuperação e revitalização de igarapés e lagoas tanto permanentes como temporárias;</li> <li>• trabalhar na conscientização ambiental e no gradativo reassentamento da população residente no leito de igarapés e lagoas temporárias e permanentes, bem como em seu entorno;</li> <li>• desenvolver campanhas para esclarecer a população quanto ao uso racional dos recursos hídricos e a importância de sua preservação;</li> <li>• desenvolver instrumentos para compensação de proprietários de áreas adequadamente preservadas na região de mananciais;</li> <li>• elaborar o Plano de Gestão Integrada de Recursos Hídricos para o município até 2008 e assegurar mecanismos para sua implantação.             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Quanto às zonas sul/sudoeste da área urbana do município:                 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ excluí-la do perímetro urbano e destiná-la à criação de Unidade de Conservação da Natureza, conforme as determinações da Lei Federal nº 9.985/00;</li> <li>➢ reavaliar, prioritariamente, as obras no bairro Conjunto Cidadão, com vistas à recuperação ambiental da área degradada e mitigação dos impactos ambientais.</li> </ul> </li> <li>➢ Quanto ao anel viário:                 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ executar o Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) até o ano de 2008, com a definição de medidas mitigadoras dos impactos ambientais causados;</li> <li>➢ transformar o anel viário em estrito corredor de passagem de frota rodoviária, normatizar a implantação de atividades ao longo do mesmo e os acessos viários transversais ao atual traçado da via;</li> <li>➢ trabalhar, prioritariamente, na melhoria das obras de engenharia para evitar o assoreamento das lagoas do entorno da via, bem como reavaliar os dispositivos de passagem hídrica sob a via.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

Fonte: Elaborado a partir de Boa Vista (2006).

Torna-se evidente que há preocupação no tocante a questão dos corpos hídricos da cidade de Boa Vista, e seu principal mecanismo de planejamento e gestão urbana é enfático no sentido de resguardar, assim como recuperar áreas degradadas ou potencialmente degradadas pela ação antrópica.

Percebe-se ainda que o modelo político presente no PDEPBV é sustentável, sendo preponderante lembrar SCHUSSEL (2004) que na definição de desenvolvimento sustentável, ressalta a importância que deve ser dada ao processo de mudança, mais que ao objetivo estático de otimização. Deve tratar-se de um processo de aprendizagem coletiva com o máximo de sinergia entre a economia, a tecnologia e o meio ambiente e com o mínimo de externalidades<sup>5</sup> cruzadas de tipo negativo.

O modelo de referência para a pesquisa sobre a sustentabilidade urbana não pode ser o “paraíso terrestre de equilíbrio eco-biológico”, nem uma cidade ideal, mas segundo SCHUSSEL (2004) um arquétipo pluridimensional, em que as diferentes funções da cidade são representadas de forma a: (i) garantir as economias de aglomeração e de proximidade; (ii) favorecer a acessibilidade e a interação social; (iii) permitir uma integração em rede com o mundo exterior; e (iv) alcançar o máximo de bem-estar coletivo como resultado de integração positiva entre o meio ambiente natural, o patrimônio histórico cultural, a economia e a sociedade.

Há de se ter esta consideração em conta, pois impactos são gerados sobre o espaço urbano (incluindo os cursos d'água) em razão de seu uso e ocupação, e na cidade de Boa Vista isto também ocorre, sendo alguns apontados por Costa, Costa e Reis Neto (2004):

- a) aterramento de lagos naturais, para a expansão dos bairros, modificando profundamente a paisagem e a biodiversidade local;
- b) contaminação do igarapé Caraná devido à ocupação imediata à margem que, sem a instalação de saneamento básico, os depósitos de lixo clandestinos produzem chorume que são descarregados diretamente na drenagem;
- c) aceleração da instalação de voçorocas devido à abertura de valões para facilitar o escoamento superficial;
- d) extração de lateritas para a construção civil, levando ao assoreamento da drenagem e de lagos, provocando inundações acentuadas no período chuvoso;
- e) estabelecimento de pocilgas com barragem parcial do igarapé contribuindo para o aumento na concentração de coliformes fecais na drenagem;

---

<sup>5</sup> Ações sociais extralocais podem comprometer o aproveitamento, ou mesmo o desenvolvimento de práticas mais coerentes com as realidades locais.

- f) despejo de esgotos diretamente nos igarapés realizados por clubes de lazer estatais ou privados;
- g) desmatamento da mata ciliar característica da região (buritis e vegetação de médio porte), objetivando a formação de acampamentos e lenha para banhistas;
- h) terminação de ruas, com edificações sem observar a lei de áreas de preservação permanente

O Plano Diretor, enquanto ferramenta de planejamento e gestão ambiental, é utilizado para ordenar os usos que se processam no espaço de forma a minimizar impactos nele existentes e evitar que ações danosas possam vir a ser implantadas, tendo como aporte um discurso sustentável, no qual a sociedade coexista de forma menos agressiva com a natureza.

Percebe-se com isso que o plano diretor, é por excelência, o primeiro mecanismo político-jurídico que deve ser consultado para planejar o espaço urbano, no entanto sua gestão fica condicionada aos agentes que produzem o espaço, bem como com as relações existentes entre estes agentes e a natureza, não se esgotando, para tanto, no plano diretor a única ferramenta capaz de auxiliar na gestão ambiental da cidade.

#### **1.1.1.4 Geoprocessamento como instrumento de gestão ambiental**

Segundo Joly (1990) analisar o espaço geográfico não é um simples exercício de estilo nem um divertimento: é uma operação que normalmente se inscreve num processo de pesquisa científica ou de organização territorial. Um mapa não é apenas uma obra de arte, é um instrumento de descoberta e de comunicação a serviço de um saber ou de uma ação.

Para tanto, Fitz (2008a) diz que antes de um uso direto e simplista de técnicas cartográficas, deve-se ter um bom conhecimento das complexidades e potencialidades dos produtos obtidos, uma vez que o uso incorreto dos dados contidos em uma carta, mapa etc., poderá, certamente, causar um resultado desastroso, apesar de se apresentar, muitas vezes, esteticamente agradável.

Fitz (2008b) sinaliza que para um pleno manuseio das informações cartográficas estas devem ser trabalhadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), no entanto, sua utilização pressupõe a existência de um banco de dados georreferenciados, ou seja, de dados portadores de registros a um sistema de coordenadas conhecidos (SAD 1969, WGS 1984 etc.).

A manipulação dos dados acontece por meio de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) e este deve ser estruturado de tal forma que os dados possam relacionar-se

entre si. Para Fitz (2008b) dentro do SGBD de um SIG, concebe-se a existência de dois tipos de dados: os dados espaciais e os dados alfanuméricos, os quais são classificados na figura 9:

Figura 9 - Quadro dos tipos de dados dentro de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD)

Estrutura de dados		
<b>Dados espaciais</b> - são considerados aqueles que podem ser representados espacialmente, ou seja, de forma gráfica (imagens, mapas temáticos ou planos de informação - PIs) e sua estrutura pode ser	<i>Dados em estrutura vetorial</i> - composto por três primitivas gráficas (pontos, linhas e polígonos) <sup>6</sup> e utiliza um sistema de coordenadas para a sua representação.	<b>Dados alfanuméricos</b> - são dados constituídos por caracteres (letras, números ou sinais gráficos) que podem ser armazenados em tabelas, as quais podem formar um banco de dados.
	<i>Dados em estrutura matricial</i> - é representada por uma matriz $M$ com $n$ linhas e $m$ colunas, $M(n,m)$ , na qual cada pixel (elemento da imagem) apresenta um valor $z$ que pode indicar, por exemplo, cor. Produtos advindos do sensoriamento remoto, como imagens de satélites e fotografias aéreas digitais, além de mapas digitalizados, utilizam essa forma de armazenamento.	

Fonte: elaborado a partir de Fitz (2008b).

Faz-se importante apontar as imagens de sensores remotos<sup>7</sup> como fonte dados da superfície terrestre, sendo cada vez mais utilizadas para a elaboração de diferentes tipos de mapas após interpretação, pois segundo Florenzano (2002) no processo de interpretação dados contidos em uma imagem são transformados em informação e apresentados em forma de mapa.

Frisa-se as imagens de satélite, pois coaduna-se com Florenzano (2002) que a partir de sua utilização, aspectos ligados à urbanização, como a localização do sítio urbano, limite da área urbana, expansão urbana e o processo de conurbação<sup>8</sup> são facilmente identificados.

Segundo Joly (1990) e Martinelli (2011) o uso dos mapas em geral, bem como na Geografia, consiste no processo de transposição do mapa como representação, de volta para uma imagem mental da realidade, ou seja, uma representação da realidade em escala apreciável para utilização no planejamento e gestão do espaço.

Joly (1990) esclarece, no entanto, que cabe ao político ou ao administrador, em vistas das apresentações dos mapas decidir em última instância como utilizar este levantamento de

<sup>6</sup> Os pontos são representados por apenas um par de coordenadas, ao passo que linhas e polígonos são representados por um conjunto de pares de coordenadas.

<sup>7</sup> Enquanto os mapas contêm informação, as imagens obtidas de sensores remotos contêm dados brutos, que só se tornam informação após a sua interpretação (FLORENZANO, 2002, p. 33).

<sup>8</sup> Conurbação é a unificação da malha urbana de duas ou mais cidades, em consequência de seu crescimento geográfico. Geralmente esse processo dá origem à formação de regiões metropolitanas. Contudo, o surgimento de uma região metropolitana não é necessariamente vinculado ao processo de conurbação.

informações. As instâncias decisórias podem apoiar suas escolhas em mapas de inventário, científicos ou geotécnicos, ou em mapas de previsão, elaborados com essa intenção.

No entendimento de Joly (1990) mapas de previsão são aqueles destinados a prever o futuro de um espaço, conforme suas características socioecológicas atuais sejam conservadas como estão, ou seja, mais ou menos modificadas, sendo necessário categorizá-los figura 10, para um melhor entendimento.

Figura 10 - Quadro da diferenciação dos mapas de previsão

<b>Tipos de mapas</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicações</b>
Mapas de alerta	Têm como objetivo chamar a atenção para a importância e a frequência dos perigos que ameaçam as instalações existentes ou projetadas.	Mapas de risco à inundação, deslizamentos, sísmicos etc
Mapas de aptidão ou de potencialidade	São mapas geotécnicos que, a partir de um inventário, apresentam um "zoneamento" que mostra os territórios propícios, neutros ou desaconselháveis para a implantação de uma dada atividade.	Atividade agrícola, industrial, comercial, social etc.
Mapas de vocação	Materializam a aplicação de uma intenção política ou administrativa de divisão de um território em função das aptidões anteriormente definidas e das necessidades do desenvolvimento socioeconômico local, regional ou nacional.	Zonas planialtimétricas mais favoráveis para a instalação de indústrias.
Mapas de planificação	São a expressão de um programa de planejamento deliberadamente decretado, e destinado a ser executado.	No nível local têm valor de documento regulamentar - como no Plano Diretor Urbano

Fonte: Elaborado a partir de Joly (1990).

O conhecimento destes produtos se faz importante, pois as análises, a gestão e planejamento de cunho ambiental, econômico, social etc podem implicar resultados promissores ou desastrosos. Para Fitz (2008b) estes dependerão das decisões tomadas ao longo dos procedimentos, ou seja, na fase de geoprocessamento.

Neste contexto, Rocha (2011) afirma que no plano conceitual, o geoprocessamento é um conjunto e não apenas um ramo específico das técnicas avançadas para registrar os fenômenos geográficos, o tratamento e armazenamento dos dados para a confecção de um mapa, necessitando de técnicas. A esse conjunto de técnicas Teixeira e Christofolletti (1999) chamam de geotecnologia.

Para Câmara e Davis (2001), o Geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem

realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

A elaboração de mapas complexos pode ser processada em ambiente computacional, desde que se conheçam as variáveis que serão inseridas no software de processamento.

Santos e Rocha (2013) e Tonetti et al. (2013) ao desenvolverem seus trabalhos relacionados a temática alagamentos em áreas urbanas se utilizam de ferramentas do geoprocessamento, cruzando informações agregadas em SIGs para chegarem a modelos aproximados de consequências futuras de fenômenos desastrosos relacionados a subida e acúmulo de águas na superfície ocupada pela população residente em áreas susceptíveis ambientalmente a inundações.

Albano et al. (2014) correlacionaram as variáveis físicas das inundações e seus possíveis impactos sobre infraestruturas de conexões rodoviárias para estimar suas consequências utilizando SIG para propor soluções de redução de risco em situações de emergência. Merz et al. (2014); David e Davidova (2014) considerando as diferentes variáveis envolvidas no processo de gestão de inundações entendem que mudanças espaço-temporais influenciam as consequências das inundações e que uma gestão efetiva deva considerar adaptações progressivas em sistemas de previsão de desastres, ou seja, os SIGs devem ser constantemente atualizados, atuando como sistemas de previsão e alerta contra sinistros naturais.

O planejamento neste sentido é visto como integrador, pois considera variáveis físicas atreladas as socioeconômicas em seu processo de transformação. Assim, de acordo com Rocha (2011), o planejamento ambiental é fundamental para a elucidação dos diversos problemas existentes, oriundos das relações sociedade-natureza e para uma fluidez da análise proposta.

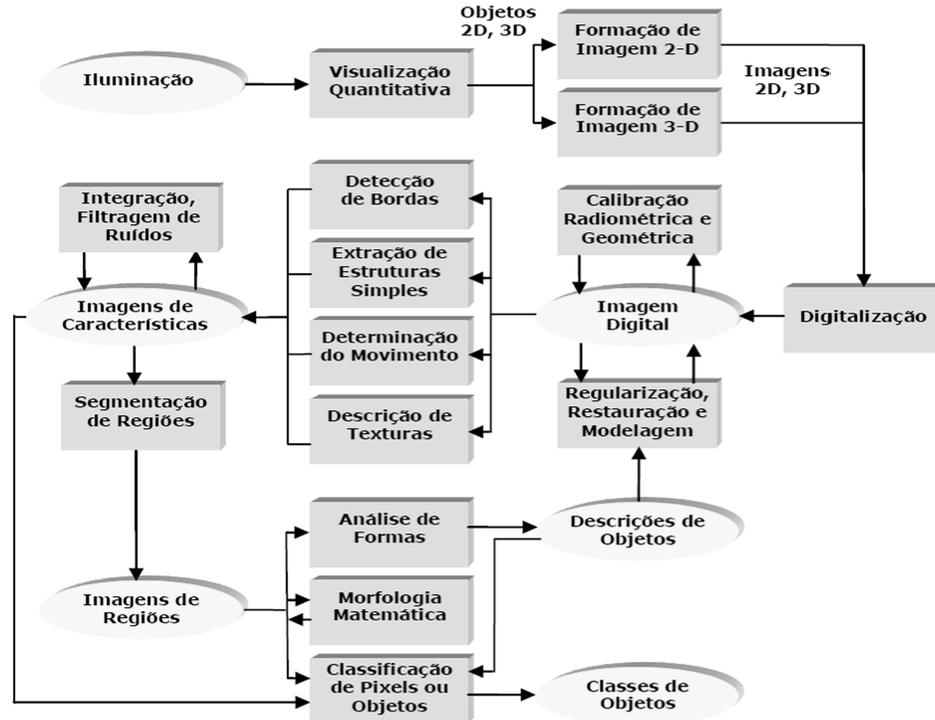
No caso da análise socioambiental em bacias hidrográficas, o geoprocessamento utilizado no planejamento, resulta no geoplanejamento, que na visão de Veiga e Silva (2010) pode ser entendido como um processo gerador de conhecimento necessário para a análise de uma determinada área geográfica, levando em consideração a territorialidade e a espacialidade dos fenômenos envolvidos e suas características geoambientais.

Para Rocha (2011) tanto o planejamento ambiental quanto o geoplanejamento, são vistos como processos dinâmicos e interdependentes, podendo ser visualizados em três etapas: (i) inventário - permite avaliar os principais problemas da bacia hidrográfica, inserindo-se nesse contexto, o geoprocessamento que subsidia o geoplanejamento; (ii) prognóstico -

propicia alternativas de intervenção, mediante a adoção de cenários; e (iii) planejamento ambiental participativo - maior flexibilidade e uma contínua evolução do processo de gestão, por meio da fiscalização, da avaliação e reavaliação, da revisão e da administração dos problemas advindos.

Para que o Geoprocessamento possa ser utilizado para subsidiar planejamentos adequados e eficazes torna-se necessário que imagens de satélite sejam processadas. Deve haver tratamento das imagens para melhor obtenção de informações, ou seja, uma filtragem para que sejam corrigidas distorções geométricas e atmosféricas, sendo que os procedimentos básicos para o processamento digital de imagens (PDI) podem ser visualizados na figura 11.

Figura 11 - Hierarquia de tarefas de processamento de imagens.



Fonte: Queiroz e Gomes (2001).

O PDI permite com que se tenha um produto melhor para análise, potencializando técnicas como a classificação digital de áreas. Dentre as vantagens da classificação digital pode-se citar conforme Sousa, Mincato e Kawakubo (2015) a rapidez com que o mapeamento é realizado, redução da subjetividade no processo de decisão, além da possibilidade de armazenamento da informação em bases digitais que podem ser integradas com outras informações em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), entre outros.

Percebe-se que gerir áreas de risco perpassa não só pela utilização da técnica, mas pela consideração das diferentes variáveis que compõem o espaço, o qual está em plena transformação no tempo. Utilizar e otimizar os recursos técnicos disponíveis é fator preponderante para obtenção de melhores produtos cartográficos que visem um planejamento mais adequado aos mais distintos espaços geográficos analisados.

## 1. 2 RISCO AMBIENTAL

Clarificar o que seja risco é tarefa inicial e primordial para que medidas possam ser tomadas para sua prevenção, neste sentido segundo Veyret (2007), risco é a percepção de um perigo possível, mais ou menos previsível por um grupo social ou por um indivíduo que tenha sido exposto a ele, ou seja, tem-se o conhecimento dos acontecimentos que podem se produzir, assim como a probabilidade de ocorrerem.

O conceito de risco (*risk*) é utilizado pelos geógrafos como uma **situação**, que está no futuro e que traz a incerteza e a insegurança. Assim, para Marandola Júnior e Hogan, 2004, há **regiões de risco** (*regions of risk*) ou **regiões em risco** (*regions at risk*). No entanto, isto não significa que estudar os riscos é uma tentativa de prever o futuro, mas aprender a planejar de forma compatível com as regiões de/em risco, de acordo com potencialidades de acontecimentos.

Nas ciências (naturais, sociais, etc.) se tem a ideia de evolução permanente, que leva ao pensamento daquilo que poderá acontecer no futuro diante aquilo que é possível observar na atualidade. Por outro lado, segundo Rebelo (2010) existem as ocasionais manifestações dos fenômenos aos quais se imagina, o que permite testar previsões feitas e redesenhar hipóteses de trabalho.

Segundo KOBAYAMA et al. (2006) os estudos sobre impactos oriundos de desastres naturais ainda são insipientes no contexto brasileiro, contrastando com o cenário internacional. Na Amazônia podem-se destacar os trabalhos de Rodrigues (2008) no concernente a riscos provocados pela ação da sociedade, como também de Silva Júnior (2010) em se tratando de risco à inundação.

Interessante é que a ideia de risco tem acompanhado a sociedade desde sempre. No princípio os riscos eram exclusivamente naturais, e além, aparecem outros como consequência das suas próprias atividades, tendo ou não a componente natural. Hoje, de acordo com Faugères (1991, apud REBELO, 2010) os riscos são de toda ordem, desde os naturais aos socioeconômicos ou aos tecnológicos, e analisá-los em separado vem se tornando tarefa difícil, posto se constituir em verdadeiros complexos de riscos.

Figura 12 - Quadro de discriminação de riscos associados a fatores endógenos e exógenos

Riscos	Fatores endógenos	Fatores exógenos
Tectônicos	Existem em praticamente toda a Terra, mas são mais agudos perto de limites ou bordas de placas. Ligados a estes estão os riscos a tsunamis.	_____
Magmáticos	São mais restritos em sua distribuição, sendo considerados ativos se funcionando nos últimos 200 anos (relacionam-se com sismos).	_____
Climáticos		A variação climática pode causar alta pluviosidade (risco a inundação), como também secas severas incorrendo em risco de deflagração do fogo.
Geomorfológicos	Processos no interior da Terra alteram as formas superficiais do relevo (subsidência, subducção, soerguimento) podendo levar a riscos por desmoronamento.	Processos erosivos em ligação com características climáticas afetam a relativa estabilidade do modelado através de fenômenos episódicos e devastadores como ravinamento e movimentos de massa (desabamento, deslizamento e dependendo do gradiente altimétrico avalanches).
Hidrológicos	_____	Riscos de inundação relacionam-se com os riscos climáticos, mas implicam a consideração de vários elementos naturais (dimensão e forma da bacia hidrográfica, declives etc) e humanos (barragens, diques, modo de ocupação do solo etc). Tais riscos relacionam-se também com riscos de erosão fluvial ou marinha e com risco de sedimentação.

Fonte: Elaborado a partir de Rebelo (2003).

Os riscos discriminados na figura 12 podem ser denominados de riscos naturais. Riscos naturais estão objetivamente relacionados a processos e eventos de origem natural ou induzida por atividades humanas (CASTRO; PEIXOTO; PIRES DO RIO, 2005), em consonância, a noção de perigo tecnológico (*technological hazards*), segundo Hewitt (1997), surge principalmente da tecnologia industrial, a partir de falhas internas, ao contrário dos perigos naturais (*natural hazards*), percebidos como uma ameaça externa.

De forma simplificada, pode-se considerar o risco vinculado a um acontecimento que pode realizar-se ou não. Contudo, a existência de um risco só se constitui quando há a valorização de algum bem, material ou imaterial, pois não há risco sem a noção de que se pode perder alguma coisa. Portanto, não se pode pensar em risco sem considerar alguém que corre risco, ou seja, a sociedade (CASTRO; PEIXOTO; PIRES DO RIO, 2005, p. 27).

Ao se considerar o risco como possibilidade de perdas lhe é atribuído um caráter espacial e os centros urbanos ganham especial atenção, por serem o *locus* concentrador da população, o qual ainda estimula a produção industrial, as relações comerciais e prestação de

serviços, ou seja, onde ocorre a produção e reprodução de processos produtivos e de um modo de vida.

O sítio urbano guarda elementos potenciais para se encontrarem áreas de risco a inundação, a deslizamentos, etc., bem como de perigos causadores de consequências desagradáveis, para tanto mensurar o grau de vulnerabilidade de uma área afetada por um determinado fenômeno é tarefa árdua.

Diferenciar conceitos como os de risco, perigo e vulnerabilidade se faz importante e o figura 13 pode se tornar bastante elucidativo neste sentido.

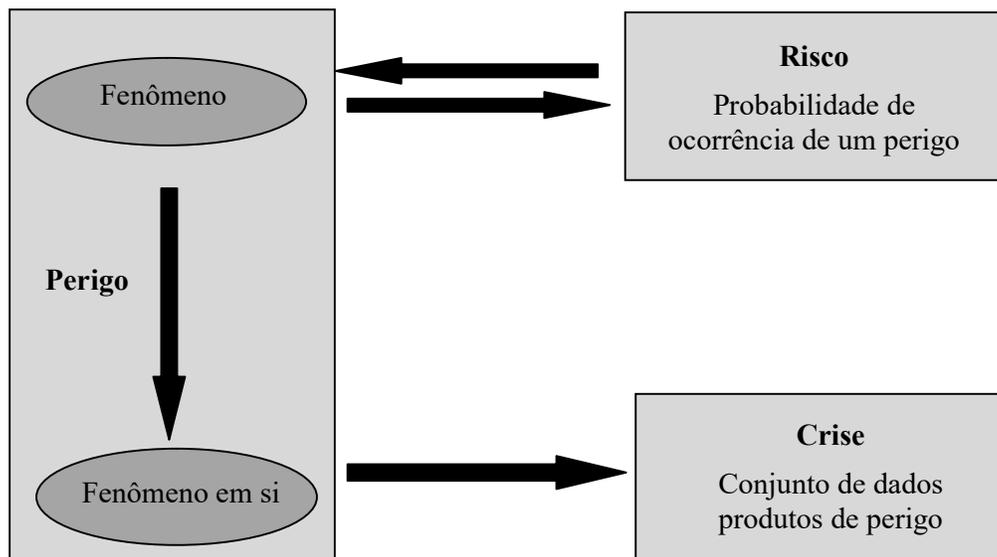
Figura 13 - Quadro da diferenciação conceitual para análise de risco

<b>Termo</b>	<b>Definição</b>
Risco (risk)	Risco é geralmente estimado pelo produto entre a probabilidade e as consequências.
Perigo ( <i>hazard</i> )	Uma condição com potencial de causar uma consequência desagradável. Alternativamente, o perigo é a probabilidade de um fenômeno particular ocorrer num dado período de tempo.
Crise	Realização concreta de um evento danoso cuja amplitude excede a capacidade de gestão espontânea da sociedade que sofre este evento.
Elementos sob risco ( <i>elements at risk</i> )	Significando a população, as edificações e as obras de engenharia, as atividades econômicas, os serviços públicos e a infraestrutura na área potencialmente afetada pelos processos considerados.
Vulnerabilidade (vulnerability)	Mede os impactos danosos do acontecimento sobre os alvos afetados. A vulnerabilidade pode ser humana, socioeconômica e ambiental.
Análise de risco (risk analysis)	O uso da informação disponível para estimar o risco para indivíduos ou populações, propriedades ou o ambiente. A análise de risco, geralmente, contém as seguintes etapas: definição do escopo, identificação do perigo e determinação do risco.

Fonte: Elaborado a partir de Castro, Peixoto e Pires do Rio (2005) e Veyret (2007).

Empreendendo a análise sequencial risco-perigo-crise (figura 14) como sugerido por Rebelo (2003) percebe-se que o risco é a possibilidade de ocorrência ou não de um acontecimento – uma família ocupa uma área e pode ou não sofrer pelo fenômeno de subida da maré. Já o perigo é a exposição ao acontecimento – após a ocupação ocorreu uma inundação excepcional que pode trazer consequências terríveis a esta família e a crise seria a invasão das águas no imóvel com perdas materiais e humanas.

Figura 14 - Relação entre os conceitos de risco, perigo e crise para prevenção e gestão de eventos desastrosos



Fonte: adaptado de Aneas de Castro (2000).

Tal análise conduz a associar duas noções, a de risco e vulnerabilidade, as quais estão intrinsecamente ligadas (REBELO, 2003; VEYRET, 2007). A vulnerabilidade pode ser traduzida como a determinação de danos máximos em função de diversos usos do solo, colocando em jogo aspectos físicos, ambientais, técnicos, dados econômicos, psicológicos, sociais, políticos. Sendo insuficiente defini-la com simples índices científicos e/ou técnicos, uma vez que fatores socioeconômicos frequentemente aumentam a vulnerabilidade das populações ameaçadas.

Cardona (2001) identifica três componentes da vulnerabilidade. A *fragilidade ou exposição* é a componente física e ambiental da vulnerabilidade relacionada com a localização do elemento em área de influência de uma ameaça. A *fragilidade social* é a componente socioeconômica e demográfica associada com a predisposição de um grupo populacional de sofrer danos em face de um fenômeno perigoso. A *falta de resiliência* que expressa as limitações de acesso e a mobilização de recursos dos assentamentos humanos, sua capacidade de resposta e suas deficiências para receber o impacto.

Populações e estruturas vulneráveis potencializam a gênese de áreas de riscos. Em se tratando de inundações, diversas são as populações vulneráveis a eventos de precipitação extrema, com perdas de seus eletrodomésticos, imóveis e vidas humanas, ou mesmo tendo suas moradias categorizadas como localizadas em áreas de risco a inundações.

### 1.2.1 Risco à inundação

Coelho (2012) menciona que a incidência das inundações motivou as classes média e alta a se afastarem das áreas urbanas delimitadas como área risco. As inundações continuam a vitimar as classes baixa. Para Monteiro (1991) isto evidencia que as inundações não estão associadas somente com os aspectos do meio físico, mas também, com a questão socioeconômica da população.

Tucci (2000) vem reforçar que as inundações e os impactos em áreas urbanas podem ser produzidos por dois processos que ocorrem de forma isolada ou combinada que são: Inundações de áreas ribeirinhas e inundações devido a urbanização.

Relevante se faz colocar que as terminologias enchente, inundação e alagamento por vezes se confundem. Enchente é o escoamento superficial das águas decorrentes de chuvas fortes (COSTA, 2001). Após suprir a retenção natural da cobertura vegetal, saturar os vazios do solo e preencher as depressões do terreno, as águas pluviais buscam os caminhos oferecidos pela drenagem natural e/ou artificial, fluindo até a capacidade máxima disponível, no sentido do corpo de água receptor final. Dependendo de uma série de fatores físicos e das proporções das chuvas, tais limites podem ser superados e os volumes excedentes invadem áreas marginais.

Estes volumes ao excederem a capacidade de retenção (transbordando) acabam por inundar o terreno (figura 15), ou seja, a inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido a falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupa áreas onde a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros (TUCCI, 2003).

Figura 15 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação

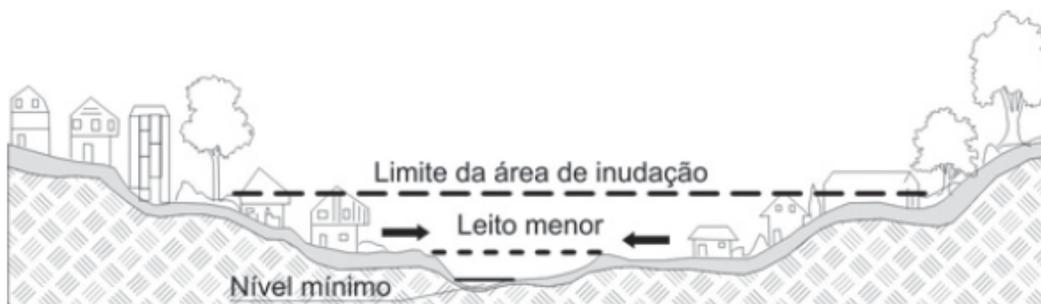


Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/1247678/>

O alagamento seria então o processo decorrente ou não dos problemas de natureza fluvial, causando o acúmulo momentâneo de águas em um dado local por problemas de deficiência no sistema de drenagem devido a seu baixo coeficiente de escoamento superficial (SANTOS, 2010; SOUZA, 2004).

Schueller (1987, apud SANTOS, 2010) fala que geralmente os rios apresentam dois leitos um menor e outro maior (figura 16), o leito menor seria aquele pelo qual a água escoava a maior parte do tempo e o leito maior seria aquele invadido pelas águas com intervalos temporais mais extensos (um a dois anos), em casos excepcionais surge o leito excepcional, o qual vai além do leito maior geralmente por conta de pluviosidade acima da média.

Figura 16 - Características dos leitos do rio



Fonte: Tucci (2008).

Quando o escoamento transcende o leito menor ocorre a inundação natural do leito maior, querendo dizer com isso que o uso do solo e ocupação urbana processadas e em processo em áreas de leito maior estão sujeitas a inundação, podendo ser consideradas áreas de risco a inundação.

Tradicionalmente, o gerenciamento de riscos associados a inundações é feito enfatizando-se a realização de medidas estruturais, tais como canalização e retificação dos corpos d'água. Perez Filho et al. (2006) falam que apesar dos altos custos financeiros e tempo envolvidos em ações como estas, via de regra, elas se mostram defasadas e insuficientes para solucionar os problemas relacionados e, não raro, provocam sua intensificação.

Medidas não-estruturais (educação ambiental, sistemas de alerta etc) se fazem importantes considerar para minimização dos constantes riscos a inundação aos quais a população da cidade de Boa Vista está exposta, para tanto se faz importante entender qual o contexto político, econômico, social e ambiental no qual a cidade está inserida.

## 2 OBJETIVOS

Para o desenvolvimento da presente dissertação busca-se alcançar o seguinte objetivo geral e os demais objetivos específicos.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar o processo de uso e cobertura do solo e sua relação com as inundações na cidade de Boa Vista - RR.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o uso e cobertura do solo da cidade;
- Identificar as bacias hidrográficas mais susceptíveis ao risco à inundação;
- Analisar quais práticas espaciais do poder público são utilizadas para lidar com o risco à inundação no espaço urbano de Boa Vista-RR.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a operacionalização do trabalho esta seção foi dividida em quatro momentos, nos quais (i) foi localizada a área de estudo com descrição sucinta de suas características sociais e físicas, (ii) elucidação do método de orientação, ou seja, o viés teórico-metodológico adotado, (iii) materiais utilizados e (iv) procedimentos que subsidiaram a elaboração dos produtos cartográficos.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

Há conhecimento sobre a localização (figura 17) e características (figura 18) da área na qual as referidas bacias hidrográficas estão inseridas. Para tanto, analisar os elementos físicos dissociados das nuances de transformação social, política e econômica torna ineficaz mecanismos de gestão espacial e leva a consequências negativas como ocupação de áreas impróprias para uso e ocupação.

Figura 17 - Mapa de localização da área de estudo

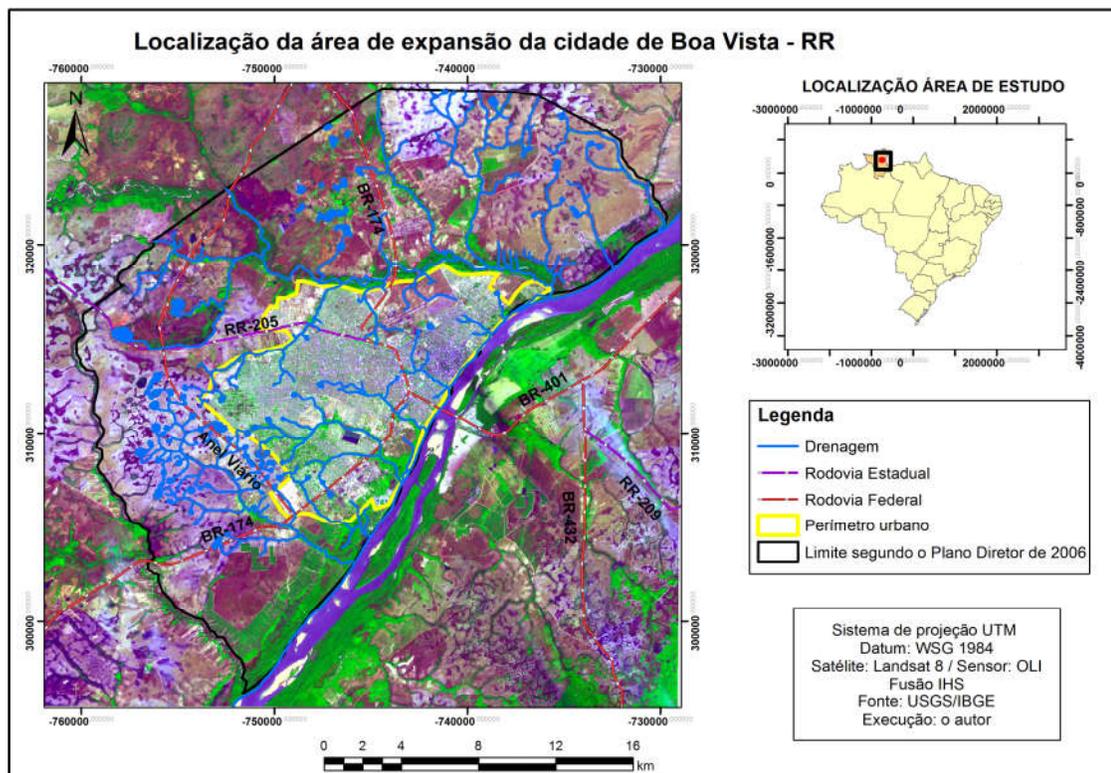


Figura 18 - Quadro da caracterização das bacias hidrográficas urbanas de Boa Vista

Bacia Hidrográfica	Nascentes	Número de Habitantes <sup>9</sup> (~mil)	Geomorfologia da área de estudo	Clima
Mirandinha	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nasce no lago denominado Lago dos Americanos, que se localiza no parque Anauá, Bairro dos Estados;</li> </ul>	22.514	<ul style="list-style-type: none"> <li>As referidas bacias estão localizadas no município de Boa Vista, a qual está situada quase em sua totalidade sobre o domínio morfoestrutural pediplano Rio Branco-Rio Negro;</li> <li>Corresponde a extensas áreas planas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Segundo Köppen, o clima de Boa Vista encontra-se na Zona Climática Tropical, sem que haja estação extremamente seca nem temperatura média mensal inferior a 18°C.</li> <li>Trata-se de um clima tropical úmido do tipo "A", do subtipo AW: clima tropical chuvoso com predomínio de savanas.</li> <li>É quente e úmido, com estação chuvosa no verão. O mês mais seco apresenta precipitação inferior a 60 milímetros. A precipitação média é de 1.750 milímetros anuais.</li> <li>A temperatura média anual é de 27,4° C. O intervalo de variação anual das temperaturas médias mensais situa-se entre 23,4°C e 32,4 °C.</li> <li>A amplitude de temperatura absoluta oscila entre a mínima de 21,0° C (julho) e a máxima de 36,6° C (março e dezembro). A média da umidade relativa do ar é de 75 %. A variação média mensal durante o ano situa-se entre 66 % (fevereiro) e 86 % (maio).</li> </ul>
Caxangã	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nasce na confluência do igarapé Tiririca e Jararaca no bairro Mecejana;</li> </ul>	35.074	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nos interflúvios rebaixados, pequenas colinas (tesos) de topos convexos são sustentadas por lateritos ferruginosos com altitudes em torno de 10-15 m em relação a base;</li> </ul>	
Pricumã	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nasce no bairro Asa Branca;</li> </ul>	47.621	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presença de inúmeros lagos com geometria diversificada (goticular, circular, elipsoidal), isolados da rede de drenagem ou conectados a mesma.</li> </ul>	
Frasco	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tem suas áreas de nascente no bairro Jardim Floresta;</li> </ul>	29.752	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exibem uma associação aos fluxos lineares de água superficial, como igarapés, veredas e brejos, sendo essencialmente formadores de drenagem (nascentes).</li> </ul>	
Caranã	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tem suas cabeceiras localizadas no bairro Equatorial;</li> </ul>	91.562		
Grande	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tem suas cabeceiras localizadas nos bairros Operário, Jardim Tropical, Senador Hélio Campos e Dr Silvio Botelho;</li> </ul>	64.473		
Auaizinho, Auai Grande, Carapato, Caçarina, Taboca, Curupira e Água Boa de Cima	-	Não medurado		

Fonte: Elaborado a partir de Costa (2008); Tonello et al. (2008); Vasconcelos e Veras (2007) e IBGE (2010).

<sup>9</sup> Para este momento do trabalho foi considerado o número total de habitantes dos bairros para todas as bacias, por está razão o número total de habitantes ultrapassa o número real de habitantes residentes nas áreas em que há drenagem das bacias hidrográficas urbanas de Boa Vista-RR.

### 3.2 MÉTODO DE ORIENTAÇÃO

Os estudos sobre paisagem estiveram inicialmente focados na descrição das formas físicas da superfície terrestre, sendo que progressivamente foram incorporadas as análises das ações da sociedade no transcurso do tempo com a individualização das paisagens culturais frente às naturais.

A paisagem natural refere-se aos elementos combinados de geologia, geomorfologia, vegetação, hidrografia, clima, enquanto a paisagem cultural-humanizada inclui todas as modificações feitas pela sociedade, como as processadas nos espaços rurais e urbanos. Esses conceitos se atrelam a abordagens filosóficas e a uma questão de método de análise.

Neste sentido, pode-se conceber que a paisagem constitui-se como o resultado do estabelecimento de uma inter-relação entre a esfera natural e a humana, na medida em que a natureza é percebida e apropriada pelo homem-sociedade, o qual historicamente constitui o reflexo dessa organização.

Estudar uma paisagem é antes de tudo apresentar um problema de método. Com esta frase Bertrand (1971) tentou sintetizar as variadas abordagens teórico-metodológicas a serem trabalhadas no concernente a estudos sobre a paisagem, os quais estarão intrinsecamente ligados as diferentes paisagens observadas, sempre tratando-as como totalidade no bojo de uma Geografia Física Global.

Desde o início das pesquisas de William Morris Davis sob a perspectiva metafísica-indutiva, como citado por Chorley (1978), a qual servira de base para seus estudos sobre o ciclo erosivo e posteriormente com a adoção de um viés pragmático, começa-se a perceber a complexa construção do pensamento científico (VITTE, 2004), exigindo sempre uma atitude de cautela e ao mesmo tempo de reflexão epistemológica e metodológica sobre ciência.

Com os estudos da paisagem não foi diferente, desde uma análise mais inventarial-descritiva até estudos mais integrados, considerando o meio abiótico (litosfera, atmosfera e hidrosfera), biótico (biomassa – zooplâncton e fitoplâncton) e antrópico, atribui-se a sociedade papel de agente genético, modificador e intensificador de processos visíveis por meio de análise não mais das partes isoladas, mas de um todo integrado.

Não se trata somente da paisagem natural, mas da paisagem total integrando todas as implicações da ação antrópica. Mesmo historicamente os estudos geográficos tendo consistido em estudos analíticos setoriais não levando em consideração outros componentes dos conjuntos estudados (DELPOUX, 1974), há de se considerar que os problemas que envolvem a paisagem estão em constante evolução, exigindo percepção global dos fenômenos.

Para Delpoux (1974), todos os casos concretos de paisagens podem ser divididos em duas unidades elementares: o suporte e suas características (forma, cor, textura, microrrelevo); e a cobertura desta forma com seus próprios caracteres. O suporte estaria ligado às características geológicas no sentido mais amplo (climáticas e antrópicas) e a cobertura materializa a influência dos parâmetros climáticos, pedológicos, biológicos e entre eles a pressão exercida pelo parâmetro antrópico.

Forma e cobertura apresentam uma variação independente no espaço e no tempo, o que conduz à diversidade de tipos de paisagem em consequência da variação muito grande de combinações possíveis entre as duas. Assim é possível definir a paisagem como a entidade espacial correspondente à soma de um tipo geomorfológico e de uma cobertura no sentido amplo do tempo (DELPOUX, 1974, p. 4-5).

A dualidade suporte/cobertura se manifesta, e a percepção global imediata corresponde à soma dos caracteres próprios a cada um dos elementos fundamentais. As características consideradas estarão ligadas em certos casos à forma, em outros à cobertura.

É possível perceber no discurso de Delpoux (1974), traços semelhantes ao discurso de Bertrand (1971) e Tricart (1981) no concernente a interação analítica entre a sociedade e a natureza. Outro traço que dá base para se afirmar que tais estudos de fato são geográficos é a utilização da escala como ferramenta de análise à percepção das paisagens.

Porém, mesmo a análise em diferentes escalas como em Bertrand (1971), unidades superiores (Zona, Domínio e Região Natural) e inferiores (Geossistema, Geótopo e Geofácies) devem fornecer suporte para que a unidade da paisagem seja incontestável, atribuindo-lhe caráter sistêmico.

Uma preocupação, no entanto, é colocada quanto à abordagem sistêmica, principalmente no que concerne a intrínseca relação biologia-geografia, por meio das terminologias ecossistema e geossistema (figura 19). Beroutchachvili e Bertrand (2007) falam que o ecossistema tem uma finalidade trófica, não podendo se aplicar diretamente à sociedade, além de marginalizar os elementos naturais estranhos à biocenose (geomorfogênese em particular).

Figura 19 - Quadro das semelhanças e diferenças entre geossistema e ecossistema

<b>Geossistema</b>	<b>Ecossistema</b>
Método sistêmico, estruturalista e funcionalista.	Método sistêmico, estruturalista e funcionalista.
Conceito geográfico associado à concepção de paisagem e sua classificação taxonômica	Conceito ecológico associado à concepção de biocenose (comunidade integrada de organismos bióticos).
Relações horizontais e verticais (potencial ecológico, exploração biológica, ação antrópica).	Relações verticais (cadeia trófica).
Unidade dimensional definida (espacialidade).	Unidade dimensional não definida
Cartografável em escala média	Cartografável em qualquer escala

Fonte: França (2011).

A prática geográfica consiste, entretanto, em assentar diretamente sobre um meio natural predeterminado (relevo, clima, solo, hidrografia, vegetação) o confronto das atividades econômicas e sociais sem alguma reflexão sobre o “sistema natural”, sobre o “sistema social” e sobre as ligações que poderiam existir entre ambas, caracterizando o método integrado.

Para Sotchava (1977) ecossistemas acham-se ligados aos geossistemas, estabelecendo uma conexão essencial para compreender o papel da biota na construção e energética do meio geográfico e de algumas de suas regiões. Há de se destacar que as abordagens de um geógrafo e de um ecologista são diferentes, para o primeiro o meio é universal, em quanto que para o segundo é especializado.

Porém, revelar as peculiaridades funcionais de tais ecossistemas, dentro dos limites dos geócoros<sup>10</sup> correspondentes é algo essencial para os estudiosos da paisagem, sempre deixando claro que ecossistema é diferente de geossistema, estabelecendo-se entre ambos um elo, a análise sistêmica.

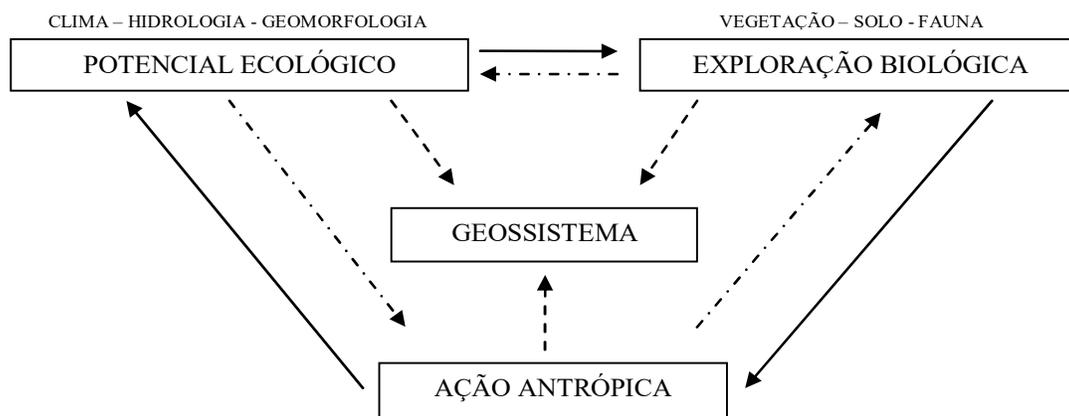
A Geografia Física do século XX e da primeira década do século XXI caracteriza-se por um novo paradigma, o geossistêmico, originado no seio da Teoria Geral dos Sistemas. Segundo Quaranta (2008), a TGS proposta por Bertalanffy baseia-se numa concepção “organísmica”, portanto de caráter biológico e propunha-se a partir da valorização de questões como ordem, organização e totalidade, romper com a chamada ciência mecanicista que vigorou até o século XIX.

Na Geografia, o uso do termo geossistema com Sotchava nos anos 1960, para quem o estudo dos geossistemas não se dirige aos seus componentes naturais em si, mas as conexões que estabelecem entre si, permite a compreensão de sua estrutura funcional e sua dinâmica no cerne dessa concepção, conforme pontua Quaranta (2008). Todavia, a dimensão da ação

<sup>10</sup> Geossistema com diferentes qualidades integrativas, ou seja, qualidade estrutural diversificada.

antrópica incorporada ao conceito de geossistema ocorre apenas com Bertrand (figura 20), lembra Rosolém e Archela (2010).

Figura 20 - Esboço de uma definição teórica de Geossistema



Fonte: Bertrand, 1971.

Bertrand (1971) ainda considera que os elementos que atuam conjuntamente na construção da paisagem apresentam individualmente um sistema evolutivo diferente, sendo esses elementos identificados em três conjuntos: (i) sistema geomorfo genético, (ii) dinâmica biológica (intervindo no nível da cobertura vegetal e dos solos) e (iii) sistema formado pela exploração antrópica, assumindo fundamental papel nesse processo. Ele também define o sistema de evolução como uma série de agentes e processos mais ou menos bem hierarquizados.

O geossistema, enquanto metodologia tem estado para a Geografia Física ao longo das últimas décadas como o espaço está enquanto categoria geográfica, para a própria ciência geográfica. Isso fica evidente em Mendonça (2002) quando este afirma que o estudo da Geografia Física dentro da metodologia geossistêmica é o seu objetivo fundamental. Dessa forma se percebe que Bertrand (1971) pretende com a abordagem geossistêmica expressar o papel de síntese que a Geografia Física deve assumir colaborando e recebendo colaboração de outras ciências, naturais e humanas, para a explicação da paisagem.

As transformações da paisagem são reflexo de uma imbricada relação social no meio físico, a qual o transforma, condicionando-o a usos que nem sempre condizem com sua capacidade de suporte, podendo incorrer na gênese ou intensificação de processos que impactem negativamente a sociedade.

A Teoria Geral dos Sistemas como aporte teórico permite compreender como as modificações na paisagem se transfiguram no espaço e geram ou intensificam o surgir de áreas de risco à inundação, considerando as intervenções sociais sobre o meio físico de maneira indissociada. Assim, o método apresentado delinea a forma como os procedimentos metodológicos foram executados, pois considera a variável uso e ocupação do solo como indissociada das variáveis físicas, visto que a relação entre as duas gera o risco à inundação.

### 3.3 MATERIAIS UTILIZADOS

Para entender o contexto biofísico e as dinâmicas de produção do espaço na área de estudo, recorreu-se à revisão da literatura já produzida sobre riscos, com ênfase para trabalhos que abordam os impactos da ocupação humana e das obras de infraestrutura urbana (drenagem, aterro, construção de diques, pontes, rodovias, retificações, revestimentos e tubulações de canais, comportas para controle do fluxo hídrico, etc.), sobre a drenagem e as áreas inundáveis, bem como levantamento documental-cartográfico à análise e construção de produtos cartográficos.

Para a elaboração dos produtos cartográficos foram utilizados os seguintes materiais:

- a. Dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 30 metros obtidos gratuitamente no site da United States Geological Survey (USGS) para elaboração dos mapas de declividade e hidrográficos;
- b. Imagens Landsat 5 captadas pelo sensor TM 5 dos anos de 1985 e 1995 com resolução de 30 metros na órbita/ponto 232/58 disponíveis no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A imagem do satélite CBERS-2, sensor CCD do ano de 2005 com resolução espacial de 20 metros na órbita/ponto 175/97 também encontra-se disponível no INPE. Já a imagem Landsat 8, sensor OLI do ano de 2014 nas resoluções de 15 e 30 metros na órbita/ponto 232/58 está disponível no site da United States Geological Survey (USGS).

O intervalo de 10 anos entre as imagens se deve em razão do contexto de transição política do estado de Roraima, o qual em 1985 estava sobre a tutela do governo federal brasileiro sendo Território Federal e após 1988 com sua constituição enquanto estado da federação tem suas dinâmicas alteradas, das quais se dá destaque para o uso do solo ocorrido de 1985 a 2014 por meio dos mapas de uso e cobertura.

- c. Os softwares utilizados foram: (i) **PCI Geomatic 10.0**, o qual subsidiou a correção atmosférica e geométrica das imagens dos anos de 1985, 1995 e 2005, bem como a classificação supervisionada de todas as imagens, incluindo 2014; (ii) **ENVI 5.0** foi utilizado para fundir as bandas espectrais do Landsat 8 a banda pancromática com o intuito de obter um produto de 15 metros e 16 bits, possibilitando a geração de um produto mais completo em razão da maior variação colorida (superior a 60.000) por meio da ferramenta Gram-Schmidt Pan Sharpening; (iii) **Microsoft Office Excel 2007** foi utilizado para cálculos estatísticos de correção atmosférica e cálculo do OIF (Optimum Index Factor) para obtenção das três bandas a serem utilizadas no processamento digital das imagens para formar o RGB. Por meio do Excel também foram elaborados os gráficos de correção atmosférica e de uso do solo; (iv) **SPRING 5.3** no qual foram utilizadas as ferramentas à tomada de decisão Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) e Analytic Hierarchy Process (AHP) para elaboração do mapa de risco à inundação e (v) **ArcGis 10.0**, o qual permitiu dar o acabamento aos produtos finais, ou seja, foram gerados os layouts dos mapas.

### 3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos seguem a ordem lógica de levantamento bibliográfico sobre a temática risco à inundação e como o uso e cobertura do solo influencia tal dinâmica, bem como levantamento de legislação sobre formas de se lidar com as bacias hidrográficas no espaço urbano, com especial enfoque ao Plano Diretor da cidade de Boa Vista - RR.

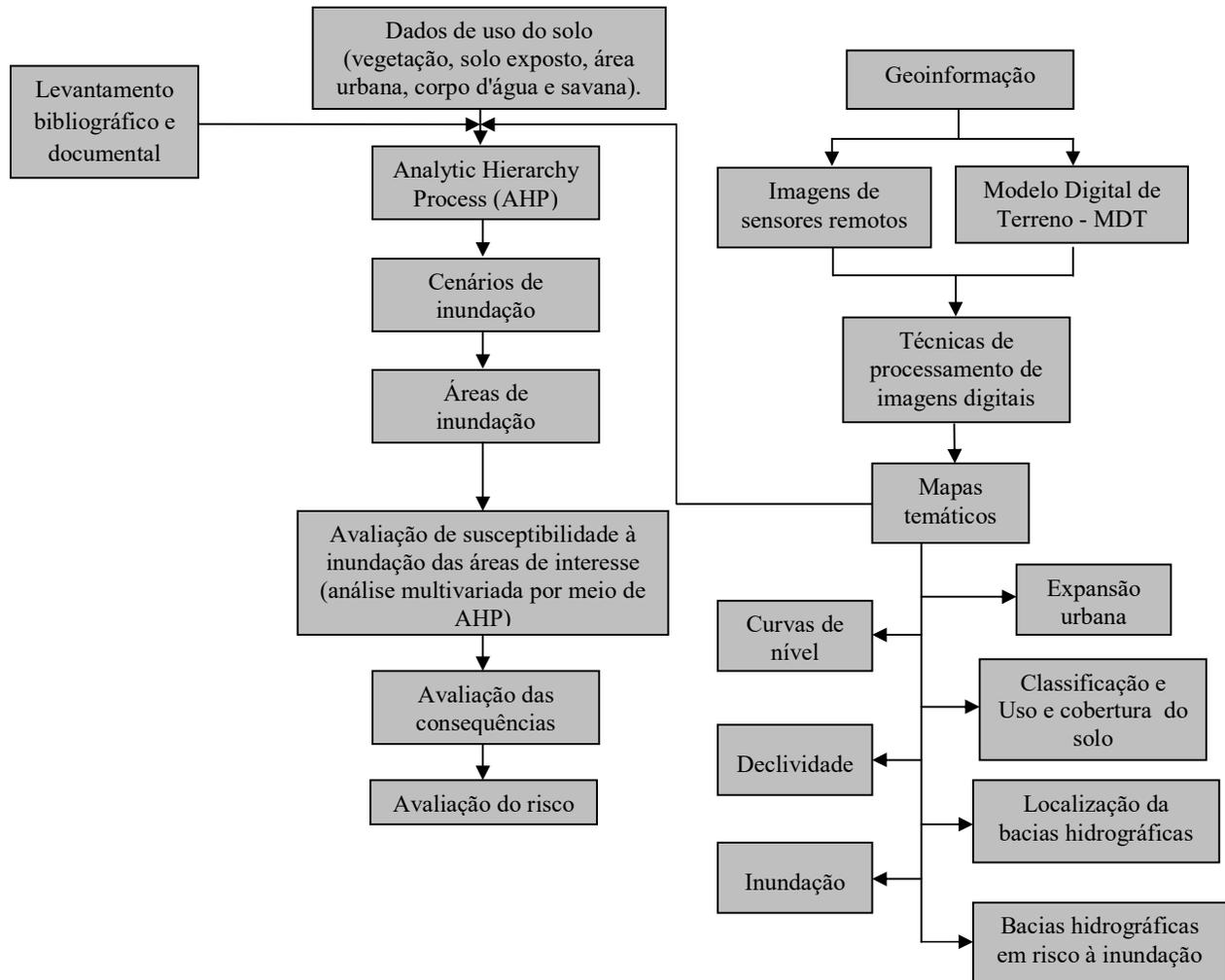
O processamento digital de imagens por meio de técnicas de geoprocessamento foi possível mediante a obtenção das imagens por sensoriamento remoto, o qual consiste segundo Meneses (2012) em uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto.

As geotecnologias foram utilizadas para se quantificar processos de uso e cobertura do solo na cidade de Boa Vista e na sua área de expansão nos últimos 30 anos por meio de classificação supervisionada pelo método de máxima verossimilhança (MAXVER), bem como obter mapa das bacias hidrográficas localizadas na área supracitada.

Para a identificação das áreas de risco à inundação foi utilizada ferramenta de suporte a decisão que utiliza álgebra de mapas por meio da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), assim como o Processo Analítico Hierárquico (Analytic Hierarchy Process - AHP), os quais serão melhor descritos a seguir.

O fluxograma abaixo (figura 21) mostra de forma sintética os procedimentos metodológicos adotados no trabalho.

Figura 21 - Fluxograma da integração de dados para elaboração de um mapa de risco



Todos os procedimentos de processamento de imagens e aplicação das técnicas de geoprocessamento foram realizadas no Laboratório de Informática do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPG-GEO) da Universidade Federal de Roraima.

### 3.4.1 Geoprocessamento das imagens de sensores remotos

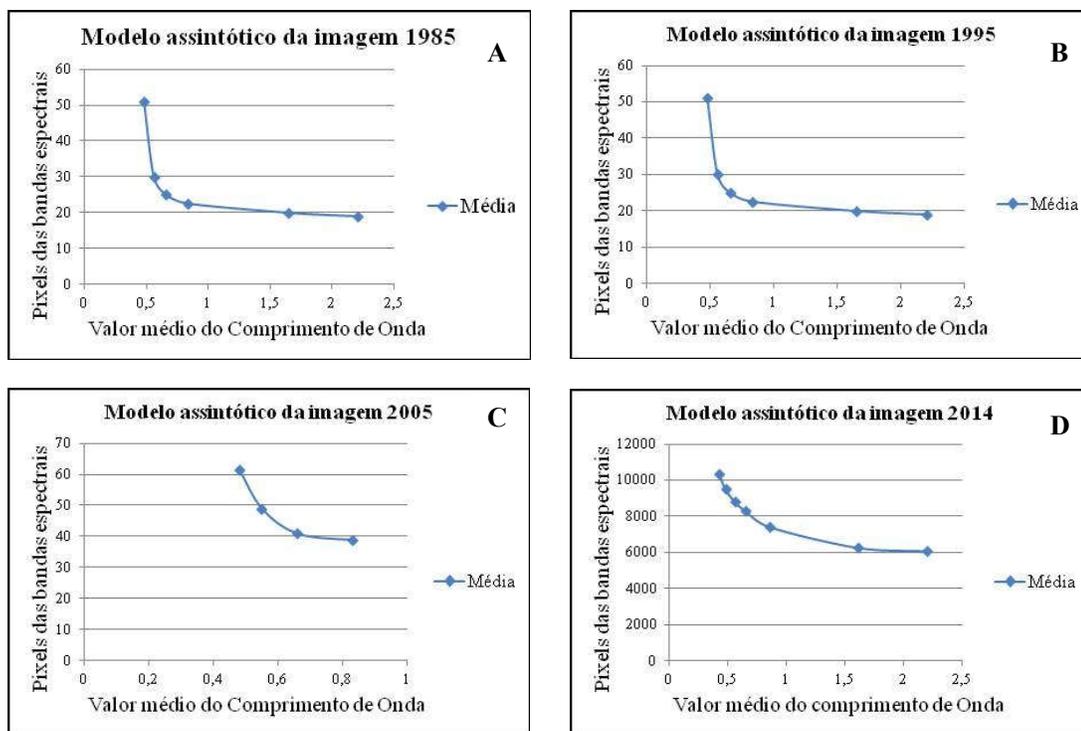
O processamento digital de imagens de sensores remotos foi feito mediante criação de banco de dados das imagens dos anos de 1985, 1995, 2005 e 2014 para análise posterior.

As imagens Landsat 5 sensor TM (Thematic Mapper) e CBERS-2 sensor CCD (Charged Coupled Device) obtidas no site do INPE e a imagem Landsat 8 sensor OLI (Operational Land Imager) obtida no site da USGS, foram pré-processadas inicialmente com a atenuação de constituintes atmosféricos por meio do método de subtração do pixel escuro.

Segundo Chavez (1988) para execução do método citado anteriormente coleta-se os pontos primeiramente selecionando-se um ponto na imagem, como lagos, sombra de nuvem, ou outro alvo que tenha alta absorção eletromagnética, depois seleciona-se pontos dentro do alvo e coleta-se os valores<sup>11</sup> os quais são visualizados da tabela de valores numéricos (Numeric Values), também chamado de número digital (ND).

A obtenção dos valores das bandas espectrais para posterior utilização de suas médias, quanto os valores médios do comprimento de onda foram plotados no Excel para geração de um modelo assintótico para cada imagem do banco de dados (figura 22), ou seja, são descritos limites entre os pixel das bandas espectrais para que a curva esteja equilibrada.

Figura 22 - (A) e (B) Modelos assintóticos das imagens Landsat 5 para os anos 1985 e 1995 das bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7; (C) CBERS-2 do ano de 2005 das bandas 1, 2, 3, 4 e (D) Landsat 8 do ano de 2014 do ano de 2014.



<sup>11</sup> Os valores obtidos por meio do método de Chávez (1988) para as seis bandas trabalhadas, que possibilitaram a retirada da média aritmética, foram cinco para cada banda da imagem dos diferentes anos.

Os valores obtidos pelo subtração do pixel escuro foram processadas no algoritmo ARICONST (Image Channel Plus Constant Arithmetic) do software PCI Geomatic 10, o qual atenua os efeitos atmosféricos (poeira, gases) presentes nas imagens tornando-a melhor para se trabalhar e extrair informações.

Corrigir atmosféricamente as imagens se faz necessário, pois de acordo com Eduardo e Silva (2013) a presença de elementos na atmosfera pode causar diversos efeitos como a diminuição da faixa de valores digitais possíveis registrados pelo sensor, diminuição do contraste entre superfícies adjacentes e alteração do brilho de cada ponto na imagem. Novo (2010) destaca que dentre os parâmetros atmosféricos que interferem nas medidas de reflectância têm-se a umidade atmosférica, presença de aerossóis, turbulência etc., assim reforça-se que a atenuação destes elementos deve ser considerada no pré-processamento.

Novo (2010) destaca que a correção atmosférica é importante em três casos específicos, (i) quando se deseja conhecer a reflectância, emitância ou retroespalhamento do objeto em estudo, para utilizar estes valores em modelos teóricos ou empíricos; (ii) quando o usuário precisa utilizar algoritmos que se baseiem em operações aritméticas entre bandas; (iii) quando o usuário quer comparar imagens de diferentes datas em termos das propriedades dos objetos na cena. Para o trabalho o enquadramento é do caso três.

Outro elemento importante na fase de pré-processamento é a correção geométrica, a qual visa corrigir erros geométricos provindos da aquisição de imagens, tais erros, segundo Novo (2010) são oriundos de (i) o movimento de rotação da Terra durante o processo de aquisição de imagens; (ii) a velocidade de "varredura" finita; (iii) o amplo campo de visada de alguns sensores; (iv) a curvatura da Terra; (v) variações na posição da plataforma de aquisição (altura, velocidade, direção); e (vi) efeitos panorâmicos relacionados à geometria da imagem.

A correção geométrica é feita mediante o georreferenciamento das imagens, neste caso foram corrigidas as imagens Landsat 5 de 1985 e 1995 e a imagem CBERS-2 de 2005, as quais tiveram como base de correção a imagem de 2014 do sensor OLI Landsat 8, a qual encontra-se devidamente georreferenciada.

O georreferenciamento foi feito no software PCI Geomatic 10.0, utilizando a ferramenta OrthoEngine, na qual a imagem de referência (georreferenciada) e colocada lado a lado com a imagem a ser corrigida. O objetivo deste procedimento é identificar pontos comuns em ambas as imagens para posteriormente registrá-los, para tanto, meandros de rios, cruzamentos de ruas e estradas são utilizados como pontos de controle.

O procedimento é manual e requer pelo menos 13 pontos de controle distribuídos o mais uniformemente possível na imagem para que não haja distorções na imagem a ser

georreferenciada. Aos pontos coletados são aplicadas funções polinomiais de 3º grau para ajustamento de curvatura da Terra, utilizando também o método de interpolação do vizinho mais próximo.

Para a seleção das bandas trabalhadas em representação visual tendo como base o modelo RGB (Red, Green, Blue) foi utilizado o método OIF (Optimum Index Factor), descrito por Chavez (1988) e Debdip (2013), o qual consiste em hierarquizar estatisticamente as bandas espectrais da imagem com base nos valores do desvio padrão e coeficiente de correlação e assim obter a melhor representação RGB, com menor redundância de informações.

Para obtenção dos valores a serem utilizados no método OIF foi utilizado o software PCI Geomatic, por meio da ferramenta PCA (Análise dos Principais Componentes - em português), a qual fornece valores de média e desvio padrão, variância e covariância, sendo que tal procedimento foi executado em todas as imagens do banco de dados (1985, 1995, 2005 e 2014).

As informações obtidas pela PCA (apêndices A, B e C) foram plotadas no software Excel devidamente configurado com a equação de cálculo dos valores de OIF para seleção das três bandas espectrais, também denominada triplete. Tal procedimento é necessário para que se obtenha uma composição RGB com alta variância e baixa covariância, disponibilizando, assim, um maior número de informações.

A equação configurada no Excel é a que segue abaixo:

$$\text{OIF} = \frac{\sum_{k=1}^3 \text{DP}_k}{\sum_{j=1}^3 \text{CC}(r_j)}$$

Onde:

DP = desvio padrão,

k = faixa espectral (banda),

CC (r<sub>j</sub>) = valor absoluto do coeficiente de correlação entre duas bandas, do conjunto de três bandas avaliadas

O coeficiente de correlação mede a similaridade entre duas bandas e para se chegar ao coeficiente foi utilizada a seguinte fórmula que também foi configurada no Excel:

$$CC = \frac{\text{COVARIÂNCIA (X,Y)}}{\text{VARIÂNCIA (X)} \cdot \text{VARIÂNCIA (Y)}^{1/2}}$$

Para a imagem do ano de 2005 a seleção de bandas por OIF não foi aplicada, pois o número de bandas do CBERS-2 é reduzido (quatro), sendo selecionadas para formar o triplete as 3, 4 e 2, formando o RGB, 3R4G2B.

Para as imagens de 1985, 1995 e 2014, após aplicados os procedimentos estatísticos, foram selecionadas as seguintes composições tendo por base os maiores valores de OIF, respectivamente, 3R4G5B, 2R4G5B e 1R5G6B. Os valores de OIF são apresentados nas tabelas 1, 2 e 3 a seguir e o procedimento estatístico encontra-se nos apêndices D, E e F.

Tabela 1 - Valores de OIF obtidos para imagem Landsat 5 do ano de 1985

<b>Bandas (Triplete)</b>	<b>OIF (Optimum Index Factor)</b>	<b>Bandas (Triplete)</b>	<b>OIF(Optimum Index Factor)</b>
1,2,3	39,75	2,3,4	38,65
1,2,4	46,24	2,3,5	41,08
1,2,5	50,18	2,3,7	31,22
1,2,7	40,71	2,4,5	48,40
1,3,4	49,64	2,4,7	39,50
1,3,5	37,25	2,5,7	40,18
1,3,7	27,47	<b>3,4,5</b>	<b>51,06</b>
1,4,5	42,96	3,4,7	41,65
1,4,7	34,25	3,5,7	40,74
1,5,7	8,58	4,5,7	49,32

Tabela 2 - Valores de OIF obtidos para imagem Landsat 5 do ano de 1995

<b>Bandas (Triplete)</b>	<b>OIF (Optimum Index Factor)</b>	<b>Bandas (Triplete)</b>	<b>OIF(Optimum Index Factor)</b>
1,2,3	39,10	2,3,4	47,54
1,2,4	47,09	2,3,5	45,43
1,2,5	49,99	2,3,7	36,51
1,2,7	43,08	<b>2,4,5</b>	<b>58,49</b>
1,3,4	38,55	2,4,7	54,10
1,3,5	37,23	2,5,7	48,10
1,3,7	30,25	3,4,5	46,04
1,4,5	47,89	3,4,7	39,44
1,4,7	43,46	3,5,7	33,35
1,5,7	39,64	4,5,7	55,24

Tabela 3 - Valores de OIF obtidos para imagem Landsat 8 do ano de 2014

<b>Bandas (Triplete)</b>	<b>OIF (Optimum Index Factor)</b>	<b>Bandas (Triplete)</b>	<b>OIF(Optimum Index Factor)</b>
1,2,3	30,50	2,3,7	28,78
1,2,4	30,66	2,4,5	35,88
1,2,5	36,50	2,4,6	31,17
1,2,6	33,36	2,4,7	27,92
1,2,7	30,32	2,5,6	38,47
1,3,4	30,73	2,5,7	35,99
1,3,5	36,81	2,6,7	30,20
1,3,6	33,37	3,4,5	36,59
1,3,7	30,28	3,4,6	31,47
1,4,5	37,07	3,4,7	28,15
1,4,6	32,64	3,5,6	39,14
1,4,7	29,39	3,5,7	36,60
<b>1,5,6</b>	<b>39,67</b>	3,6,7	30,37
1,5,7	37,23	4,5,6	38,27
1,6,7	31,69	4,5,7	35,46
2,3,4	29,27	4,6,7	28,67
2,3,5	35,64	5,6,7	37,61
2,3,6	31,98	-	-

Após o pré-processamento das imagens, as mesmas foram cortadas de acordo as dimensões da área de estudo e exportadas no formato Tiff, permitindo suas manipulações nos softwares ArcGis e Spring para análise e elaboração dos mapas temáticos.

Para as imagens do satélite Landsat 8 sensor OLI foi necessário proceder com a fusão baseada na transformação IHS (Intensity, Hue, Saturation) das imagens de 30 metros a de 15 metros (banda 8), procedimento realizado com auxílio do software ENVI 5.0, por meio da ferramenta *Gram-Schmidt Pan Sharpening*, a qual permitiu que bandas espectrais de baixa resolução espectral fossem fundidas com a banda pancromática de alta resolução espectral.

O ganho na aplicação da fusão com esta ferramenta está na estimativa mais precisa dos dados pancromáticos, com baixa perda de informação, pois fundir as bandas de 30 metros a banda pancromática visou reamostrá-las para 15 metros e 16 bits, dando possibilidade à geração de um produto com significativa variação espectral (superior a 60.000), mais detalhado, garantindo-lhe realce, que segundo Novo (2010), permite extrair ou modificar os atributos espaciais das imagens, realçando certos aspectos da cena.

Além do procedimento descrito para a imagem Landsat 8 sensor OLI de 2014, o realce também foi aplicado as imagens Landsat 5 de 1985 e 1995 sensor TM, bem como a imagem

CBERS-2 sensor CCD, visando otimizar a classificação destes produtos para obtenção de informações mais confiáveis referentes ao uso do solo da área em estudo.

### **3.4.2 Elaboração dos mapas temáticos**

Após as etapas de correção atmosférica, georreferenciamento, escolha das bandas espectrais, realce e recorte da área de estudo, as imagens foram exportadas em formato Tiff para armazenamento e posterior edição.

A edição envolve procedimentos de vetorização de informações em formato ponto, linha e/ou polígono, afim de destacar aspectos inerentes ao alcance dos objetivos deste trabalho, como delimitação do perímetro urbano, rodovias, corpos d'água, bem como digitalização do layout dos mapas temáticos.

Para a criação dos mapas de bacias hidrográficas, declividade, altimetria e distância das áreas inundadas em relação aos cursos d'água foram utilizados dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 30 metros, obtidos gratuitamente no site da United States Geological Survey (USGS). Tais dados também permitiram a construção do Modelo Digital de Elevação (MDE).

A rede de drenagem foi extraída automaticamente com uso da aplicativo Hydrology, pertencente ao banco de ferramentas Spatial Analyst Tools do software ArcGis 10.0. Tal software permitiu com que melhores contornos fossem dados as informações obtidas, criando-se a partir destes refinamentos arquivos em formato "shape" das bacias hidrográficas, assim como foram obtidas informações relativas a declividade do terreno.

### **3.4.3 Classificação do uso e cobertura do solo**

A classificação do uso do solo foi feita mediante utilização do método de Máxima Verossimilhança (MAXVER), o qual segundo Fitz (2008b) baseia-se na escolha de áreas que possam ser representativas de determinadas feições conhecidas, sendo utilizadas a média e a covariância dos pixels amostrados, calculando-se a probabilidade de um pixel externo a essas amostras pertencer a elas. Para isso, foram criadas cinco classes de interesse, procedendo-se com o treinamento e classificação supervisionada.

Para Novo (2010) o processo de classificação envolve atribuir cada pixel a uma dada "classe espectral" usando os dados espectrais disponíveis. Em função do grau de intervenção que o analista tem no processo de classificação digital, a classificação pode ser não supervisionada e/ou supervisionada.

Para este trabalho foi feita a classificação supervisionada MAXVER, devido o conhecimento prévio da área estudada e maior facilidade para a seleção dos pontos de controle. Para este processo de classificação delimitaram-se as classes de interesse, as quais foram, (i) Área urbana, (ii) Solo exposto, (iii)Vegetação ciliar, (iv) corpos d'água e (v) Savana, além da classe nulo (Null) criada pelo próprio software.

Para delimitar a área de interesse foi criada uma "máscara", a qual restringe a classificação a esta área, pois o objetivo da classificação é controlar as classes geradas.

A classificação foi executada no software PCI Geomatic 10.0, o qual após inserção das bandas pré-processadas e selecionadas por meio do OIF permite que sejam criados canais de treinamento e canais de saída da classificação. Após o término do treinamento roda-se a classificação de forma automática no comando Run Classification, sendo marcada a máscara criada a partir dos limites estabelecidos pelo Plano Diretor de Boa Vista de 2006.

Com a classificação rodada no PCI, foi gerado um relatório estatístico (apêndices G, H, I e J) disponibilizando informações referentes a matriz de confusão e ao coeficiente de confiabilidade Kappa da classificação das imagens.

Uma das técnicas mais utilizadas na realização de avaliação de acurácia da classificação de dados de sensoriamento remoto é o emprego da matriz de erro, também conhecida como matriz de confusão. Para Suarez e Candeias (2012) a matriz de erro é uma maneira muito eficaz para representar a acurácia na precisão de cada categoria, tanto nos erros de inclusão (erros de comissão), quanto nos erros de exclusão (erros de omissão) presentes na classificação.

O índice Kappa é utilizado para avaliar a acurácia temática por ser mais sensível as variações de erros de omissão e inclusão. No cálculo do coeficiente Kappa é necessário a construção de um mapa de verdade de campo, para que se possa fazer uma tabulação cruzada indicando a proporção de casos presentes e/ou ausentes nos mapas (LOBÃO; FRANÇA-ROCHA; SILVA, 2005) e assim delimitar a qualidade da classificação conforme representado na tabela 4 abaixo.

Tabela 4 - Índices de referência para acurácia na classificação MAXVER pelo coeficiente Kappa

Valor de Kappa	Qualidade da classificação
< 0.0	Péssima
0.0 - 0.2	Ruim
0.2 - 0.4	Razoável
0.4 - 0.6	Boa
0.6 - 0.8	Muito boa
0.8 - 1.0	Excelente

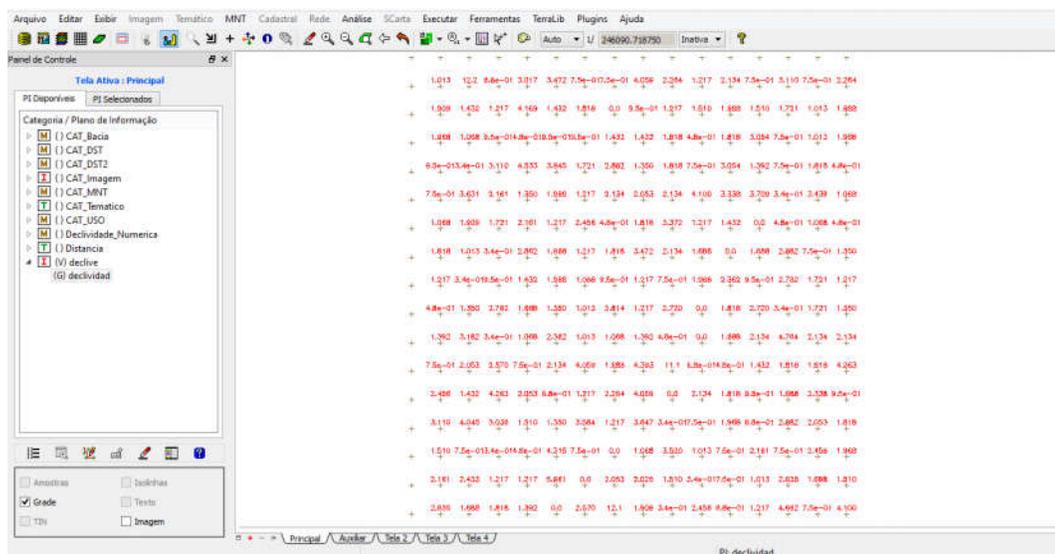
Fonte: Adpatado de Landis e Koch (1977).

Finalizada a classificação este produto foi exportado em formato Tiff para elaboração do mapa temático referente ao uso e cobertura do solo, sendo feitas as devidas formatações. Coaduna-se com o pensamento de Araújo Filho, Meneses e Sano (2007) ao afirmarem que os mapas de uso da terra e de cobertura da terra são instrumentos que auxiliam a cumprir a função do planejamento e da gestão do espaço, constituindo-se em mecanismos bastante adequados para promoverem o desenvolvimento sustentável do ponto de vista ambiental, sendo imprescindíveis para o planejamento regional ou local do terreno.

#### 3.4.4 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Para a elaboração do mapa de risco à inundação foram utilizadas quatro variáveis, (i) declividade, (ii) distância de inundação das drenagens principais, (iii) bacias hidrográficas das drenagens secundárias e (iv) uso e cobertura do solo, as quais foram trabalhadas no software Spring 5.3 em forma de Modelo Numérico de Terreno (MNT) - figura 23 - para serem criadas ponderações, ou seja pesos sobre as variáveis apresentadas para que se indique o grau de importância que cada uma possui em relação ao risco à inundação.

Figura 23 - Exemplo de grade numérica representando o Modelo Numérico de Terreno (MNT) na interface do Spring 5.3



Para a identificação das áreas com baixo, médio e alto risco à inundação foi elaborado uma banco de dados relacional, o qual segundo INPE (2015) é uma ferramenta que possibilita a realização de análises espaciais através de álgebra de mapas, utilizando os atributos espaciais e não espaciais das entidades gráficas armazenadas na base de dados espaciais para fazer simulações sobre os fenômenos do mundo real.

Implementa-se a álgebra de mapas por meio da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), uma linguagem de consulta e manipulação espacial que realiza operações sobre dados dos tipos MAPA TEMÁTICO, MODELO NUMÉRICO DE TERRENO e IMAGEM (INPE, 2015).

O programa LEGAL disponibiliza as seguintes operações, (i) transformação, (ii) booleana, (iii) condicional, (iv) matemática, (v) classificação contínua, (vi) vizinhança e (vii) reclassificação por atributos. Para a análise deste trabalho foi utilizada a operação transformação que apresenta as operações pondere, fatie e reclassifique, dentre as quais as duas primeiras foram trabalhadas.

A operação pondere transforma um TEMÁTICO em um MNT, enquanto que a operação fatie transforma um MNT ou uma IMAGEM em um TEMÁTICO. A primeira operação é usada para que pesos sejam atribuídos as classes presentes nos planos de informação (PIs), gerando MNTs ponderados. Já a segunda operação permite com que se crie níveis analíticos do tipo baixo, médio e alto (por exemplo), a partir de valores máximos e

mínimos oriundos da integração de diferentes PIs, ou seja, a operação fatie permite a geração de um mapa temático com classes, as quais são definidas a partir do objeto de estudo.

No entanto, para a realização destas operações faz-se necessário a criação de uma linguagem que LEGAL entenda. Tal linguagem apresenta a seguinte estrutura composta de três partes segundo INPE (2015):

- Declaração: Nesta parte definem-se os dados. Cada plano de informação (PI) a ser manipulado é declarado explicitamente, dando-lhe um nome e associando-o à sua categoria no esquema conceitual.
- Instanciação: Nesta parte recuperam-se os dados existentes do banco de dados ou criam-se os novos PIs. Um novo PI pode então ser associado ao resultado de operações em LEGAL.
- Operação: Nesta parte, realizam-se as operações da álgebra de mapas. As seguintes operações estão disponíveis: transformação, booleana, matemática, classificação contínua, vizinhança, reclassificação por atributos.

A representação desta linguagem segue no exemplo de ponderação de distância abaixo.

```
{
Tematico distal ("Distancia");
Tabela tabpeso (Ponderacao);
Numerico distalMNT ("CAT_DST");

distal= Recupere(Nome="distalP");

tabpeso= Novo (CategoriaIni = "Distancia", "proxima":0.5, "intermedio":0.4, "distante":0.1,
"afastado":0.0);

distalMNT= Novo(Nome="distalpond", ResX=30, ResY=30, Escala=60000);

distalMNT= Pondere (distal, tabpeso);

}
```

Azul claro: representa o elemento a ser trabalhado (Declaração);

Vermelho: representa a recuperação dos elementos existentes no banco de dados previamente construído, sendo-lhes atribuídos pesos (Instanciação);

Azul escuro: representa a operação a ser aplicada (Operação);

A Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) é uma ferramenta de suporte à decisão e o procedimento descrito anteriormente é necessário para a aplicação do Analytic Hierarchy Process (AHP) ou em português Processo Analítico Hierárquico. Este permite a ponderação de diversos fatores envolvidos em processos de diagnósticos e tomadas de decisão, auxiliando a integração objetiva de dados indicadores com posterior hierarquização das variáveis elencadas (MARCHEZETTI; KAVISKI; BRAGA, 2011; OLIVEIRA et al., 2009).

De acordo com Ribeiro Júnior e Vieira (2013) a montagem das matrizes de comparações binárias, entre as variáveis e também entre os critérios, tem como base a escala proposta por Thomas Lorie Saaty, desenvolvedor do processo, onde os pesos aplicados correspondem à importância que cada variável tem em relação à outra, os quais são descritos no figura 24:

Figura 24 - Quadro da escala de Valores do Analytic Hierarchy Process (AHP) para comparação pareada

Intensidade de importância	Definição e Explicação
1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada - Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: INPE (2015)

A lógica do quadro é que variáveis de maior importância transmitem sua influência para as variáveis menos importantes, em níveis hierárquicos mais baixos, que por sua vez contribuem também com a funcionalidade e coerência nos níveis superiores (BARROS; MOREIRA; RUDORFF, 2007; SAATY, 1986).

O AHP é um método estatístico que utiliza análise multivariada para correlacionar as diferentes variáveis dependentes, buscando padrões de maior ou menor similaridade, sendo importante destacar que a escolha das variáveis não é feita por meio de programas computacionais, mas a partir de análises teórico-técnicas das variáveis mais significativas para os objetivos a serem alcançados.

A técnica permite o cruzamento de informações plotadas para a geração de mapas de risco à inundação, os quais retratam os diferentes graus de risco (baixo, médio e alto), subsidiando posteriores usos para planejar o espaço urbano, assim como melhor geri-lo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para se alcançar os objetivos traçados os resultados e discussões foram divididos em três momentos, nos quais foram tratados respectivamente (i) aspectos relacionados as bacias hidrográficas e o processo de expansão urbana, (ii) evolução do uso e cobertura do solo no período de 1985 a 2014 e (iii) o risco à inundação ao qual a cidade de Boa Vista está sujeita.

### 4.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS DE BOA VISTA

É indubitável que o marco do processo de redemocratização do Estado brasileiro, da década de 1980, foi a promulgação da Constituição de 1988, o qual para Oliveira (2008) ocasionou uma série de mudanças na esfera político-administrativa, entre elas o fim dos Territórios Federais, marcando assim a criação do estado de Roraima.

Staevie (2011) aponta que um dos períodos com maior crescimento populacional coincide com o período acima citado. De 1980 a 1991 a taxa de crescimento foi de 7,22%, sendo tal crescimento percebido principalmente na população urbana com uma taxa de 9,6%. Entre 1980 e 2007, a população urbana de Boa Vista aumentou em mais de cinco vezes, passando de 43.854 para 246.156 habitantes, conforme a Contagem Populacional do IBGE.

Após 1980 foram incorporadas novas áreas a cidade, mediante a proliferação desordenada de loteamentos, respondendo especialmente a interesses políticos de assentamentos de migrantes que eram induzidos a se deslocarem para Boa Vista (SILVA, 2009). A zona oeste da cidade acabou por concentrar grande parte deste quantitativo, fazendo com áreas de nascentes fossem ocupadas, suprimindo-as e transformando o espaço intensificando ou mesmo gerando áreas de risco à inundação.

A formação lacustre da zona oeste da cidade de Boa Vista começa a desaparecer após o intenso processo de ocupação de suas áreas após 1985 e mesmo Latrubesse e Nelson (2001) descrevendo os lagos inseridos na Formação Boa Vista como pequenos e rasos, alguns sazonais e outros permanentes, o que vai se perceber ao longo da história é que impactos foram gerados e/ou intensificados.

Segundo Junk (1983) alguns lagos da região de Boa Vista são sazonais, ou seja, o espelho d'água geralmente surge no período chuvoso e desaparece no período seco, ficando somente a depressão exposta. Outros simplesmente reduzem o volume d'água no período seco e aumentam no período chuvoso.

A redução do volume de água dos lagos no período de estiagem (ultrapassando 6 meses), vem acompanhada do processo de ocupação dos espaços "livres", pois de acordo com Pinheiro (2007) processa-se a secagem da água acumulada e a deposição dos sedimentos em

suspensão, alguns lagos chegam a desaparecer da paisagem ou formar círculos concêntricos brejosos. Neste momento, fazem-se dragagens ou simplesmente aterra-se estas áreas, as quais se tornam hábeis a ocupação, com endosso do poder público.

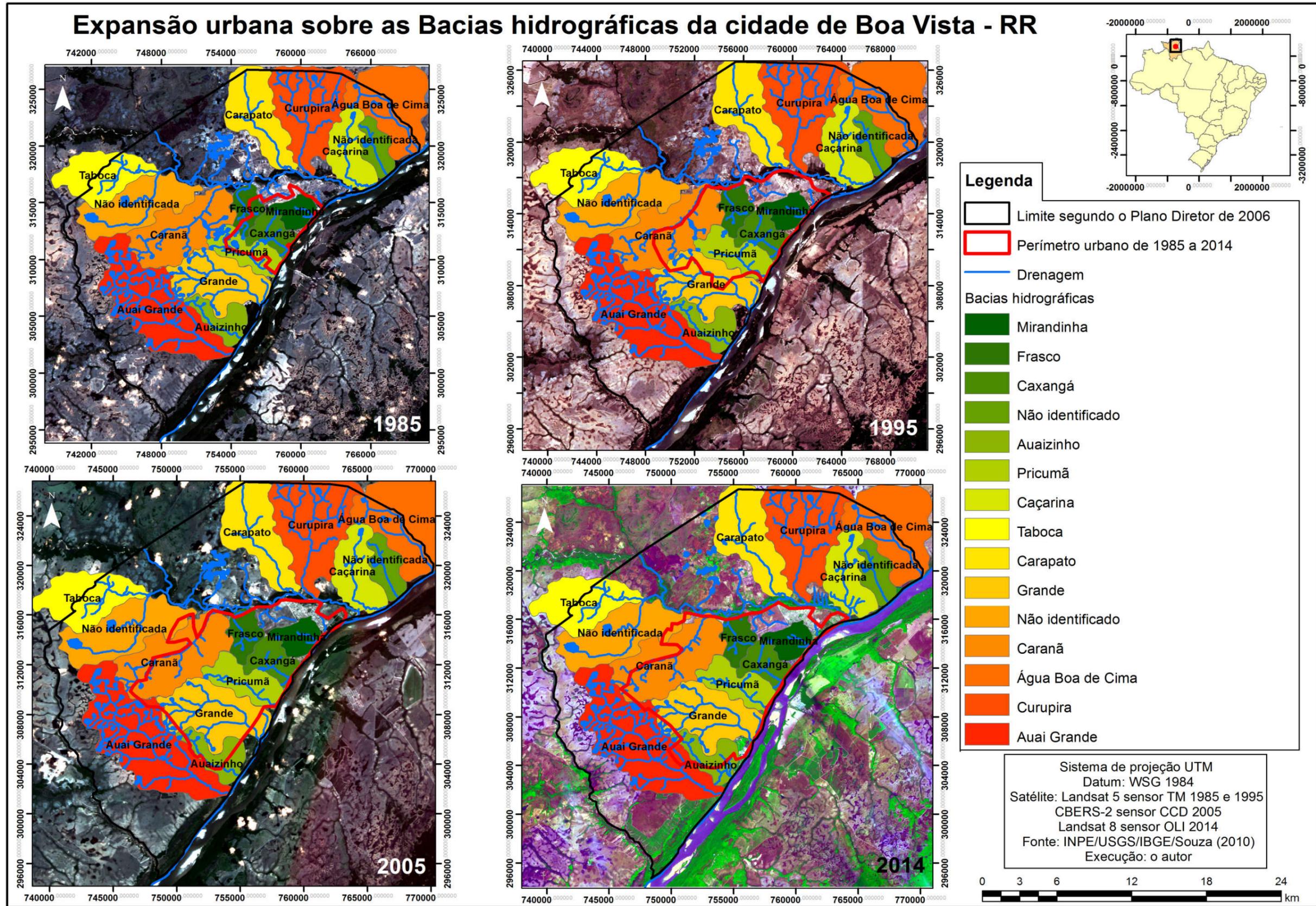
No entanto, mesmo os lagos de Roraima apresentando profundidade variando de 1,0 a 1,5 metros em média, bem como pequenas dimensões girando em torno de 10 – 100 metros de diâmetro (SIMÕES FILHO et al., 1997), seu aterramento não resolve problemas relacionados a inundações, visto que mesmo aterrados as ocupações permanecem nas planícies de inundação dos lagos.

No período chuvoso ocorre o transbordamento e interligação entre alguns dos lagos e mesmo estando aterrados há de se considerar o fator lençol freático, o qual segundo Ávila (2008) é em geral pouco profundo, em média 6,3 metros de profundidade durante o período de estiagem. O autor ainda destaca que o nível freático mais profundo, em torno de 10 metros, foi observado no bairro Cidade Satélite (zona noroeste da cidade) e o nível mais raso foi observado, nas zonas sudoeste e sul da cidade, variando de 1,35 a 4,00 metros.

Os lagos da região de Boa Vista são nascentes das bacias hidrográficas presentes na cidade de Boa Vista e o que se observa é que o processo de ocupação ocorreu de forma a não considerar os elementos físicos como integrantes deste processo, pois mesmo após aterros, períodos chuvosos fazem com que afloramentos de água oriundos do lençol freático pouco profundos surjam, ocasionando problemas relacionados a drenagem e assim potencializando áreas de risco à inundação e alagamento, devido a concentração prolongada da água.

A figura 25 abaixo denota o processo de expansão da cidade de Boa Vista em direção aos lagos anteriormente existentes na cidade, bem como sobre aqueles ainda existentes.

Figura 25 - Processo de expansão urbana sobre as bacias hidrográficas de Boa Vista-RR



Para Meneses, Costa e Costa (2007) devido à acelerada e desordenada expansão urbana, a cidade de Boa Vista vem sofrendo sérios impactos ambientais que incluem a extinção precoce de muitos lagos e brejos e o comprometimento da qualidade das águas lacustres através de práticas antrópicas tais como, a lavagem de roupas e o lançamento indiscriminado de efluentes domésticos em suas bacias.

Fica evidente de acordo com a figura 25 acima que o processo de expansão da cidade de Boa Vista foi bem intenso nos últimos 30 anos e o perímetro urbano revela isso. Em 1985 o perímetro urbano perfazia 31,27 km<sup>2</sup>, passando para 77,25 km<sup>2</sup> de perímetro em 1995, ou seja, um aumento percentual de 119,04%, mais que duplicando a área ocupada.

Já em 2005 o perímetro urbano totalizava 113,41 km<sup>2</sup>, registrando um crescimento de 31,88% de área ocupada e em 2014 houve aumento percentual de 8,68%, estando o perímetro urbano com 124,19 km<sup>2</sup> como mostra a figura 26.

Tais avanços do perímetro urbano repercutem sobre as bacias hidrográficas, pois em 1985 tinham-se efetivamente ocupadas as bacias do Mirandinha, Caxangá, Pricumã e Frasco (está última tendo suas nascentes ocupadas) e em 1995 a bacia do Caranã e do Grande entram nesta dinâmica de uso do solo.

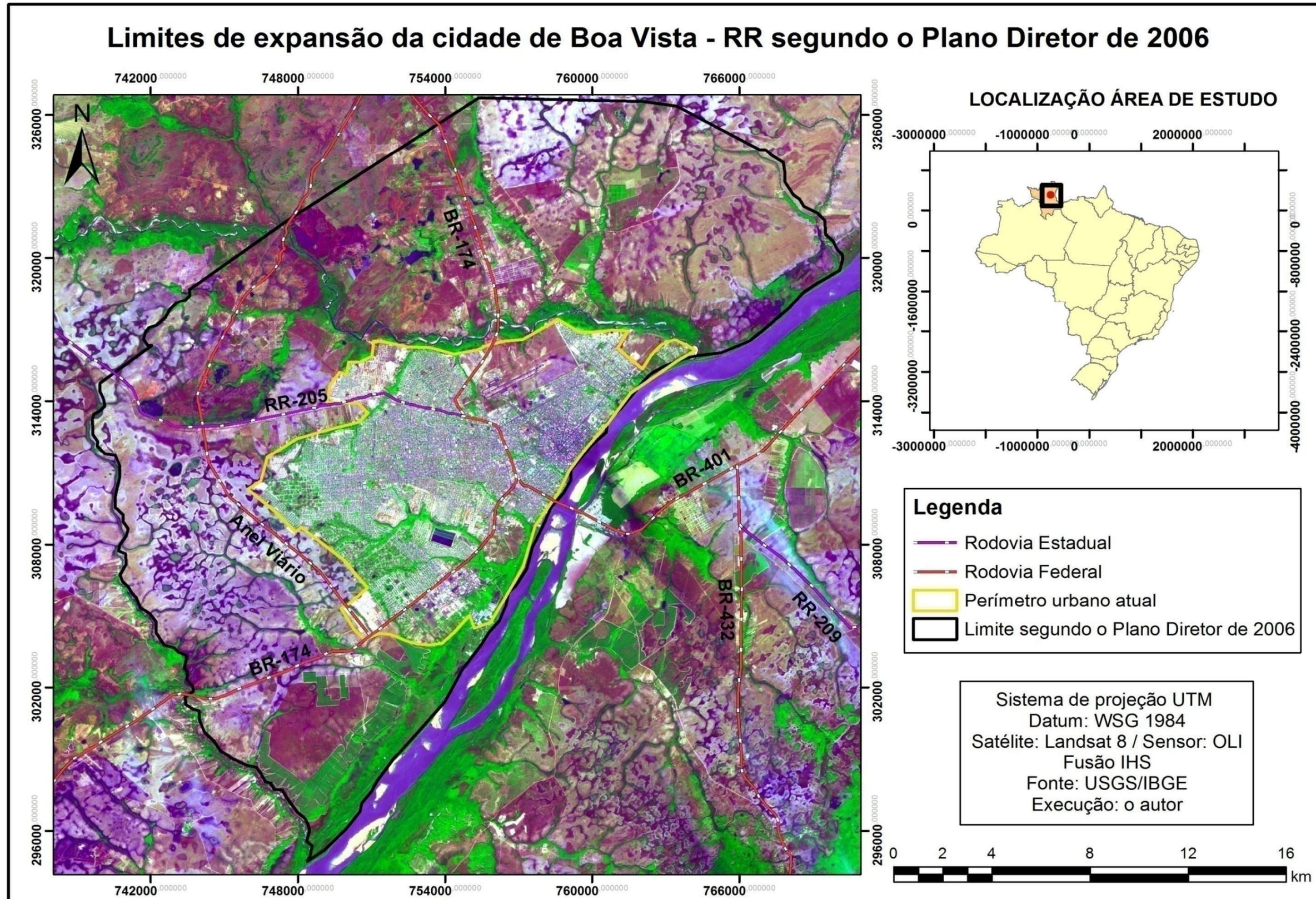
Para o ano de 2005 a bacia do Grande, em quase sua totalidade, passa a integrar a malha urbana da cidade de Boa Vista, tendo suas nascentes bastantes comprometidas, bem como a bacia do Auaizinho que é inserida neste processo

No ano de 2014, o processo de expansão do urbano em direção a zona oeste, o qual englobou em sua totalidade a bacia do Grande e do Auaizinho, passa a adentrar a bacia do Auai Grande, pertencente ao atual limite oeste-sul da cidade de Boa Vista (figura 25).

Falcão et al. (2012) em estudo realizado na bacia do Auai Grande, mostrou a fragilidade e vulnerabilidade que o corpo hídrico está sendo exposto pela forma de uso e ocupação da terra no perímetro urbano da cidade Boa Vista-RR em razão do aterro sanitário público estar localizado na área de influência da referida bacia.

Mecanismos de controle devem ser pensados para ordenar os usos na bacia do Auai Grande, caso contrário espera-se que ocorra o mesmo que aconteceu com a bacia do Grande, na qual segundo Menezes e Costa (2007) os impactos mais visíveis estão representados pelo aumento da poluição hídrica, assoreamento, ocupação predial em margens, e no leito dos igarapés, remoção de mata ciliar, erosão e queimadas revelando uma urbanização desordenada, que transgride a legislação existente, e demonstra frágil intervenção governamental.

Figura 26 - Área de expansão da cidade de Boa Vista - RR segundo o Plano Diretor do ano de 2006



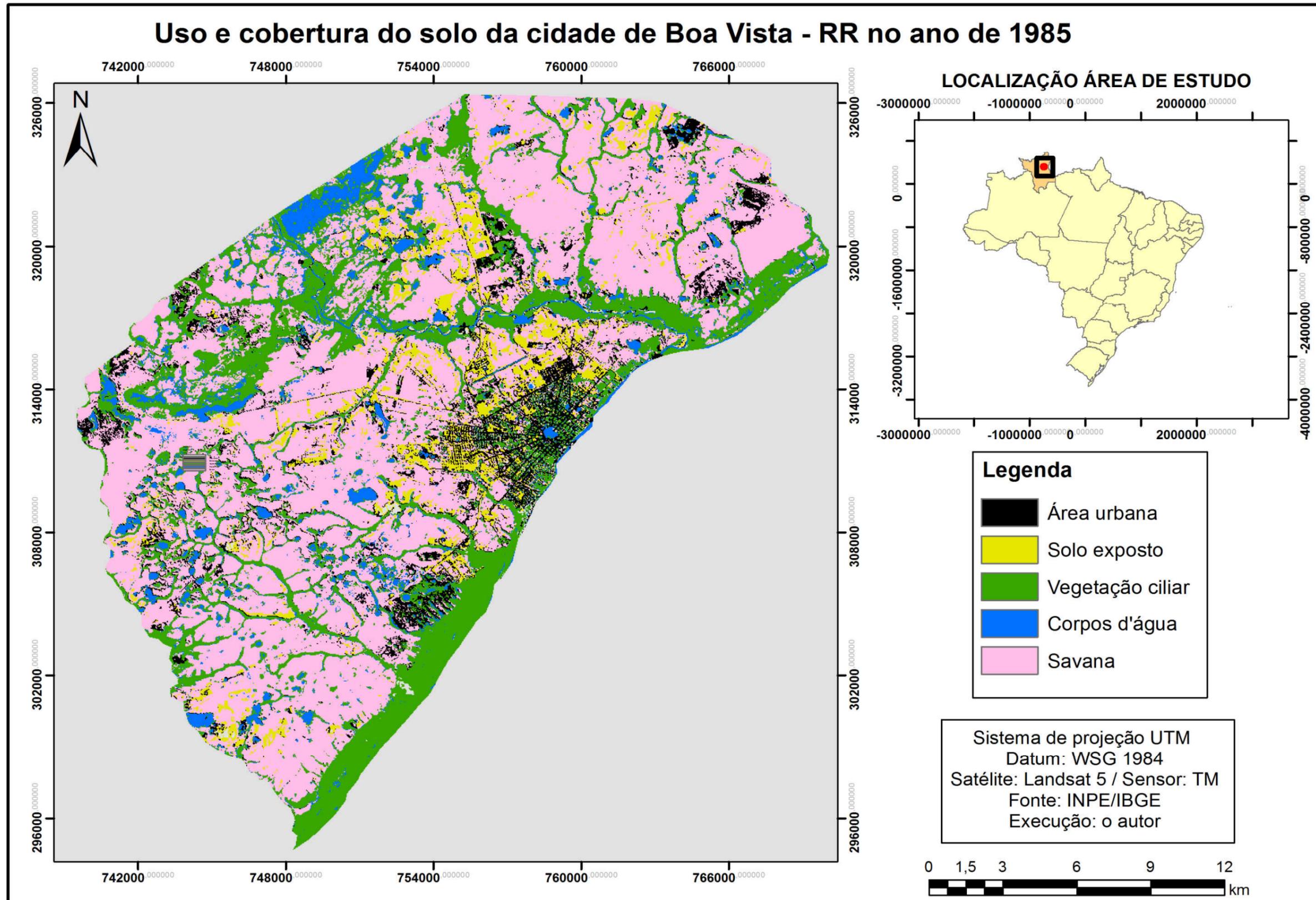
## 4.2 USO E COBERTURA DO SOLO

As mudanças espaciais de uso e cobertura no solo foram observadas a partir das imagens de satélite Landsat 5 sensor TM para os anos de 1985 e 1995, imagem CBERS-2 sensor CCD de 2005 e imagem Landsat 8 sensor OLI de 2014 (previamente geoprocessadas), perfazendo 30 anos de análise.

Diante da análise espacial e temporal fez-se necessário a criação de classes para se observar as mudanças processadas sobre a paisagem de Boa Vista, assim cinco classes foram criadas, (i) Área urbana, (ii) Solo exposto, (iii) Vegetação ciliar para o ano de 1985 e vegetação ciliar/secundária para os demais anos, (iv) corpos d'água e (v) savana. A classe "outros" foi criada automaticamente pelo software de classificação das imagens para designar objetos espaciais indistintos.

Para o planejamento urbano, entender as dinâmicas que ocorreram e que ocorrem sobre o espaço citadino é salutar. Considerar que tais mudanças têm reflexo não só sobre estruturas sociais, mas também sobre estruturas biofísicas como a vegetação e cursos d'água é um primeiro passo. Assim, a análise do uso e cobertura do solo de 1985 (figura 27) ajudará a compreender as modificações em curso.

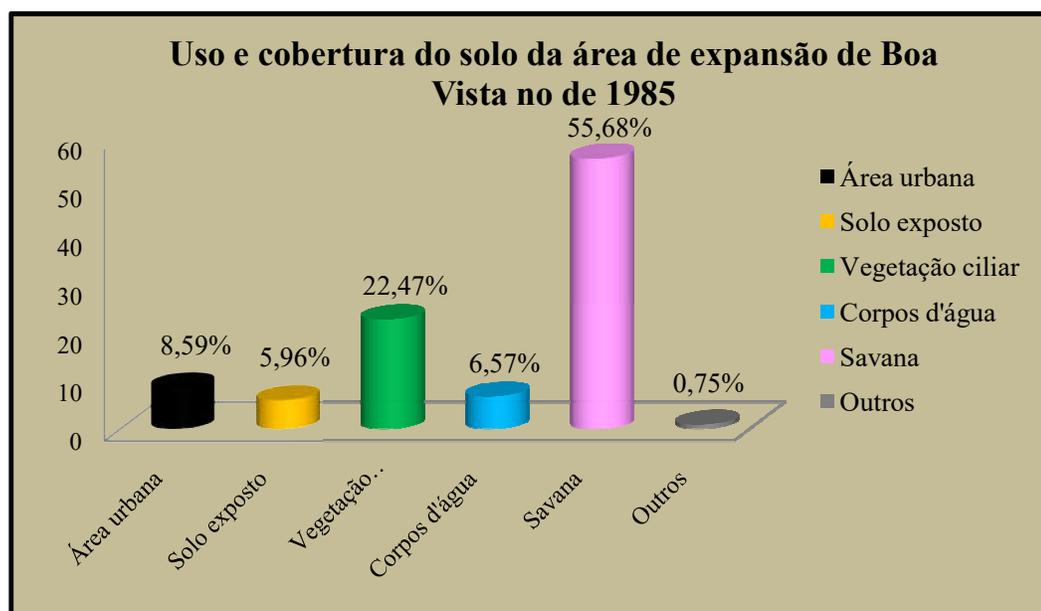
Figura 27 - Mapa de classificação do uso e cobertura do solo da área de expansão de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 5 sensor TM de 1985



A classificação da imagem de 1985 mostra que 8,59% da área de estudo se apresentam urbanizada e que as classes predominantes são savana com 55,68% de área e vegetação ciliar com 22,47%. Apesar de a classe solo exposto apresentar percentual de 5,96%, este se torna expressivo devido se concentrar em áreas próximas ao espaço urbano, podendo indicar indícios de uso para moradia e/ou atividades ligadas ao setor primário da economia.

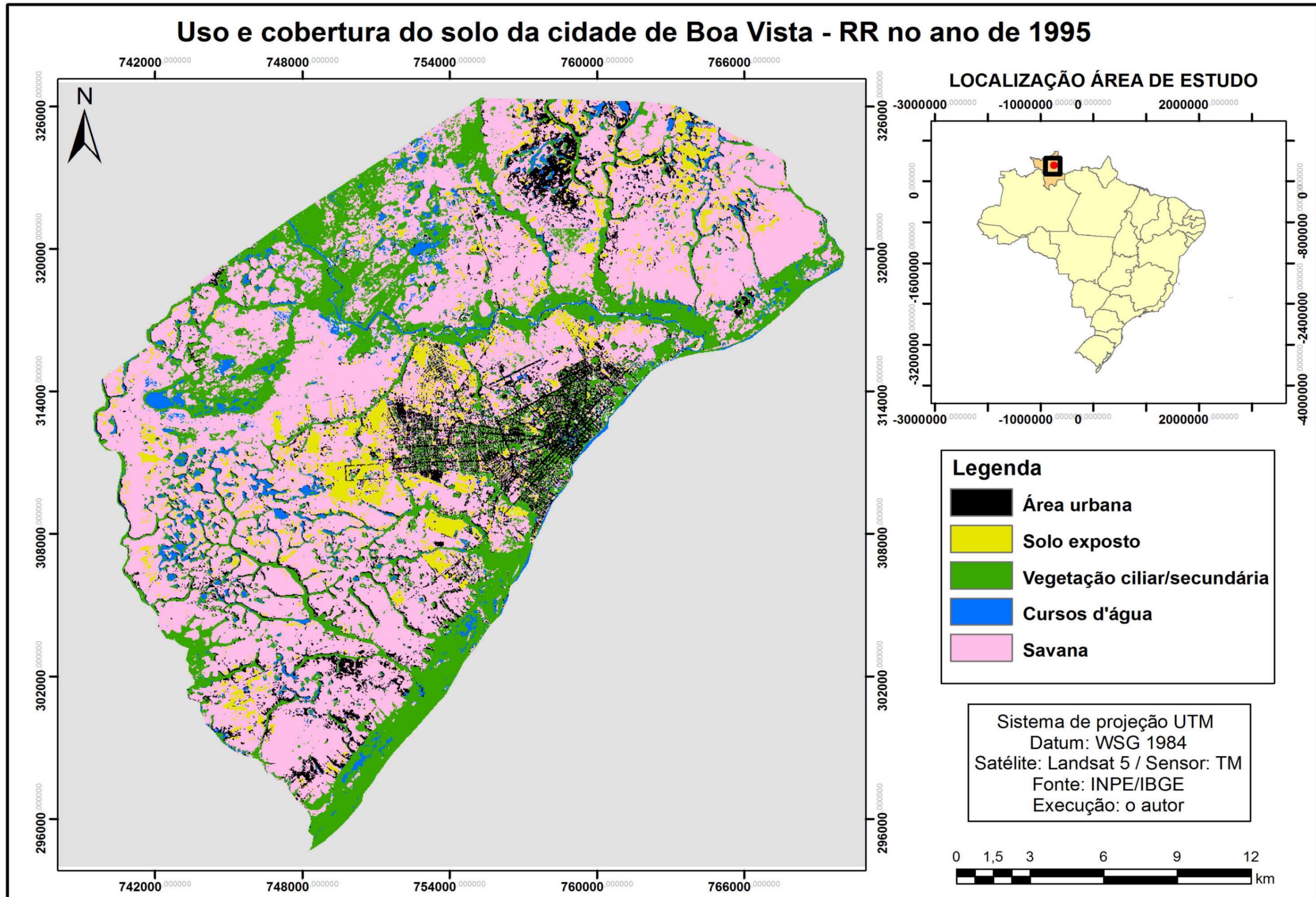
A paisagem biofísica com savanas e vegetação ciliar compunha 78,15% da área total de estudo, além da classe corpos d'água com 6,57% com destaque para as área de lago, os quais se faziam presentes no perímetro urbano. A figura 28 demonstra a representatividade dos dados de uso de cobertura de 1985 acima descritos.

Figura 28 - Gráfico do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 5 de 1985 sensor TM



Para Silva (2009), a expansão urbana de Boa Vista, após a década de 1980, deu-se quando novas áreas foram progressivamente incorporadas mediante a proliferação de novos loteamentos, produzidos de forma descontrolada e sem previsão, respondendo especialmente a interesses políticos de assentamentos de migrantes que eram induzidos a se deslocarem para Boa Vista. A partir deste crescimento populacional começou a ocorrer uma expansão principalmente sobre a zona oeste da cidade (figura 29), a qual possuía corpos hídricos que começaram a desaparecer por conta de drenagem e principalmente aterros.

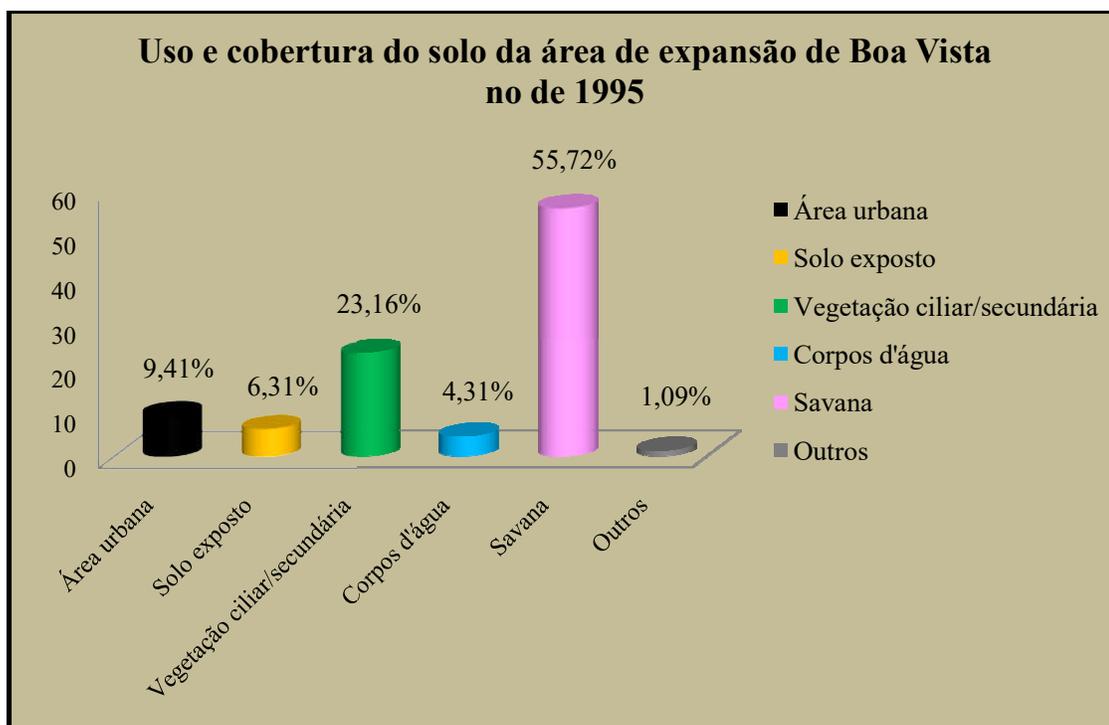
Figura 29 - Mapa de classificação do uso e cobertura do solo da área de expansão de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 5 sensor TM de 1995 denotando crescimento da área urbana à zona oeste



A imagem de 1995 mostra uma expansão da área urbana a qual passa a ter um percentual de 9,41%, concomitante ao aumento da área de solo exposto que cresce para 6,31%. A vegetação ciliar/secundária tem um relativo aumento, ficando em 23,16%, sendo importante destacar que este aumento pode estar relacionado a proliferação de vegetação secundária de pequeno porte (gramíneas, polinização natural, formigas, pássaros etc.) e médio e grande porte, estas últimas presente inclusive na área urbana de Boa Vista.

A figura 30 abaixo esboça os dados obtidos a partir da classificação da imagem Landsat 5 sensor TM do ano de 1995.

Figura 30 - Gráfico do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 5 de 1995 sensor TM



Houve uma significativa diminuição dos corpos d'água, estando a área com 4,31%. Perceba-se pela figura de classificação de 1985 que ocorreu uma supressão de corpos aquosos em decorrência da expansão urbana para a zona oeste da cidade de Boa Vista no ano de 1995, fato que não se aplica a savana, a qual tem seu percentual de área levemente aumentado para 55,78%. A classificação processada na imagem CBERS-2 sensor CCD de 2005 (figura 31) permite com que se façam importantes considerações.

Mesmo sob a égide do Plano Diretor de 1991 os desdobramentos do crescimento urbano de Boa Vista se dão de forma desordenada. O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Boa Vista - PDDUBV, lei Municipal nº 244, de 6 de setembro de 1991 instituiu as normas de promoção do desenvolvimento urbano e também a definição física do Município de Boa Vista chegando a abranger: o zoneamento; uso e ocupação do solo; sistema viário e parcelamento do solo através do ordenamento das funções sociais da cidade; entre outros.

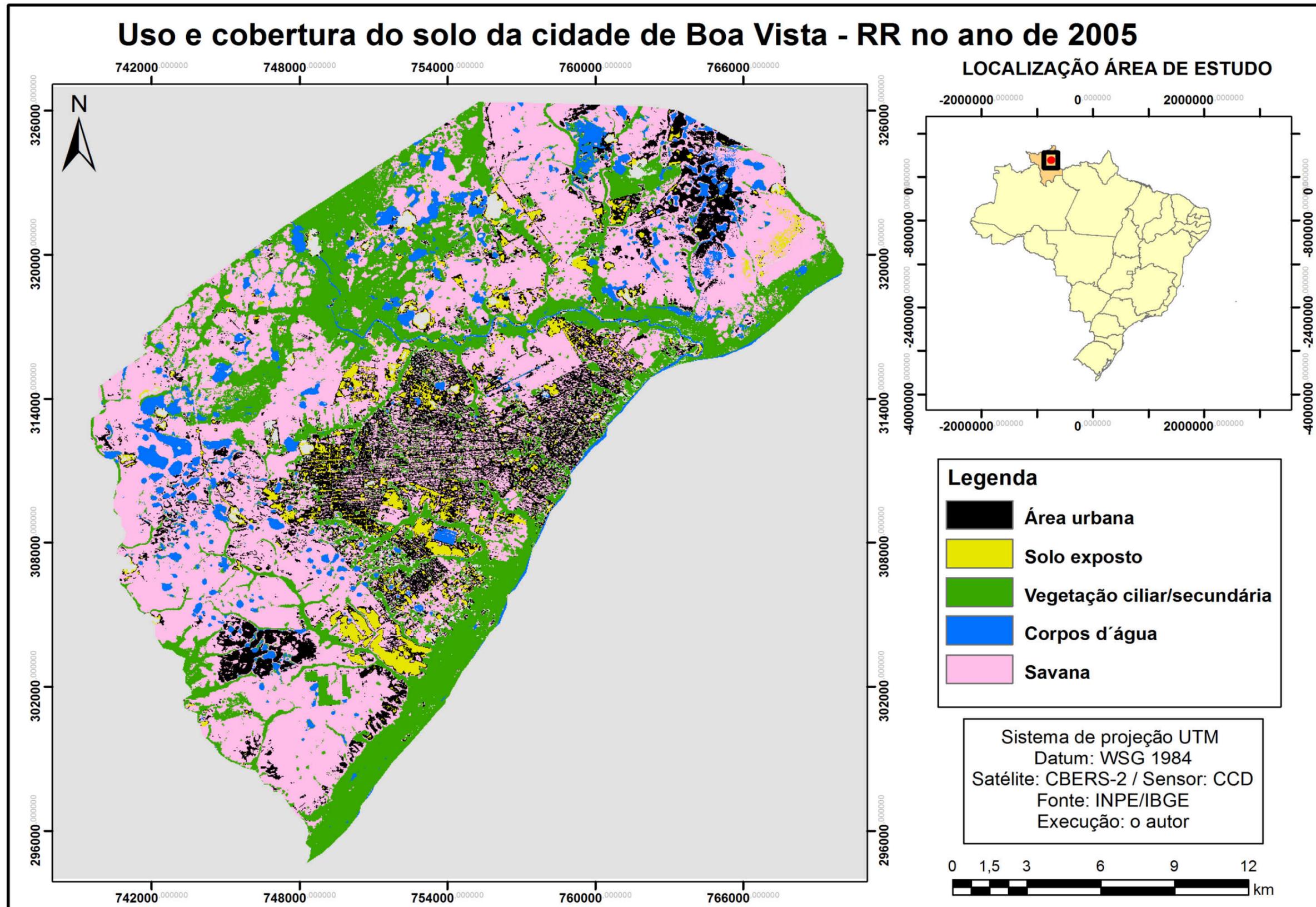
Merece destaque a seção meio ambiente, na qual estão contempladas o desenvolvimento das atividades humanas; a preservação dos recursos naturais, históricos e arquitetônicos; e as características essenciais ambientais dentro de padrões de qualidade definidos. Afirmava ainda que o controle ambiental deveria ser efetivado através do monitoramento, planejamento e atos normativos, para disciplinar as atividades públicas e particulares.

No que se referia a "Preservação" o artigo 38º identificava inaptas à urbanização as áreas alagadiças e sujeitas a inundações, não edificáveis e de preservação permanente, as faixas de terreno situadas às margens de rios ou cursos d'água, de largura variável, como por exemplo, o igarapé Grande com faixa de preservação de setenta metros.

No entanto, Veras (2009) salienta que na elaboração do referido plano não houve uma consulta prévia à população, tão pouco uma leitura da cidade que pudesse diagnosticar as reais necessidades da população e os arranjos produtivos locais que favorecessem o desenvolvimento e crescimento ordenado do território.

Os desdobramentos do não seguimento das normativas previstas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Boa Vista de 1991 podem ser observadas na classificação de uso e cobertura do solo de Boa Vista do ano de 2005 (figura 31), pois a área urbana cresceu bastante em relação ao ano de 1995 em direção a zona oeste, pressionando cada vez mais recursos naturais como vegetação, solo e hidrografia.

Figura 31 - Mapa de classificação do uso e cobertura do solo da área de expansão de Boa Vista - RR a partir da imagem CBERS-2 sensor CCD de 2005, com destaque ao aumento da área urbana à Zona Oeste.

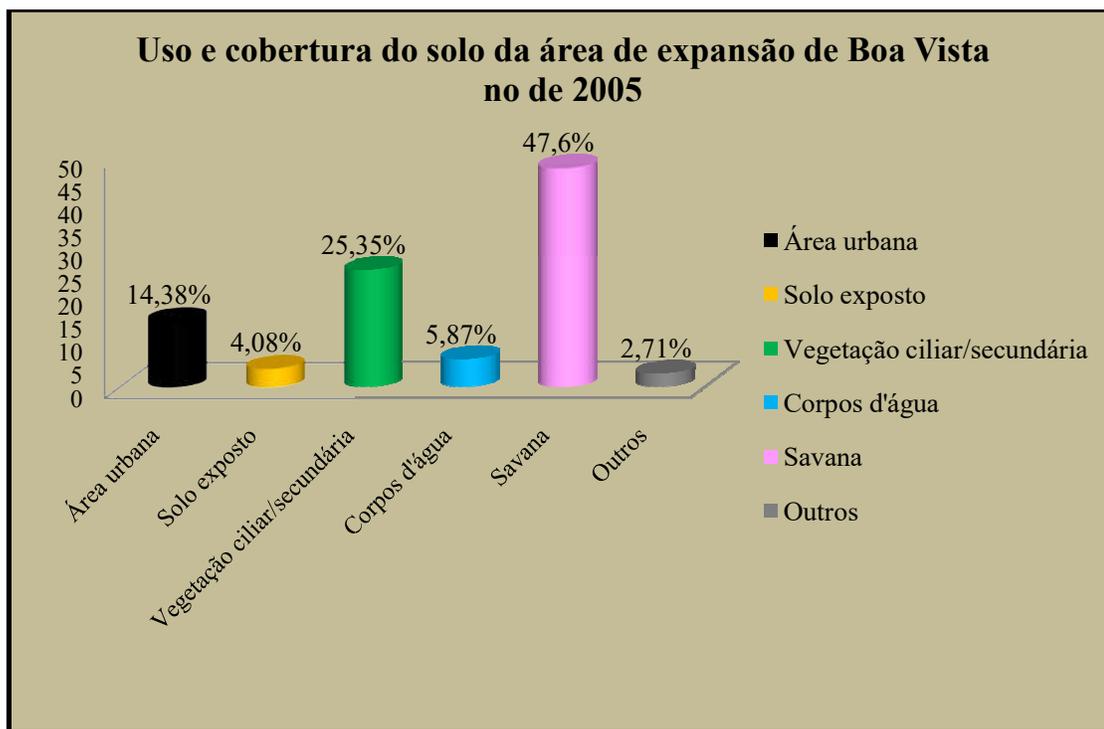


A qualidade das imagens acabou por influenciar, como esperado, o resultado da classificação de sensores com resolução melhores que o sensor TM das imagens de 1985 e 1995, as quais são de 30 m. A imagem CBERS-2 sensor CCD com resolução de 20 m permitiu uma melhor visualização das feições da paisagem, fazendo com que o produto fosse melhor trabalhado, revelando mais detalhes do espaço transformado.

Classificada a imagem de 2005, a distorção mais significativa é sobre a classe corpos d'água que aumentou seu percentual para 5,87% (figura 32). A qualidade da imagem permitiu com que fossem visualizadas feições antes indistintas, as quais estavam cobertas por nuvens ou se assemelhavam a vegetação.

A classe outros de 1985 que estava em 0,75%, passou para 1,09% em 1995 e chegou a 2,71% em 2005, revelando que mesmo com a melhoria na resolução da imagem classificada indistincões ainda se fazem presentes.

Figura 32 - Gráfico do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem CBERS-2 de 2005 sensor CCD



A área urbana cresceu para 14,38%, levando a crer que houve uma ocupação de áreas de solo exposto, a qual diminuiu para 4,08%, bem como de savana que teve uma diminuição de área de 8% passando para 47,6%.

As savanas conforme Vale Júnior e Schaefer (2010) ocupam uma área de aproximadamente 43.000 km<sup>2</sup>, situados na porção central do estado e onde está inserida a Capital Boa Vista e com o passar dos anos percebe-se um avanço urbano sobre esta formação vegetal conforme mostra a figura 31.

O crescimento populacional na cidade de Boa Vista entre os anos de 1995 e 2005 segundo Veras (2009) se deve em parte, nos anos 2000 a política adotada por Ottomar de Souza Pinto, então prefeito, que ao incentivar o setor agrícola e a migração atraí muitas pessoas oriundas da região Nordeste e Centro-Sul do país para a cidade de Boa Vista, com a promessa de casa própria e emprego.

Tal crescimento fez com áreas ocupadas precariamente começassem a receber equipamentos urbanos necessários ao deslocamento e lazer. Veras (2009) destaca que durante o mandato da prefeita Teresa Jucá iniciado em 2005 houve a construção do Terminal de Integração João Firmino Neto (figura 33), no bairro Caimbé (hoje desativado) e a construção de áreas de lazer como a Vila Olímpica no bairro Olímpico (figura 34), atendendo diretamente os moradores dos bairros Senador Hélio Campos, Cambará, Nova Cidade, Pintolândia e Asa Branca, bem como a construção do Parque Germano Augusto Sampaio (figura 35) no bairro Pintolândia, com 177 m<sup>2</sup>.

Figura 33 - Terminal de Integração João Firmino Neto



Fonte: Tiago Onhuela.

Figura 34 - Vila Olímpica no bairro Olímpico



Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1567507&page=8>

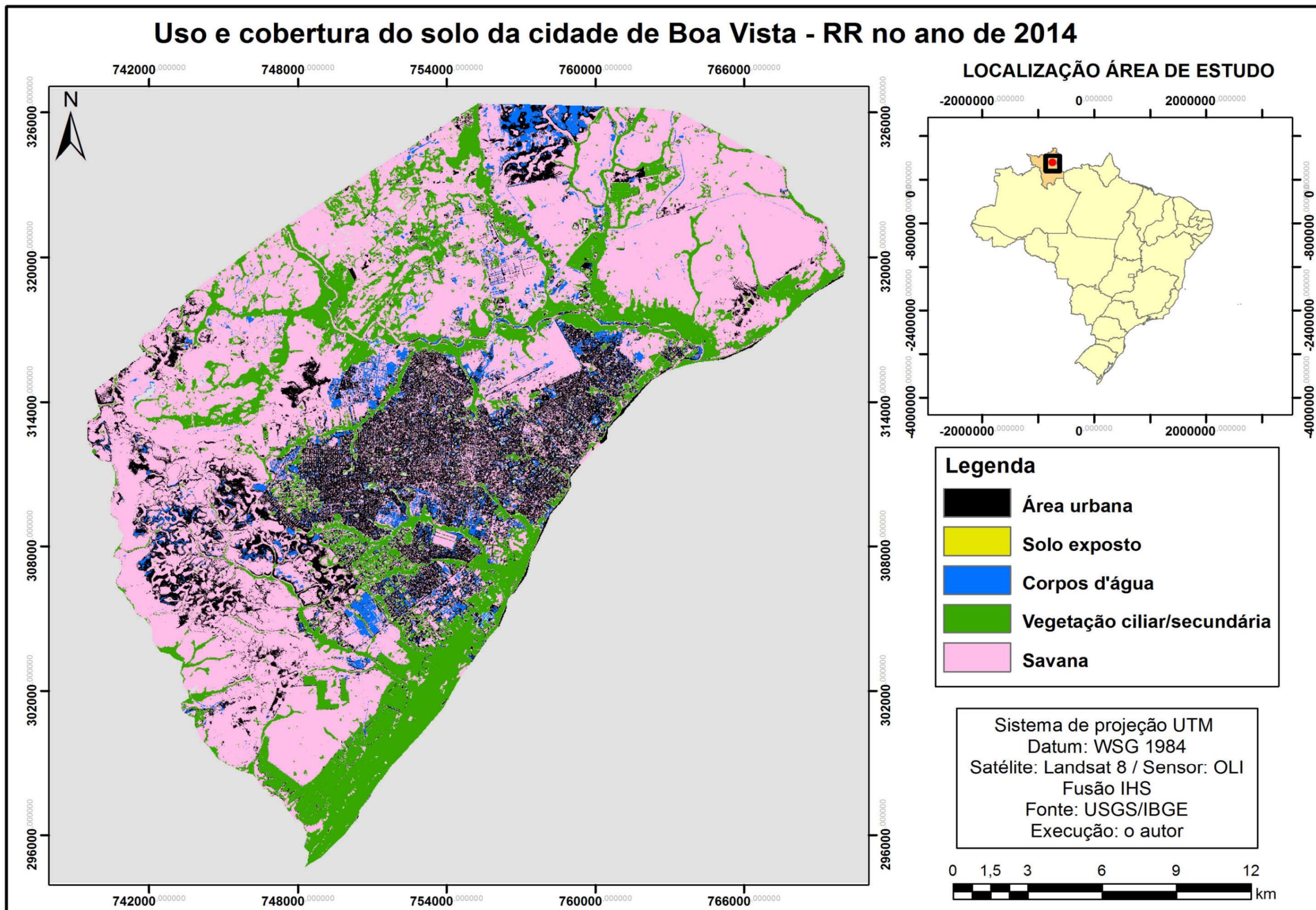
Figura 35 - Vista panorâmica do Parque Germano Augusto Sampaio



Fonte: Alfredo Maia.

Áreas antes ocupadas de forma precária ganham condições de ocupação qualitativa e atraem novos moradores, oriundos de migração, os quais passam a procurar nesta "nova zona" da cidade, no caso, a zona oeste, moradia. A zona oeste da cidade passara a atrair mais moradores, adensando a malha urbana de Boa Vista em anos seguintes, como mostra a classificação da imagem Landsat 8 sensor OLI do ano de 2014 (figura 36).

Figura 36 - Mapa de classificação do uso e cobertura do solo da área de expansão de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 8 sensor OLI de 2014, com adensamento da área urbana.



No ano de 2014 percebe-se um severo adensamento urbano na cidade de Boa Vista, a qual passa de uma área ocupada de 14,38% em 2005 para 16,17% em 2014, quase duplicando a área. Nos bairros da zona oeste a consolidação de infraestrutura foi latente, como exemplo Veras (2009) destaca o bairro Centenário com um programa de urbanização que incluiu a construção de 273 casas, 50 banheiros, 200 fossas sépticas, reforma de 40 moradias, duplicação e asfaltamento de vias, construção de rotatórias de segurança e 4.160 metros de calçadas e sarjetas, ou seja, houve um fomento a ocupação dessa área.

Veras (2009) ainda afirma que houve continuidade ao trabalho de asfalto e calçamento, executando-se 285 km de asfalto em 639 ruas e avenidas da capital e 117 km de calçadas em vários bairros. A figura 37 mostra com especificidade estas implantações.

Figura 37 - Quadro da pavimentação e calçamento de vias com destaque para os bairros da zona oeste

Bairro	Pavimentação (km)	Calçamento (km)	Bairro	Pavimentação (km)	Calçamento (km)
13 de Setembro	6	-	Jardim Caranã	15	-
31 de Março	-	440m	Jardim Floresta	38	6,020
Aeroporto	16	2,120	Jardim Primavera	32	130m
Alvorada	16	2,950	Jardim Tropical	-	1,620
Aparecida	6	415m	Jóquei Clube	20	-
Asa Branca	1	-	Liberdade	1	4,200
Bela Vista	19	-	Mecejana	11	8,405
Dos Estados	-	1,265	Nova Canaã	11	1,460
Buritis	11	5,550	Nova Cidade	11	-
Caçari	13	-	Operário	2,420	-
Caetano Filho	2	-	Paraviana	31	-
Caimbé	13	4,800	Pintolândia	27	3,950
Calungá	6	3,220	Piscicultura	12	800m
Cambará	6	815m	Picumã	1	2,280
Canarinho	1	-	Raiar do Sol	15	9,280
Caranã	24	8,120	Santa Luzia	5	2,720
Cauamé	38	-	Santa Tereza	26	2,730
Centenário	17	-	São Francisco	1	1,890
Centro	-	4,775	São Vicente	9	4,450
Cidade Satélite	-	450m	Sen. Hélio Campos	17	960m
Cinturão Verde	33	-	Tancredo Neves	10	6,570
Dr. Silvio Boltelho	3	9,790	Cidade Satélite	1	-
Dr. Silvio Leite	21	-	União	17	900m
Equatorial	6	4,460	-	-	-

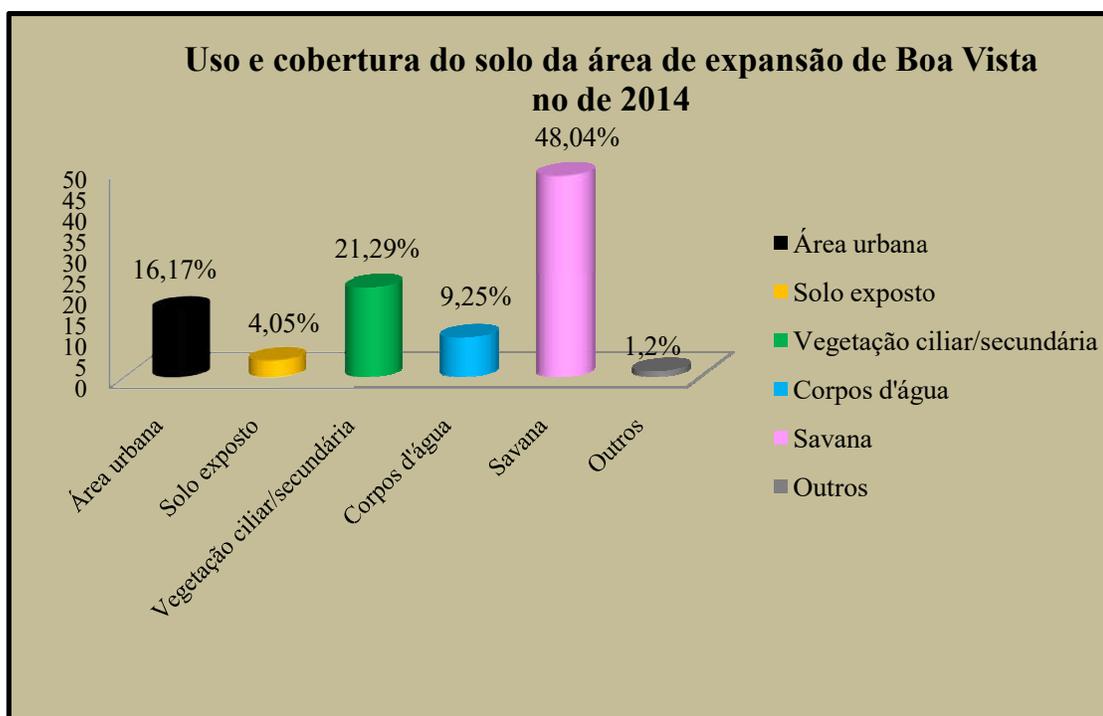
Fonte: adaptado de Veras (2009).

O processo de crescimento da cidade de Boa Vista é estimulado por parte da prefeitura em direção a zona oeste, podendo-se observar na figura 37 acima que dos 47 bairros listados com intervenções de infraestrutura urbana 32 bairros pertencem a referida zona. Dos 571,42

km de asfaltamento na cidade 442,42 km de asfalto foram implantados na zona oeste e dos 104,315 km de calçamento, 88,51 km de calçadas foram construídas na mesma região.

O avanço da área urbana de Boa Vista pode ser visto na figura 38 abaixo.

Figura 38 - Gráfico do uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR a partir da imagem Landsat 8 de 2014 sensor OLI



É relevante ressaltar que o tamanho da área de estudo, associado a resolução espectral das imagens fez que a qualidade da classificação fosse "melhorando". Seguindo o coeficiente Kappa, a classificação da imagem de 1985 teve índice 0,74 considerado muito bom, da imagem do ano de 1995 obteve-se o índice 0,69, também muito bom, da imagem do ano de 2005 o índice foi de 0,75, também considerado muito bom, enquanto que a classificação do ano de 2014 apresentou índice de 0,84, o qual é considerado excelente.

A discrepância entre os dados revelam o grau de acurácia das classificações, sendo que dados de acurácia podem ser encontrados nos apêndices.

Os dados apresentados revelam que houve aumento da classe corpos d'água (9,25%), bem como da classe savana (48,04%), as quais podem estar associadas a indistinção de classes em imagens de qualidade inferior, visto a imagem Landsat 8 sensor OLI apresentar resolução de 15 m, viabiliza a identificação mais acurada dos alvos.

Para os corpos d'água é importante observar sua presença quase que exclusiva nos arredores da cidade e nas proximidades dos limites de expansão da cidade. Isso aponta para a pressão sobre os corpos d'água, repetindo dinâmicas semelhantes ocorridas em anos anteriores na cidade de Boa Vista.

Não só os corpos d'água padecerão caso políticas de planejamento efetivas não seja discutidas e implantadas, pois as savanas que ao longo dos últimos 30 anos apresentaram recrudescimento também terão sua margem de área diminuída.

A partir dos dados anteriormente apresentados percebe-se que houve uma diminuição da classe solo exposto, a qual reduziu para 4,05%, bem como da classe vegetação ciliar/secundária que conta com 21,29% de área para o ano de 2014.

A ocupação sobre áreas próximas ou mesmo dentro das planícies de inundação dos cursos d'água obrigam a retirada de cobertura vegetal, a qual é essencial para manter o equilíbrio hidrológico da bacia hidrográfica. O que se percebe nestes 30 anos é que a cobertura vem oscilando entre diminuição e aumento, podendo estar associado a surgimento de vegetação secundária, bem como sua posterior retirada para implantação de uso diversos, para além da moradia em si.

Os dados analisados de 1985, 1995, 2005 e 2014 mostram um processo dinâmico do uso do solo na cidade de Boa Vista, o qual foi acompanhado de perto pelo poder público municipal, por meio da criação de planos diretores (1991 e 2006) e seguimento de leis como o código florestal brasileiro (1965 e 2012).

No entanto, a não eficácia destes mecanismos legais apontam para iniciativas mais incisivas do poder público junto a população, por meio de políticas públicas que de fato ordem o uso do solo e assim comprometam de forma menos agressiva a cobertura do mesmo, inclusive atenuando impactos negativos relativos a inundações, as quais são recorrentes na cidade e atingem principalmente áreas localizadas em áreas de planície de inundação e nascentes, as quais tiveram seu processo de ocupação estimulados ao longo da história.

A próxima seção discutirá aspectos relativos ao uso e cobertura do solo associados as áreas com potencial a serem atingidas por inundações.

### 4.3 RISCO À INUNDAÇÃO NA CIDADE DE BOA VISTA

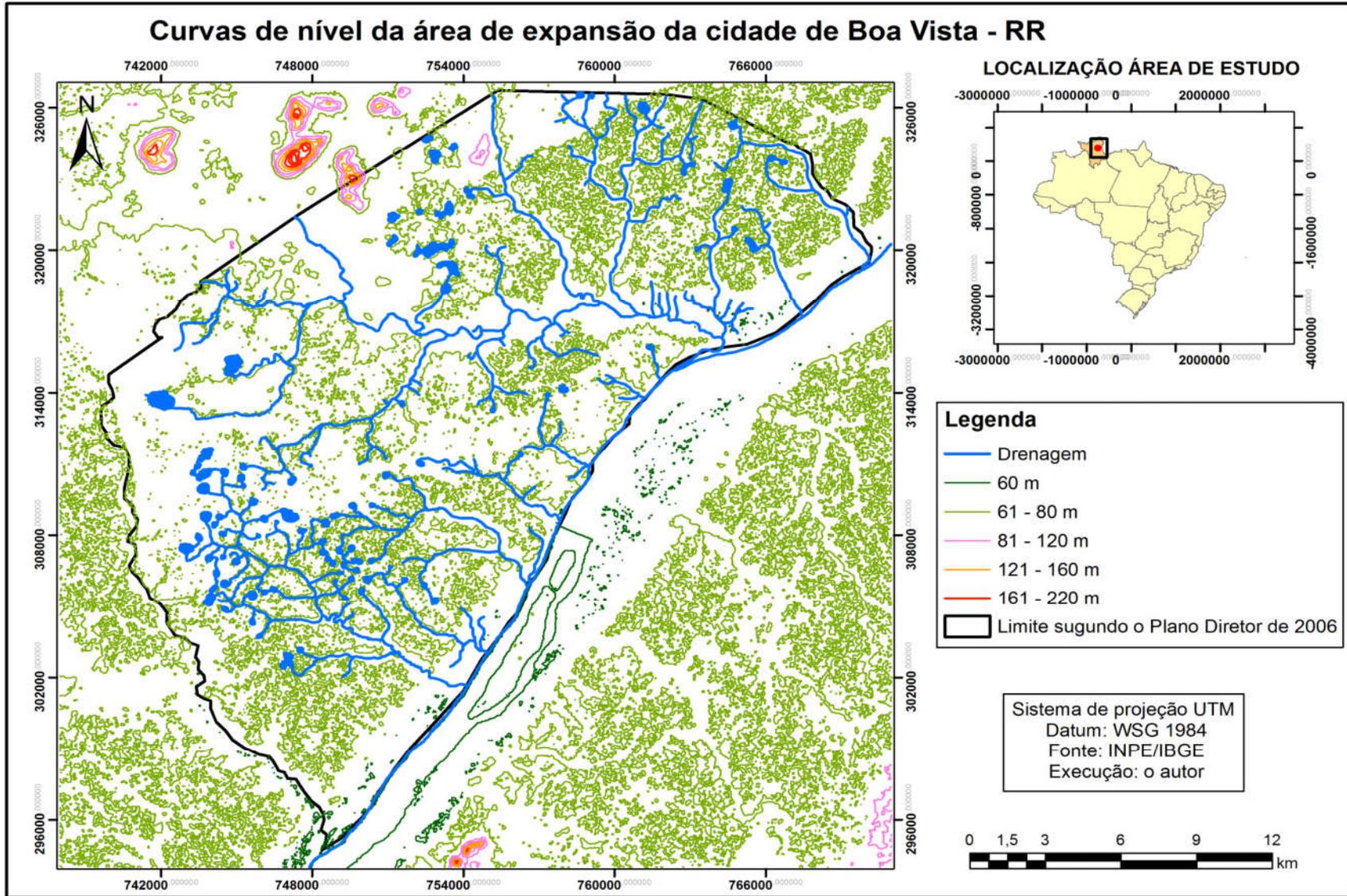
Risco à inundação, risco de deslizamento ou risco de ganhar na loteria trata-se de fenômeno que pode vir a ser, o qual não está materializado, mas que é possível de acontecer.

Para estudos que envolvem a análise de riscos ambientais, como as inundações, trabalha-se igualmente com probabilidades, sendo necessário considerar diferentes variáveis e cruzá-las para que por meio de ponderações possa-se estimar espacialmente quais áreas são mais ou menos propensas a materializarem o risco.

Destaca-se que a cidade de Boa Vista está inserida na unidade morfoestrutural do Pediplano Rio Branco - Rio Negro, a qual segundo Beserra Neta e Tavares Júnior (2008) caracteriza-se como uma extensa superfície de aplanamento (...) com altitudes variando de 80 a 160 metros, bem como Falcão e Costa (2012) os quais enquadraram Boa Vista na Depressão Boa Vista que de acordo com BRASIL (2005), corresponde a um modelado de acumulação (agradiação), distribuindo-se no setor central de Roraima caracterizada por ser uma extensa região plana com altitude média variando entre 80 e 110 metros.

A baixa altitude da área de estudo favorece muito mais fenômenos retentivos e estagnantes das águas ocasionadas pelas cheias das planícies de inundação do que fenômenos de enxurradas e deslizamentos, assim o risco à inundação tem nas baixas altitudes (figura 39) um elemento a ser considerado em sua análise.

Figura 39 – Mapa com as curvas de nível da área de expansão da cidade de Boa Vista – RR, destacando a baixa altimetria da área.



A baixa altimetria, associada a fatores climáticos e hidrológicos faz com que a declividade da área seja reduzida apresentando relevo plano à suave ondulado segundo a classificação da EMBRAPA (1979) como é possível visualizar na figura 40 e 41.

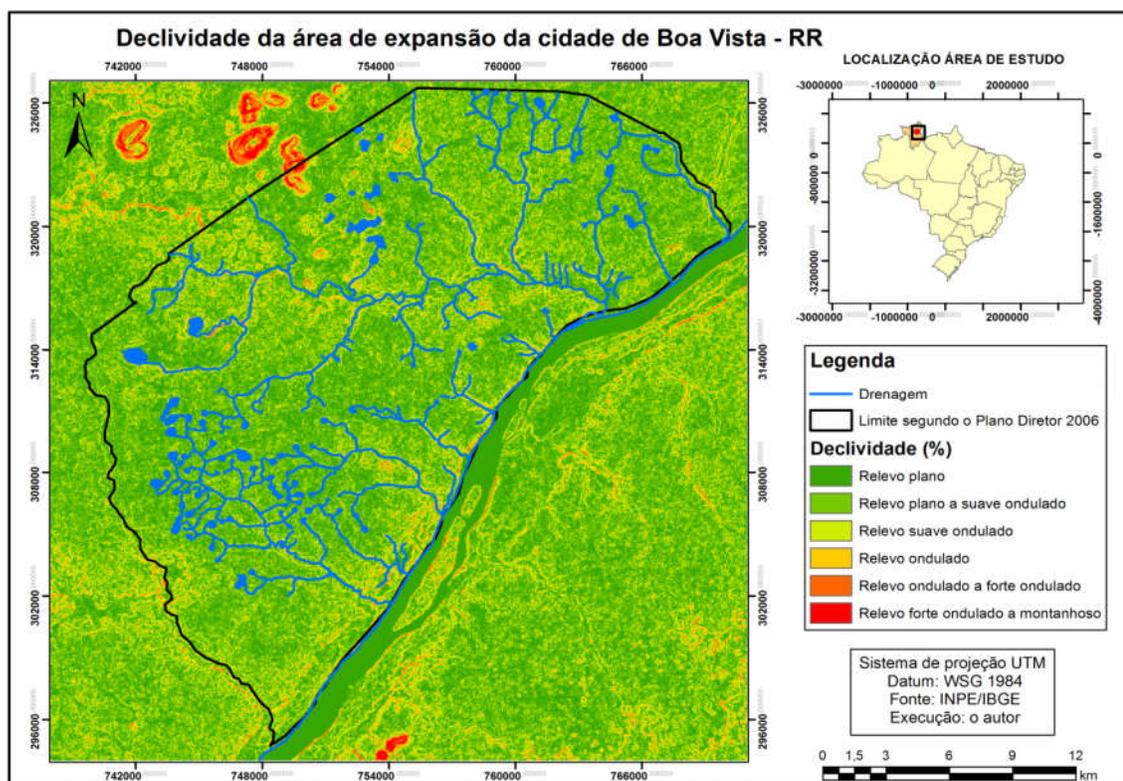
Figura 40 - Quadro da classificação de declividade

Declividade (%)	Discriminação
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suave ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo forte ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo forte montanhoso

Fonte: EMBRAPA (1979).

A utilização dos dados topográficos Suttle Radar Topography Mission ou SRTM permitiram com que fosse possível visualizar a representação da declividade da área em porcentagem na figura 41 a seguir.

Figura 41 – Mapa de declividade da área de expansão da cidade de Boa Vista - RR



Além dos dados planialtimétricos foi considerado também a cheia histórica ocorrida em 2011 na região de Boa Vista - RR, na qual segundo dados de Sander et al. (2012) o Rio Branco registrou cota de 10,28 metros acima do nível normal, atingindo 66,43 metros, inundando 6,16 km<sup>2</sup> de área. A zona central da cidade na qual a cidade de Boa Vista teve seu início, nas margens do Rio Branco, foi totalmente inundada (figura 42).

Figura 42 - Inundação na cidade de Boa Vista no ano de 2011



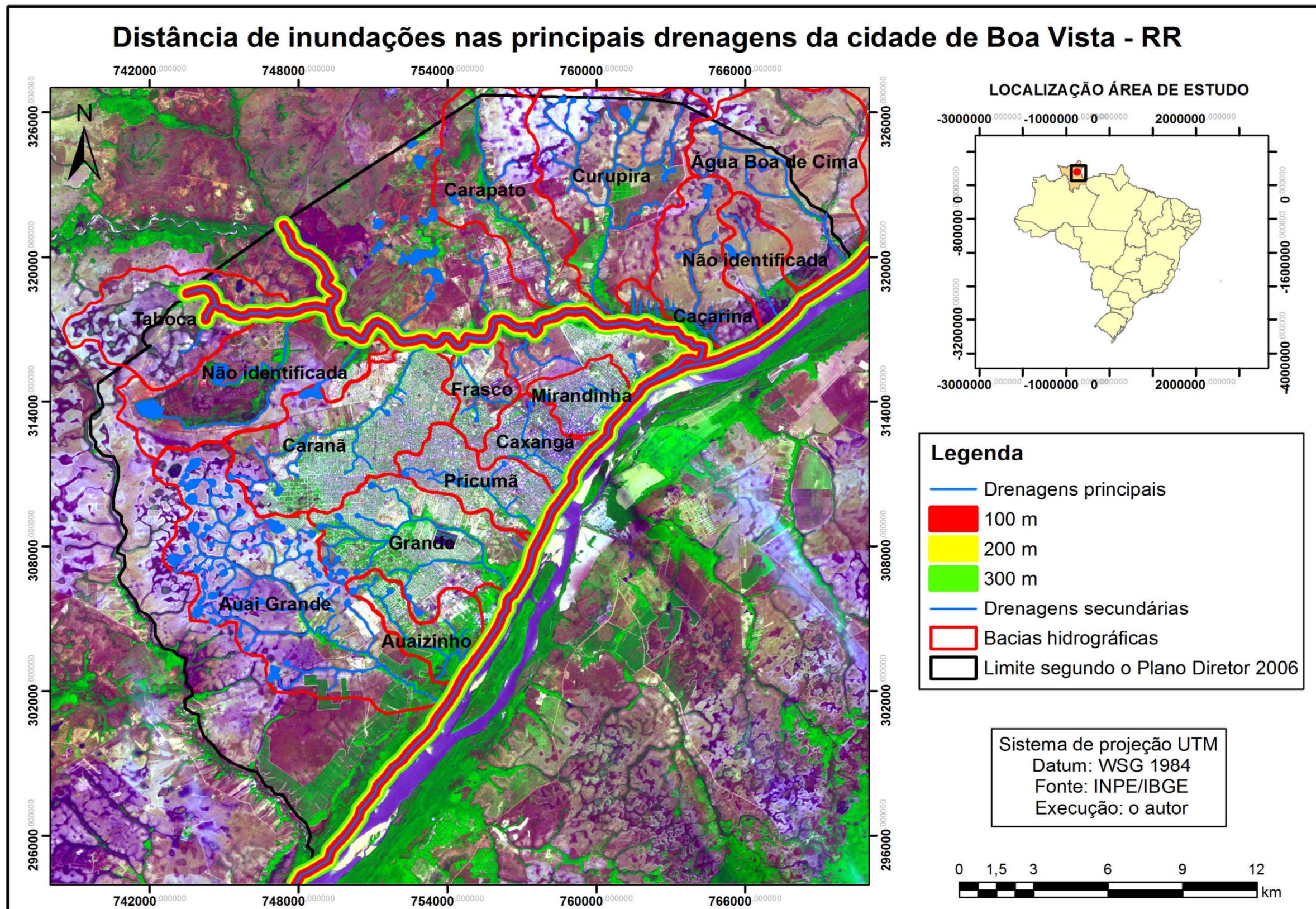
Fonte: Divulgação/Governo Roraima (2011).

Os dados de subida da água no Rio Branco foram obtidos por Sander et al. (2012) por meio da Companhia de Água e Esgoto de Roraima (CAER), a qual faz medições utilizando régua limnimétrica. O quantitativo de dados analisados por estes autores fez um total de 43 anos, nos quais se observou que a média de subida do Rio Branco é de 63,21 metros.

Percebe-se que o Rio Branco subiu 3,22 metros acima de sua média, e fatores como fortes chuvas em suas cabeceiras, cheia de sua foz (Rio Negro) e a região fortemente aplainada de Boa Vista, somaram-se e condicionaram a cidade ao fenômeno de inundação não somente de seu leito menor, mas também de seu leito maior, inclusive extrapolando esta área.

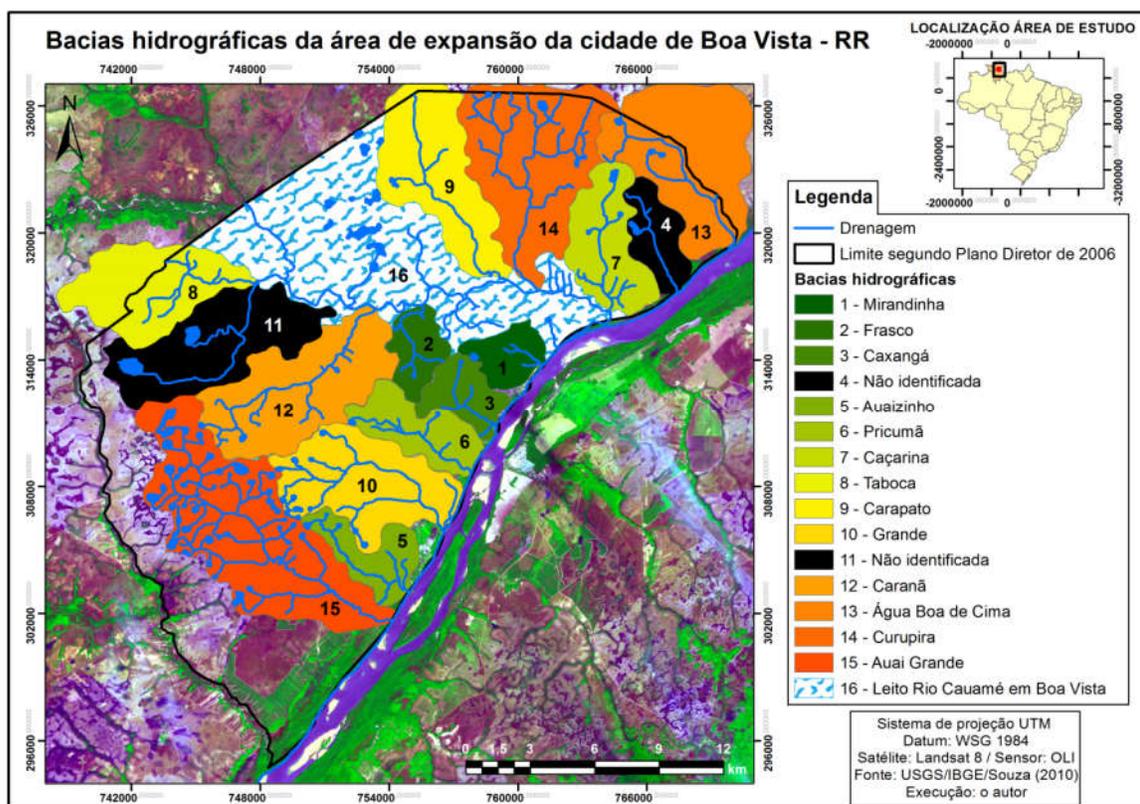
Assim, a partir de suas drenagens principais - Rio Branco e Rio Cauamé - e considerando que a área urbana de Boa Vista, consolidada e em expansão, tem uma média máxima de altimetria de **120 metros** e os valores médios de subida da água girarem em torno de um pouco mais de 7 metros considera-se que valores associados ao risco à inundação foram de 100 metros para área com alto risco de inundação, 200 metros para áreas com médio risco à inundação e 300 metros para área com baixo risco à inundação. O mapa da figura 43 mostra o estabelecimento destas distâncias.

Figura 43 - Distâncias de inundações nos Rios Branco e Cauamé na área de expansão da cidade de Boa Vista - RR



Às variáveis anteriormente citadas somam-se as bacias hidrográficas presentes na cidade de Boa Vista, as quais totalizam 15 bacias ou drenagens secundárias mais o leito do Rio Cauamé localizados na cidade de Boa Vista (figura 44). O uso e cobertura do solo (dados apresentados na seção anterior) também foram considerados, visto que não há risco se não há presença humana.

Figura 44 - Mapa de localização das bacias hidrográficas da área urbana consolidada e em expansão de Boa Vista - RR



Assim, foram quatro as variáveis selecionadas, a lembrar, (i) declividade, (ii) distância de inundação em relação as drenagens principais, (iii) bacias hidrográficas das drenagens secundárias e (iv) uso e cobertura do solo.

Utilizando a ferramenta de tomada de decisão presente no Software Spring 5.3 chamada de Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico ou LEGAL, pesos foram atribuídos a cada uma das variáveis citadas, as quais no banco de dados deste software são chamadas de Plano de Informação (PI).

O PI de uso e cobertura do solo foi denominado "uso", sendo utilizadas as variáveis formadoras desta variável, ou seja, corpos d'água, área urbana, vegetação ciliar/secundária e savana. Após escrita na LEGAL obteve-se a seguinte forma

```
{
Tematico xuso ("CAT_Tematico");
Tabela tabpeso (Ponderacao);
Numerico usoMNT ("CAT_USO");

xuso= Recupere(Nome="uso2");

tabpeso= Novo (CategoriaIni = "CAT_Tematico", "hidrico":0.35, "urbana":0.3, "savana":0.2,
"cililar":0.15);

usoMNT= Novo(Nome="usopond", ResX=30, ResY=30, Escala=60000);

usoMNT= Pondere(xuso,tabpeso);
}
```

Assim, foram atribuídos os pesos 35% para corpos d'água (hidrico), 30% para área urbana (urbana), 20% para savana (savana) e 15% para vegetação ciliar/secundária (cililar). Às classes "hidrico" e "urbana" foram atribuídos os maiores pesos devido se considerar que são elementos mais significativos para a análise dos riscos à inundação no PI "uso".

O PI declividade foi chamado de "declive1", sendo que os percentuais para distribuição dos pesos, os quais classificam as declividades em relevo plano (rp), relevo suave ondulado (rso), relevo ondulado (ro), relevo forte ondulado (rfo), relevo montanhoso (rm), relevo forte montanhoso (rfm) foram, respectivamente, 45%, 35%, 10%, 5%, 2,5% e 2,5% e são representados na LEGAL abaixo:

```

{
Tematico declive1 ("CAT_Tematico");
Tabela tabpeso (Ponderacao);
Numerico decliveMNT ("CAT_MNT");

declive1= Recuperere(Nome="declive1");

tabpeso= Novo (CategoriaIni = "CAT_Tematico", "rp":0.45, "rso":0.35, "ro":0.1, "rfo":0.05,
"rm":0.025, "rfm":0.025);

decliveMNT= Novo(Nome="declivepond", ResX=30, ResY=30, Escala=60000);

decliveMNT= Pondere (declive1, tabpeso);

}

```

Quatro foram as distâncias atribuídas as inundações que circunscrevem as margens dos Rios Cauamé e Branco, sendo 100 metros (proxima), 200 metros (intermedio), 300 metros (distante) e de 400 até 10 mil metros (afastado). Este último valor foi atribuído para que houvesse preenchimento total do MNT que representa este PI, sendo-lhe dado peso zero na análise multivariada.

À variável "proxima" foi dado o peso de 50%, a "intermedio" 40%, a "distante" 10 % e como já mencionado, a variável "afastado" teve peso 0.0%. Estes pesos foram dados tendo em vista conhecimento de campo e baseado-se no trabalho de Sander et al. (2012). Assim a seguinte linguagem foi escrita para o PI declividade:

```

{
Tematico distal ("Distancia");
Tabela tabpeso (Ponderacao);
Numerico distalMNT ("CAT_DST");

distal= Recuperere(Nome="distalP");

tabpeso= Novo (CategoriaIni = "Distancia", "proxima":0.5, "intermedio":0.4, "distante":0.1,
"afastado":0.0);

distalMNT= Novo(Nome="distalpond", ResX=30, ResY=30, Escala=60000);

distalMNT= Pondere (distal, tabpeso);

}

```

Para o PI bacias hidrográficas foram consideradas as 15 bacias mais o leito do Rio Cauamé presentes na cidade de Boa Vista. Os pesos atribuídos as bacias hidrográficas levou em conta o quantitativo populacional estimado em cada bacia.

Visto a cidade de Boa Vista, em seu espaço urbano possuir atualmente cerca de 290 mil habitantes, contata-se que 31% estão situados na bacia do Caraná, 22% na bacia do Grande, 16% na bacia do Pricumã, 12% na bacia do Caxangá, 10% na bacia do Frasco e 7% na bacia do Mirandinha. As porcentagens descritas correspondem aos pesos da LEGAL.

Às demais bacias incluindo o leito do Rio Cauamé foi dado o peso zero, devido ainda apresentarem incipiente ocupação. Logo a representação algébrica foi a seguinte:

```
{
Tematico xbacia ("CAT_Tematico");
Tabela tabpeso (Ponderacao);
Numerico usoMNT ("CAT_Bacia");

xbacia= Recuper(Nome="bacias2");

tabpeso= Novo (Categorialni = "CAT_Tematico",
"Carana":0.31,
"Grande":0.22,
"Pricuma":0.16,
"Caxanga":0.12,
"Frasco":0.10,
"Mirandinha":0.07,
"A":0.0,
"B":0.0,
"C":0.0,
"D":0.0,
"E":0.0,
"F":0.0,
"G":0.0,
"H":0.0,
"I":0.0,
"J":0.0);

usoMNT= Novo(Nome="baciapond", ResX=30, ResY=30, Escala=60000);

usoMNT= Pondere(xbacia,tabpeso);
}
```

Após a inserção dos PIs em formato de linguagem algébrica e geração de seus respectivos Modelos Numéricos de Terreno (MNTs), torna-se possível a utilização da ferramenta de suporte à decisão Analytic Hierarchy Process (AHP), sendo necessário

estabelecer uma relação lógica entre os PIs elencados. A representação desta relação é mostrada na figura 45.

Figura 45 - Ferramenta de suporte à decisão Analytic Hierarchy Process (AHP)

Critério	Peso	Critério
CAT_DST	4	Moderadamente Melhor
CAT_MNT	2	Um Pouco Melhor
CAT_USO	9	Absolutamente Melhor
CAT_DST	3	Algo Melhor
CAT_USO	7	Muito Melhor
CAT_USO	8	Críticamente Melhor
		Igual

Razão de Consistência 0.064

Foram atribuídas intensidades entre os quatro PIs para assim determinar suas importâncias. A relação distância das drenagens principais - bacia hidrográfica apresentou intensidade de importância 4, sendo este um valor intermediário entre os julgamentos, abrindo possibilidade de interação com quaisquer outros elementos. A mesma análise é feita para a relação declividade - bacia hidrográfica com importância 2 e uso e cobertura do solo - declividade com importância 8.

Já a relação distância das drenagens principais - declividade com intensidade de importância 3 é definida como importância moderada, pois um fator é ligeiramente mais importante que o outro. Na relação uso e cobertura do solo - distância das drenagens principais a intensidade de importância foi de 7, denotando importância demonstrada, ou seja, um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática.

Quanto a relação uso e cobertura do solo - bacias hidrográficas a intensidade de importância foi 9, sendo de importância extrema, uma vez que, a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.

As relações uso e cobertura do solo - distância das drenagens principais e uso e cobertura do solo - bacias hidrográficas foram claramente identificadas na última grande cheia do Rio Branco em 2011. Grande parte da cidade foi afetada e notadamente as áreas próximas aos Rios Cauamé e Branco foram as mais afetadas como é possível visualizar nas figuras 46 e 47.

Figura 46 - Centro: banhado pelos Rios Branco e Cauamé



Fonte: Defesa Civil do estado de Roraima, Corpo de Bombeiros de Roraima e Governo de Roraima (2011).

Figura 47 - Bairro São Pedro zona leste: banhado pelos Rios Branco e Cauamé



Fonte: Defesa Civil do estado de Roraima, Corpo de Bombeiros de Roraima e Governo de Roraima (2011).

Após estabelecidas as relação no AHP foi obtido a Razão de Consistência (RC) 0.064. A RC estabelece a lógica entre a intensidade de importância dada aos elementos relacionados e segundo Saaty (2000) a condição de consistência dos julgamentos deve ser  $RC \leq 0,10$  para que haja congruência na análise.

A identificação das áreas de risco à inundação na cidade de Boa Vista foi feita a partir do cruzamento das relações expostas com as médias ponderadas totais dos PIs de declividade, distância das drenagens principais, uso e cobertura do solo e bacias hidrográficas. A LEGAL para obtenção do risco à inundação é o seguinte:

```
{
// Pesos a ser aplicados
// CAT_Bacia = 0.047
// CAT_DST = 0.158
// CAT_MNT = 0.073
// CAT_USO = 0.722

// Razao de consistência
// CR = 0.064

// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>

// Definicao dos dados de entrada

Numerico var1 ("CAT_Bacia");
Numerico var2 ("CAT_DST");
Numerico var3 ("CAT_MNT");
Numerico var4 ("CAT_USO");

// Definicao do dado de saida

Numerico var5 ("CAT_MNT");

// Recuperacao dos dados de entrada

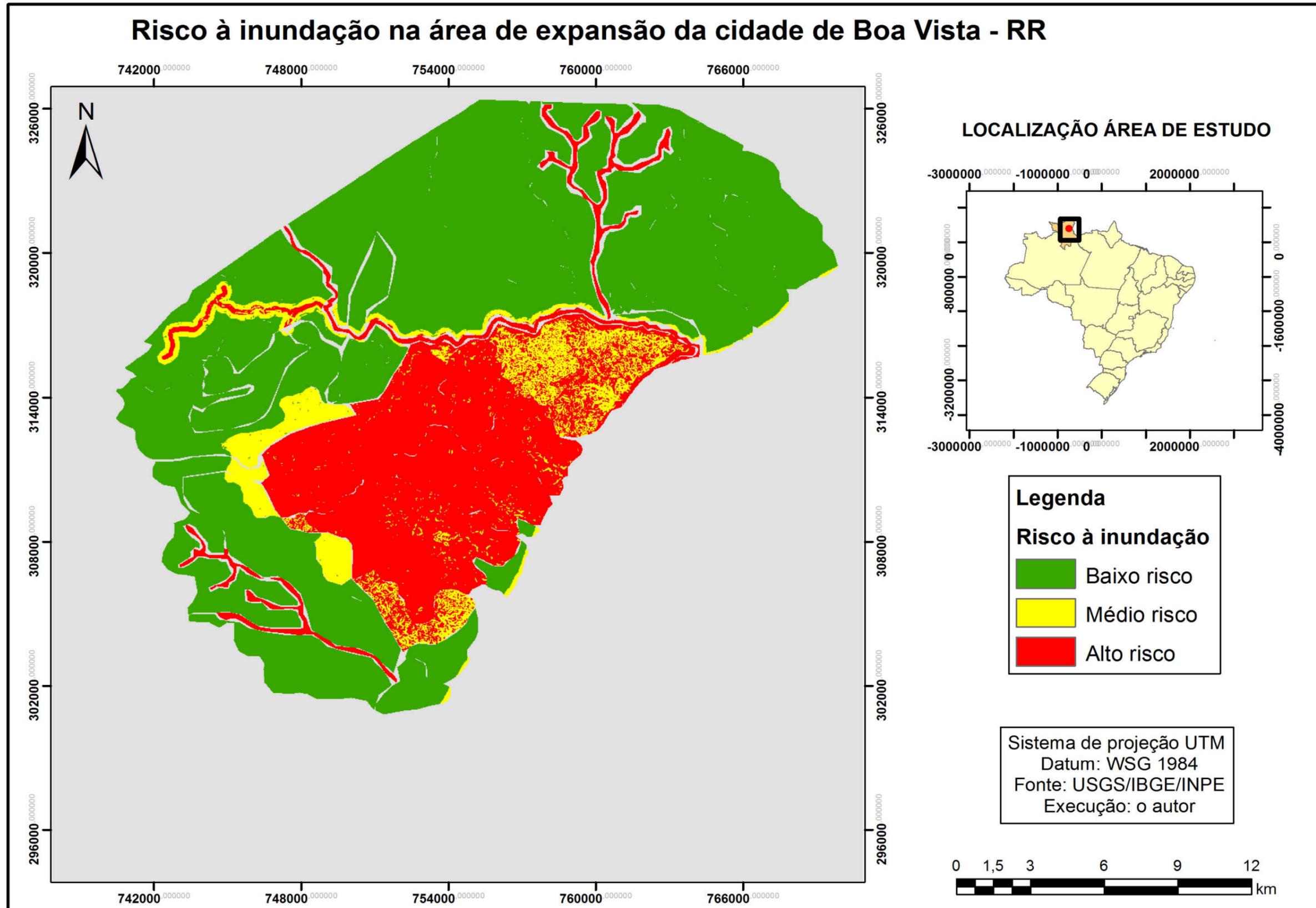
var1 = Recupere (Nome="baciapond");
var2 = Recupere (Nome="distalpond");
var3 = Recupere (Nome="declivepond");
var4 = Recupere (Nome="usopond");

// Criacao do dado de saida

var5 = Novo (Nome="riscopond", ResX=30, ResY=30, Escala=60000,
Min=0, Max=1);
```

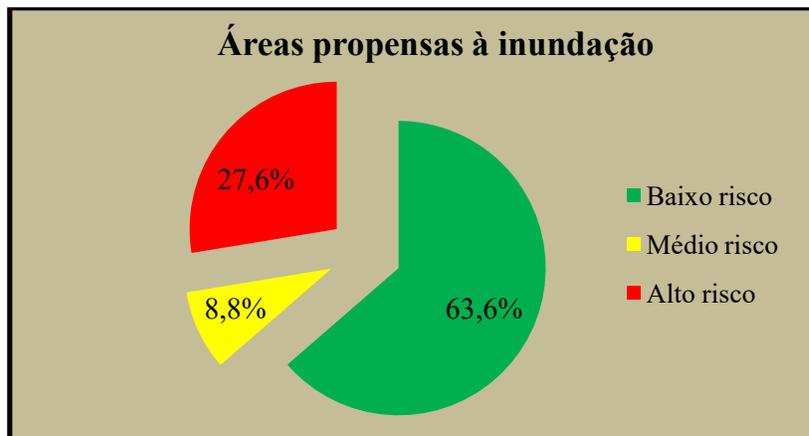


Figura 49 - Mapa de risco à inundação da área de expansão da cidade de Boa Vista - RR



A identificação das áreas de risco à inundação mostra que 257,17 km<sup>2</sup> estão sob baixo risco, 35,44 km<sup>2</sup> estão sob médio risco e 111,42 km<sup>2</sup> estão propensos a alto risco à inundação. A porcentagem de áreas é representada na figura 50.

Figura 50 - Gráfico do total de áreas propensas à inundação



O baixo risco à inundação concentra-se em áreas de savana, as quais na cidade de Boa Vista são esparsamente ocupadas, trazendo assim baixos impactos socioeconômicos (perdas materiais, desalojamentos, mortes). Já as áreas com médio risco à inundação estão próximas as drenagens principais da cidade de Boa Vista, bem como da área urbana, denotando que cuidados devem ser tomados no concernente ao uso e ocupação destas áreas.

Quanto às áreas com alto risco à inundação, estas correspondem a 27,6% da área total da cidade de Boa Vista, com o agravante que quase sua totalidade está na área urbana, ou seja, a área mais densamente ocupada da cidade. Fatores como retirada da cobertura vegetal, impermeabilização do solo, retificação de canais, ocupação desordenada entre outros, contribuem para agravar este quadro.

Eventos como o ocorrido em 2011 são passíveis de ocorrerem novamente e atingirem a área com maior severidade, pois percebe-se que a zona oeste ainda passa por adensamentos populacionais, sendo a área de expansão por excelência de Boa Vista.

A zona oeste ainda detém grande quantidade de nascentes afloradas, boa parte pertencente à bacia hidrográfica Auai Grande. Esta bacia hidrográfica é semelhante topograficamente a bacia hidrográfica do Grande e percebe-se que o processo de uso e ocupação ocorrido entre os anos de 1995 a 2005 na bacia do Grande tem grande possibilidade de se repetir na bacia do Auai Grande, com supressão da savana, vegetação ciliar e das áreas

de nascentes, posto que o uso e ocupação já se percebe e avança em direção a bacia hidrográfica Auaizinho.

O adensamento populacional, juntamente com os demais fatores elencados, faz com que a zona oeste seja uma área de alto risco, visto muitas famílias habitarem áreas propícias a inundações. Faz-se importante mencionar que não somente a zona oeste, mas também a zonas norte e leste, na margem direita do Rio Cauamé em seu trecho urbano possui áreas com médio e alto risco à inundação, sendo necessário que os usos, voltados eminentemente para a que as ocupações sejam melhor controlados pelo poder público municipal por meio de mecanismos reguladores como o plano diretor urbano, para que cenas como das figuras 51 e 52 sejam minimizadas.

Figura 51 - Bairro Paraviana zona norte: banhado pelos Rios Branco e Cauamé



Fonte: Defesa Civil do estado de Roraima, Corpo de Bombeiros de Roraima e Governo de Roraima (2011).

Figura 52 - Bairro Cauamé zona norte: banhado pelos Rios Branco e Cauamé



Fonte: Defesa Civil do estado de Roraima, Corpo de Bombeiros de Roraima e Governo de Roraima (2011).

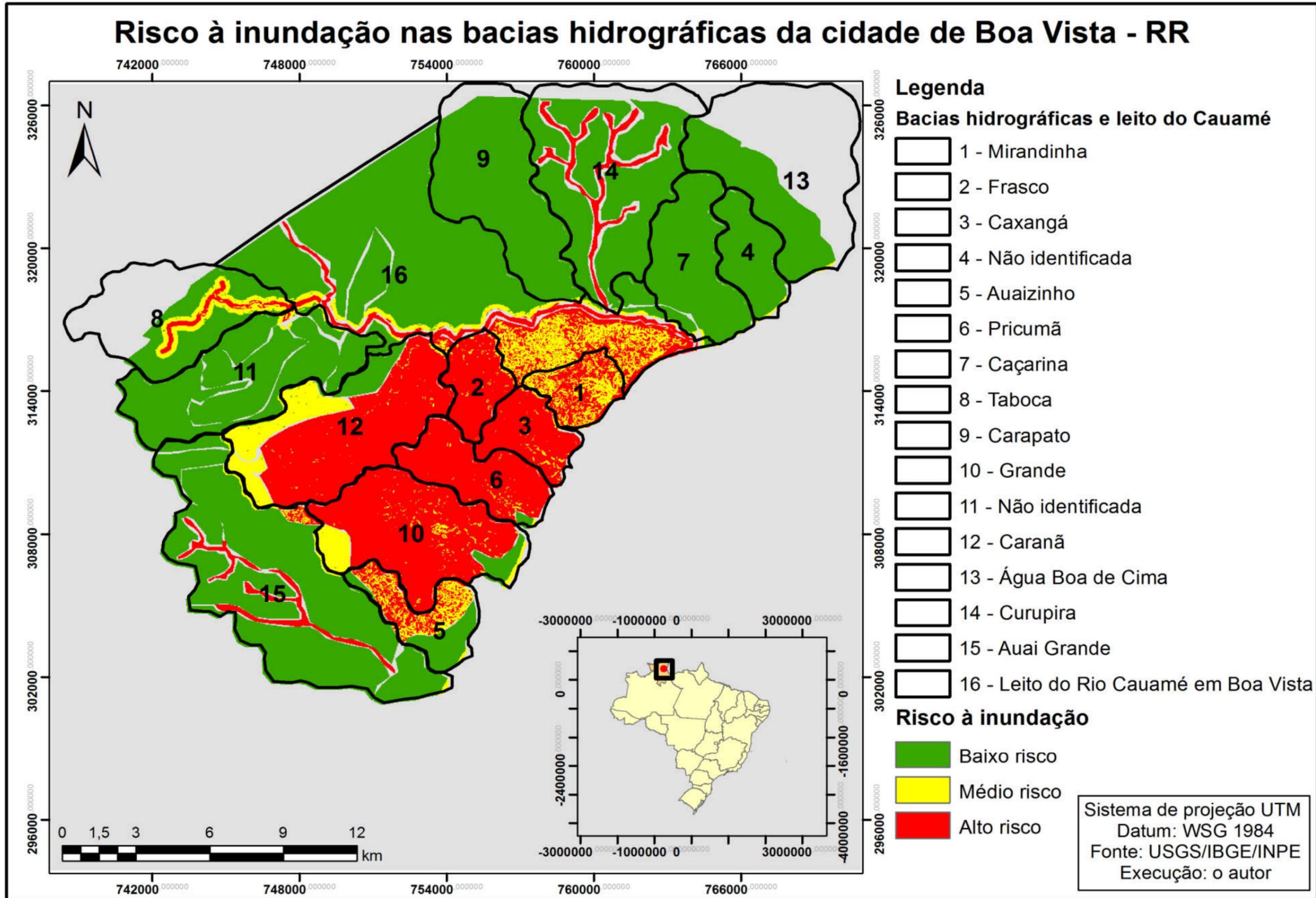
A identificação das áreas de risco à inundação permitiu com que as bacias hidrográficas pertencentes a cidade de Boa Vista fossem enquadradas nesta análise, possibilitando a visualização de quais bacias estão em áreas de alto, médio e baixo risco.

Foi possível constatar que as bacias hidrográficas Mirandinha e Auaizinho contemplam áreas de médio e alto risco de forma intrincada. As bacias hidrográficas Grande e Cauamé, as duas maiores da cidade, quase em sua totalidade apresentam áreas de alto risco à inundação, com pequenos trechos de baixo e médio risco.

Situação diferente encontra-se as bacias hidrográficas Caxangá, Frasco e Pricumã, as quais apresentam alto risco à inundação, expondo cerca de 112.447 pessoas (38% da população citadina) ao fenômeno de subida e retenção das águas no espaço urbano.

As demais bacias hidrográficas apresentam alto risco as proximidades de seus leitos fluviais e baixo risco à inundação se considerado o fator uso e ocupação do solo, fator primordial para a caracterização de áreas de risco. A representação desta análise segue abaixo (figura 53).

Figura 53 - Mapa de enquadramento das bacias hidrográficas de Boa Vista-RR nas áreas de risco à inundação



### 4.3.1 Políticas públicas e planejamento ambiental

Por vezes o que leva a ocupação de áreas de risco é seu baixo custo de obtenção e manutenção, viabilizando a ocupação, mas potencializando a ocorrência de desastres naturais. Assim percebe-se que há uma forte relação entre aspectos sociais e naturais que não pode ser negligenciada no processo de planejamento e gestão do espaço urbano.

Clima, relevo, hidrografia, solo e vegetação devem ser analisados conjuntamente para se planejar e gerir o uso do solo e a ocupação urbana, o qual também é composto por dinâmicas sociais que são constantemente mutáveis no tempo e acabam por simplesmente conformar os aspectos físicos sem entender de fato que suas dinâmicas naturais não cessam, mas também se transformam no tempo e no espaço.

Neste sentido a relação entre crescimento populacional e recurso natural (espaço) vai além de uma leitura malthusiana na qual o aumento populacional é tido como obstáculo negativo ao desenvolvimento econômico, tendo na miséria e na pobreza a transfiguração dos meios necessários a manutenção do equilíbrio entre crescimento populacional e produção dos meios para subsistência. Logo, coaduna-se com a leitura marxiana, a qual trata a sobrepopulação (aumento demográfico) como resultando das desigualdades impostas pelo modo de produção capitalista.

Para tanto, cabe a sociedade como um todo tomar conhecimento dos inúmeros processos aos quais ela esta submetida pela natureza, bem como quais processos a mesma sociedade acaba por desencadear sobre a natureza e por ventura, termina por recebê-los, devido a natureza sempre buscar seu “reequilíbrio perdido”<sup>12</sup>.

Na cidade de Boa Vista não é diferente, pois os processos de uso do solo e ocupação urbana proporcionaram novas dinâmicas espaciais, as quais por conta de um planejamento inadequado, promoveram a gênese ou intensificação de processos naturais sobre a sociedade, fala-se das inundações urbanas em Boa Vista.

A gestão desta problemática não se dá de forma unilateral por parte do poder público, sendo necessária a participação de toda a sociedade, incluindo aí pesquisadores das mais diferentes áreas do conhecimento, capazes não só de lidar com as problemáticas, mas dialogar com a população sobre origens e formas de se lidar com tais problemáticas, seguindo neste sentido os caminhos de Morin (2010), o qual afirmou que o pesquisador tem responsabilidade

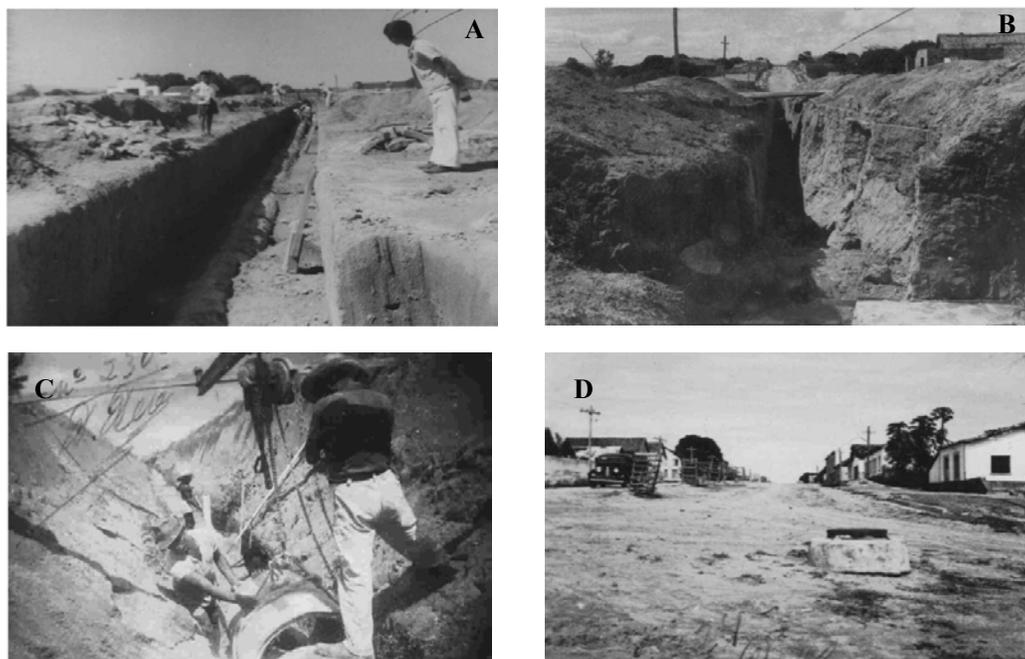
---

<sup>12</sup> Situação de relativa estabilidade entre fauna, flora, relevo, hidrografia etc., ou seja, os elementos físicos que compõem a natureza e as relações sociais que se processam espacialmente em razão do uso do solo e da ocupação urbana.

perante a sociedade e o homem, caso contrário este estaria escamoteando a realidade e impedindo com que a ciência avance com ética.

No entanto, tal responsabilidade não pode ser unicamente atribuída a pesquisadores, mas, deve-se cobrar alternativas do poder público, agente mediador das transformações que se processam sobre o espaço. Desde seu processo inicial de ocupação urbana a cidade de Boa Vista é um interessante espaço a se pensar, pois a partir de seu planejamento primeiro, no qual teve nas ruas concêntricas seu início, as transformações infraestruturais na cidade começaram a ocorrer por meio de engenharia (figura 54).

Figura 54 - Transformações estruturais da cidade de Boa Vista ocorridas durante 1940. A-C) galerias de águas pluviais: A) Rua Benjamin Constant, B) Rua Jaime Brasil e C) Rua 5 de setembro; D) tampão de caixa de areia, Rua Jaime Brasil.



Fontes: Acervo de Darcy Romero Derenusson apud Veras (2009).

As obras empreendidas na cidade de Boa Vista na década de 1940 tiveram como principal foco combater doenças de veiculação hídrica. Com isso as condições de infraestrutura vão apresentar significativa melhora para áreas que outrora não podiam ser ocupadas, refletindo no processo posterior de ocupação da cidade.

Intervenções sobre o espaço são fruto de esforço intelectual para proporcionar melhores condições de vida para a sociedade, todavia, coadunando com Russel (1969) a ciência aumenta o nosso poder sobre o bem e sobre o mal, havendo, portanto, a necessidade

de refrear os impulsos destrutivos, ou seja, repensar ações que a curto, médio e longo prazos possam ser revertidas negativamente sobre a sociedade.

Gonçalves (2008) diz que dominar a natureza é dominar a inconstância, o imprevisível; é dominar o instinto, as pulsões, as paixões, o que incorre no pensamento de que a natureza esta sujeita a sociedade. Para tanto, a visão tradicional da natureza-objeto versus homem-sujeito parece ignorar que a palavra sujeito comporta mais de um significado: ser sujeito quase sempre é ser ativo, ser dono do seu destino, mas o termo indica também que podemos ser ou estar sujeitos – submetidos – a determinadas circunstâncias e, nesta acepção, a palavra tem conotação negativa.

Sendo assim é importante pensar que as transformações físico-espaciais do passado representam o pensamento político da época, no entanto, estas refletem no presente consequências que tem impacto negativo sobre a sociedade, logo devem ser tomadas em conta para se repensar ações no presente para que não reflitam consequências negativas futuras.

Ações passadas na cidade de Boa Vista acabaram por sanar problemas de ordem sanitária e hídrica, no entanto, o que se percebe é que fenômenos como as inundações acabaram por se deslocar espacialmente na cidade (figuras 55) e afetar outras áreas, incorrendo em uma (des) construção de áreas de risco à inundação.

Torna-se importante pensar ações que vão além de intervenções pontuais para sanar problemáticas relacionadas à inundação, mas tornar ações de intervenção atividades preventivas de eventos danosos e assim minimizar os impactos negativos de fenômenos naturais recorrentes espacialmente.

Figura 55 - Transbordamento e alagamento na cidade de Boa Vista. A) lixo e árvores trazidos por transbordamento de canal e B) alagamento no bairro Buritis, na zona oeste de Boa Vista



Fontes: Vanessa Lima/G1 RR.

A origem do termo desconstrução se dá de forma composta, pois primeiro são construídos espaços que visam assegurar a segurança e o bem-estar da população citadina, mas com isso são destruídas formas preexistentes, as quais encontravam-se em equilíbrio com a natureza não causando danos que se refletissem sobre a sociedade.

Assim, (des) construção de áreas de risco assume um papel fundamental no processo de planejamento, pois sua adoção visa considerar equilíbrios naturais para que não sejam gerados impactos negativos significativos sobre a sociedade, tais como inundações e alagamentos em áreas da cidade onde antes não se verificavam sua incidência.

Com isso, deve-se ter clareza que ações processadas no espaço têm consequências para além do tempo presente, bem como de que pensar sistematicamente problemáticas urbano-ambientais incorre em envolver os diferentes agentes sociais e suas ações espaciais, pois apropriações espaciais inadequadas podem transformar recursos em riscos, como é o caso das bacias hidrográficas, as quais se pensadas de forma pontual podem deslocar as inundações, bem como potencializar seus efeitos.

O caso da cidade de Boa Vista, principalmente de sua área densamente ocupada vai ao encontro desta discussão, pois as obras ocorridas no presente seguem o modelo das obras postas em execução no passado, com os moldes da drenagem concretada, impermeabilização e retirada da cobertura vegetal (figura 56).

Figura 56 - (A) confluência dos igarapés Tiririca (esquerda) e Jararaca (direita) para formar o igarapé Caxangá, com ênfase para o concretamento e retirada da cobertura vegetal e (B) Trecho do igarapé Mirandinha próximo a desembocadura na Av. Ville Roy.



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAesb8AG/estudo-das-condicoesambientais-dos-igarapes-boa-vista-rr>.

O modelo ainda adotado vem se mostrando ineficiente para sanar ou mesmo mitigar os efeitos das inundações na cidade, sendo necessário ir além das intervenções infraestruturais,

mas também trabalhar com as pessoas para minimizar os impactos humanos negativos (figuras 57 e 58).

Figura 57 - Bairro Calungá - Zona Sul: banhado pelos Rios Branco e Cauamé



Fonte: Defesa Civil do estado de Roraima, Corpo de Bombeiros de Roraima e Governo de Roraima (2011).

Figura 58 - Bairro Caetano Filho - Centro: banhado pelos Rios Branco e Cauamé



Fonte: Defesa Civil do estado de Roraima, Corpo de Bombeiros de Roraima e Governo de Roraima (2011).

Ações não estruturais como a Educação Ambiental são importantes para criar alternativas na maneira de se lidar com o risco à inundação, pois trata-se de paulatinamente

inserir no cotidiano da população as dinâmicas naturais que as cercam e assim torná-las capazes de contornar situações limite, como as apresentadas das figuras 56 e 57.

Para tanto, uma gestão espacial do risco à inundação deve envolver os agentes produtores do espaço, sociedade (em seus distintos segmentos) e poder público (municipal, estadual e federal) no desenvolvimento de um planejamento espacial integrado.

Os dados apresentados mostraram que o uso e cobertura do solo são uma importante variável a ser considerada para o planejamento urbano, pois englobam o processo de adensamento urbano aos elementos naturais presentes no espaço (vegetação, solo, hidrografia).

Todavia, devido aos fenômenos de inundação ocorrentes na cidade de Boa Vista, percebe-se que não há uma consideração de variáveis físicas e humanas associadas para se planejar o espaço urbano de forma a minimizar a ocupação e o uso de área potencialmente sensíveis a serem impactadas negativamente por inundações, com perdas materiais e até humanas.

Análises multitemporais ajudam a compreender o "rumo" do processo de uso no espaço, indicando quais recursos estão sendo mais degradados e quais estão diminuindo. Este elemento possibilita criar a curto e médio prazo medidas contentivas de avanço sobre espaços vulneráveis ambientalmente com o intuito de minimizar impactos negativos sobre a sociedade.

A prevenção é o elemento fundamental para lidar com o risco à inundação e de posse de dados que mostrem quais áreas são mais susceptíveis ao risco à inundação torna-se possível atuar de forma contundente da apresentação de medidas mitigadoras e reparatórias sobre a população atingida, bem como trabalhar a médio e longo prazo em espaços formais (escolas) e não formais (associação de moradores, igrejas etc) de ensino a sensibilização no tocante a uso do solo.

O planejamento ambiental eficiente deve considerar que políticas públicas devem ter a sociedade como atuante no processo de gestão, ou seja, membro atuante em processos de diagnóstico, planejamento e manejo espacial, sempre tendo em conta que a sociedade se apropria da natureza e ao fazer isso a modifica de forma positiva para seu melhor habitar, bem como de forma negativa, ao gerar e/ou potencializar áreas de risco, como à inundação.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O recorte espaço-temporal cidade de Boa Vista no estado de Roraima entre os anos de 1985 e 2014 mostrou dinâmicas intensas, associadas ao uso e cobertura do solo, os quais contemplam variáveis humanas (ocupação) e físicas (declividade, drenagem etc).

Procedimentos envolvendo o uso de geotecnologias foram fundamentais para a análise e espacialização das informações obtidas por meio de fontes primárias e secundárias. O sensoriamento remoto permitiu com que o uso e cobertura do solo fosse compartimentado, bem como chegar a conclusão que a área urbana de Boa Vista cresceu 7,58%, significando em números absolutos que houve uma passagem de cerca de 60 mil habitantes de 1985 para cerca de 290 mil em 2014.

Esta concentração populacional vem ocorrendo nos últimos 10 anos principalmente para a Zona Oeste de Boa Vista, ocasionando a supressão de vegetação ciliar, dos cursos d'água bem como da savana da região. É importante mencionar que grande parte das áreas ocupadas eram nascentes e que esta ocupação foi estimulada por parte do governo estadual e municipal por meio de programas habitacionais.

As bacias hidrográficas mais densamente ocupadas são as bacias Mirandinha, Frasco, Caxangá, Pricumã, Caranã, Grande. Estas bacias concentram cerca de 290 mil pessoas, ou seja, a população urbana do município de Boa Vista e a preocupação recai sobre o fato de que estas áreas estão sob risco relacionados à inundação.

Historicamente a cidade de Boa Vista é atingida por fortes cheias do Rio Branco relacionadas a fatores como altas pluviosidades nas cabeceiras do Rio Branco, baixa declividade da região onde a cidade está localizada, lençóis freáticos aflorantes e rede de drenagem abundante.

Os fatores mencionados associados ao processo de uso e ocupação humana não acompanhada pelo poder público (municipal e estadual), pode desencadear desastres, com perdas e danos materiais e humanos.

O uso de geotecnologia se mostrou eficaz para entender como os fatores mencionados se inter-relacionam, ou seja, como as variáveis físicas expõem a sociedade a riscos. As variáveis elencadas para análise foram (i) uso e cobertura do solo, (ii) drenagens principais na cidade de Boa Vista, (iii) bacias hidrográficas e (iv) declividade.

Para cada variável foram atribuídos pesos e gerados Modelos Numéricos de Terreno (MNTs), os quais permitiram gerar uma matriz de análise que identificou o risco à inundação. A ferramenta de suporte à decisão que utiliza linguagem aritmética conhecida como LEGAL

pertencente ao software SPRING 5.3 foi fundamental para a atribuição de pesos as variáveis, possibilitando elencar a importância de cada uma.

Após a atribuição dos pesos constatou-se que 63,6% da área total da cidade de Boa Vista (limite segundo o Plano Diretor de 2006) está sob baixo risco de inundação, 8,8% encontra-se em médio risco à inundação e 27,6% está sob alto risco à inundação, concentrados especificamente nas bacias hidrográficas Caxangá, Frasco e Pricumã.

Percebe-se que as ferramentas utilizadas para o uso do espaço relacionados ao controle das inundações está restrito, concentrando esforços no concretamento dos talwegues e leitos dos canais de drenagem, impermeabilização das margens e retirada da mata ciliar.

Em primeiro plano a impermeabilização por pavimentos pode ser a alternativa mais viável, pois acelera o escoamento das águas, no entanto, a redução dos leito menor e maior, faz com que o volume de água não seja suportado pelos canais, ocasionando transbordamentos (enchentes) e a estagnação da água em pontos específicos, fenômeno conhecido como alagamento, no qual a água fica "empocada".

Assim, para além de medidas estruturais como galerias de águas pluviais, sugere-se uma abordagem mais participativa junto a população, primeiramente àquela mais sujeita a enfrentar o problema das inundações e posteriormente estender esta iniciativa para os demais habitantes que indiretamente são afetados por esta problemática como por exemplo devido a impossibilidade de locomoção, sejam pedestres ou motoristas.

Ações de educação ambiental em parceria com entidades que já desenvolvem trabalhos no concernente aos riscos à inundação como as Defesas Civas do Estado e Município, mas outras secretarias municipais e estaduais e demais órgãos públicos federais, bem como a iniciativa privada tem muito a acrescentar no avanço para implantar ações não estruturais para se lidar com o risco à inundação.

Tendo em conta Boa Vista ter 90% de seus habitantes habitando a zona urbana, ações preventivas são uma alternativa para gerir o risco à inundação, por meio do controle dos usos do espaço, utilizando para isso recursos previstos em lei, como o Plano Diretor Urbano, o qual dá diretrizes de uso e ocupação do espaço e zoneia áreas adequadas para cada tipo de uso.

Mapas de uso e cobertura do solo são fundamentais para se criar diagnósticos prévios dos recursos que estão sendo utilizados, mas para o avanço destes estudos sugere-se também a elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo, os quais permitem potencializar os usos de acordo com as atividades em desenvolvimento, assim como diagnosticam potenciais usos, considerando aspectos biofísicos e sociais.

## REFERÊNCIAS

- ALBANO, R. et al. A GIS-based model to estimate flood consequences and the degree of accessibility and operability of strategic emergency response structures in urban areas. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, [S.l.], v. 14, n. 11, p. 2847-2865, 2014.
- ANEAS DE CASTRO, S. D. Riesgos y peligros: una visión desde lá Geografía. **Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Barcelona, v. 4, n. 60, 2000.
- ARAÚJO FILHO, M. C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da Terra na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.l.], v. 2, n. 59, 2007.
- ÁVILA, I. C. S. S. **Caracterização preliminar do subsolo da área urbana de Boa Vista RR, a partir de sondagens de simples reconhecimento**. 2007. 88p. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Núcleo de Biotecnologia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2007.
- BARROS, M. A.; MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T. Processo analítico hierárquico na identificação de áreas favoráveis ao agroecossistema cafeeiro em escala municipal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 42, n. 12, p. 1769-1777, 2007.
- BARROS, N. C. C. **Roraima: paisagens e tempo na Amazônia setentrional**. Recife: Editora da Universidade Federal de Pernambuco, 1995. 269 p.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1971. 12 p.
- BERTRAND, G.; BERUTCHACHVILI, N. O Geossistema ou “Sistema Territorial Natural”. In: PASSOS, M. M. (Org.). **Uma Geografia transversal e de travessias**. Maringá: Massoni, 2007. p. 241-250
- 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: Editora da UFRR, 2008. p. 168-193.
- BOA VISTA, Lei complementar nº 924, de 28 de novembro de 2006. Dispõe sobre o plano diretor estratégico e participativo de boa vista e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de Boa Vista**, Boa Vista, RR, 30 nov. 2006.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 153-192.
- BRAGA, R. Política urbana e gestão ambiental: considerações sobre o plano diretor e o zoneamento urbano. In: CARVALHO, P. F.; BRAGA, R. (Org.). **Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias**. Rio Claro: LPM-UNESP, 2001. p. 95-109.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Geomorfológico do Estado de Roraima**. Rio de Janeiro. Digeo. 2005.

\_\_\_\_\_. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade e Legislação Correlata**. 2. ed., atual. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2002. 80 p.

\_\_\_\_\_. Lei nº 244, de 06 de setembro de 1991. Dispõe sobre a promoção do desenvolvimento urbano, zoneamento, uso e ocupação do solo, sistema viário, parcelamento do solo e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 06 set. 1991.

BRÜSEKE, F. J. Risco social, risco ambiental, risco individual. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, [S.l], v. 1, n. 1, p. 117-134. 1997.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). **Introdução a ciência da Geoinformação**. Ministério da Ciência e Tecnologia - Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2001. 5 p.

CARDONA, O. **La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo**: una crítica y una revisión necesaria para la gestión. Bogotá: CEDERI, 2001. 18 p.

CARLOS, A. F. A. **A cidade**. São Paulo: Contexto, 1992. 98 p.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; PIRES DO RIO, G. A. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, [S.l], v. 28, n. 2, p. 11-30, 2005.

CHAUHAN, M. A Perspective on Watershed Development in the Central Himalayan State of Uttarakhand, India. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, [S. l.], v. 36, n. 4, p. 253-269, 2010.

CHAVEZ, P. S. An improved dark- object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, [S.l], v. 24, p. 459-479, 1988.

CHORLEY, R. J. Bases for Theory in Geomorphology. In: EMBLETON, C.; BRUSDEN, D.; JONES, D. K. C. (Ed.). **Geomorphology**: present problems and future prospects. Oxford University Press, Oxford and New York, 1978. p. 1-24.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 415-440.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 19-45.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de encostas na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 93-148.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1989. 94 p.

COSTA, H. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – Uma Abordagem Geral**. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 160 p.

COSTA, J. A. V. Compartimentação do relevo do estado de Roraima. In: OLIVEIRA, R. S. (Org.). **Roraima em foco: pesquisas e apontamentos recentes**. Boa Vista: Editora da UFRR, 2008. p. 77-108.

COSTA, J. A. V.; COSTA, N. S. R.; REIS NETO, R. P. A. Índícios de drenagem urbana rumo à extinção: o caso dos igarapés da grande Boa Vista. **Textos & Debates**, [S.l.], v. 1, n. 7, p. 64-70, 2004.

DAGNINO, R. S.; CARPI JÚNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 50-87, 2007.

DAVID, V.; DAVIDOVA, T. Methodology for flood frequency estimations in small catchments. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, [S. l.], v. 14, n. 10, p. 2655–2669, 2014.

DEBDIP, B. Optimum Index Factor (OIF) for landsat data: a case study on barasat town, west Bengal, Índia. **International Journal of Remote Sensing & Geoscience (IJRSG)**, [S.l.], v. 2, n. 5, p. 11-17, set. 2013.

DELPOUX, M. Ecosistema e paisagem. **Métodos em Questão**. n. 7. São Paulo, IG, USP, 1974. 21 p.

DE PAULA, E. M. S.; SILVA, E. V.; GORAYEB, A. Percepção ambiental e dinâmica geoecológica: premissas para o planejamento e gestão ambiental. **Sociedade & Natureza (UFU. Online)**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 511-518, 2014.

DINIZ, A. M. A.; SANTOS, R. O. O vertiginoso crescimento populacional de Roraima e seus impactos socioambientais. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 15, n. 25, p. 23-44, 2005.

EDUARDO, B. F. S.; SILVA, A. J. F. M. Avaliação da influência da correção atmosférica no cálculo do índice de vegetação NDVI em imagens Landsat 5 e RapidEye. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, 2005, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 1442-1449.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10 Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro. (Embrapa - SNLCS. Micelânea, 1), 1979. 83 p.

ESCOBAR, M. C. S. B. Populações tradicionais e as políticas públicas para a Amazônia: os Waimiri-Atroari e a BR-174. In: ALVES, C. L. E. (Org.). **Formação do espaço amazônico e relações fronteiriças**. Boa Vista: UFRR/CCSG, 1998. p. 209-217.

FALCÃO, M. T. et al. Impactos ambientais no igarapé Wai Grande em Boa Vista - Roraima decorrentes da influência do aterro sanitário. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial, [S.l.], v. 3, n. 4, p. 199-207, 2012.

FALCÃO, M. T.; COSTA, J. A. V. Geomorfologia da região centro-norte de Roraima utilizando técnicas de tratamento e interpretação de imagens raster da missão Suttle Radar

Topography Mission (SRTM). **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial, [S.l.], v. 2, n. 4, p.1484-1496, 2012.

FARIAS, M. V. A.; VERAS, A. S. S.; PAIXÃO, S. U. A. Degradação do corpo hídrico no urbano em Boa Vista- RR. **TEXTOS & DEBATES**, Boa Vista, [S.l.], v. 1, n. 18, p. 129-138, 2012.

FITZ, P. R. **Cartografia básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008a. 143 p.

\_\_\_\_\_. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008b. 160 p.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

FRANÇA, C. F. **Notas de aula da Disciplina Teoria e método em Geografia**. Belém: Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPA, 12/04/2011.

GOMES, O. **Direitos Reais**. Rio de Janeiro: Forense, 2008. 462 p.

GONÇALVES, C. W. P. **Os (des) caminhos do meio ambiente**. 14. ed. São Paulo: Contexto, 2008. 148 p.

HEWITT, K. **Regions of Risk**. A Geographical Introduction to Disasters. Essex. Longman, 1997. 389 p.

HOGAN, D. J. et al. Urbanização e vulnerabilidade socioambiental: o caso de Campinas. In: HOGAN, D. et al. (Org.). **Migração e ambiente nas aglomerações urbanas**. Campinas: NEPO Unicamp, 2001. p. 396-418.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em < [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 09 dezembro 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Disponível em < <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/>>. Acesso em: 13 fevereiro 2015.

JOLY, F. **A cartografia**. Campinas SP: Papirus, 1990. 136 p.

JUNK, W. J. As águas da Região Amazônica. In: SALATI, E. et al. **Amazônia; Desenvolvimento, Integração e Ecologia**. São Paulo: Brasiliense, 1983. p. 45-100.

KOBIYAMA, M. et al. **Introdução à prevenção de desastres naturais**. Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. 109 p.

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

LATRUBESSE, E. M.; NELSON, B. W. Evidence for Late Quaternary Aeolian Activity in the Roraima-Guyana Region. **Rev. Catena**, Amsterdam, v. 43, n.3, p. 63-80, 2001.

LIMBERGER, L. Abordagem sistêmica e complexidade na geografia. **Geografia (Londrina) - Uel**, Londrina, v. 15, n. 2, p. 95-109, 2006.

LOBÃO, J. C. B.; FRANÇA-ROCHA, W. J. S.; SILVA, A. B. Aplicação dos Índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiania. **Anais...** Goiania: INPE, 2005. p. 1207-1214.

MAGALHÃES, J. P. **Recursos Naturais, Meio Ambiente e sua Defesa no Direito Brasileiro**. Rio de Janeiro: FGV, 1986. 76 p.

MARANDOLA JÚNIOR, E.; HOGAN, D. J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 95-110, 2004.

MARCHEZETTI, A. L.; KAVISKI, E.; BRAGA, M. C. B. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 173-187, 2011.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. 6ª Ed. São Paulo: Contexto, 2011. 142 p.

MENDONÇA, F. Geografia socioambiental. In: MENDONÇA, F.; KOSEL, S. (Org.). **Elementos de Epistemologia da Geografia Contemporânea**. Curitiba: UFPR, 2002. p. 121-144.

MENESES, M. E. N. S.; COSTA, M. L.; COSTA, J. A. V. Os lagos do lavrado de Boa Vista - Roraima: fisiografia, físico-química das águas, mineralogia e química dos sedimentos. **Revista Brasileira de Geociências**, [S.l.], v. 37, n. 3, p. 478-489, 2007.

MENEZES, 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, v. 1, [S.n.], p. 67-81, 2007.

MERZ, B. et al. Fluvial flood risk management in a changing world. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, [S. l.], v. 10, n. 03, p. 509–527, 2010.

MORIN, E. A responsabilidade do pesquisador perante a sociedade e o homem. In: MORIN, E. **Ciência com consciência**. 14. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 117-123.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: UFSC, 1991, 241p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010. 387 p.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. Processo analítico hierárquico aplicado a vulnerabilidade natural a erosão. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 417-424, 2009.

OLIVEIRA, R. S. As transformações na configuração político-administrativa do estado de Roraima: um panorama a partir da implantação do federalismo. In: SILVA, P. R. F.; OLIVEIRA, R. S (Org.). **Roraima 20 anos**: as geografias de um novo estado. Boa Vista: Editora da UFRR, 2008. p. 46-87.

PEREZ FILHO, A. et al. Monitoramento e gerenciamento de bacias urbanas associados a inundação: diagnose da bacia do ribeirão quilombo na região metropolitana de campinas

utilizando geotecnologias. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 44-54, 2006.

PINHEIRO, M. N. M. **Análise morfométrica de lagos nas áreas aplainadas do nordeste de Roraima - Brasil**. 2007. 106p. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Núcleo de Biotecnologia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista. 2007.

PINHEIRO, M. N. M.; FALCÃO, M. T.; OLIVEIRA, S. K. S. Processos de urbanização e mudanças na paisagem de Boa Vista/RR. In: SILVA, P. R. F.; OLIVEIRA, R. S. (Org.). **Roraima 20 anos: as geografias de um novo estado**. Boa Vista: Editora da UFRR, 2008. p. 194-223.

QUARANTA, M. O ponto de vista sistêmico: a antiga *physis* grega ressurge nos sistemas ambientais. **Gaia Scientia**, p. 47-62, 2008.

QUEIROZ, J. E. R.; GOMES, H. M. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. **RITA**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 1 - 31, 2001.

REBELO, F. **Geografia física e riscos naturais**. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2010. 215 p.

\_\_\_\_\_. **Riscos naturais e ação antrópica**. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003. 285 p.

REVISTA É AGORA. Nova força para Roraima. **Revista de campanha de Teresa Jucá para o senado**, 2006.

RIBEIRO JÚNIOR, S.; VIEIRA, C. A. O. Aplicação do processo analítico hierárquico na escolha de tecnologia de coleta de dados para cálculo de volume de minério estocado. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 65, n. 4, p. 633-641, 2013.

ROCHA, A. A. **Sociedade e natureza: a produção do espaço urbano em bacias hidrográficas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2011. 156 p.

RODRIGUES, A. M. **Moradia nas cidades brasileiras**. São Paulo: Contexto, 1989. 72 p.

RODRIGUES, J. **Risco tecnológico: uma análise no porto de Vila do Conde**. 2008. 95 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental em bacias hidrográficas. In: SILVA, E. V.; RODRÍGUEZ, J. M. M.; MEIRELES, A. J. A. (Org.). **Planejamento ambiental e bacias hidrográficas (Tomo 1)**. Fortaleza: Edições UFC, 2011. p. 29-48.

ROSOLÉM, N. P.; ARCHELA, R. S. Geossistema, Território e Paisagem como método de análise geográfica. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6, e SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2, 2010, Coimbra. **Anais... Coimbra**: Universidade de Coimbra, 2010. p. 1-9.

RUSSEL, B. **A perspectiva científica**. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1969. 114 p.

SANTOS, F. A. A. dos. **Alagamento e inundação urbana: modelo experimental de avaliação de risco**. 2010. 165p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA, Belém, 2010.

SANTOS, F. A. A.; ROCHA, E. J. P. Alagamento e inundação em áreas urbanas. Estudo de caso - Cidade de Belém. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 2, n. 2, p. 33-55, 2013.

SAATY, T. L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. **Management Science**, [S.l.], v. 32, [S.n.], p. 841-855, 1986.

\_\_\_\_\_. **Decision making for leaders**. Pittsburg, USA: WS. Publications, 2000. 234 p.

SANDER, C. et al. Cheias do Rio Branco e eventos de inundação na cidade de Boa Vista, Roraima. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 6, n. 12, p. 41-57, 2012.

SCHUSSEL, Z. G. L. O desenvolvimento urbano sustentável – uma utopia possível? **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [S.l.], [S. v.], n. 9, p. 57-67, 2004.

SERVIÇO DE APOIO AS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE RORAIMA – SEBRAE/RR. **Elementos da iconografia de Roraima**. Boa Vista, 2004. 71 p.

SILVA, M. V. A.; FERREIRA, N. C. Avaliação da ocupação e uso da terra nas bacias hidrográficas da Região Metropolitana de Goiânia. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 8, n. 2, p.150-167, 2014.

SILVA, P. R. F. Boa Vista: gênese espontânea e gênese induzida. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 1, n. 5, p. 63-71, 2009.

SILVA JÚNIOR, O. M. da **Análise de risco a inundação na cidade de Alenquer - Estado do Pará**. 2010. 103 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

SIMÕES FILHO, F. et al. Registros sedimentares de lagos e brejos dos campos de Roraima: Implicações paleoambientais ao longo do Holoceno. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLON, E. G. (Org.) **Homem, Ambiente e Ecologia no estado de Roraima**. Manaus, INPA, 1997. p. 295-302.

SOTCHAVA, V. B. O estudo dos geossistemas. **Métodos em Questão**. n. 16. IG, USP, São Paulo, p. 1-47, 1977.

SOUSA, D. G.; MINCATO, R. L.; KAWAKUBO, F. S. Análise multitemporal do uso da terra utilizando imagens Landsat-5 TM da região de Alfenas, Sul de Minas Gerais, visando a conservação de fragmentos florestais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 8, n. 5, p. 1482-1492, 2015.

SOUZA, C. R. G. Risco a inundação, enchentes e alagamentos em regiões costeiras. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 231-247.

STAEVIE, P. M. Expansão urbana e exclusão social em Boa Vista – Roraima. **OCULUM ENSAIOS**, Campinas, [S. v.], n. 13, p. 68-87, 2011.

SUAREZ, A. F.; CANDEIAS, A. L. B. Avaliação de acurácia da classificação de dados de sensoriamento remoto para o município de Maragogipe. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação-SIMGEO, 5, 2012. Recife, **Anais...** Recife: SIMGEO, 2012. p. 1-10.

TEIXEIRA, A.; CHRISTOFOLETTI, L. A. **Sistema de Informações Geográficas**. São Paulo: Hucitec, 1999. 121 p.

TEODORO, V. L. I. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **REVISTA UNIARA**, Araraquara, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

TONELLO, M. F. et al. Situação ambiental do igarapé Mirandinha (canalização). **ACTA GEOGRÁFICA**, Boa Vista, v. 2, n. 4, p. 41-53, 2008.

TONETTI, E. L. et al. Alagamentos frequentes na área urbana de Paranaguá-PR. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 43-56, 2013.

TRICART, J. **Paisagem e ecologia**, tradução de C. A. F. MONTEIRO, Depto. de Geografia, USP, 1981. 28 p.

TSAKIRIS, G. Flood risk assessment: concepts, modelling, applications. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, [S. l.], v. 14, n. 5, p. 1361-1369, 2014.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: Ed.UFRGS, 2000. 680 p.

\_\_\_\_\_. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, C.; BERTONI, C. E. M. (Org.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 45-150.

\_\_\_\_\_. Águas urbanas. **Estud. av.**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

VALE, A. F. **Migração e territorialização**: as dimensões territoriais dos nordestinos em Boa Vista, RR. 2007. 270 p. Tese (Doutorado em Geografia) — Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual “Julio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2007.

VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Solos sob savanas de Roraima**: gênese, classificação e relação e relações ambientais. Boa Vista: Gráfica Ioris, 2010. 219 p.

VASCONCELOS, E. C.; VERAS, A. T. R. Usos e abusos do meio ambiente urbano nas margens do igarapé tiririca, no bairro Mecejana – Boa Vista - RR. **ACTA GEOGRÁFICA**, Boa Vista, v. 1, n. 2, p. 69-83, 2007.

VEIGA, T. C.; SILVA, J. X. Geoprocessamento aplicado a identificação de áreas potenciais para atividades turísticas: o caso do município de Macaé-RJ. In: SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. (Org.). **Geoprocessamento e análise ambiental**: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 179-215.

VERAS, A. T. R. **A produção do espaço urbano e Boa Vista – Roraima**. 2009. 235 p. Tese (Doutorado em Geografia Humana) Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

VEYRET, Y. (Org.) **Os riscos:** o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007. 320 p.

VEYRET, Y.; MESCHINET DE RICHEMOND, N. O risco, os riscos. In: VEYRET, Y. (Org.) **Os riscos:** o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007. p. 23-79.

VIEILLARD-BARON, H. Os riscos sociais. In: VEYRET, Y. (Org.) **Os riscos:** o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007. p. 275-316.

VITTE, A. C. Os fundamentos da geomorfologia e sua influência no desenvolvimento das ciências da terra. In: GUERRA, A. J. T.; VITTE, A. C. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física.** Rio de Janeiro: Bertrand, 2004, p. 23-48.

## APÊNDICE

Apêndice A - Valores de média e desvio padrão, variância e covariância obtidos a partir da PCA (Análise dos Principais Componentes - em português) a serem inseridos para cálculo do OIF da imagem Landsat 5 do ano de 1985.

Time of execution : 27-Aug-2015 16:50:48:154

Run PCA

1

PCA Principal Component Analysis V10.2 EASI/PACE 16:50 27Aug2015  
C:\Users\ufrr\AppData\Local\Temp\1262401[S 7FIC 7700P 6688L] 27Aug2015

Input Channels: 1 2 3 4 5 6

Output Channels: 7

Eigenchannels : 1

Sampling Window: 0 0 7700 6688

Sample size :6437200

Channel	Mean	Deviation
1	64.7137	55.8149
2	28.7741	28.3363
3	28.1309	31.5165
4	52.1677	40.2458
5	62.0841	54.3517
6	27.0673	28.1996

Covariance matrix for input channels:

	1	2	3	4	5	6
1	3115.31					
2	1542.30	802.95				
3	1660.76	880.70	993.29			
4	1963.59	953.93	962.23	1619.73		
5	2710.11	1371.02	1539.68	1774.58	2954.11	
6	1390.70	719.64	830.07	809.16	1486.06	795.22

Eigenchannel	Eigenvalue	Deviation	%Variance
1	9361.9658	96.7573	91.06%
2	513.1636	22.6531	4.99%
3	331.6444	18.2111	3.23%
4	60.2519	7.7622	0.59%
5	12.1047	3.4792	0.12%
6	1.4615	1.2089	0.01%

Eigenvectors of covariance matrix (arranged by rows):

0.56453	0.28451	0.31106	0.36940	0.54029	0.27430
0.26395	0.03752	-0.16583	0.71241	-0.48482	-0.39855
-0.46819	-0.31511	-0.39471	0.48005	0.54292	0.02215
0.62090	-0.40898	-0.59089	-0.28537	0.12245	-0.04047
-0.00359	-0.20432	-0.10038	0.19698	-0.40406	0.86377
-0.08308	0.78060	-0.60060	-0.07304	0.00394	0.13300

Scaling Information:

Eigen Channl	Output Channl	-----Unscaled----- Min	Max	Deviation Range	Midpoint	Scale Factor
1	7	-113.708	483.099	all	127.500	

Execution Successful.

Apêndice B - Valores de média e desvio padrão, variância e covariância obtidos a partir da PCA (Análise dos Principais Componentes - em português) a serem inseridos para cálculo do OIF da imagem Landsat 5 do ano de 1995.

Time of execution : 31-Aug-2015 15:08:29:557

Run PCA

1

PCA Principal Component Analysis V10.2 EASI/PACE 15:08 31Aug2015  
C:\Users\ufrr\AppData\Local\Temp\0472800[S 7FIC 7730P 6753L] 31Aug2015

Input Channels: 1 2 3 4 5 6

Output Channels: 7

Eigenchannels : 1

Sampling Window: 0 0 7730 6753

Sample size :6531850

Channel	Mean	Deviation
1	47.7939	34.9092
2	28.7434	28.3350
3	22.5954	21.5994
4	49.5928	35.6358
5	56.4669	47.7401
6	25.2453	26.3674

Covariance matrix for input channels:

	1	2	3	4	5	6
1	1218.65					
2	658.02	802.87				
3	691.46	352.93	466.53			
4	1050.29	593.22	483.28	1269.91		
5	1551.22	836.85	982.32	1195.83	2279.12	
6	789.21	411.17	549.34	501.23	1214.49	695.24

Eigenchannel	Eigenvalue	Deviation	%Variance
1	5579.3647	74.6951	82.87%
2	656.4462	25.6212	9.75%
3	405.5295	20.1378	6.02%
4	63.7370	7.9835	0.95%
5	20.7023	4.5500	0.31%
6	6.5422	2.5578	0.10%

Eigenvectors of covariance matrix (arranged by rows):

0.45763	0.26852	0.27171	0.38953	0.62378	0.32220
0.10139	0.31641	-0.22339	0.73641	-0.36288	-0.40709
-0.12763	0.90860	-0.02049	-0.39072	-0.06236	0.03444
-0.70337	0.02717	-0.41775	0.23409	0.52365	0.03186
0.50028	-0.03829	-0.65054	-0.30080	0.31200	-0.37044
0.13782	-0.00528	-0.52739	0.08956	-0.32215	0.76879

Scaling Information:

Eigen Channl	Output Channl	-----Unscaled----- Min	Max	Deviation Range	Midpoint	Scale Factor
1	7	-98.404	434.847	all	127.500	1.000

Execution Successful.

Apêndice C - Valores de média e desvio padrão, variância e covariância obtidos a partir da PCA (Análise dos Principais Componentes - em português) a serem inseridos para cálculo do OIF da imagem Landsat 8 do ano de 2014.

Time of execution : 04-Sep-2015 10:47:47:348

Run PCA

1

PCA Principal Component Analysis V10.2 EASI/PACE 10:51 04Sep2015  
C:\Users\ufrr\AppData\Local\Temp\0473600[S 8FIC 15161P 15501L] 04Sep2015

Input Channels: 1 2 3 4 5 6 7

Output Channels: 8

Eigenchannels : 1

Sampling Window: 0 0 15161 15501

Sample size :\*\*\*\*\*

Channel	Mean	Deviation
1	50.4356	33.2692
2	44.3577	29.6260
3	41.7889	28.3053
4	38.6285	27.5429
5	61.2274	41.4932
6	46.7051	33.5236
7	31.2051	23.5242

Covariance matrix for input channels:

	1	2	3	4	5	6	7
1	1106.84						
2	984.15	877.70					
3	935.17	836.29	801.19				
4	884.27	796.61	769.65	758.61			
5	1291.77	1135.99	1075.05	974.18	1721.69		
6	1047.51	942.02	910.91	901.33	1176.89	1123.83	
7	717.48	649.01	630.08	633.73	762.27	776.99	553.39

Eigenchannel	Eigenvalue	Deviation	%Variance
1	6536.4648	80.8484	94.14%
2	331.9234	18.2188	4.78%
3	60.4924	7.7777	0.87%
4	9.9982	3.1620	0.14%
5	3.7027	1.9242	0.05%
6	0.4004	0.6328	0.01%
7	0.2650	0.5148	0.00%

Eigenvectors of covariance matrix (arranged by rows):

0.40850	0.36434	0.34853	0.33302	0.48208	0.40072	0.27394
0.06011	-0.01190	-0.06905	-0.28665	0.76504	-0.38745	-0.41703
0.44590	0.39433	0.27541	0.15920	-0.36333	-0.60958	-0.20219
-0.52192	-0.20185	0.26807	0.67572	0.18021	-0.34692	0.07459
0.05973	-0.01441	-0.12704	-0.25895	0.12069	-0.44091	0.83909
0.43429	-0.25668	-0.70063	0.49906	0.04580	-0.05440	-0.02255
-0.40758	0.77768	-0.46801	0.09418	0.03422	-0.00074	-0.00473

Scaling Information:

Eigen Channl	Output Channl	-----Unscaled----- Min	Max	Deviation Range	Midpoint	Scale Factor
1	8	-120.973	488.207	all	32767.500	1.000

Execution Successful.

Apêndice D - Estatística para obter o OIF das bandas espectrais da imagem Landsat 5 sensor TM do ano de 1985

CORRELAÇÃO	CORRELAÇÃO DE COVARIÂNCIA (CC)	VARIÂNCIA	VARIÂNCIA	CC	CC	CC	CC	SOMA CC	DESVIO PADRÃO	DESVIO PADRÃO	DESVIO PADRÃO	SOMA DESVIO PADRÃO	OIF	TRIPLETE
1.2	1542,3	3115,3	802,94	0,98	0,98	0,94	0,99	2,91	55,8149	28,3363	31,5165	115,6677	39,75	1,2,3
1.3	1.661	3115,3	993,28	0,94	0,98	0,87	0,84	2,69	55,8149	28,3363	40,2458	124,397	46,24	1,2,4
1.4	1963,59	3115,3	1619,72	0,87	0,98	0,89	0,89	2,76	55,8149	28,3363	54,3517	138,5029	50,18	1,2,5
1.5	2710,11	3115,3	2954,1	0,89	0,98	0,88	0,9	2,76	55,8149	28,3363	28,1996	112,3508	40,71	1,2,7
1.7	1390,7	3115,3	795,21	0,88	0,94	0,87	0,76	2,57	55,8149	31,5165	40,2458	127,5772	49,64	1,3,4
2.3	880,7	802,94	993,28	0,99	0,94	0,89	0,9	2,73	15,8177	31,5165	54	101,6859	37,25	1,3,5
2.4	953,93	802,94	1619,72	0,84	0,94	0,88	0,93	2,75	15,8177	31,5165	28,1996	75,5338	27,47	1,3,7
2.5	1371,02	802,94	2954,1	0,89	0,87	0,89	0,81	2,57	15,8177	40,2458	54,3517	110,4152	42,96	1,4,5
2.7	719,64	802,94	795,21	0,90	0,87	0,88	0,71	2,46	15,8177	40,2458	28,1996	84,2631	34,25	1,4,7
3.4	962,23	993,28	1619,72	0,76	0,89	0,88	9,7	11,47	15,8177	54,3517	28,1996	98,369	8,58	1,5,7
3.5	1539,68	993,28	2954,1	0,90	0,99	0,84	0,76	2,59	28,3363	31,5165	40,2458	100,0986	38,65	2,3,4
3.7	830,07	993,28	795,21	0,93	0,99	0,89	0,9	2,78	28,3363	31,5165	54,3517	114,2045	41,08	2,3,5
4.5	1774,58	1619,72	2954,1	0,81	0,99	0,9	0,93	2,82	28,3363	31,5165	28,1996	88,0524	31,22	2,3,7
4.7	809,16	1619,72	795,21	0,71	0,84	0,89	0,81	2,54	28,3363	40,2458	54,3517	122,9338	48,40	2,4,5
5,7	1486,06	2954,1	795,21	0,97	0,84	0,9	0,71	2,45	28,3363	40,2458	28,1996	96,7817	39,50	2,4,7
					0,89	0,9	0,97	2,76	28,3363	54,3517	28,1996	110,8876	40,18	2,5,7
					0,76	0,9	0,81	2,47	31,5165	40,2458	54,3517	126,114	<b>51,06</b>	<b>3,4,5</b>
					0,76	0,93	0,71	2,4	31,5165	40,2458	28,1996	99,9619	41,65	3,4,7
					0,9	0,93	0,97	2,8	31,5165	54,3517	28,1996	114,0678	40,74	3,5,7
					0,81	0,71	0,97	2,49	40,2458	54,3517	28,1996	122,7971	49,32	4,5,7

Apêndice E - Estatística para obter o OIF das bandas espectrais da imagem Landsat 5 sensor TM do ano de 1995

CORRELAÇÃO	CORRELAÇÃO DE COVARIÂNCIA (CC)	VARIÂNCIA	VARIÂNCIA	CC	CC	CC	CC	SOMA CC	DESVIO PADRÃO	DESVIO PADRÃO	DESVIO PADRÃO	SOMA DESVIO PADRÃO	OIF	TRIPLETE
1.2	658,02	1218,65	802,87	0,67	0,67	0,92	0,58	2,17	34,9092	28,335	21,5994	84,8436	39,10	1,2,3
1.3	691	1218,65	466,53	0,92	0,67	0,84	0,59	2,1	34,9092	28,335	35,6358	98,88	47,09	1,2,4
1.4	1050,29	1218,65	1269,91	0,84	0,67	0,93	0,62	2,22	34,9092	28,335	47,7401	110,9843	49,99	1,2,5
1.5	1551,22	1218,65	2279,11	0,93	0,67	0,86	0,55	2,08	34,9092	28,335	26,3674	89,6116	43,08	1,2,7
1.7	789,21	1218,65	695,23	0,86	0,92	0,84	0,63	2,39	34,9092	21,5994	35,6358	92,1444	38,55	1,3,4
2.3	352,93	802,87	466,53	0,58	0,92	0,93	0,95	2,8	34,9092	21,5994	48	104,2487	37,23	1,3,5
2.4	593,22	802,87	1269,91	0,59	0,92	0,86	0,96	2,74	34,9092	21,5994	26,3674	82,876	30,25	1,3,7
2.5	836,85	802,87	2279,11	0,62	0,84	0,93	0,7	2,47	34,9092	35,6358	47,7401	118,2851	47,89	1,4,5
2.7	411,17	802,87	695,23	0,55	0,84	0,86	0,53	2,23	34,9092	35,6358	26,3674	96,9124	43,46	1,4,7
3.4	483,28	466,53	1269,91	0,63	0,93	0,86	0,96	2,75	34,9092	47,7401	26,3674	109,0167	39,64	1,5,7
3.5	982,32	466,53	2279,11	0,95	0,58	0,59	0,63	1,8	28,335	21,5994	35,6358	85,5702	47,54	2,3,4
3.7	549,34	466,53	695,23	0,96	0,58	0,62	0,95	2,15	28,3363	21,5994	47,7401	97,6758	45,43	2,3,5
4.5	1195,83	1269,91	2279,11	0,70	0,58	0,55	0,96	2,09	28,3363	21,5994	26,3674	76,3031	36,51	2,3,7
4.7	501,23	1269,91	695,23	0,53	0,59	0,62	0,7	1,91	28,3363	35,6358	47,7401	111,7122	<b>58,49</b>	<b>2,4,5</b>
5,7	1214,49	2279,11	695,23	0,96	0,59	0,55	0,53	1,67	28,3363	35,6358	26,3674	90,3395	54,10	2,4,7
					0,62	0,55	0,96	2,13	28,3363	47,7401	26,3674	102,4438	48,10	2,5,7
					0,63	0,95	0,7	2,28	21,5994	35,6358	47,7401	104,9753	46,04	3,4,5
					0,63	0,96	0,53	2,12	21,5994	35,6358	26,3674	83,6026	39,44	3,4,7
					0,95	0,96	0,96	2,87	21,5994	47,7401	26,3674	95,7069	33,35	3,5,7
					0,7	0,53	0,96	2,19	40,2458	54,3517	26,3674	120,9649	55,24	4,5,7

Apêndice F - Estatística para obter o OIF das bandas espectrais da imagem Landsat 8 sensor OLI do ano de 2014

CORRELAÇÃO	CORRELAÇÃO DE COVARIÂNCIA (CC)	VARIÂNCIA	VARIÂNCIA	CC	CC	CC	CC	SOMA CC	DESVIO PADRÃO	DESVIO PADRÃO	DESVIO PADRÃO	SOMA DESVIO PADRÃO	OIF	TRIPLETE
1.2	984,15	1106,83	877,69	1,00	1	0,99	1	2,99	33,2692	29,626	28,3053	91,2005	30,50	1,2,3
1.3	935,17	1106,83	801,19	0,99	1	0,97	0,98	2,95	33,2692	29,626	27,5429	90,4381	30,66	1,2,4
1.4	884,27	1106,83	758,61	0,97	1	0,94	0,92	2,86	33,2692	29,626	41,4932	104,3884	36,50	1,2,5
1.5	1291,77	1106,83	1721,68	0,94	1	0,94	0,95	2,89	33,2692	29,626	33,5236	96,4188	33,36	1,2,6
1.6	1047,51	1106,83	1123,83	0,94	1	0,92	0,93	2,85	33,2692	29,626	24	86,4194	30,32	1,2,7
1.7	717,48	1106,83	553,38	0,92	0,99	0,97	0,94	2,9	33,2692	28,3053	27,5429	89,1174	30,73	1,3,4
2.3	836,29	877,69	801,19	1,00	0,99	0,94	0,87	2,8	33,2692	28,3053	41,4932	103,0677	36,81	1,3,5
2.4	796,61	877,69	758,61	0,98	0,99	0,94	0,92	2,85	33,2692	28,3053	33,5236	95,0981	33,37	1,3,6
2.5	1135,99	877,69	1721,68	0,92	0,99	0,92	0,9	2,81	33,2692	28,3053	23,5242	85,0987	30,28	1,3,7
2.6	942,02	877,69	1123,83	0,95	0,97	0,94	0,85	2,76	33,2692	27,5429	41,4932	102,3053	37,07	1,4,5
2.7	649,01	877,69	553,38	0,93	0,97	0,94	0,98	2,89	33,2692	27,5429	33,5236	94,3357	32,64	1,4,6
3.4	769,65	877,69	758,61	0,94	0,97	0,92	0,98	2,87	33,2692	27,5429	23,5242	84,3363	29,39	1,4,7
3.5	1075,05	877,69	1721,68	0,87	0,94	0,94	0,85	2,73	33,2692	41,4932	33,5236	108,286	<b>39,67</b>	<b>1,5,6</b>
3.6	910,91	877,69	1123,83	0,92	0,94	0,92	0,78	2,64	33,2692	41,4932	23,5242	98,2866	37,23	1,5,7
3.7	630,08	877,69	553,38	0,90	0,94	0,92	0,99	2,85	33,2692	33,5236	23,5242	90,317	31,69	1,6,7
4.5	974,18	758,61	1721,68	0,85	1	0,98	0,94	2,92	29,626	28,3053	27,5429	85,4742	29,27	2,3,4
4.6	901,33	758,61	1123,83	0,98	1	0,92	0,87	2,79	29,626	28,3053	41,4932	99,4245	35,64	2,3,5
4.7	633,73	758,61	553,38	0,98	1	0,94	0,92	2,86	29,626	28,3053	33,5236	91,4549	31,98	2,3,6
5.6	1176,89	1721,68	1123,83	0,85	1	0,93	0,9	2,83	29,626	28,3053	23,5242	81,4555	28,78	2,3,7
5.7	762,27	1721,68	553,38	0,78	0,98	0,92	0,85	2,75	29,626	27,5429	41,4932	98,6621	35,88	2,4,5
6.7	776,99	1123,83	553,38	0,99	0,98	0,95	0,98	2,91	29,626	27,5429	33,5236	90,6925	31,17	2,4,6
					0,98	0,93	0,98	2,89	29,626	27,5429	23,5242	80,6931	27,92	2,4,7
					0,92	0,95	0,85	2,72	29,626	41,4932	33,5236	104,6428	38,47	2,5,6
					0,92	0,93	0,78	2,63	29,626	41,4932	23,5242	94,6434	35,99	2,5,7
					0,95	0,93	0,99	2,87	29,626	33,5236	23,5242	86,6738	30,20	2,6,7
					0,94	0,87	0,85	2,66	28,305	27,5429	41,4932	97,3414	36,59	3,4,5
					0,94	0,92	0,98	2,84	28,305	27,5429	33,5236	89,3718	31,47	3,4,6
					0,94	0,9	0,98	2,82	28,305	27,5429	23,5242	79,3724	28,15	3,4,7
					0,87	0,92	0,85	2,64	28,305	41,4932	33,5236	103,3221	39,14	3,5,6
					0,87	0,9	0,78	2,55	28,305	41,4932	23,5242	93,3227	36,60	3,5,7
					0,92	0,9	0,99	2,81	28,305	33,5236	23,5242	85,3531	30,37	3,6,7
					0,85	0,98	0,85	2,68	27,543	41,4932	33,5236	102,5597	38,27	4,5,6
					0,85	0,98	0,78	2,61	27,543	41,4932	23,5242	92,5603	35,46	4,5,7
					0,98	0,98	0,99	2,95	27,543	33,5236	23,5242	84,5907	28,67	4,6,7
					0,85	0,78	0,99	2,62	41,493	33,5236	23,5242	98,541	37,61	5,6,7

Apêndice G - Estatística da classificação de uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR por meio da imagem Landsat 5 sensor TM do ano de 1985.

Time: 17:51 18-Nov-15

File: C:\PCIdb\ACarlos\CORREÇÃO\_PCI\1985\oPROJETO\_1985.pix

Classification Algorithm: Maximum Likelihood (with NULL class)  
 Classification Input Channels: 3,4,5  
 Classification Training Channel: 7  
 Classification Result Channel: 8

Name	Code	Pixels	%Image	Thres	Bias
Área urbana	1	46879	8.59	3.00	2.00
Solo exposto	2	32546	5.96	3.00	2.00
Vegetação cil	3	122654	22.47	3.00	3.50
Corpos d'água	4	35844	6.57	3.00	1.50
Savana	5	303970	55.68	3.00	3.00
NULL	0	4078	0.75		
	Total	545971	100.00		

CONFUSION MATRIX

\_\_\_\_\_Areas\_\_\_\_\_ Percent Pixels Classified by Code\_\_\_\_\_

Name	Code	Pixels	0	1	2	3	4	5
Área urbana	1	1899	1.16	62.24	21.38	3.32	3.90	8.00
Solo exposto	2	4774	2.35	4.36	85.90	0.34	0.15	6.91
Vegetação cil	3	37182	1.88	4.04	0.05	80.58	9.46	3.98
Corpos d'água	4	2243	3.03	0.58	0.00	22.16	62.51	11.73
Savana	5	39727	0.69	5.89	2.38	1.11	0.41	89.52

Average accuracy = 76.15 %

Overall accuracy = 84.14 %

KAPPA COEFFICIENT = 0.74957 Standard Deviation = 0.00159

Confidence Level :

99% 0.74957 +/- 0.00411

95% 0.74957 +/- 0.00312

90% 0.74957 +/- 0.00262

TOTALIZATION REPORT for Training Sites

SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: NULL code: 0

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	41631	3.70	3.44
Solo exposto	2	27075	2.41	2.24
Vegetação cil	3	91677	8.16	7.58
Corpos d'água	4	30679	2.73	2.54
Savana	5	266181	23.68	22.00
NULL	0	666932	59.33	55.12
-----				
Totals		1124175	100.00	92.91

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Área urbana code: 1

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	1182	62.24	0.10
Solo exposto	2	406	21.38	0.03
Vegetação cil	3	63	3.32	0.01
Corpos d'água	4	74	3.90	0.01
Savana	5	152	8.00	0.01
NULL	0	22	1.16	0.00

---

Totals		1899	100.00	0.16
--------	--	------	--------	------

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Solo exposto code: 2

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	208	4.36	0.02
Solo exposto	2	4101	85.90	0.34
Vegetação cil	3	16	0.34	0.00
Corpos d'água	4	7	0.15	0.00
Savana	5	330	6.91	0.03
NULL	0	112	2.35	0.01

---

Totals		4774	100.00	0.39
--------	--	------	--------	------

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Vegetação cil code: 3

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	1504	4.04	0.12
Solo exposto	2	19	0.05	0.00
Vegetação cil	3	29962	80.58	2.48
Corpos d'água	4	3519	9.46	0.29
Savana	5	1479	3.98	0.12
NULL	0	699	1.88	0.06

---

Totals		37182	100.00	3.07
--------	--	-------	--------	------

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Corpos d'água code: 4

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	13	0.58	0.00
Vegetação cil	3	497	22.16	0.04
Corpos d'água	4	1402	62.51	0.12
Savana	5	263	11.73	0.02
NULL	0	68	3.03	0.01

---

Totals		2243	100.00	0.19
--------	--	------	--------	------

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Savana code: 5

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	2341	5.89	0.19
Solo exposto	2	945	2.38	0.08
Vegetação cil	3	439	1.11	0.04
Corpos d'água	4	163	0.41	0.01
Savana	5	35565	89.52	2.94
NULL	0	274	0.69	0.02

---

Totals		39727	100.00	3.28
--------	--	-------	--------	------

Apêndice H - Estatística da classificação de uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR por meio da imagem Landsat 5 sensor TM do ano de 1995.

Time: 10:51 19-Nov-15

File: C:\PCIdb\ACarlos\CORREÇÃO\_PCI\1995\oPROJETO\_1995.pix

Classification Algorithm: Maximum Likelihood (with NULL class)

Classification Input Channels: 2,4,5

Classification Training Channel: 7

Classification Result Channel: 8

Name	Code	Pixels	%Image	Thres	Bias
Área urbana	1	51363	9.41	3.00	2.00
Solo exposto	2	34434	6.31	3.00	2.00
Vegetação cil	3	126430	23.16	3.00	3.50
Corpos d'água	4	23545	4.31	3.00	1.50
Savana	5	304229	55.72	3.00	3.00
NULL	0	5970	1.09		
Total		545971	100.00		

CONFUSION MATRIX

\_\_\_\_\_Areas\_\_\_\_\_ Percent Pixels Classified by Code\_\_\_\_\_

Name	Code	Pixels	0	1	2	3	4	5
Área urbana	1	2677	1.76	73.03	5.79	2.88	1.31	15.24
Solo exposto	2	2710	3.36	1.29	86.79	0.15	0.11	8.30
Vegetação cil	3	19146	2.39	1.69	0.05	85.59	3.03	7.24
Corpos d'água	4	4387	3.35	1.73	0.09	25.89	52.02	16.91
Savana	5	48521	0.38	6.00	4.65	3.59	0.86	84.53

Average accuracy = 76.39 %

Overall accuracy = 82.63 %

KAPPA COEFFICIENT = 0.69909 Standard Deviation = 0.00144

Confidence Level :

99% 0.69909 +/- 0.00371

95% 0.69909 +/- 0.00282

90% 0.69909 +/- 0.00237

TOTALIZATION REPORT for Training Sites

SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: NULL code: 0

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	46063	4.07	3.81
Solo exposto	2	29658	2.62	2.45
Vegetação cil	3	107086	9.46	8.85
Corpos d'água	4	20229	1.79	1.67
Savana	5	260450	23.00	21.52
NULL	0	669073	59.08	55.30
-----				
Totals		1132559	100.00	93.60

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Área urbana code: 1

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	1955	73.03	0.16
Solo exposto	2	155	5.79	0.01
Vegetação cil	3	77	2.88	0.01
Corpos d'água	4	35	1.31	0.00
Savana	5	408	15.24	0.03
NULL	0	47	1.76	0.00
-----				
Totals		2677	100.00	0.22

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Solo exposto code: 2

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	35	1.29	0.00
Solo exposto	2	2352	86.79	0.19
Vegetação cil	3	4	0.15	0.00
Corpos d'água	4	3	0.11	0.00
Savana	5	225	8.30	0.02
NULL	0	91	3.36	0.01
-----				
Totals		2710	100.00	0.22

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Vegetação cil code: 3

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	323	1.69	0.03
Solo exposto	2	10	0.05	0.00
Vegetação cil	3	16387	85.59	1.35
Corpos d'água	4	581	3.03	0.05
Savana	5	1387	7.24	0.11
NULL	0	458	2.39	0.04
-----				
Totals		19146	100.00	1.58

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Corpos d'água code: 4

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	76	1.73	0.01
Solo exposto	2	4	0.09	0.00
Vegetação cil	3	1136	25.89	0.09
Corpos d'água	4	2282	52.02	0.19
Savana	5	742	16.91	0.06
NULL	0	147	3.35	0.01
-----				
Totals		4387	100.00	0.36

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Savana code: 5

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	2911	6.00	0.24
Solo exposto	2	2255	4.65	0.19
Vegetação cil	3	1740	3.59	0.14
Corpos d'água	4	415	0.86	0.03
Savana	5	41017	84.53	3.39
NULL	0	183	0.38	0.02
-----				
Totals		48521	100.00	4.01

Apêndice I - Estatística da classificação de uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR por meio da imagem CBERS-2 sensor CCD do ano de 2005.

Time: 16:09 19-Nov-15

File: C:\PCIdb\ACarlos\CORREÇÃO\_PCI\2005\oPROJETO\_2005.pix

Classification Algorithm: Maximum Likelihood (with NULL class)  
 Classification Input Channels: 2,3,4  
 Classification Training Channel: 5  
 Classification Result Channel: 6

Name	Code	Pixels	%Image	Thres	Bias
Área urbana	1	78528	14.38	3.00	2.00
Solo exposto	2	22261	4.08	3.00	2.00
Vegetação cil	3	138425	25.35	3.00	3.50
Corpos d'água	4	32042	5.87	3.00	1.50
Savana	5	259904	47.60	3.00	3.00
NULL	0	14811	2.71		
Total		545971	100.00		

CONFUSION MATRIX

Areas		Percent Pixels Classified by Code						
Name	Code	Pixels	0	1	2	3	4	5
Área urbana	1	5607	2.02	64.62	10.42	0.61	0.96	21.38
Solo exposto	2	3523	6.73	12.38	80.30	0.00	0.00	0.60
Vegetação cil	3	29714	2.47	0.69	0.07	86.65	1.10	9.01
Corpos d'água	4	6035	3.74	0.53	0.08	3.86	87.32	4.46
Savana	5	38174	0.47	8.40	1.07	4.34	1.92	83.80

Average accuracy = 80.54 %

Overall accuracy = 83.63 %

KAPPA COEFFICIENT = 0.75466 Standard Deviation = 0.00167

Confidence Level :

99% 0.75466 +/- 0.00430

95% 0.75466 +/- 0.00327

90% 0.75466 +/- 0.00274

TOTALIZATION REPORT for Training Sites

SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: NULL code: 0

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	71026	6.30	5.87
Solo exposto	2	18414	1.63	1.52
Vegetação cil	3	110754	9.83	9.15
Corpos d'água	4	25656	2.28	2.12
Savana	5	223748	19.85	18.49
NULL	0	677349	60.10	55.98
Totals		1126947	100.00	93.14

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Área urbana code: 1

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	3623	64.62	0.30
Solo exposto	2	584	10.42	0.05
Vegetação cil	3	34	0.61	0.00
Corpos d'água	4	54	0.96	0.00
Savana	5	1199	21.38	0.10
NULL	0	113	2.02	0.01
-----				
Totals		5607	100.00	0.46

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Solo exposto code: 2

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	436	12.38	0.04
Solo exposto	2	2829	80.30	0.23
Savana	5	21	0.60	0.00
NULL	0	237	6.73	0.02
-----				
Totals		3523	100.00	0.29

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Vegetação cil code: 3

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	205	0.69	0.02
Solo exposto	2	22	0.07	0.00
Vegetação cil	3	25748	86.65	2.13
Corpos d'água	4	328	1.10	0.03
Savana	5	2676	9.01	0.22
NULL	0	735	2.47	0.06
-----				
Totals		29714	100.00	2.46

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Corpos d'água code: 4

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	32	0.53	0.00
Solo exposto	2	5	0.08	0.00
Vegetação cil	3	233	3.86	0.02
Corpos d'água	4	5270	87.32	0.44
Savana	5	269	4.46	0.02
NULL	0	226	3.74	0.02
-----				
Totals		6035	100.00	0.50

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Savana code: 5

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	3206	8.40	0.26
Solo exposto	2	407	1.07	0.03
Vegetação cil	3	1656	4.34	0.14
Corpos d'água	4	734	1.92	0.06
Savana	5	31991	83.80	2.64
NULL	0	180	0.47	0.01
-----				
Totals		38174	100.00	3.15

Apêndice J - Estatística da classificação de uso e cobertura do solo de Boa Vista - RR por meio da imagem Landsat 8 sensor OLI do ano de 2014.

Time: 17:35 21-Nov-15

File: C:\PCIdb\ACarlos\CORREÇÃO\_PCI\2014\CLASSIFICAÇÃO.pix

Classification Algorithm: Maximum Likelihood (with NULL class)

Classification Input Channels: 1,2,3

Classification Training Channel: 4

Classification Result Channel: 5

Name	Code	Pixels	%Image	Thres	Bias
Área urbana	1	352735	16.17	3.00	2.00
Solo exposto	2	88347	4.05	3.00	2.00
Vegetação cil	3	464529	21.29	3.00	3.50
Corpos d'água	4	201832	9.25	3.00	1.50
Savana	5	1047924	48.04	3.00	3.00
NULL	0	26155	1.20		
Total		2181522	100.00		

CONFUSION MATRIX

Areas		Percent Pixels Classified by Code						
Name	Code	Pixels	0	1	2	3	4	5
Área urbana	1	27584	2.05	58.12	6.78	0.72	8.69	23.64
Solo exposto	2	6104	3.34	4.14	83.50	0.23	0.21	8.57
Vegetação cil	3	69070	2.81	0.48	0.05	89.61	3.35	3.70
Corpos d'água	4	15814	0.44	3.34	0.08	9.48	77.24	9.43
Savana	5	191350	0.50	5.98	2.30	2.62	1.79	86.82

Average accuracy = 79.06 %

Overall accuracy = 84.33 %

KAPPA COEFFICIENT = 0.84136 Standard Deviation = 0.00000

Confidence Level :

99% 0.84136 +/- 0.00000

95% 0.84136 +/- 0.00000

90% 0.84136 +/- 0.00000

TOTALIZATION REPORT for Training Sites

SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: NULL code: 0

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	324145	7.16	6.70
Solo exposto	2	76937	1.70	1.59
Vegetação cil	3	395920	8.75	8.19
Corpos d'água	4	181476	4.01	3.75
Savana	5	870713	19.24	18.01
NULL	0	2676488	59.14	55.35
Totals		4525679	100.00	93.59

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Área urbana code: 1

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	16032	58.12	0.33
Solo exposto	2	1871	6.78	0.04
Vegetação cil	3	198	0.72	0.00
Corpos d'água	4	2396	8.69	0.05
Savana	5	6521	23.64	0.13
NULL	0	566	2.05	0.01

---

Totals 27584 100.00 0.57

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Solo exposto code: 2

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	253	4.14	0.01
Solo exposto	2	5097	83.50	0.11
Vegetação cil	3	14	0.23	0.00
Corpos d'água	4	13	0.21	0.00
Savana	5	523	8.57	0.01
NULL	0	204	3.34	0.00

---

Totals 6104 100.00 0.13

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Vegetação cil code: 3

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	329	0.48	0.01
Solo exposto	2	36	0.05	0.00
Vegetação cil	3	61894	89.61	1.28
Corpos d'água	4	2316	3.35	0.05
Savana	5	2555	3.70	0.05
NULL	0	1940	2.81	0.04

---

Totals 69070 100.00 1.43

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Corpos d'água code: 4

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	528	3.34	0.01
Solo exposto	2	12	0.08	0.00
Vegetação cil	3	1499	9.48	0.03
Corpos d'água	4	12214	77.24	0.25
Savana	5	1491	9.43	0.03
NULL	0	70	0.44	0.00

---

Totals 15814 100.00 0.33

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Savana code: 5

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Área urbana	1	11448	5.98	0.24
Solo exposto	2	4394	2.30	0.09
Vegetação cil	3	5004	2.62	0.10
Corpos d'água	4	3417	1.79	0.07
Savana	5	166121	86.82	3.44
NULL	0	966	0.50	0.02

---

Totals 191350 100.00 3.96