



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA

CARLOS FRANCISCO SALGADO BARROSO

ZONEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS NO BAIXO CAUAMÉ, BOA VISTA,
RORAIMA

BOA VISTA, RR

2022

CARLOS FRANCISCO SALGADO BARROSO

**ZONEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS NO BAIXO CAUAMÉ, BOA VISTA,
RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Roraima, como requisito parcial para a obtenção de título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander.

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler.

BOA VISTA, RR

2022

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

B277z Barroso, Carlos Francisco Salgado.
Zoneamento de áreas inundáveis no Baixo Cauamé, Boa Vista,
Roraima / Carlos Francisco Salgado Barroso. – Boa Vista, 2022.
81 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander.
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Roraima,
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos
Hídricos - PROFÁGUA.

1 - Mapeamento de risco. 2 - Bacia hidrográfica. 3 - Modelo de
ocupação. 4 - Gestão. I - Título. II - Sander, Carlos (orientador).
III - Wankler, Fábio Luiz (coorientador).

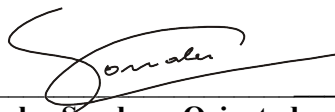
CDU - 56

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária/Documentalista:
Maria de Fátima Andrade Costa - CRB-11/453-AM

CARLOS FRANCISCO SALGADO BARROSO

**ZONEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS NO BAIXO CAUAMÉ, BOA VISTA,
RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos. Defendida em 25 de janeiro de 2022 e avaliada pela seguinte banca:



Prof. Dr. Carlos Sander – Orientador (UFRR)



Prof. Dr. Pedro Alves da Silva Filho (UFRR)



Prof. Dr. Antônio Carlos Ribeiro de Araújo Júnior (UFRR)

Dedico este estudo ao Francisco
Silva Barroso, meu pai (*in
memoriam*), e à Maria de Lourdes
Silva Salgado, minha mãe, pelos
exemplos de caráter, dedicação e
honestidade, por serem referências
em suas ações e atitudes.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

À minha família, pelo apoio incondicional.

Aos amigos e colegas de curso pelo companheirismo.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA, Projeto CAPES/ANAAUXPE N°. 2717/2015.

À coordenação e aos docentes do PROFÁGUA/UFRR, pelo apoio durante meus estudos.

Ao orientador Prof. Dr. Carlos Sander e ao coorientador Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler, pelo apoio e disposição para que o objetivo deste trabalho fosse alcançado com sucesso.

Ao parceiro Fabrício Barbosa Temóteo, geólogo que teve contribuição técnica relevante para o resultado da pesquisa.

A todos (as) a quem tive a oportunidade de conhecer e de conviver em mais esta conquista para a vida e de qualificação profissional.

RESUMO

A cidade de Boa Vista está inserida sobre duas bacias hidrográficas de características hidrológicas relevantes, bacias dos rios Cauamé e Branco, de tal modo que há mais de cinco décadas sofre com os eventos de inundação. Neste período, pouco se avançou no tratamento relativo à prevenção de áreas e de pessoas atingidas. Como forma de mitigação basicamente aplicam-se medidas de urgência e emergência, pouco planejadas e menos eficientes. Aliado a este contexto, a Cidade apresenta-se com um processo de expansão desordenado que favorece a ocupação de áreas ambientalmente impróprias para a habitação. A inexistência de ferramentas que classifiquem e definam as áreas de risco dificultam o ordenamento e o gerenciamento de áreas sujeitas aos eventos de inundação na Cidade. Sob esta perspectiva, este trabalho objetivou identificar e classificar zonas de risco de inundação provenientes dos eventos de recorrência de cheias na bacia do baixo rio Cauamé, buscando estabelecer um modelo de ocupação. Para isso, foram mapeadas as ocorrências máximas dos eventos de cheias das séries históricas dos rios Cauamé e Branco, a partir de dados da Agência Nacional de Águas. Os dados foram tratados e associados a imagem de referência da base cartográfica contínua do estado de Roraima, que aplicando um modelo digital de elevação e dados cartográficos abertos resultou na composição do produto mapa de risco. O produto apresenta a simulação dos eventos de cheias ocorridos e extrapolados. As áreas atingidas pelos eventos de inundação foram classificadas em zonas Z-1, Z-2 e Z-3, em função do grau de risco, e foi confeccionado o modelo de uso e ocupação sobre cada cenário de cota, apresentando suas respectivas indicações de propostas de uso. Os resultados indicam que os eventos máximos de inundações têm tendências para ocorrerem em escala temporal inferior a 51 anos. De acordo com o mapa de risco, há evidências de áreas inundáveis em todas as regiões da cidade no limite da zona Z-3 durante os eventos simulados de cota igual ou superior a 67 metros, atingindo desde de bairros já consolidados até bairros em processo de expansão. Ainda, o mapa evidencia o agravamento crítico das Z-1 de alto risco e Z-2 médio risco, respectivamente em cotas de 60 e 63 metros, com tendências para ocorrência de inundações em período inferior a dois anos. Os cenários apresentados revelam a necessidade urgente de implementação de medidas estruturais e não estruturais na área do baixo rio Cauamé e subsidiariamente ao rio Banco, em vista que, mesmo que previstos, os eventos de inundações podem se comportar de forma diferente durante suas ocorrências.

Palavras-chave: Mapeamento de risco. Bacia hidrográfica. Modelo de ocupação. Gestão.

ABSTRACT

The Boa Vista city is located on two hydrographic basins with relevant hydrological characteristics, the Cauamé and Branco rivers basins, in such a way that for more than five decades it has suffered from flood events. In this period, little progress has been made in the treatment related to prevention, and areas and people affected. As a way of mitigation are implemented urgent and emergency actions, little planned and less efficient actions. Allied to this context, the City presents itself with a disorderly expansion process that favors the occupation of environmentally unsuitable areas for housing. The lack of tools that classify and define risk areas makes it difficult to order and manage areas subject to flooding events in the City. From this perspective, this work aimed to identify and classify the flood risk zones resulting from flooding recurrence events in the lower Cauamé River basin, seeking to establish an occupation model. For this, the maximum occurrences of flood events were mapped of the historical series of the Cauamé and Branco rivers, based on data from the Agência Nacional de Águas. The data were processed and associated with the reference image of the continuous cartographic dataset of the Roraima state, which applying a digital elevation model and opens cartographic data resulted in the composition of the risk map product. The product presents the simulation of the flood events that occurred and that we extrapolated here. Furthermore, the areas affected by the flooding events were classified in zones Z-1, Z-2, and Z-3, according to the degree of risk, and the use and occupation model was created for each scenario of quota, presenting their respective indications of proposal for use. The results indicate that maximum flood events tend to occur in a time frame lesser than 51 years. According to the risk map, there is evidence of floodable areas in all regions of the City on the limit of the Z-3 zone during the simulated events for quota with an elevation equal to or greater than 67 meters, reaching from consolidated neighborhoods to neighborhoods in the process of expansion. In addition, the map evidences the critical aggravation of the Z-1 of high risk and Z-2 of medium risk, of the quota of elevation, respectively of 60 and 63 meters, with tends for the occurrence of floods in the time frame lesser than two years. The scenarios presented reveal the urgent need to implement structural and non-structural actions in the area of the lower Cauamé River and subsidiarily to the Banco River, since, even if predicted, flood events may behave differently during their occurrences.

Keywords: Risk mapping. Hydrographic basin. Occupation model. Management.

LISTADE FIGURAS

Figura 1 - Perímetro urbano de Boa Vista e sua disposição sobre o trecho do baixo rio Cauamé	15
Figura 2 - Áreas com riscos a inundações no perímetro urbano de Boa Vista - RR.....	15
Figura 3 - Eventos hidrológicos características de ocorrência em perímetro urbano.....	19
Figura 4 - Fluxograma metodológico.....	30
Figura 5 - Fluxograma obtenção de dados, tratamento e confecção das cartas de localização, definição do limite da bacia hidrográfica do rio Cauamé com destaque ao perímetro urbano de Boa vista - RR.....	31
Figura 6 - Localização da Bacia hidrográfica do rio Cauamé.....	33
Figura 7 - Unidades hidrográficas potencial subterrâneo.....	34
Figura 8 - Unidades hidrográficas potencial erosivo.....	35
Figura 9 - Área de estudo baixo rio Cauamé.....	36
Figura 10 - Bairro Paraviana, zona urbana periférica de Boa Vista, planície fluvial do baixo Cauamé, cheia de 2011, A - maior histórica, B - Casas irregulares, pelo processo de invasão em área de APP do Cauamé. Visão geral da foto A, vegetação aluvial indicando limite da planície de inundação do Cauamé.....	38
Figura 11 - Cheias de 2011perímetro urbano de Boa Vista, sistema rio Branco, parte do Bairro Calungá, 06/06/2011.....	39
Figura 12 - Faixas climáticas e regiões hidrográficas.....	41
Figura 13 - Classificação climática segundo Köppen.....	42
Figura 14 - O Estado de Roraima compreendido em duas faixas principais: Equatorial quente semi-úmido e Equatorial quente e úmido.....	42
Figura 15 - Temperaturas e precipitações médias do clima Em Boa Vista – RR (2020).....	43
Figura 16 - Fluxograma metodológico descritivo das etapas realizadas para a obtenção do produto final, mapa de zonas alagáveis.....	51
Figura 17 - Cenários das cotas, série histórica a partir de dados de vazão da estação fluviométrica Boa Vista (14620000) compreendendo os anos de (1968 a 2020).....	56
Figura 18 - Hidrógrafa do rio Branco compreendendo os anos de 2015 a 2019 a partir de dados de vazão da estação Fluviométrica Boa Vista (14620000).....	57
Figura 19 - Temperaturas e precipitações médias // clima em Boa Vista – RR (2021).....	58

Figura 20 - Curva de permanência das cotas com a probabilidade de ocorrências dos eventos, a parte de dados de vazão da estação Fluviométrica Boa Vista (14620000) compreendendo os anos de (1968 a 2020).....	60
Figura 21 - Mapa zonas alagáveis em periodos de cheias, perímetro urbano de Boa Vista-RR.....	63
Figura 22 - Cheias do rio Cauamé e rio Branco nos anos de 1976 e 2011.....	64
Figura 23 - Mapa Altimétrico baixo rio Cauamé perímetro urbano de Boa Vista.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pico de cotas máximas anuais e intervalo de recorrências para o rio Branco dados da estação fluviométrica (14620000) na cidade de Boa Vista/RR, compreendendo os anos de (1968 a 2020).....	54
Tabela 2 - Cotas de interesse no estudo, aparte de dados de vazão da estação Fluviométrica Boa Vista (14620000) compreendendo os anos de (1968 a 2020).....	61
Tabela 3 - Cotas readequadas para a representação das zonas de inundação dos sistemas Cauamé e Branco sobre o perímetro Urbano de Boa Vista.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro Conceitual, Eventos Hidrológicos Urbanos.....	19
Quadro 2 - Modelo de zoneamento adotado no estudo equivalente ao alcance das manchas de inundação referentes as cotas de 60, 63 e 67 metros.....	66
Quadro 3 - Modelo critérios para uso e ocupação de áreas em zonas de risco a inundação.....	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	BACIA HIDROGRÁFICA	18
3.1.1	Recorrência dos eventos de inundação	20
3.1.1.1	Resposta rápida	21
3.2	INUNDAÇÕES URBANAS	22
3.3	GEOTECNOLOGIAS	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1	LOCALIZAÇÃO REGIONAL DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO CAUAMÉ.....	31
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
4.2.1	Uso do solo e ocupação do trecho em estudo.....	45
4.3	LEVANTAMENTO DA HIDROLOGIA LOCAL	46
4.3.1	Obtenção dos dados de cotas	46
4.3.2	Levantamento do tempo de retorno de cheias históricas.....	47
4.3.3	Mapeamento dos piores cenários de cheias.....	47
4.3.4	Hidrógrafa completa vazão do sistema branco	48
4.3.5	Curva de permanência.....	48
4.3.6	Definição das cotas de inundação a serem representadas	48
4.3.7	Tratamento dos dados cartográficos	49
4.3.7.1	Procedimentos iniciais tratamentos das imagens	49
4.3.7.2	Algoritmos aplicados	50
4.3.8	Confecção das cartas edições finais	50
4.4	DETERMINAÇÃO DO ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO	52
4.5	QUALIFICAÇÃO DOS USOS ADEQUADOS A CADA ZONA DE RISCO.....	53
5	RESUTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1	DETERMINAÇÃO DO REGIME HIDROLÓGICO, RIOS CAUAMÉ BRANCO	54
5.2	CONFECÇÃO DAS CARTAS EDIÇÕES FINAIS	61
5.3	ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO	65
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
	REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as inundações em áreas urbanas são uma problemática recorrente na realidade de muitos municípios e por ser um tema relevante tem se tornado frequente sua abordagem e discussão nos mais diversos campos da sociedade, pelos prejuízos e perdas advindos dos eventos de inundação que atingem números cada vez maiores de pessoas. Devido a isso, vem surgindo a necessidade de um aprofundamento técnico, para o entendimento da origem e dos agravamentos que estão associados aos eventos, e com isso buscar a aplicação das possíveis medidas que objetivem minimizar os prejuízos nas áreas e regiões atingidas.

Os processos naturais, independentemente da vontade humana, são incontrolláveis, mas estão intimamente relacionadas as ações do ser humano, ao ponto que os resultados destas ações modificam o ambiente e definem o potencial de danos alcançados pelos eventos de inundações.

No todo, ou em partes, as bacias hidrográficas de áreas em processo de urbanização sofrem alterações de seu regime fluvial em decorrência das modificações antrópicas causadas pela transformação do espaço geográfico. Estas modificações, especialmente nas frentes pioneiras de expansão urbana, que acontecem de forma desordenada, associando-se a acentuação do grau de vulnerabilidade. O processo de urbanização acelerado acaba por não obedecer a um planejamento no uso do território.

Neste contexto, os reflexos a esta dinâmica ocupacional são as principais ameaças em áreas urbanas que estão relacionadas à ocorrência de inundações, caracterizadas como desastres naturais. Que atingem diretamente as populações mais vulneráveis que, por motivos diversos, acabam por habitar estas áreas, potencializando os efeitos destes eventos. Segundo Tucci (2003), como característica de países em desenvolvimento, a urbanização ocorre de forma natural e o planejamento das cidades se aplica apenas nas localidades onde se concentram as populações de maior poder aquisitivo, enquanto para as áreas de baixa renda (como nas periferias) a ocupações acontecem na maioria das vezes de modo irregular, principalmente nas áreas desprezadas por apresentarem riscos de deslizamentos e inundações.

De acordo com Unisdr (2012), o desenvolvimento urbano desordenado, a ocupação de áreas de extravasamento e os obstáculos aplicados sobre os canais de drenagem acabam por promover os fenômenos de inundações. Eventos potencializados pelas mudanças climáticas e pela precariedade das políticas de uso e ocupação do solo.

A relação estabelecida entre a dinâmica dos fenômenos naturais adversos e a ocupação antrópica resulta no surgimento de áreas ou zonas de risco. As áreas de risco no ambiente urbano podem ser equacionadas e quantificadas por meio de instrumentos eficientes de gestão e gerenciamento dos riscos.

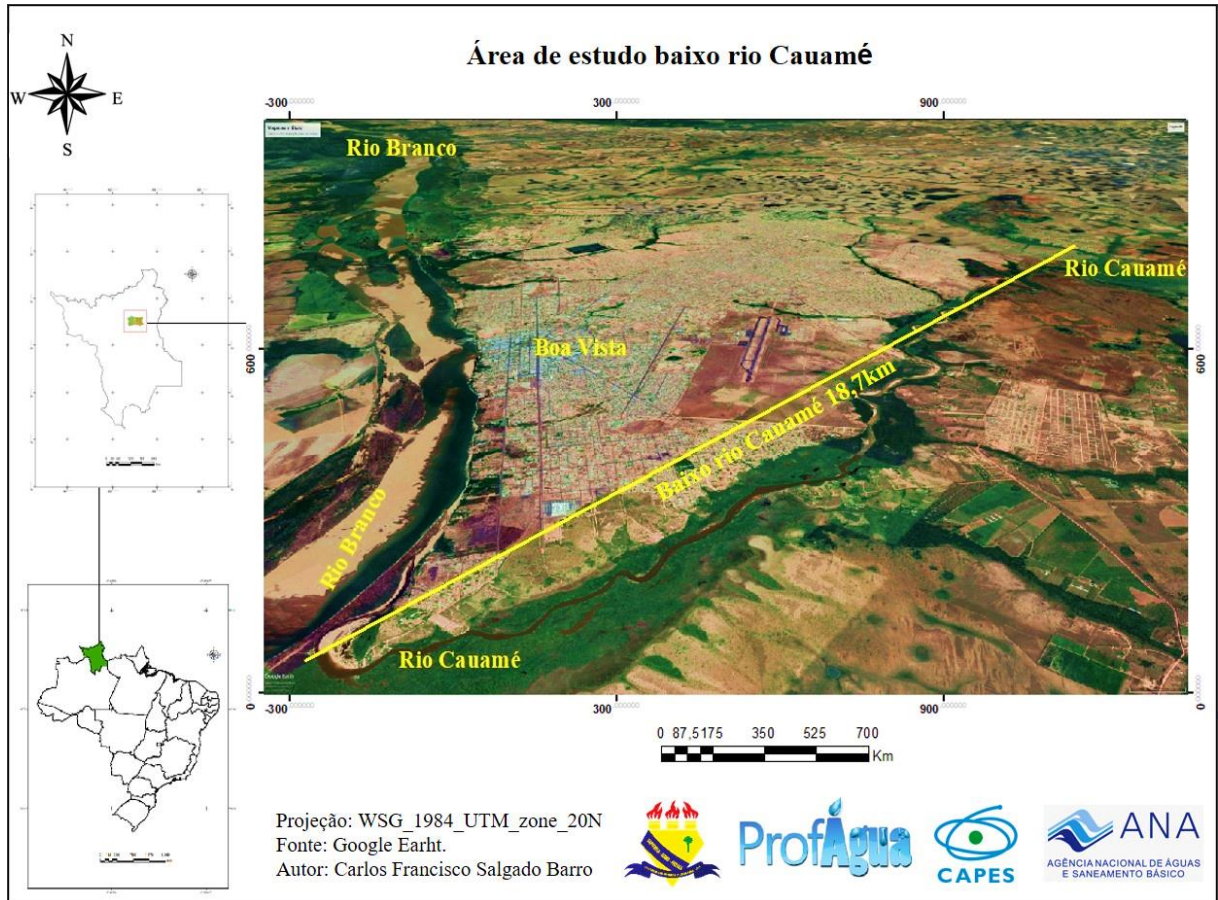
Yang et al. (2015) afirmam que por meio de estratégia de ações integradas a informações sobre os eventos climáticos, pode-se minimizar os efeitos das inundações. O uso de instrumentos de análise e acompanhamento podem ser essenciais nas tomadas de decisões para reduzir perdas materiais e humanas nas cidades, ao ponto que os instrumentos de levantamento, monitoramento, diagnóstico, modelagem e a confecção de cartas contribuem no entendimento dos mecanismos de desastres naturais ou ocorrência de riscos, permitindo o desenvolvimento de trabalhos para um gerenciamento eficiente.

No contexto da cidade de Boa Vista, segundo Araújo Júnior e Tavares Júnior (2018), o seu plano diretor, mesmo apresentando uma legislação pertinente com métodos de atuação sobre a tratativas de ocupações em áreas com restrição com potencial risco à inundação, não trata, de forma específica, as características físicas da região que condicionam este zoneamento, tais como à baixa altimetria e reduzida declividade da cidade. Tais fatores interferem no tempo de retorno das águas aos canais, pois faz com que este tempo de retorno seja reduzido. Os mesmos autores destacam o fato de o plano diretor não citar todas as bacias ao qual o perímetro urbano se inseriu (Figura 1), tornando-se um fator de risco a sustentabilidade da cidade, tendo em vista que todos os canais têm influência direta no sistema de drenagem.

Araújo Junior e Tavares Junior (2020) apontam que o trecho urbano na margem direita do rio Cauamé possui áreas com médio e alto risco à inundação (Figura 2), tornando-se necessário ferramentas de controle voltadas para o uso e ocupação do solo. Isso, eminentemente, para a que as ocupações sejam controladas pelo poder público municipal por meio de mecanismos reguladores como o plano diretor urbano, para que as ocorrências sejam minimizadas.

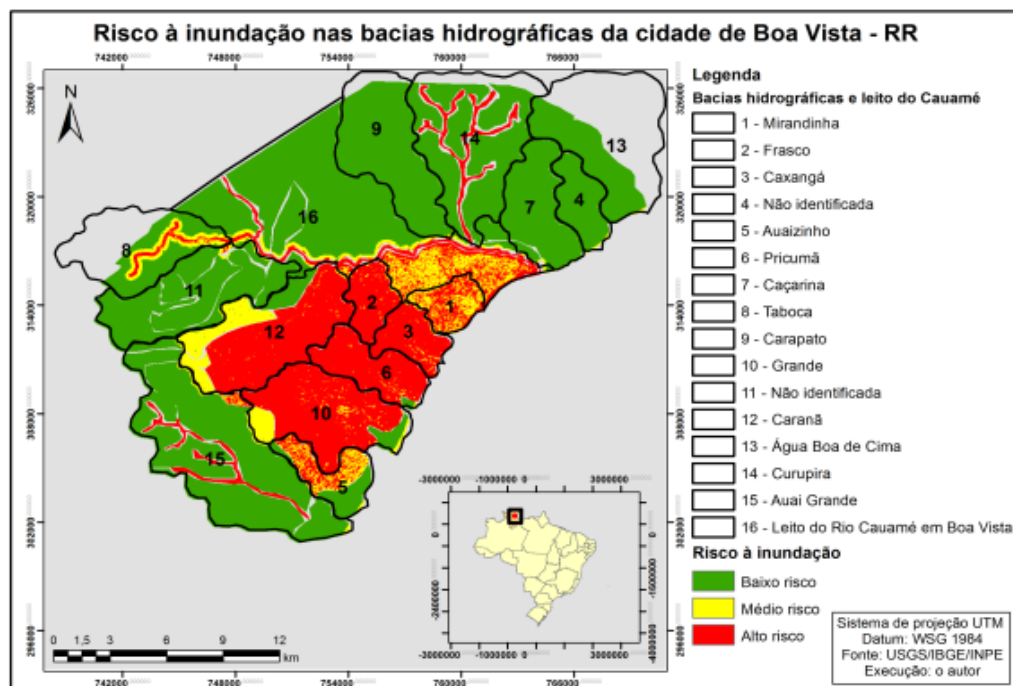
Para Sander et al. (2012) o monitoramento detalhado dos eventos de cheias associados ao mapeamento de áreas possibilita a definição de ações sobre diferentes áreas de risco a inundação com a delimitação e restrições de uso em detrimento das características e das limitações de cada zona. O que favorece o estabelecimento de ações individuais e coletivas que objetivem reduzir os danos e as perdas em decorrência dos eventos.

Figura 1- Perímetro urbano de Boa Vista e sua disposição sobre o trecho do baixo rio Cauamé.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 2 - Áreas com riscos a inundações no perímetro urbano de Boa Vista.



Fonte: Araújo Junior e Tavares Junior (2020).

Ainda, segundo Araújo Junior e Tavares Junior (2020), é visível que as ferramentas utilizadas para o uso do espaço relacionados ao controle das inundações estão restritas, sendo utilizadas medidas que se mostram pouco eficientes, como o concretamento dos talvegues e leitos dos canais de drenagem, impermeabilização das margens e retirada da mata ciliar. O que por vezes acabam por provocar o agravamento dos fenômenos de inundação, ou seja, devido a modificação do ambiente para atender as necessidades da população.

Frente a esta problemática, faz-se necessário o uso de instrumentos que possam auxiliar na prevenção e na mitigação das perdas causadas por este tipo de evento que não pode ser controlado e/ou evitado, mas que os seus impactos podem ser minimizados, sendo, indispensável, o estudo dos riscos da área em questão. Estudo que leve em consideração o conhecimento das características da área e de ocorrências anteriores, este conhecimento se materializa na modelagem digital do terreno, onde são empregadas técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento.

O uso da geotecnologia se apresenta como uma ferramenta relevante empregada atualmente na gestão de riscos a inundações, por dispor de um arcabouço de informações que permitem identificar, caracterizar e monitorar áreas vulneráveis, possibilitando o direcionamento de ações necessárias como resposta a ocorrência dos eventos. Com o uso do sensoriamento remoto e do geoprocessamento torna-se possível a aplicabilidade de inúmeras metodologias que vão desde a modelagem da avaliação de risco, da vulnerabilidade, até o dimensionamento dos danos causados em decorrência de inundações.

Na atual conjuntura, o presente trabalho resultou na realização do zoneamento, com a ordenação de áreas de riscos a inundações, e a classificação das zonas com restrição de uso e ocupação no baixo Cauamé com a apresentação na forma de mapa e quadros.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar e classificar zonas de riscos de inundação devido a eventos de recorrência de cheias na bacia do baixo rio Cauamé, buscando estabelecer um modelo de ocupação.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Levantar a hidrologia local;
- Caracterizar a recorrência de cheias do sistema rio Branco-Cauamé;
- Delimitar e classificar as áreas com restrição ao uso e ocupação no baixo Cauamé com a produção de mapas temáticos;
- Construir um modelo para implementação de zonas com riscos a inundações na bacia do rio Cauamé em áreas urbanas e peri-urbanas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA

Há diversos conceitos utilizados para a definição de Bacia Hidrográfica, dentre eles, que são os sistemas de drenagem de uma determinada região ou localidade específica, que fluem ordinariamente em uma determinada direção por meio de seus canais superficiais e subterrâneos interligando-se a canais maiores.

Para Odum e Barret (2007), o conceito de bacia hidrográfica, ecologicamente, se define como uma área homogênea composta por um conjunto de ecossistemas sobre interação que se repetem de modo similar por todo o seu percurso se integra em nível de organização ecológica à paisagem.

O conceito de bacia hidrográfica, ainda, pode ser considerado como um sistema fluvial aberto, com entrada e saída de energia e matéria controlado por fatores diversos e interdependentes com ocorrências distintas no tempo e no espaço (CARVALHO; CARVALHO, 2015; CARVALHO; MORAIS, 2014).

Independentemente de suas definições e conceitos, os recursos hídricos são essenciais à manutenção da vida, assim como por manter diversos sistemas de produção. Os referidos sistemas estão sujeitos a diferentes tipos de interferências que desencadeiam diversas consequências ao ambiente, a sociedade e a economia.

Tendo em vista que os eventos de cheias, enchentes, alagamentos e inundações estão entre os acontecimentos hidrológicos que mais acometem e causam danos a população em nível mundial. Neste cenário, o Brasil encontra-se entre os 15 países do globo com a maior população exposta ao risco de inundação de rios (ONU, 2020).

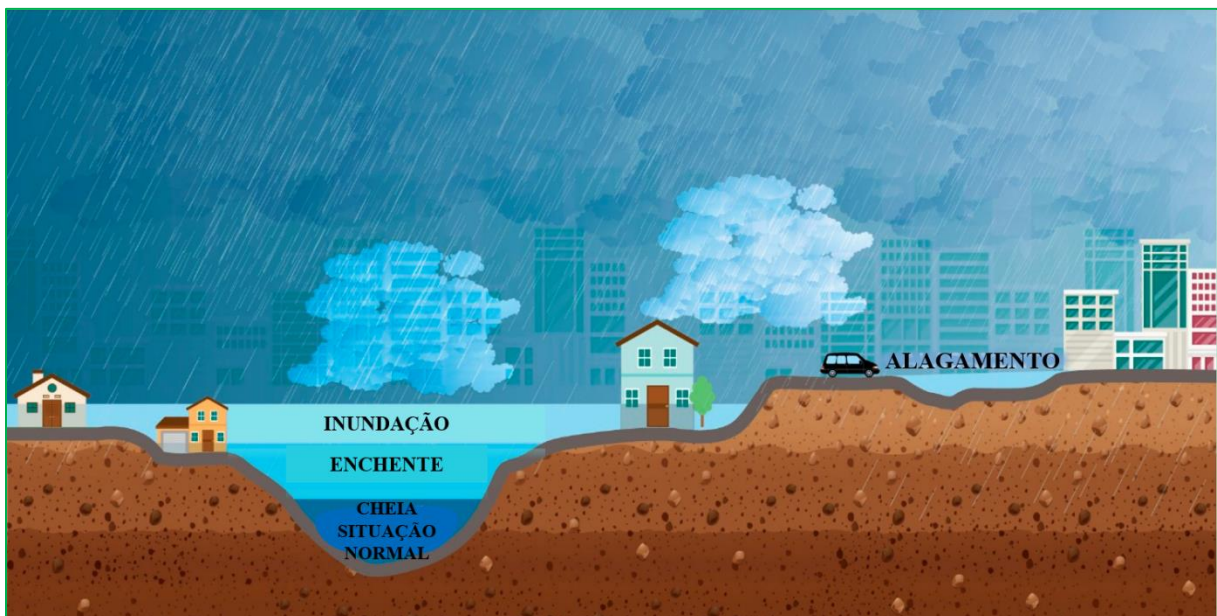
As inundações podem ser caracterizadas em dois tipos; Inundações de áreas ribeirinhas, que ocorrem no leito maior dos rios em decorrência do volume aumentado pelas precipitações que conseqüentemente eleva o escoamento na bacia hidrográfica, e as inundações advindas da urbanização, que tem como causa a impermeabilização do solo, pelas canalizações e obstruções dos canais de drenagem (TUCCI, 2007).

Os maiores acometimentos a população advindos dos eventos hidrológicos ocorrem em áreas urbanizadas, para que possam ser compreendidos são empregadas algumas definições (quadro 1), levando em consideração o ambiente em que ocorrem (Figura 3).

Quadro 1 - Quadro conceitual, eventos hidrológicos urbanos.

Cheias	Ganho de volume no canal de drenagem, que atinge cota máxima, sem que ocorra o extravasamento de sua margem (BRASIL, 2007).
Enchentes	Aumento do nível das águas no corpo hídrico, onde o volume aumentado ocupa o leito maior do canal chegando ao limite de sua calha natural, com o transbordamento da água sobre as áreas adjacentes (MAKRAKIS, 2017; TUCCI, 2007).
Alagamento	Fenômeno caracterizado pela extrapolação da capacidade de escoamento de um sistema de drenagem urbana que provoca acúmulo de água em ruas, calçadas e em outras estruturas urbanas (BRASIL, 2022; FERREIRA, 2018; IEMA, 2013).
Inundações	Ocorre quando o volume aumentado é superior a capacidade de escoamento do canal de drenagem, com o seu extravasamento são atingidas áreas não úmidas que normalmente não se encontram submersas, O transbordamento ocorre de modo gradual geralmente ocasionado por chuvas distribuídas e alto volume acumulado na bacia de contribuição (BRASIL, 2022; UNISDR, 2012; UNESCO, 2005).

Figura 3 - Eventos hidrológicos características de ocorrência em perímetro urbano.



Fonte: <https://www.prg.ufg.br/p/25619-saneamento-e-saude-ambiental>, com modificações.

O potencial de dano causado pelos eventos hidrológicos em áreas urbanas depende das características da localidade onde o mesmo ocorre, podendo causar danos severos com altos custos para o reestabelecimento da área atingida, observa (COSTA et al., 2015).

Frente as ocorrências e os dados, grande parte dos planos diretores dos municípios da América Latina não possuem nenhuma restrição quanto ao loteamento de áreas consideradas de médio risco a inundações, porém, mesmo sendo atingidas com menor frequência, estas áreas sofrem graves danos quando afetadas (TUCCI, 2008).

Tendo em vista que as inundações são resultados de alterações na hidráulica da bacia hidrográfica e na dinâmica do sistema com a transformação ambiental principalmente para o uso do solo (ZAMBRANO et al., 2018).

No Brasil as mudanças do clima também podem provocar transformações em fenômenos naturais recorrentes na floresta amazônica, como o período das cheias dos rios. Por causa das alterações no volume de chuvas e elevação da temperatura, podem ocorrer eventos extremos, como secas e inundações em 62 municípios da Região amazônica nos próximos 25 anos (FIOCRUZ, 2016).

Neste sentido, a recorrência dos eventos de inundações por si só já deveriam merecer uma atenção especial pela administração pública local e regional, tendo em vista que tais eventos possuem efeitos acumulativos, que mesmo não estando aparentemente expostos, danificam as estruturas urbanas, internas e externas como as vias, rodovias, galerias, moradias e outros. Estruturas necessárias a mobilidade e ao uso diário que, quando deixam de atender suas funções básicas, a população é afetada, já que, ao serem impossibilitadas de desenvolverem suas atividades o reflexo negativo na economia e na sociedade é imediato.

3.1.1 Recorrência dos eventos de inundação

As inundações são um processo natural historicamente evidenciado, como influenciado diretamente pelas precipitações e potencializados pelas características das bacias hidrográficas, que ganham expressividade em volume e energia pela estrutura dos canais, topografia e a geologia da região.

Os fenômenos naturais relacionados as inundações representam um dos mais recorrentes no contexto mundial, tendo como consequências danos ambientais adversos e principalmente a perda de vidas humanas (ALEXAKIS et al., 2014).

Para Araújo Junior e Tavares Junior (2018), os impactos na circulação da água em um sistema são variáveis e são influenciados por fatores diversos correlacionados, ou não, as características naturais da bacia, tais como o regime de chuvas, o grau de ocupação, a intensidade e formas de interferências nas redes de drenagem.

Dentre as diversas formas e métodos aplicados para analisar a recorrência e/ou a probabilidade de ocorrências dos eventos extremos de inundações em escala temporal, o método de Gumbel e Chirstofoletti (1981) se apresenta como novo mais indicado quando há o interesse no estudo em analisar os eventos máximos com probabilidade de ocorrência acima da média.

As intervenções nos corpos hídricos por menos danosas que sejam e/ou que se aparentam ser alteram e modificam o ciclo natural dos ambientes que os compõem. Já no contexto urbano, as intervenções são potencializadas pelas ações inadequadas que modificam e impedem a circulação natural da água.

O aproveitamento das águas fluviais com o fechamento de um rio para a formação do reservatório, assim como o aproveitamento da planície de inundação através de obras de canalização, está associado à geração de uma série de alterações fluviais. A construção de barragens em vales fluviais, sejam elas por meio de processos naturais ou antrópicos, rompe a sequência natural dos rios, provocando significativas mudanças e comprometendo a sustentabilidade desses ecossistemas (PINHEIRO; MORAIS, 2010).

Conforme o processo de ocupação se expande sobre as bacias hidrográficas no espaço urbano, torna-se evidente a ocorrência de alterações no regime fluvial. Contudo, o impacto sobre a circulação da água é variável e depende de fatores como as características naturais da bacia, o grau de ocupação, o regime pluviométrico, o volume e os tipos de intervenções na rede de drenagem (SANDER et al., 2012).

3.1.1.1 Resposta rápida

Cada inundação apresenta variações de largura nas áreas onde se posicionam vales de afluentes que tem seus trechos inferiores represados e inundados devido ao elevado ganho de cota do rio Branco (SANDER et al., 2012). Fato justificado pela inundação de áreas urbanas adjacentes ao Rio Cauamé, distantes de 6 - 12 km de sua foz, atingindo os bairros, Paraviana e Jardim Caranã que tiveram seu fluxo e de seus afluentes, no seu trecho inferior, aumentados pela subida do rio Branco durante as cheias de junho/2011 (SANDER et al., 2012).

Para Rudniak (2019), o conhecimento advindo dos estudos e análise de áreas susceptíveis a enchentes contribuem de modo significativo com a gestão nos planos de manejo de uma bacia hidrográfica urbana e conseqüentemente na gestão de uma cidade, nos quesitos relacionados ao planejamento para uso e ocupação do solo, e a implantação de infraestruturas adequadas.

O conhecimento prévio do possível potencial de cada evento de inundação, assim como da projeção de seu alcance sobre determinadas áreas, favorece as ações mitigadoras e de prevenção, possibilitando que a população tenha a capacidade de resistir aos eventos sem sofrer danos ou perdas relevantes no retorno a sua normalidade após os eventos. Os investimentos em estruturas sustentáveis são alternativas que facilitam o processo natural de infiltração de água no solo, diminuindo o volume de escoamento, e também são boas alternativas a problemática dos eventos de inundações enfrentados nas grandes cidades.

3.2 INUNDAÇÕES URBANAS

As inundações urbanas é uma problemática histórica e recorrente nos mais diversos países, provocando diversas conseqüências que vão desde as perdas materiais até perdas de vidas. Este problema social se agrava nos países pobres e subdesenvolvidos, tanto pela carência em infraestruturas de saneamento como pelo tratamento inadequado dado pelos gestores para com os ambientes de riscos.

Os ambientes são cada vez mais pressionados, frente ao crescimento populacional, dada a necessidade por moradias que tem como conseqüência, à expansão das áreas ocupadas. Evidenciando-se que a ocupação de áreas inadequadas e de riscos estão diretamente relacionadas com a condição social. Assim, nas ocorrências dos eventos de inundação, as parcelas que sofrem as maiores perdas são as populações pobres.

Quanto maiores e mais complexas forem as cidades, maior também será sua dependência das áreas circundantes e maior sua vulnerabilidade em relação às mudanças em seu entorno, estando sujeitas, para a presente discussão, as variáveis socioambientais (COELHO, 2001).

Os eventos de inundações são um sistema complexo envolvendo o sistema atmosférico e hidrológico que merecem ser observados, assim como, a variabilidade espacial e temporal dos eventos, pois existem evidências que os eventos tendem a ocorrer em espaços maiores de tempo, sendo que quantificar as ocorrências em escalas temporais maiores (integradas aos

conhecimentos da geologia e climatologia associados a hidrologia) facilitam o entendimento de ocorrências destes eventos (KELLY et al., 2002).

Para Tucci (2004), quem sofre os impactos das inundações não é quem as produz, havendo assim uma necessidade real de interferência dos governantes para que a drenagem urbana seja adequada.

Problemas relacionados a água é uma realidade tanto dos países desenvolvidos como dos países em desenvolvimento, principalmente, por não terem uma visão ampla do problema, a gestão municipal precisa ter uma visão integrada do planejamento com relação aos aspectos da água no ambiente urbano que tange o manancial, a drenagem urbana, o esgotamento sanitário, o uso do solo, os resíduos sólidos produzidos e as inundações ribeirinhas (TUCCI, 2004).

Ou seja, o plano integrado trabalha abordando todo o contexto do ambiente tornando-se eficaz as medidas de controle e prevenção dos eventos de inundação. Tendo em vista, que as inundações estão relacionadas como uma das principais ameaças ambientais urbanas que se transformam em desastres naturais principalmente em decorrência de consequências sociais e econômicas (ANDRADE; SZLAFSZTEIN, 2008).

Segundo Prince e Vojinovic (2008), em estudo de caso realizado na Holanda sobre desastres de inundações urbanas, os autores destacam que os eventos podem ser gerados por fluxos originários ou fora da área urbana ou por excesso no escoamento no próprio perímetro urbano. Tais eventos são desencadeadas pelo grande volume de água que se acumula em um curto espaço de tempo e normalmente de forma inesperada.

Para Sousa (2012), em trabalho semelhante realizado no norte de Portugal, o autor concluiu que as inundações fluviais de caráter natural não são originadas por um único fator, mas sim, por um conjunto de condições que associadas desencadeiam a sua ocorrência. Enquanto certos fatores são essenciais para a ocorrência da inundação, outros são apenas catalisadores do processo. O mesmo autor destaca que a prevenção e mitigação do efeito das inundações são, por isso, de extrema importância. Isso indica que o mapeamento das áreas de risco é uma importante ferramenta de suporte à decisão no controle de inundações.

Segundo Albano et al. (2014), em estudo realizado no centro-sul da Europa, tratando da estimativa de impacto de inundações em função das estruturas estratégicas de emergência em área urbana, destaca-se o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta eficiente em resposta a tais fenômenos.

No Brasil, nas últimas cinco décadas, mais de 10.225 morreram em desastres naturais, a maioria em inundações. Os impactos no futuro tendem a ser maiores em razão das mudanças

climáticas e da expansão das cidades, que leva a população a ocupar com mais frequência as áreas de riscos (FAPESP, 2016). Estas situações, recorrentes nas grandes e médias cidades brasileiras, principalmente nas regiões metropolitanas é cada vez mais observado nas cidades de pequeno porte, devido ao rápido desenvolvimento demográfico das áreas urbanas, que provoca como consequência a ocupação de áreas impróprias do ponto de vista físico, desencadeando o surgimento de áreas de riscos nestes ambientes urbanos segundo (ROBAINA; TRENTIN, 2013).

O processo de crescimento das cidades provoca desafios por soluções de planejamento e gestão de seu espaço. Geralmente, as ocupações ocorrem de forma desordenada associando-se a um grau de vulnerabilidade, que com o processo de urbanização acelerado não obedecem ao planejamento e o ordenamento do território (HAYAKAWA; ULTRAMARI, 2008).

Uma das razões destes problemas é que a expansão de espaços urbanos nem sempre é acompanhada de condições para uma infraestrutura adequada, o que acaba prejudicando os sistemas de drenagem locais, este fator agravado pela não observação da legislação ambiental e sobretudo das características dos ambientes ocupados, frequentemente impossibilita que as áreas próximas aos rios e córregos efetivem o seu papel de zonas de amortecimento e absorção dos volumes excedidos pelos canais (REIS, 2015).

Não diferente de outras realidades, na área do referido estudo, observa-se a que problemática é desencadeada por diversos fatores, que vão desde a questão social ao mau planejamento do espaço urbano. Estes fatores associados a falta de legislações prejudicam ações que possam atenuar e orientar para o manejo correto das águas pluviais, bem como no planejamento e ordenação do espaçamento urbano, impossibilitando assim o uso adequado das melhores alternativas de controle da drenagem urbana (seja controle *in situ* ou na fonte), bem como as alternativas para o uso de drenagem convencional.

Neste sentido, apoiar-se no SIG e em suas geotecnologias, permiti a caracterização das áreas no âmbito do domínio espacial para avaliação dos riscos de desastres, tornando-se possível monitorar e compreender a distribuição espacial de atributos observados, bem como, auxiliar no gerenciamento de operações e intervenção espacial urbana (BUFFON et al., 2017).

3.3 GEOTECNOLOGIAS

A aplicação do sensoriamento remoto tem se apresentado como uma ferramenta relevante na gestão de riscos advindos dos eventos naturais extremos, por disponibilizar um

arcabouço de dados e conhecimentos que permitem identificar áreas e seus pontos de vulnerabilidade, caracterizar e monitorar os eventos e, assim, produzir mecanismos de respostas que atendam ao contexto regional e local.

Geoprocessamento se apresenta como um processo informatizado de dados georreferenciados, que utiliza programas de computador, fazendo o uso de informações cartográficas (como cartas topográficas, mapas, plantas e registros) que podem se associar as coordenadas dessas informações. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem a captura, armazenamento, manipulação, recuperação, análise e apresentação de dados referenciados geograficamente. Podendo-se fazer interligações entre os mais diferentes fenômenos com base nas relações espaciais. É possível ter acesso às informações descritivas de certos fenômenos geográficos a partir de sua localização. Um SIG tem como característica a capacidade de manipular dados cartográficos e descritivos de modo consistente para análise e consulta de forma integrada. As ferramentas computacionais utilizadas em geoprocessamentos cruzam informações de diversos campos científicos, favorecendo a contextualização do conhecimento nas mais diversas áreas do conhecimento.

Para Almeida e Neto (2017), os SIGs e o geoprocessamento se tornam poderosas ferramentas de apoio para produzir informações que possam subsidiar o planejamento de uso e ocupação do solo de modo a minimizar seus impactos.

O processo de planejamento para a conservação do solo e da água de uma bacia hidrográfica, assim como qualquer outra atividade que envolva análise de dados espaciais georreferenciados, pode ser executado de forma mais precisa e rápida com a utilização de um SIG. O SIG possibilita a geração de bancos de dados espacialmente codificados, favorecendo os cruzamentos simultâneos de um grande número de informações, dessa forma permitindo o acompanhamento das variações de temas e obtendo-se uma diversificação de mapas com agilidade e precisão, por meio da atualização dos bancos de dados. Ações que possibilitam um acompanhamento próximo e uma visão geral do espaço em estudo, assim como, suas modificações e alterações, trazem uma grande contribuição nos estudos sobre recursos hídricos.

Os mapas de risco a inundação são ferramentas poderosas no controle de inundações, pois através deles é possível definir as áreas de riscos, assim como, uma possível utilização destes para elaborar os planos de gestão dos riscos de inundações (SOUSA, 2012).

O mapeamento de áreas sujeitas a inundações baseia-se na determinação de perímetros possíveis de serem inundados. Atualmente, o uso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto com o complemento de dados fluviométricos da área ou da região é uma das

metodologias que tem sido empregada com bastante frequência neste tipo de estudo. Esta consiste inicialmente no levantamento de dados altimétricos e posteriormente trabalhados em imagem de satélite, permitindo a confecção de um modelo digital de elevação e possibilitando a representação das características do relevo. Modelo que, associado a informações sobre a recorrência dos eventos e suas cotas máximas, permitem a simulação das manchas de inundações referentes as cotas já atingidas e extrapoladas. Este processo é relevante na determinação das áreas atingidas.

Para Oliveira et al. (2018), ao estudar a suscetibilidade a inundações e enxurradas o uso da geotecnologia lhe permitiu identificar e analisar as áreas susceptíveis a inundações em seu ambiente de estudo, possibilitando a integração de diversos fatores e permitindo simulações sobre acontecimentos que facilitaram a caracterização de cartas com a representação de manchas de inundações e suas posteriores classificações.

Visando a segurança dos resultados é prudente o uso de uma base cartográfica consistente no mapeamento de áreas sujeitas a inundações, faz-se necessário conhecer as feições dos elementos e sua a localização exata na área de estudo, assim como as características do sistema de drenagem da bacia. Esses levantamentos são essenciais para retratar a exatidão dos resultados no estudo.

A representação gráfica e a discriminação das áreas possíveis de serem atingidas durante o evento de inundação favorece os processos de organização e de planejamento do espaço urbano com medidas e ações inteligentes evitando a penalização da população nas áreas afetadas.

Com a abordagem sistêmica é possível somar uma série de elementos à análise ambiental voltada para o zoneamento das bacias hidrográficas, centralizando métodos e aplicando instrumentos no desenvolvimento da pesquisa numa área (FEITOSA, 2012).

O conhecimento produzido em estudos sobre a análise de áreas sujeitas a eventos de inundações favorece os processos de gestão de bacias hidrográficas em áreas urbanizadas. Fornecendo também instrumentos para a gestão eficiente de uma cidade, com base no planejamento para uso e ocupação do solo, possibilitando a implantação e implementação de infraestruturas adequadas.

Segundo Neto (2007), ao utilizar ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto constatou que tais instrumentos lhe possibilitaram identificar fragilidades na bacia, tornando-se relevante sua aplicabilidade para o conhecimento e o entendimento da bacia do rio

Cauamé que é tão necessária frente à sua importância econômica e social a população boavistense

De acordo com a Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999 e seu Art. 3º reza que somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal.

Conforme o disposto na Lei nº 926 de 29/11/2006 em seus art. 4 e art. 5, para fins de aplicação das normas de uso e ocupação do solo, os terrenos incluídos nos limites do perímetro urbano do Município de Boa Vista se dividem em áreas (essa divisão se aplica em detrimento dos graus de consolidação e qualificação dos empreendimentos) ao ponto que estas áreas por sua vez se dividem em zonas para orientarem o desenvolvimento urbano.

Observa-se que diante do contexto regional do Brasil não é permitido a aplicação de uma metodologia homogênea a ser empregada no mapeamento de áreas sujeitas a risco de inundação. Sendo necessário o desenvolvimento de metodologias adequadas a cada realidade, levando em consideração o histórico de ocorrências e as características fisiográficas da região, que em associação com as técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento favorecem a caracterização e a composição das áreas.

O zoneamento de risco caracteriza-se por presumir a existência de uma situação provável em decorrência dos eventos ambientais, sendo o desastre a sua efetivação. Assim, o zoneamento possibilita definir espaços e dimensionar o tipo e o limite das ocupações em áreas de risco. Para Rodriguez e Silva (2013), a caracterização de bacias hidrográficas possibilita avaliações de comportamentos dessas, objetivando reduzir a gravidade das possíveis ocorrências.

Segundo Hora e Gomes (2009), avaliar e gerir os riscos de inundação se faz necessário para identificar as ocorrências, sendo que, esta tem relação direta com a classificação do solo e suas características e com as mudanças climáticas na intensificação de seus impactos negativos. Ou seja, há a necessidade de tratar as inundações no âmbito da bacia hidrográfica como um todo.

Os impactos sobre os recursos hídricos mais severos são gerados sobre o espaço urbano, em razão de seu uso e ocupação. Isto traz como consequência uma problemática recorrente de alagamentos e inundações de áreas ocupadas com a finalidade de habitação, sem observância as leis de uso e ocupação do solo (COSTA; REIS NETO, 2004).

Trentin et al. (2013) destacam que a topografia caracteriza-se como um dos principais elementos que orientam o processo de ocupação do espaço urbano. O relevo influencia

diretamente na delimitação de áreas planas onde as cotas mais baixas e a probabilidade de ocorrência dos eventos de inundação são maiores. Contudo, a expansão horizontal das cidades nas últimas décadas tem ocorrido de maneira intensa, independente das condições e das características físicas e geomorfológicas locais. Onde são empregadas diferentes tecnologias e possibilitando transformações no ambiente para atender a diferentes interesses de ocupações, principalmente em locais que venham a ser considerados como áreas de riscos ((GUERRA et al., 2007).

As precipitações, assim como a taxa de infiltração, saturação do solo e as características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem estão diretamente relacionadas com a magnitude e a frequência das inundações, elas estão relacionadas também as condições estruturais do município ao qual se encontra inserido na planície de inundação, com destaque para as moradias presentes sobre o sistema de drenagem urbano (TOMINAGA et al., 2009).

As ameaças ambientais estão diretamente vinculadas às condições naturais, em questão as áreas de várzeas, potencializadas pela precariedade das habitações. A situação de vulnerabilidade presentes nestes locais está relacionada com fatores socioculturais e educativos que determinam se uma comunidade está mais ou menos vulnerável a determinados eventos, sejam por suas características ou por sua capacidade de resposta e de se recuperar de tais eventos (SAMPAIO et al., 2012).

As projeções, juntamente com ferramentas eficientes para a redução de riscos de desastres, devem fazer parte do contexto no desenho urbano e das estratégias mitigadoras para alcançar o desenvolvimento sustentável das cidades (UNISDR, 2012).

As decisões podem ser essenciais para reduzir as perdas materiais e humanas nas cidades, contribuindo no entendimento dos mecanismos de desastres naturais ou ocorrência de riscos através do monitoramento, levantamento, diagnóstico e modelagem (TRENTIN; ROBAINA; SILVEIRA, 2013).

O zoneamento das áreas de inundação e alagamento devem englobar diversos critérios e etapas, dentre as quais se destacam: a determinação do risco a inundações, mapeamento das áreas de inundação e o acompanhamento das áreas suscetíveis a risco (BATIST; SILVA, 2018).

Para as análises de ocorrências de inundações, faz-se necessário o uso de espaço e de multicritérios na determinação de fatores favoráveis à ordenação e ao controle do uso do solo, conforme orientações do Estatuto das Cidades (REIS NETO, 2015).

As características dos sistemas hidrológicos são relevantes no planejamento, uso e preservação de bacias hidrográficas. Os modelos de simulações dos comportamentos hidrológicos permitem identificar a base espacial das áreas sensíveis, ou seja, as que se apresentam com maior probabilidade de geração de escoamento superficial por saturação (SIEFERT; SANTOS, 2015).

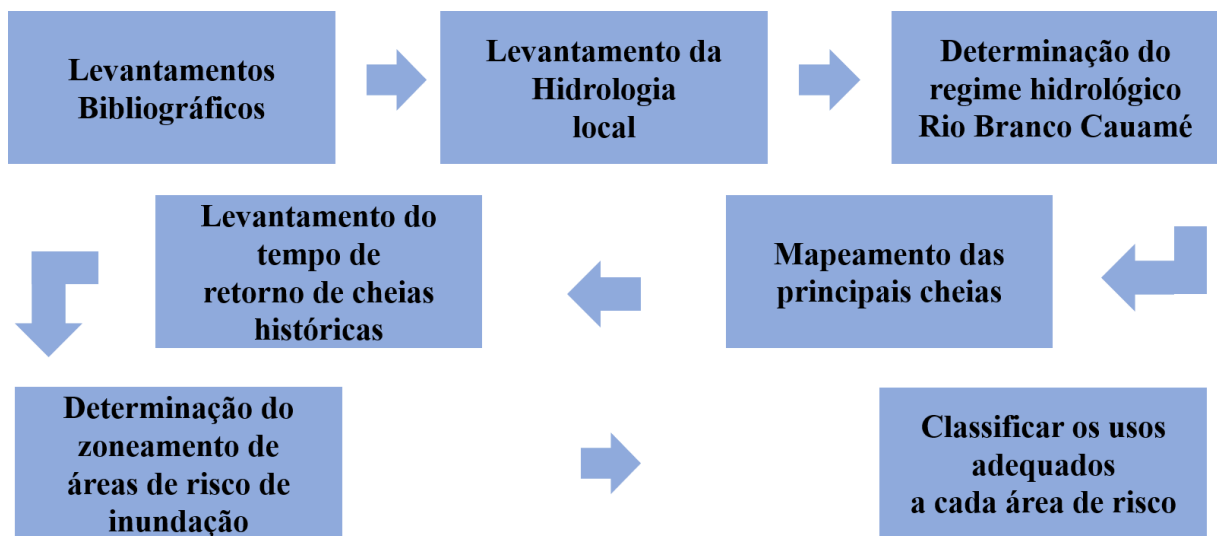
O mapeamento de riscos a inundação possibilita a localização de áreas vulneráveis, favorecendo as ações e as tomadas de decisões do poder público no ordenamento territorial e no direcionamento das ações de prevenção.

Uma vez que os ambientes urbanos podem ser equacionados e quantificados por meio de instrumentos, o mapeamento por ser uma ferramenta com múltiplas aplicabilidades e tem sido utilizada com frequência para o zoneamento de áreas, pois permite a identificação, determinação, classificação, análise e acompanhamento de áreas susceptíveis a eventos de inundações. Os dados resultantes das inundações podem ser elevados, principalmente, quando estas ocorrem em zonas ocupadas pela população, podendo conduzir a perda de vidas humanas e bens, assim como resultar em impactos extremamente negativos para as atividades socioeconômicas das áreas e/ou regiões afetadas (SOUSA, 2012).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos bibliográficos empregados (Figura 4) objetivaram o levantamento de informações acerca da hidrologia local, da evolução e expansão da cidade, e as possíveis relações com os eventos de cheias. Este levantamento também incluiu a produção de dados referentes a área por meio do Sistema de Informações Geográficas, sensoriamento remoto e, ainda, foram levantados dados sobre métodos de classificação e definição para uso e ocupação do solo a serem adaptados à realidade da área em estudo.

Figura 4 - Fluxograma metodológico



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

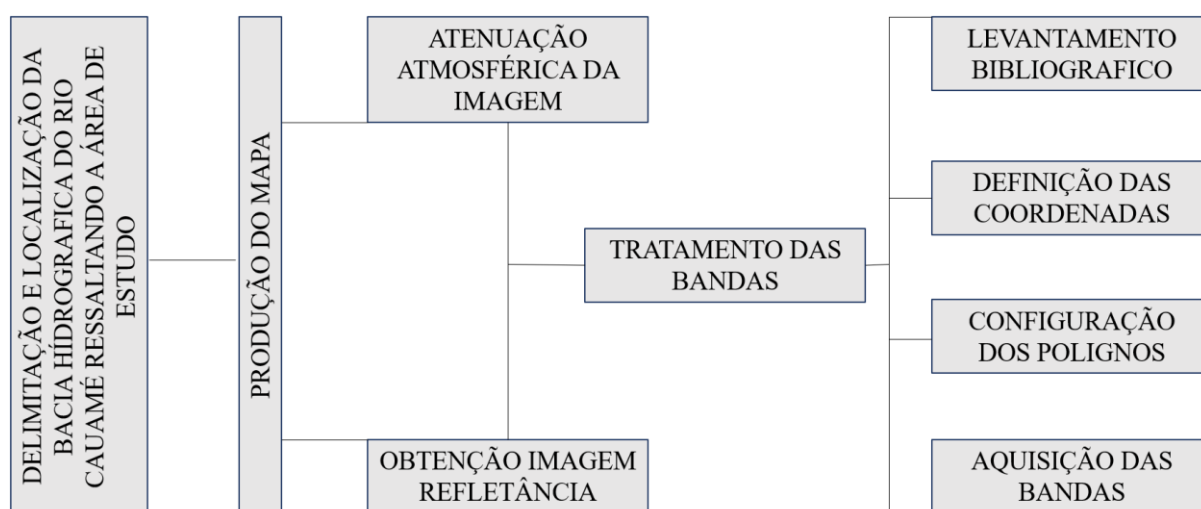
O levantamento bibliográfico se baseou em trabalhos científicos disponíveis nos meios digitais, onde foram extraídas informações de trabalhos semelhantes realizados em outros países, assim como em outras regiões do Brasil, confrontando as informações dispostas em trabalhos realizados no estado de Roraima e na região da área de estudo.

Os procedimentos metodológicos empregados tiveram por objetivo o levantamento de informações acerca da hidrologia local, da evolução e expansão da cidade, e as possíveis relações com os eventos de cheias. Este levantamento também incluiu a produção de dados referentes a área por meio do Sistema de Informações Geográficas, sensoriamento remoto e ainda o levantamento de dados sobre métodos de classificação e suas definições para uso e ocupação do solo que foram adaptados à atender realidade da área em estudo.

4.1 LOCALIZAÇÃO REGIONAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAUAMÉ

Inicialmente, este trabalho consistiu na localização e delimitação da bacia. Para tanto, foram utilizados materiais de referência, como a localização da bacia hidrográfica e carta matriz com a delimitação da área em estudo, estes procedimentos seguiram a ordem cronológica de execução como demandado no estudo (Figura 5).

Figura 5 - Fluxograma obtenção de dados, tratamento e confecção das cartas de localização, definição do limite da bacia hidrográfica do rio Cauamé com destaque ao perímetro urbano de Boa vista.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

De posse das coordenadas, inicialmente os pontos limites da área foram criados utilizando o programa ArcGis, configurando os parâmetros cartográficos WGS 1984, projeção UTM, na zona 20N, com as coordenadas métricas referente ao estado de Roraima. Determinados os polígonos no ArcGis, criou-se um *Shapefile*, que foi transferido para a plataforma do site do Serviço Geológico Norte Americano (USGS). O sensor utilizado para a aquisição da sena da imagem foi Landsat 08, na coleção nível 01. A imagem utilizada é referente ao período de março de 2020. O trabalho de processamento dos dados inicialmente consistiu na aquisição das imagens, aplicando sobre estas os tratamentos de atenuação e da interferência atmosférica e geração da imagem de reflectância. As posteriores operações foram recorte de mosaico de cenas e de realce, ampliação do contraste e pôr fim a composição colorida com a fusão de bandas RGB 5, 6 e 2. Estas bandas foram definidas por melhor representarem as características da área como a cobertura do solo e dos corpos hídricos.

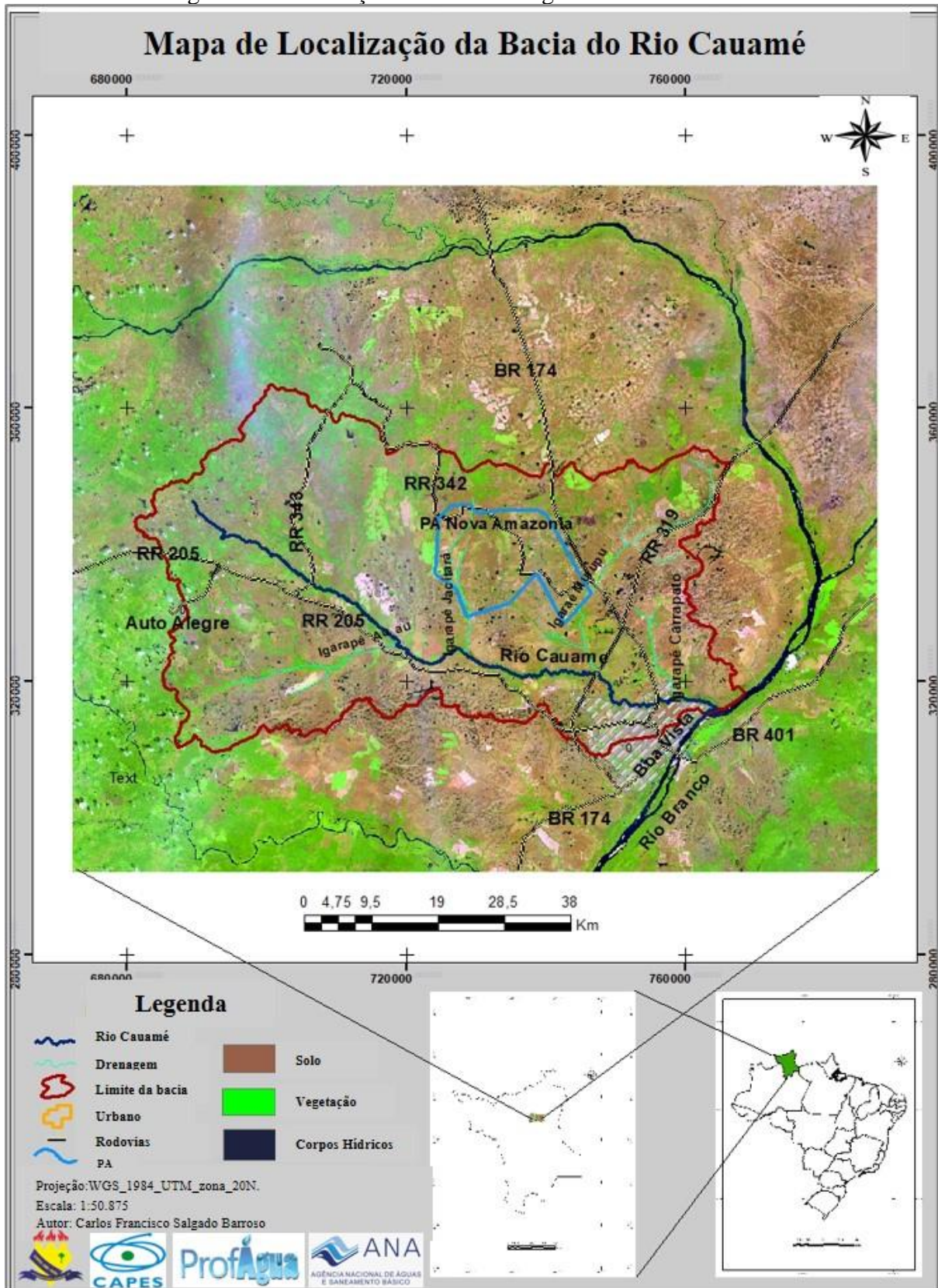
Fazendo o uso do aplicativo ArcGis 10.5, o tratamento das imagens possibilitou caracterizar os principais canais de drenagem, assim como, os sistemas de pressão instalados

sobre a bacia; tal como, as estradas de acesso, os perímetros urbanos das cidades e as áreas de exploração dentro do limite da bacia. Com os polígonos do limite da área da bacia, foram gerados o layout do mapa de localização e seu *Grid* de coordenadas, com seu título de referência, classificando o Norte, escala correspondente, a legenda com a configuração do Mapa do Brasil e do Mapa de Roraima. Ao delimitar a bacia, foi possível determinar sua área de abrangência sobre a região na qual estar inserida e os pontos de acesso (figura 6). A bacia estar localizada na porção norte do Estado de Roraima, sobre as coordenadas UTM Lat. 03° 34' 54''N, Lon. 061° 54' 38'' W, Lat. 03° 34' 35'' N, Lon. 060° 23' 20'' W, Lat. 02° 24' 38'' N, Lon. 060° 23' 40'' W, Lat. 02° 24' 28'' N, Lon. 061° 55' 08'' W. O acesso a bacia se faz ao sul pela rodovia BR 174 e BR 401, ao norte também pela BR 174 (sentido Venezuela), ao leste pelas rodovias RR 205 (sentido Alto Alegre, onde são percorridos 56km) e pelas rodovias RR 342 e 343.

A bacia possui uma área de drenagem correspondente a 3.187,40 Km², ou 1,67%, no sentido foz montante Lemos et al. (2017), para a ANA (2015) a área de drenagem desta é de 3.187,49 km². Já para Oliveira e Carvalho (2014), a bacia possui uma área de drenagem de 3.159,06 km². A bacia do Cauamé está inserida no trecho do alto rio Branco e por sua vez encontra-se compartimentada em alto, médio e baixo rio Cauamé, na altura da cidade de Boa Vista. O sistema fluvial da bacia se compõe de igarapés, lagos e áreas sujeitas a inundações periódicas, com altitudes variando de 60 a 80 metros. Os principais canais são o rio Cauamé e os igarapés maiores, Murupu e Au-Au (NETO; COSTA, 2010).

Segundo Strücker (2020), o rio Cauamé tem grande importância socioeconômica para o município de Boa Vista e para o município de Alto Alegre com a presença de vários setores produtivos, como a piscicultura, a produção de grãos, pescas artesanais e comerciais, e sua utilização como área de lazer e recreação, contribuindo para o abastecimento de água da cidade de Boa Vista, balneabilidade e captação para fins agropecuários. A bacia apresenta diversas áreas de cultivo, assim como de uso do solo, no entanto, a maior parte encontra-se ainda recoberta pela sua vegetação original. As áreas mais frágeis aos impactos estão dispostas nas adjacências do canal, áreas de relevos residuais, áreas urbanas e de expansão devido os impactos antrópicos de retirada da cobertura vegetal. Associado a degradação da cobertura vegetal ao longo dos anos a bacia sofre com a expansão da cidade, sobre suas áreas de preservação permanente e ao seu sistema de drenagem que ocorrem de forma desordenada.

Figura 6 - Localização da Bacia hidrográfica do Rio Cauamé.



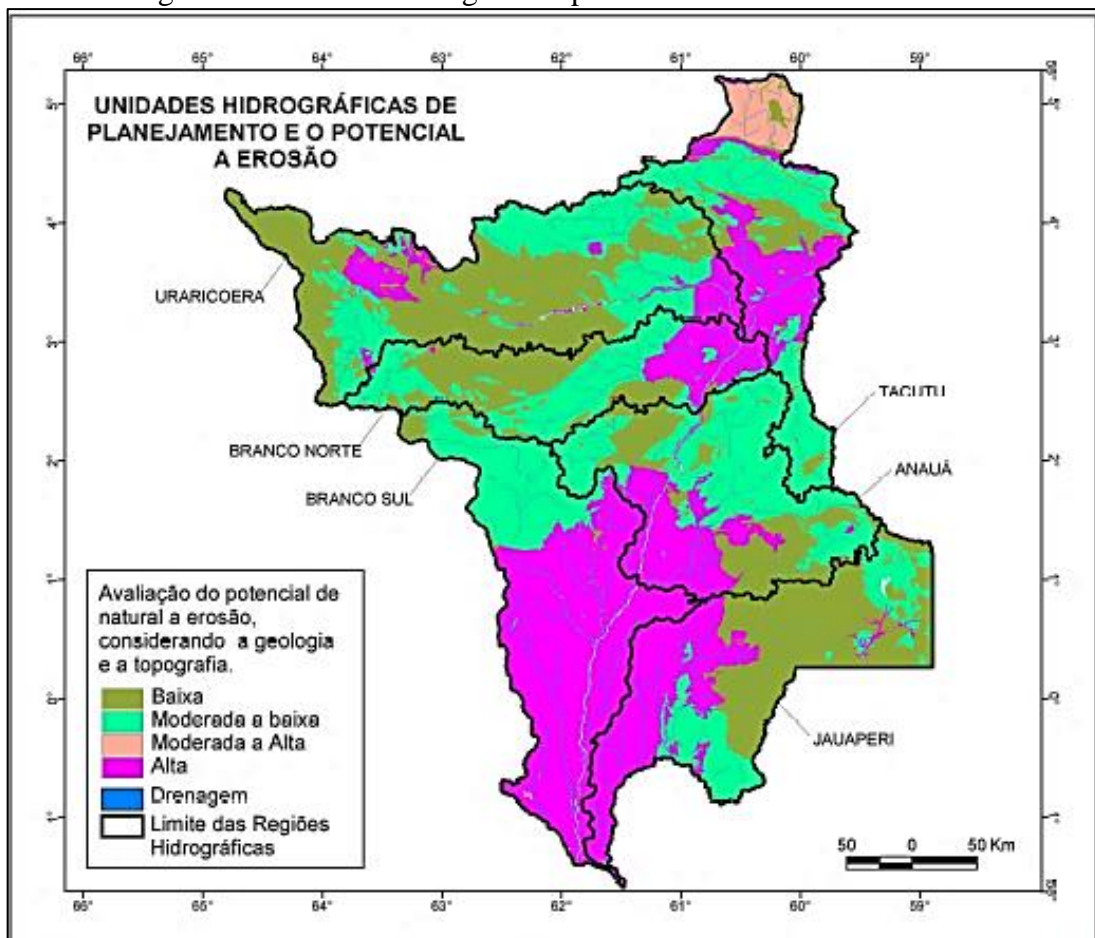
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Atualmente, atuam sobre a bacia processos acelerados de investimentos voltados para a produção em grande escala de soja e outras monoculturas, tornando-se mais um fator de pressão sobre o sistema. Esta nova realidade demanda por instrumentos de gestão que possam assegurar a sustentabilidade da bacia hidrográfica do Rio Cauamé.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

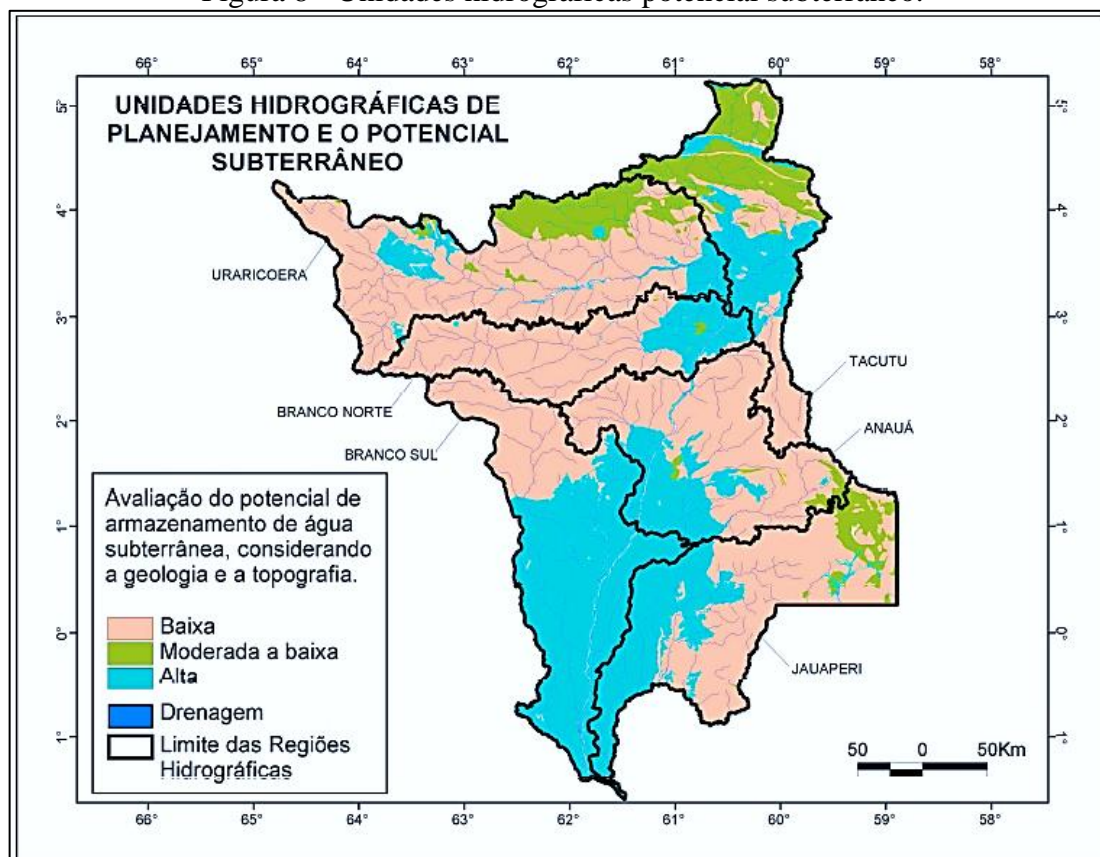
Didaticamente, a bacia do Cauamé é uma sub-bacia que em nível regional, abrange o Planalto Residual de Roraima e Pediplano Rio Branco-Rio Negro. Caracterizado por uma superfície plana a levemente ondulada com a existência de vários lagos concêntricos, possíveis de extravasamento no período chuvoso, com aspecto de savana composta por buritizais e áreas arenosas características da paisagem da região. Apresentando como características geológicas solos impermeáveis e em sua hidrológica apresenta lençóis freáticos aflorantes. (Fig. 7 e 8).

Figura 7 - Unidades hidrográficas potencial erosivo e subterrâneo.



Fonte: PESGRH do Estado de Roraima (2007).

Figura 8 - Unidades hidrográficas potencial subterrâneo.



Fonte: PESGRH do Estado de Roraima (2007).

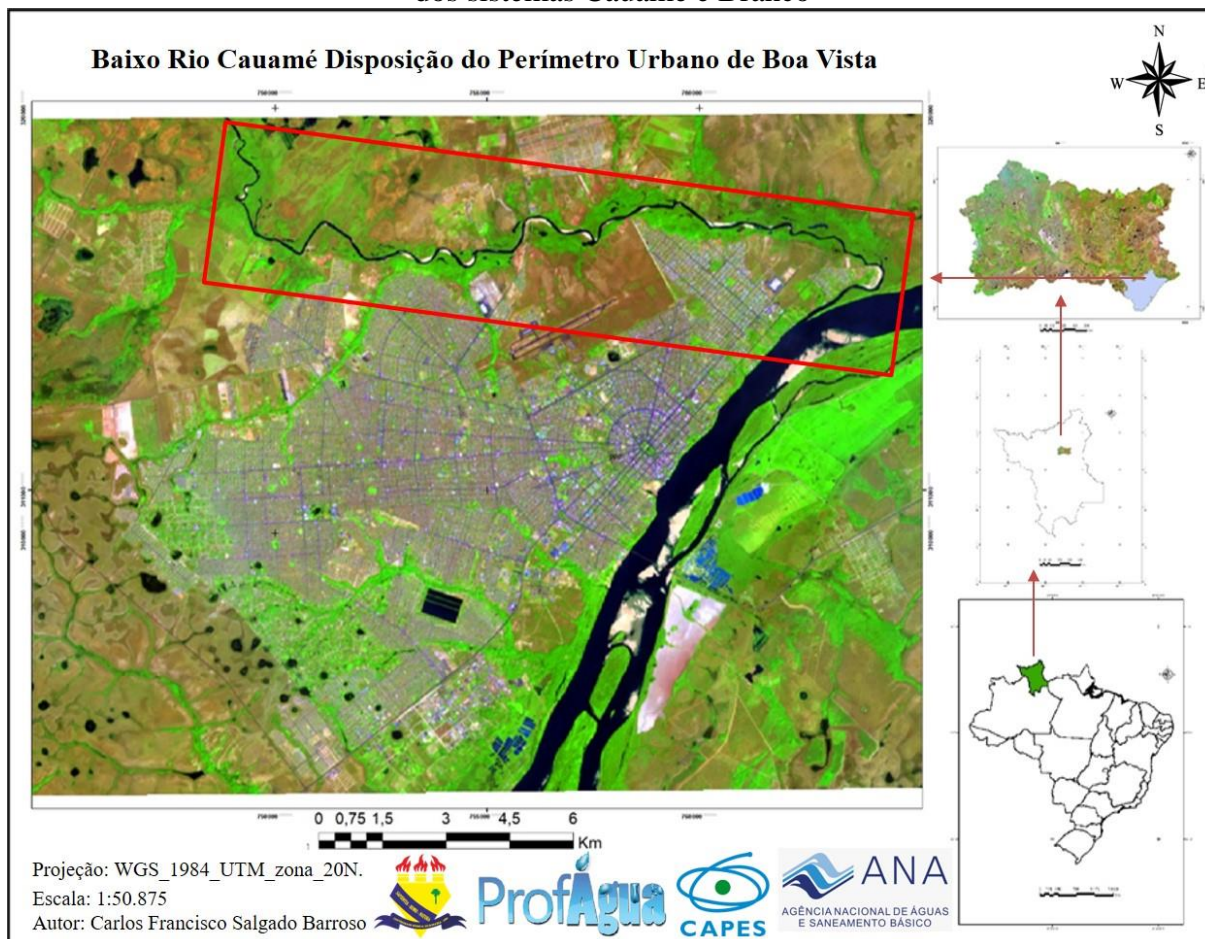
Não diferente de outras cidades, principalmente por estratégias de defesa e de acesso que em épocas passadas se restringia basicamente a navegação, Boa Vista se inseriu sobre duas importantes bacias hidrográficas, rio Cauamé e rio Branco, neste trecho denomina-se o compartimento do baixo Cauamé, local do referido estudo, que drena a cidade de Boa Vista por mais de 18,7km (Figura 9).

O acesso a área acontece ao norte pela BR 174, ao oeste pela RR 205 e ao leste pelo bairro Caçari e Paraviana, por ruas e avenidas adjacentes. As características da área constataam com informações de estudo do Ministério das Cidades (2005), ao destacar que as várzeas de inundação de um rio aumentam consideravelmente nos seus cursos médio e baixo, onde há uma elevada redução na declividade com a predominância de áreas planas.

No baixo rio Cauamé, as áreas de risco têm aumentado devido ao processo de expansão da cidade, com as ocupações irregulares que acarretam perda da mata ciliar, aterramento de lagos e intervenções em tributários. Isso, conseqüentemente, faz crescer o número de áreas com risco a inundações, revelando que vários bairros e/ou partes deles se inseriram dentro dos limites dos canais, sendo estes atingidos com frequência pelos eventos de inundação. As áreas

sensíveis as ações antrópicas estão dispostas na margem direita do Rio. A expansão do perímetro urbano ocasionou alterações do meio natural, com o aterramento de lagos e a retirada da vegetação nativa (OLIVEIRA; CARVALHO, 2014).

Figura 9 - Área de estudo baixo rio Cauamé disposição da cidade de Boa Vista na confluência dos sistemas Cauamé e Branco



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para Boa Vista, mesmo com um histórico de cheias em quatro décadas, tais informações têm sido pouco consideradas no estabelecimento de limites de ocupação a áreas com riscos de inundações (SANDER et al., 2013).

Araújo Junior e Tavares Junior (2018), avaliaram a distância das inundações do rio Branco e rio Cauamé no perímetro urbano de Boa Vista, realizando uma abordagem sobre as 15 bacias e drenagens secundárias que possuem interferência direta no Rio Branco e Rio Cauamé. Os autores em suas conclusões indicam a necessidade de medidas mitigadoras de curto e longo prazo que objetivem minimizar e prevenir os danos advindos dos eventos extremos. Ainda, segundo os autores, a análise de dados evidenciara que, de acordo com o disposto no Plano Diretor de 2006, 63,6% da área total da cidade de Boa Vista está sob baixo risco de

inundação, 8,8% encontram-se em médio risco à inundação e 27,6% está sob alto risco à inundação, os autores também destacam que as ferramentas de avaliação de cheias estão especificamente relacionadas apenas as bacias hidrográficas Caxangá, Frasco e Pricumã.

Em consequência do tratamento descontextualizado das bacias que drenam a cidade, observar-se áreas ambientalmente vulneráveis, em decorrência dos pontos de pressão aos sistemas naturais, provocando um constante desequilíbrio, social, econômico e ambiental a realidade da cidade. Fatos decorrentes da deficiência no controle de uso e ocupação do solo que tem levado a investimentos inadequadas e pouco eficientes.

A área especificamente mais afetada é o baixo rio Cauamé local de disposição do perímetro urbano de Boa vista. Neste trecho, por ser o local de confluência, a água perde energia no escoamento fazendo com que permaneça por mais tempo sobre a superfície e favorecendo os recorrentes eventos de inundações.

Segundo Oliveira e Carvalho (2014), ao longo deste perímetro urbano ocorrem as invasões das áreas com risco a inundações para a habitação. De acordo com os autores, este processo de expansão acaba por modificar a paisagem natural.

Os atributos influenciados diretamente pelas precipitações e características alheias a região na prática favorece o ganho no volume (com conseqüente espalhamento da lâmina de água sobre as planícies) no decorrer dos eventos, já que, se apresenta com um baixo gradiente no escoamento favorecido pelo relevo. Isso proporciona uma movimentação da água com baixa energia no escoamento, provocando sua permanência por mais tempo sobre as planícies, ocasionando que os eventos de inundações ganhem maior potencial possível de causar danos na área.

Fato justificado por Magalhães (2020), que ao estudar a dinâmica hidrológica do trecho inferior do rio Cauamé e/ou baixo rio Cauamé, destaca que os dados analisados apontam uma provável tendência deste trecho estar sobre a influência do rio Branco. Segundo o autor, o ciclo que envolve o período das cheias no rio Cauamé se mostrou similar ao sistema do rio Branco.

De acordo com Araújo Júnior e Tavares Júnior (2018, 2020), a baixa altitude da área urbana de Boa Vista favorece os eventos de inundações, devido ao baixo gradiente no escoamento das águas neste trecho. No canal do rio Cauamé, da nascente a foz, há uma diminuição importante do gradiente, com aumento proporcional da largura, profundidade e velocidade do fluxo de escoamento. De acordo com os autores, o baixo rio Cauamé constitui uma área de 1.175,761km², apresentando-se com perfil longitudinal caracterizado por

declividade pouco acentuada, em cota altimétrica de 62m e com baixo potencial energético (OLIVEIRA; CARVALHO, 2014).

Segundo Beserra et al. (2008), a região de Boa Vista se caracteriza por uma superfície de aplanamento extenso, apresentando altitudes que variam de 80 a 160 metros.

Para Sander (2015), este desnivelamento acentuado na área faz com que o rio Branco em períodos de cheia transfira seu fluxo ao Cauamé aumentando seu volume. Neste contexto, os efeitos das inundações ainda são agravados frente as ações antrópicas preexistentes que, na área em estudo, estão relacionadas principalmente com a transformação do ambiente para fins de habitação (Figfigura 10).

Figura 10 - Bairro Paraviana, zona urbana periférica de Boa Vista, planície fluvial do baixo Cauamé, cheia de 2011, A - maior histórica, B - Casas irregulares, pelo processo de invasão em área de APP do Cauamé.
Visão geral da foto A, vegetação aluvial indicando limite da planície de inundação do Cauamé.



Fonte: modificada de (OLIVEIRA; CARVALHO, 2014).

Oliveira (2020), ao analisar o traçado e extrapolação de curva-chave do rio Cauamé, destaca que as características morfométricas da bacia indicam uma extensa rede de drenagem, com baixa declividade resultando em elevado tempo de concentração do volume. Ainda, segundo o autor, no rio Cauamé, em áreas próximas à foz, há formação de remansos

provavelmente devido esta concentração que ocorre em período de cheias mais elevadas do rio Branco (Figura 11).

Na prática, tal fenômeno faz com que a água do rio Branco, por exercer volume e energia superior, pressione a água do rio Cauamé ocasionando sua retração e conseqüentemente aumentando o tempo de permanência sobre este trecho do canal.

No baixo rio Cauamé, a ocorrência dos eventos extremos de cheias possuem estreita relação com o processo de expansão desordenado, em consequência a ocupação destas áreas consideradas frágeis demandam por ações corretas, enérgicas e eficientes por parte do poder público. A inércia deste torna a situação atual e futura muito mais complexa, tendo em vista que os dados analisados indicam a ocorrência dos eventos de inundação em escala temporal cada vez menor, provavelmente pelos efeitos das mudanças climáticas, e seus efeitos precisam ser previstos para auxiliar no direcionamento das ações.

Figura 11 - Cheias de 2011perimetro urbano de Boa Vista, sistema rio Branco, parte do bairro Calungá, 06/06/2011.



Fonte: Divulgação/Governo Roraima) obtida em; <http://g1.globo.com> > brasil > noticia > 2011/06 > rorai... Roraima registra pior enchentes dos últimos 35 anos...

Os diversos fatores envolvidos nas ocupações em áreas de várzeas têm estreita ligação com os eventos de inundação, devido a alteração no uso do solo, impermeabilização, ou

interferência de engenharia, o que geram os mais diversos prejuízos para os diferentes componentes da ocupação (MENDIONDO; TUCCI, 1997).

O que de fato constata com a realidade do caso em estudo, as características de declividade da bacia têm forte influência sobre seu sistema de drenagem, que associadas as interferências antrópicas e ao volume de chuvas que se concentram em um determinado período (volumes mais intensos nos meses de junho a julho na região de estudo), associados também a baixa declividade e o baixo nível de escoamento, favorecem o acúmulo e o extravasamento dos canais, potencializando os eventos de inundações.

Neto e Costa (2010), destacam que a bacia hidrográfica do rio Cauamé com suas áreas abaciaadas inundáveis, veredas e lagos distribuem-se por várias unidades geomorfológicas, apresentando baixa declividade e presença de lagos, provavelmente devido à dificuldade de escoamento.

A bacia hidrográfica do Rio Cauamé compreende unidades de morfologia distintas, onde são observadas serras que se sobressaem altimetricamente nos relevos colinosos e extensa superfície de aplainamento com presença de pequenos *inselbergs* (IBGE, 2005).

Segundo Neto e Costa (2010), os residuais de *inselbergs* remanescentes encontram-se altimetricamente na faixa de 290m a 450m (representados pelas serras do Taiano, Tabaio, Murupu e Nova Olinda), o alto e médio Cauamé apresentam ondulações pouco acentuadas conhecidas regionalmente como “tesos” na parte NW da bacia, no interflúvio divisor das bacias dos rios Uraricoera-Cauamé observa-se relevo colinoso sustentado por crosta laterítica, já a depressão de Boa Vista apresenta-se com relevo plano suavemente ondulado (compreendendo áreas de concentração e desmantelamento de crosta laterítica com presença de pelotas e fragmentos de material arenítico e ferruginoso que formam blocos concrecionários resistentes).

A bacia tem suas unidades geomorfológicas definidas em Planícies e terraços fluviais do rio Cauamé e igarapés maiores, áreas sujeitas a inundações periódicas, com altitudes variando de 60 a 80 metros, encontram distribuídas ao longo das drenagens mais expressivas como o rio Cauamé e igarapés como o Murupu e Au-Au. A referida unidade apresenta anomalias de drenagem como: trechos retilíneos, drenagens formando ângulos retos ou em cotovelo e curvas anômalas (IBGE, 2005).

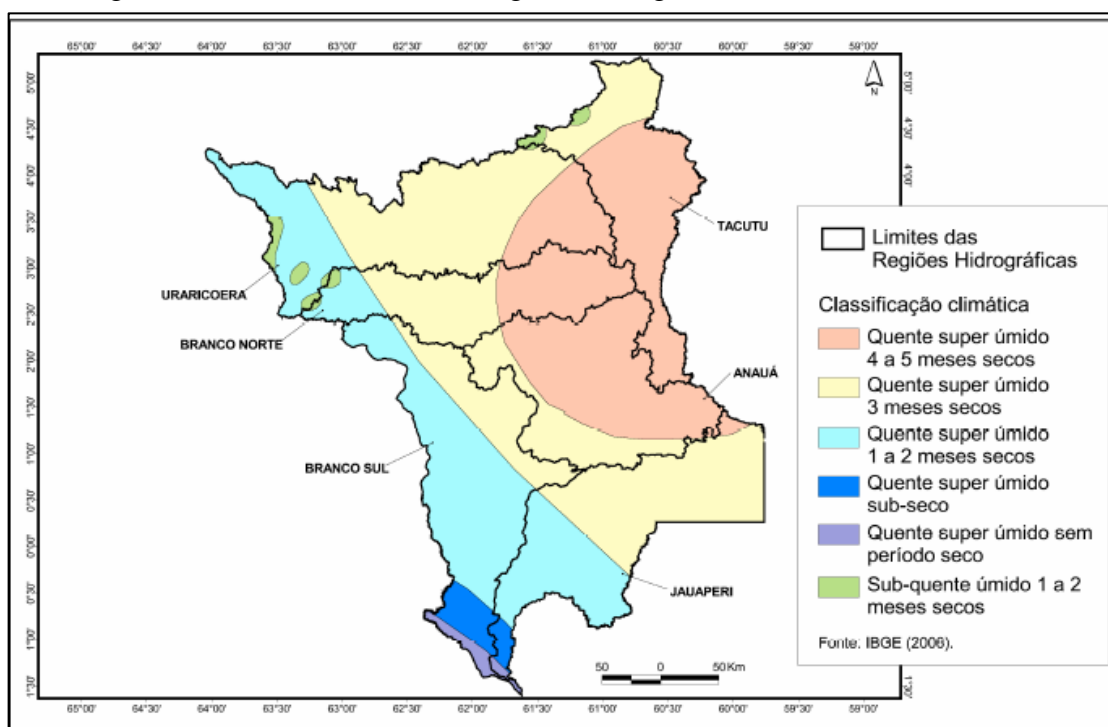
De acordo com Neto e Costa (2007), no alto rio Cauamé, interflúvio Cauamé-Uraricoera, comparece relevo colinoso com declividade variando entre 4° a 7,9°, sustentado por crosta laterítica que desempenha papel importante no aspecto morfológico do terreno.

Para Oliveira e Carvalho (2014), a alta bacia do Cauamé em que se encontram as nascentes do rio, apresenta ambientes com declividades maiores, entre 2° e 5°, na média bacia a declividade varia de 0° a 1°, ao ponto em que se apresentam também ambientes com declividade maiores, entre 1° a 5°, já a baixa bacia se apresenta por uma planície extensa e aplainada com cota altimétrica na média de 62m.

Segundo Araújo Junior e Tavares Junior (2020), a área urbana de Boa Vista, consolidada e em expansão, tem uma média máxima de altimetria de 120 metros.

No que tange a região a qual estar inserida a bacia do Cauamé de acordo com a classificação Koppen, esta compreende os tipos climáticos Aw e Am (Figura 12). A maior parte drenada está associada ao clima Aw (leste da bacia) com transição nas cabeceiras para o clima Am (oeste da bacia) (SANDER; WANKLER; CARVALHO, 2018).

Figura 12 - Faixas climáticas e regiões hidrográficas no estado de Roraima.



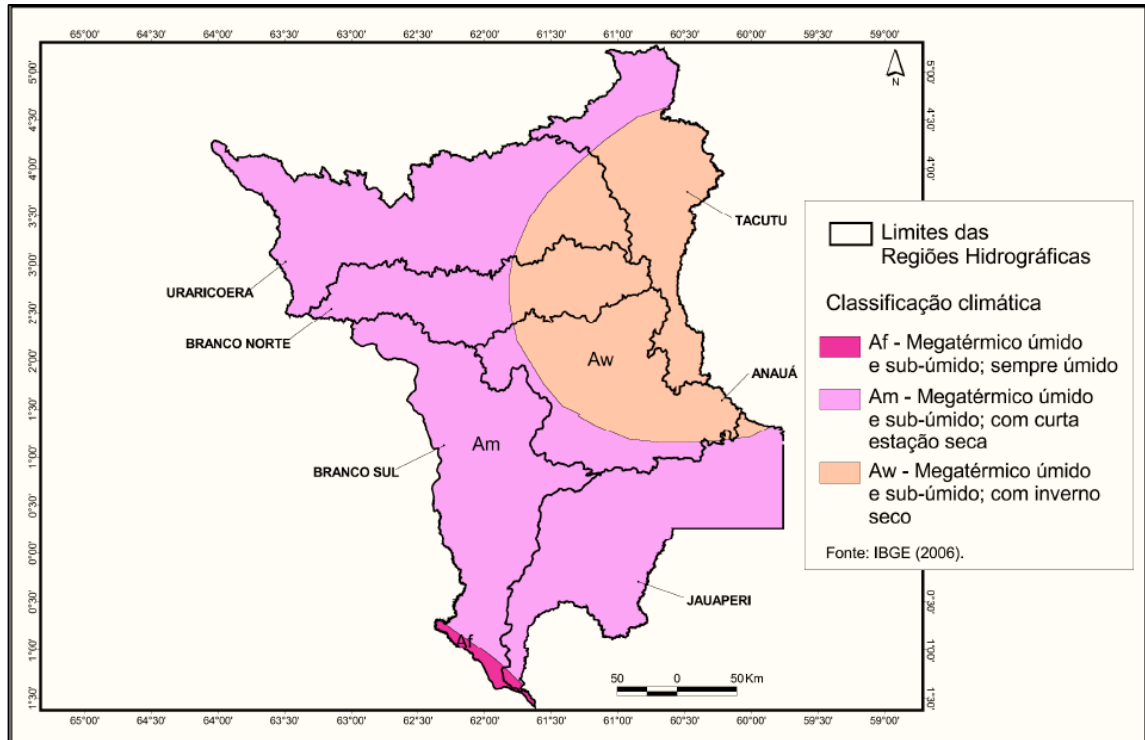
Fonte: FEMAHR (2007).

O volume anual de chuvas na bacia do rio Branco, na qual estar inserida a bacia do Cauamé, varia entre 2.400 mm na parte oeste da bacia e decresce em direção a leste apresentando chuvas perto de 1.100 mm na fronteira entre Roraima e Guiana (SANDER et al., 2013).

Na região do baixo Cauamé, onde se localiza a cidade de Boa Vista, o clima é do tipo Aw, tropical com duas estações bem definidas (Fig. 13): período chuvoso de abril a setembro e

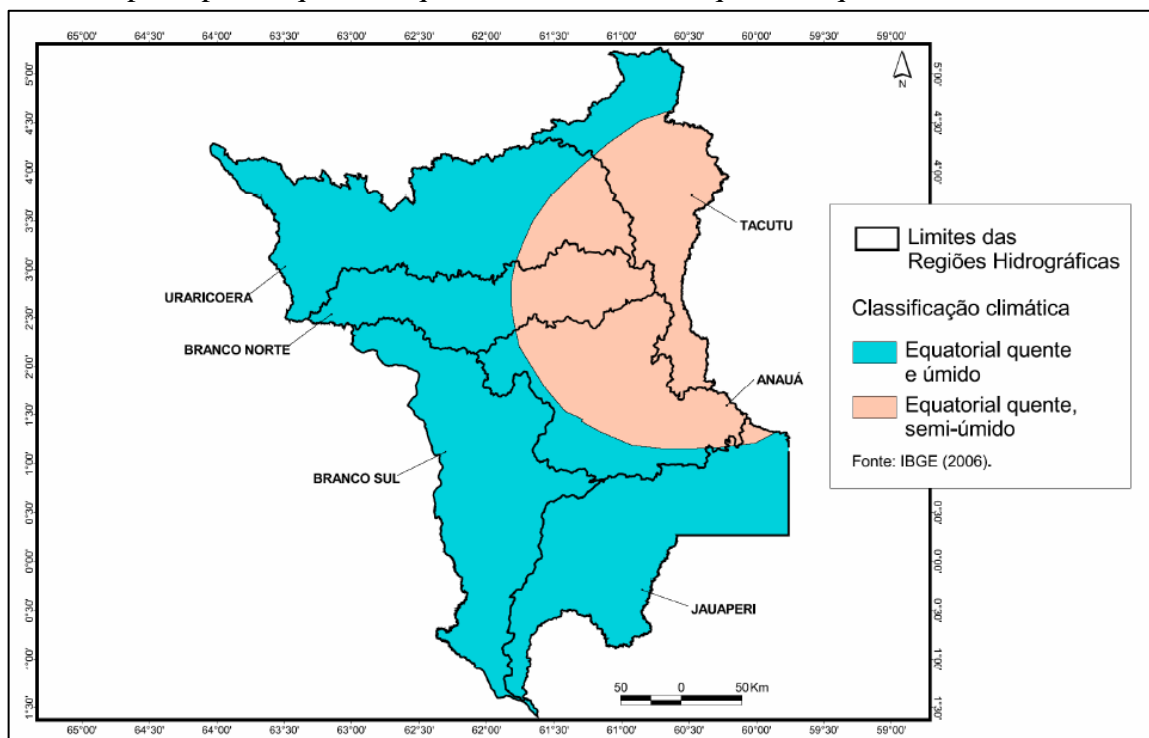
período seco de outubro a março. O clima da região é regulado por duas massas de ar (Fig. 14), a equatorial continental e a equatorial atlântica (MAGALHÃES, 2020; SILVA et al., 2015).

Figura 13 - Classificação climática no estado de Roraima.



Fonte: FEMHR (2007).

Figura 14 - Classificação climática no estado de Roraima compreendido em duas faixas principais: Equatorial quente semi-úmido e Equatorial quente e úmido.

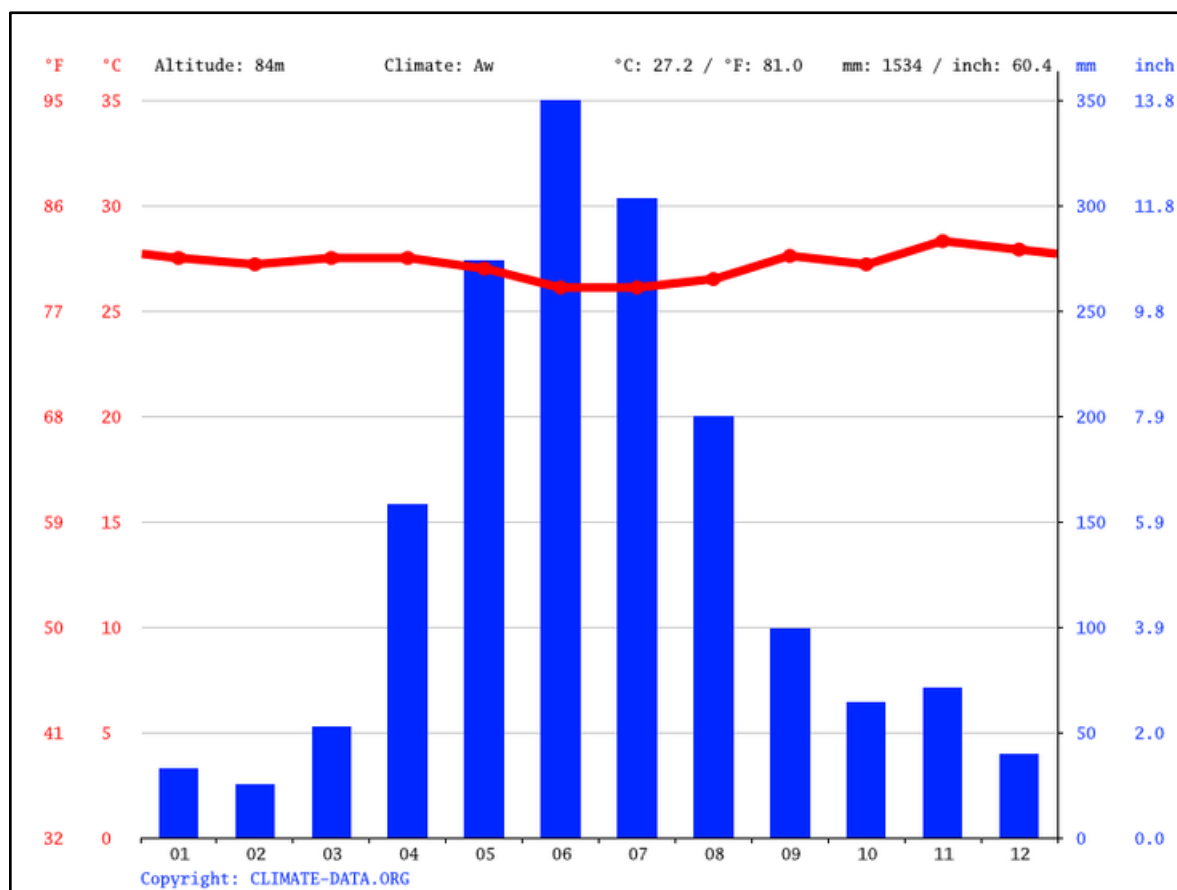


Fonte: FEMHR (2007).

Em Boa Vista, a precipitação média de abril a agosto de 2020 esteve em 1.534 mm, com um maior volume para os meses de junho e julho como destacado na Figura 15. Tendo o mês de junho o maior volume precipitado com média de 322 mm (CLIMATE-DATE-ORG, 2020).

Ao correlacionar os dados de Sander et al. (2013) e CLIMATE-DATE-ORG (2020), levando em consideração a influência significativa da região vizinha (do alto Rio Branco) no sistema Rio Cauamé possibilitou verificar um decréscimo significativo de chuvas do oeste a leste da bacia. Observa-se pelos apontamentos dos dados que a região apresenta oscilações pluviométricas significativas, e suas ocorrências têm efeitos diversos sobre a região e, conseqüentemente, no trecho do referido estudo.

Figura 15 - Temperaturas e precipitações médias do clima Em Boa Vista.



Fonte: Climate Date.ORG (2020).

Segundo Sander et al. (2012), em estudo aplicado sobre as cheias do rio Branco e eventos de inundação na Cidade de Boa Vista, os autores analisaram as séries históricas dos anos 1910 a 2014 na região sobre a influência dos sistemas El Niño e La Niña. Eles constataram interferências significativas nas variações pluviométricas nas séries. Destacando o sistema La

Niña como forte influenciador do sistema pluviométrico na região de Boa Vista, passível de provocar a recorrência de cheias e eventos relacionados.

Na região, a vegetação é composta por pastagens, florestas de várzea e igapós ao longo dos rios. A vegetação marginal dos rios tem grande relevância, pois diminuem o volume escoado por favorecer a infiltração no solo de parte dos volumes precipitados, o que por consequência diminui o volume de água escoado na superfície, além de propiciar sustentação ao solo mantendo a estrutura dos canais de escoamento.

Na Bacia do Rio Cauamé, a vegetação representa 9,4% da bacia, sendo que do total de 73% dos campos secos e úmidos, 48% são de campos secos e 23% de campos úmidos, distribuídos nas porções do alto, médio e baixo cauamé. Os campos úmidos são compostos por vegetação rasteira, arbustiva esparsa (IBGE, 2005).

Loura (2020), ao realizar estudo sobre a ocupação urbana e usos do solo em um trecho do baixo rio Cauamé concluiu que, nas áreas com maior proximidade a malha urbana, a vegetação ciliar arbórea se apresenta significativamente antropizada, já com a presença de solos degradados. Ainda, segundo a autora, os impactos identificados podem resultar em problemas futuros diversos e a longo prazo esses podem se tornar irreversíveis.

A rede hidrográfica da bacia do Rio Cauamé é um sistema complexo que compartilha suas águas, em períodos de cheias torna-se quase que imperceptível a distinção entre o afloramento de lençol freático (que se materializam nos lagos) com os canais que os interligam (os igarapés), mas nos períodos de estiagem há uma divisão singular que caracteriza cada ambiente.

Rede de drenagem é formada por um sistema interligado por lagos e igarapés. Tal ambiente permite que haja uma constante troca de água entre os igarapés, lagos e o canal principal, que no período de estiagem retém uma parte da água nos sistemas lacustres permanentes ou temporários (OLIVEIRA; CARVALHO, 2014).

Nesta porção geográfica, no período seco, verifica-se uma rede desorganizada de canais divergentes, marcados por lagos. Na época das chuvas, estes interflúvios ficam submersos pelas águas pluviais ocasionando represamento, provavelmente por falta de drenagens estabelecidas, decorrentes de um baixo gradiente topográfico (NETO; COSTA, 2010).

As áreas abaciadas inundáveis, distribuem-se pelas planícies e terraços fluviais do Rio Cauamé, bem como, por igarapés maiores, desde sua formação no Sudeste perfazendo-se pelo alto e médio Cauamé até a depressão de Boa Vista (NETO; COSTA, 2010).

Na região do lavrado, na qual estar inserida a bacia do Cauamé, a declividade varia entre 0° e 5°, de relevo plano, com baixa energia (SANDER et al., 2013). A bacia apresenta áreas inundáveis em determinados períodos, o período chuvoso que está entre os meses de maio e outubro (com os meses de junho e julho apresentando precipitações mais longas e volumosas) causando aumento do volume do rio Cauame e de seus tributários, comprometendo o sistema de drenagem, provocando o transbordamento dos canais e conseqüentemente as inundações.

Apontamentos corroborados por Araújo Junior e Tavares Junior (2020) ao destacam que a baixa altitude da região de estudo, assim como a baixa declividade, favorece os fenômenos retentivos e estagnantes das águas.

As características ambientais associadas as intervenções antrópicas a que estão submetidos os canais de drenagem caracterizam uma problemática recorrente de inundações nos períodos de maior precipitação na área do baixo rio Cauamé.

Nesta perspectiva, o Plano Diretor Estratégico e Participativo de Boa Vista, regido pela Lei Complementar N° 924, De 28 de Novembro de 2006 (em sua Subseção I, dos Recursos Hídricos, que trata dos objetivos das diretrizes da Política Ambiental voltada para os Recursos Hídricos e das ações estratégicas para a política de Recursos Hídricos), mesmo discorrendo sobre destinação adequada de áreas impróprias à ocupação, verifica-se que há necessidade de uma definição dos limites. A não definição dos limites implica na classificação das áreas, tornando-se necessário a aplicação de instrumentos complementares para a efetividade nas implementações das políticas e ações, voltadas principalmente para a identificação e definição de áreas susceptíveis a inundações. Este fato se torna particularmente observável no trecho do baixo Rio Cauamé que, mesmo sendo recorrentes os eventos inundações, demandam por ferramentas que permitam compreender e dimensionar a extensão e os impactos das inundações neste trecho. Em vista que os eventos potencializados pelas mudanças climáticas que tendem a ser mais constantes e intensos como apontam diversas pesquisas.

4.2.1 Uso do solo e ocupação do trecho em estudo

Boa Vista em seu aspecto de expansão proporciona o direcionamento para a ocupação de áreas sujeitas a alagamentos e inundações. Por serem áreas impróprias a habitação, a administração busca mitigar os problemas advindos dos eventos, com a implementação de medidas estruturais. No baixo rio Cauamé, as ações empregadas mostram-se pouco eficientes, devido, provavelmente, a não observância das condicionantes fisiográficas da região.

O rio Cauamé em sua permanência tem relevante função a população e ao município de Boa Vista, mas em determinados períodos (seco) este é considerado pela população e pelo poder público como um elemento não significativo. Neste sentido, a expansão urbana ao ser produzida, modifica o conteúdo, a forma e a função dos ambientes (BATISTA; SILVA, 2018).

Para Oliveira e Carvalho (2014) as áreas vulneráveis pela ação antrópica estão dispostas na margem direita do rio, no compartimento do baixo Cauamé. Este baixo curso, é margeado pelos bairros Caçari, Paraviana, Cauamé, Jardim Caranã, Cidade Satélite, Monte das Oliveiras e, mais recentemente, pelo João de Barro. O bairro João de Barro que está em processo de expansão no sentido do rio Cauamé, mesmo ainda não estando margeado pelo Rio, já estar sobre seus tributários, pois é um processo de urbanização resultante de ocupação irregular pela invasão de áreas devolutas.

A pressão sobre o rio Cauamé e seus tributários, principalmente para moradias, tendem a se agravar nos anos seguintes como ocorreu em anos anteriores, devido ao aumento populacional. Esse processo de urbanização sabidamente ocorre de forma distinta e não paralela ao planejamento urbano da cidade, afetando a estrutura natural dos corpos d'água, que resulta em posterior aumento no agravamento dos eventos de inundações no trecho do baixo Cauamé.

Para Sander et al. (2012), Boa Vista, assim como outras cidades do Brasil, encontra dificuldade de conciliação entre crescimento populacional e a ocupação dos solos. Mesmo convivendo a décadas com as inundações, pouco se conseguiu avançar nas medidas de restrição a ocupação das áreas inundáveis.

4.3 LEVANTAMENTO DA HIDROLOGIA LOCAL

A abordagem da hidrologia teve por objetivo principal determinar a dinâmica das águas fluviais na área de estudo, com o levantamento dos picos de precipitação e as maiores cotas atingidas pelo rio Cauamé e rio Branco (bem como suas respectivas vazões) para que fosse possível compreender a ocorrência e a distribuição nos referidos sistemas.

4.3.1 Obtenção dos dados de cotas

Os dados utilizados neste trabalho fazem parte do acervo da Agência Nacional de Águas (ANA) que disponibiliza dentre outros dados de precipitação, cotas e vazão de bacias

hidrográficas por meio de suas estações pluviométricas e fluviométricas. Neste contexto, os dados para o referido estudo foram obtidos na estação fluviométrica disposta na área de estudo.

Os dados foram obtidos no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos-SNIRH, principalmente na plataforma HIDROWEB Telemetria, dispostos na estação fluviométrica denominada Boa Vista, estando inserida na bacia do Rio Amazonas (no trecho do alto Rio Branco com o código 14620000 sob as coordenadas de Latitude: 2°49'56.79"N e Longitude: 60°38'49.37"O). Esta estação é de responsabilidade da Agência Nacional de Águas-ANA, sendo operada pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM.

4.3.2 Levantamento do tempo de retorno de cheias históricas

Os dados para a análise foram baixados em modelo TXT, sendo selecionados, convertidos e analisados no sistema Excel 2019, utilizando a função DESLOC para a suas conversões. Esta função exige um certo conhecimento do Excel, mas que facilita o tratamento dos dados, ao ponto permite encontrar valores em uma matriz a partir de uma referência cartesiana de modo automático, apresentando-se muito útil na análise de dados hidrológicos principalmente pela quantidade de dados envolvidos.

Após a análise, organização e estruturação dos dados, estes foram tratados sobre três diferentes métodos objetivando uma melhor definição como parâmetro indicativo e comparativo, calculando-se e obtendo assim a probabilidade de ocorrência das máximas dos eventos de inundação em escala temporal.

Os métodos utilizados tiveram como finalidade o cálculo do TR – que corresponde ao período que decorre entre as cheias de igual magnitude que compreende a seleção do evento de maior magnitude em cada ano da série histórica, ordenando os eventos conforme a sequência de magnitude, do maior ao menor valor aplicando-se a seguinte equação:

$$I_r = N + 1/ M$$

Optou-se por utilizar como referência para a aplicabilidade neste trabalho o método de Gumbel (1954, 1958), descrito por Chirstofoletti (1981), por este ser indicado quando há o interesse de estudar os valores máximos prováveis de um fenômeno como demanda o caso em estudo.

4.3.3 Mapeamento dos piores cenários de cheias

Com os resultados obtidos pelos métodos indicativos de probabilidades utilizados nesta análise, com o tratamento e a configuração dos dados utilizando como referência o método de Gumbel com as suas respectivas probabilidades de ocorrências foi possível a confecção de estrutura gráfica com a série das cheias máximas anuais na região em período não superior a 51 anos.

4.3.4 Hidrógrafa completa vazão do sistema branco

No contexto do entendimento da hidrologia, a vazão do sistema fez-se relevante tendo em vista que a vazão estar diretamente relacionada com a precipitação e o ganho de volume, e tais fatores definem a intensidade dos eventos de inundação. Assim, procedendo a confecção da hidrógrafa do sistema do rio Branco que foi feita com o uso do SisCAH (um software livre desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa para análises hidrológicas, disponível na HIDROWEB), que tem como principal função o tratamento de dados de vazão, foi possível confeccionar uma hidrógrafa completa com os dados de vazões disponíveis na estação de referência neste estudo.

4.3.5 Curva de permanência

Diante da complexidade dos dois sistemas envolvidos, e para uma melhor compreensão, foi produzida a representação com a ilustração do comportamento dos eventos. A partir da definição dos dados, das probabilidades e com os resultados estruturados realizados no sistema Excel 2019 foi possível a confecção da curva de permanência dos eventos de inundação. A curva leva em consideração o volume alcançado em um determinado espaço de tempo, com isso, é possível identificar o percentual de tempo que este tende a se manter.

Foi a representação da curva de permanência dos eventos máximos analisados e associada a linha de tenência, que permitiu definir a tendência e a ascendência para a ocorrência das máximas de inundações na área em estudo.

4.3.6 Definição das cotas de inundação a serem representadas

As cotas de interesse para este trabalho foram definidas não apenas em relação aos piores cenários, mas igualmente em relação a escala temporal de ocorrências dos eventos de

inundação. Isso deve-se aos piores cenários que tendem a ocorrer em maiores escalas temporais, mas este fato não necessariamente se aplica a realidade do caso em estudo, uma vez que o rio Cauamé sofre interferência direta de seus tributários e principalmente do sistema do Rio Branco, provocando oscilações importantes em seu nível. Levando em consideração as séries analisadas que compreendem os anos de 1968 a 2020, totalizando 52 anos de levantamento, a média das cotas anuais que estão em 7,08 m e a máxima já atingida de 10,28m. Neste contexto, tornou-se relevante uma abordagem que perfizesse eventos críticos em escala temporal relativamente bem distribuídas na série de modo que estas representem um cenário mais realista possível das ocorrências, abordando uma contextualização global das cotas máximas ocorridas e extrapoladas.

4.3.7 Tratamento dos dados cartográficos

O presente trabalho, foi executado em *software* do tipo SIG (Sistema de Informações Geográficas), chamado QGis (https://qgis.org/pt_BR/site/), com a utilização da base cartográfica contínua do estado de Roraima (<https://www.ibge.gov.br/>) e dos dados cartográficos abertos do serviço *Open Street Map* (<https://www.openstreetmap.org/>).

Os dados serviram como base de composição do produto final, o mapa de zonas alagáveis, uma vez que os seus objetos principais são as curvas de níveis correspondentes às cotas altimétricas de 67 metros aproximadamente e a camada vetorial correspondente à área urbana do município de Boa Vista.

Para a realização da curva de nível, usou-se como referência a cota de 60 metros correspondente a média altimétrica do perímetro urbano de Boa vista. Foi utilizado também o modelo digital de elevação (MDE/RTC, 2021) *Radiometrically and terrain-corrected geocoded GeoTIFF*), do tipo ALOS PALSAR, com a menor resolução espacial de todos os modelos digitais de elevação pesquisados, equivalente a 12,5 metros. O projeto ALOS foi um projeto de imageamento via satélite orbital, com sensor de radar, que não exercia cobertura orbital total que foi descomissionado em 2011, ano da maior enchente registrada nas bacias hidrográficas de Roraima.

4.3.7.1 Procedimentos iniciais tratamentos das imagens

Após a aquisição dos dados iniciais e a montagem da estrutura do projeto dentro do aplicativo QGis, com a inserção de todos os arquivos que compuseram o produto final, estes foram divididos em dois tipos, a saber: dados vetoriais (*shapefile*) e dados matriciais ou *raster* (imagens de satélites).

O tratamento da imagem RTC ALOS PALSAR se aplicou com a adição do arquivo AP_22348_FBS_F0040_RT1.dem.tif, que já vem pré-processada e no sistema de coordenadas projetadas, equivalendo ao WGS 84 / UTM zone 20N (Código QGis: 32620), que facilitou de sobremaneira as etapas subsequentes. Realizou-se então, a composição das pirâmides equivalentes as resoluções existentes no arquivo, cujas dimensões são de 6478 metros de largura por 5784 metros de altura e tamanho de pixel de 12,5 metros.

Posterior, aos procedimentos iniciais, criou-se a camada vetorial (area.shp) do tipo polígono para reduzir e delimitar a área de interesse no trecho do baixo rio Cauamé, mais precisamente, no perímetro urbano do município de Boa Vista, com o mesmo sistema de coordenadas do modelo digital de elevação.

4.3.7.2 Algoritmos aplicados

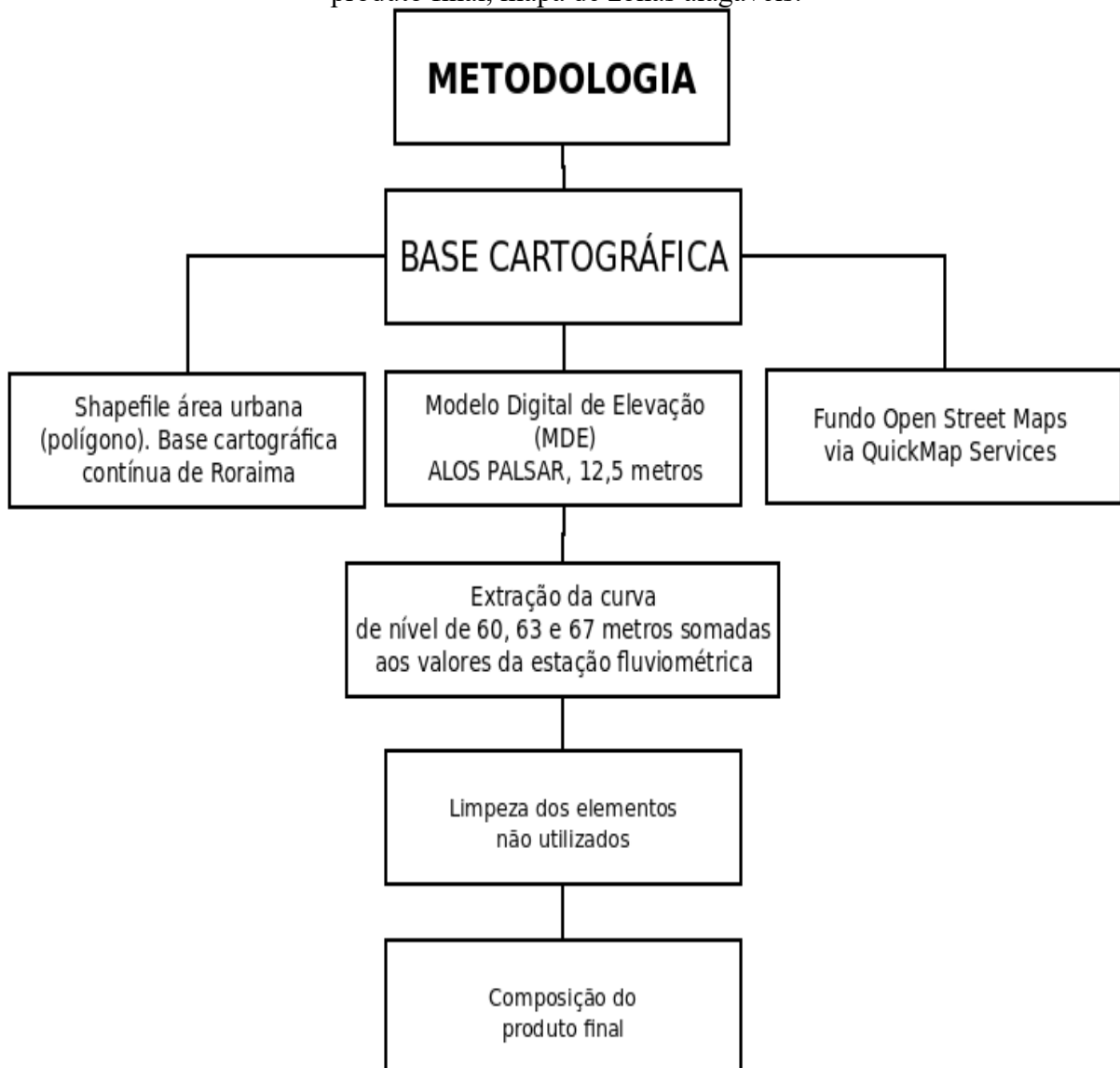
O SIG QGis é um *software* de licença livre (GNU – *Free Software Foundation*) que se utiliza de uma infinidade de ferramentas e bibliotecas geográficas, também de licença livre reunidos no projeto OSGeo (<https://www.osgeo.org/>), que são capazes de realizar as mais diversas tarefas, incluindo-se aí as bibliotecas GDAL que possuem os algoritmos utilizados.

Executou-se, o algoritmo “Contorno” presente no menu “*Raster*”, submenu “*Extrair*”. Este algoritmo é aplicado sobre a arquivo *raster*, correspondente ao MDE ALOS PALSAR, portanto, contém as informações de altimetria, de onde foram extraídas todas as curvas de nível correspondentes as variações de relevo, com intervalo estabelecido em 3 metros, ou seja, a cada variação de 3 metros gerou-se uma curva. Mantendo as curvas de interesse, logo, todas as outras curvas foram eliminadas do projeto. Adicionalmente, foram gerados um arquivo *raster* de relevo (Relevo_Sombreado.tif), obtido a partir da duplicação do MDE original e modificando o tipo de renderização para “Sombreado”, e um *raster* altimétrico (Altimetrico.tif), que também é obtido modificando-se o modo de renderização para “Banda simples falsa-cor”.

4.3.8 Confecção das cartas edições finais

Posteriormente a obtenção das curvas de nível e a seleção das camadas que compuseram o produto final, realizamos as últimas edições nas camadas selecionadas. Com as curvas de interesse equivalentes as cotas altimétricas obtidas e com os dados de leitura da estação fluviométrica com os valores das cheias devidamente registrados, as cotas de interesse foram 64,17, 65,15 e 67,15 metros. Conforme acima mencionado, os procedimentos metodológicos estão resumidos na forma de fluxograma (Figura 16).

Figura 16– Fluxograma metodológico descritivo das etapas realizadas para a obtenção do produto final, mapa de zonas alagáveis.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.4 DETERMINAÇÃO DO ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO

Levando em consideração que o risco se estabelece pela probabilidade e as consequências esperadas, representado pela ameaça de algum evento que expõe a população a situação de vulnerabilidade, foi determinado o zoneamento das áreas de risco a inundação.

O Zoneamento das áreas se aplicou com o uso da geotecnologia, Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informações Geográficas (SIGs) que permitiram a criação do modelo cartográfico, possibilitando a simulação e a previsão de alcance dos eventos, sendo representados em cotas individualizadas destacando as zonas atingidas nos cenários de cotas representados.

Com a definição das áreas atingidas em detrimento do alcance das cotas de zoneamento, foi possível a representação das áreas passíveis ao risco de inundação e na determinação dos limites das áreas em função do risco associado.

Utilizando como referência o método aplicado por Tucci (2002), o zoneamento, neste caso, se aplicou na divisão das áreas em três faixas decrescentes de risco, tendo como principal fator de definição o alcance da mancha de inundação em relação ao leito principal. Neste sentido, definiu-se as zonas: Z-1 Risco alto (leito menor), Z-2 Risco médio (leito maior) e Z-3 Risco baixo (áreas não húmidas – terraços).

Z 1 – Sendo classificada como de risco alto por englobar o “leito menor” dos canais e considerada alto risco por apresentar probabilidade de ser atingida por evento inundação em períodos relativamente frequentes igual ou superior a 5 anos, onde a mancha de inundação tem seu limite a 64,17 m, alcançando cota relativamente igual ou superior a 8,02 m. É uma zona com uma parcela significativa da população, possui edificações principalmente residenciais e é composta ainda de estruturas urbanísticas (vias, rodovias e outras) nos vales e baixadas (várzeas). De modo que, esta zona tem como característica estruturas e populações com baixa capacidade de resiliência frente aos eventos de inundações, por estarem em zona de alto risco com tempo de recorrência menor que 5 anos. Por serem populações já fragilizadas há dificuldade de se restabelecerem totalmente após os eventos de inundações e, como consequência, sofrem com frequência perdas materiais e de qualidade de vida.

Z 2 – A referida zona classifica-se em risco médio por abranger o leito maior dos canais, esta zona é representada pela mancha de inundação de 65,15 m em cota igual ou superior a 8,9 m. Apresenta maior proximidade das edificações e vias em relação ao corpo hídrico. E difere relativamente da zona 1 em função principalmente do tempo de retorno dos eventos que

apresenta probabilidade de ocorrência menor ou igual a 17 anos. Difere também das estruturas e das edificações, tal como, da classe social da população, fatores favorecem a capacidade de resiliência da população, tendo em vista que suas estruturas possuem maior capacidade de resistirem aos danos causados pelos eventos de inundações, e, ao mesmo tempo, a população dispõem de relativo poder aquisitivo o que favorece e possibilita a reparação dos danos. Ou seja, a parcela da população que habitam nesta zona possuem uma maior capacidade de reestabelecimento frente aos eventos de inundações quando são atingidas, principalmente, pelo espaço de tempo entre os eventos.

Z 3 – São os terraços ou áreas não úmidas que é considerada de risco baixo. É uma zona diferentemente da zona 1 e 2, ocorre quando a mancha de inundação atinge a planície não úmida apenas em ocorrências excepcionais, por apresentar um maior distanciamento do leito principal do rio é atingida normalmente com menor frequência com probabilidade de ocorrência em período igual ou superior a 51 anos, tendo seu limite em 67,15 m representada por de inundação igual ou superior a 11 m, esta zona quando atingida resulta em graves danos a população. É uma zona que na representação apresenta um cenário ainda não ocorrido, mas provável, que, frente as mudanças climáticas, torna-se possível de ocorrer em escala temporal menor, e por atingir populações de diferentes classes sociais, em diferentes áreas, com capacidades incalculáveis de danos materiais e de vidas, merece atenção, planejamento, medidas mitigadoras e planos de contingência objetivando minimizar os impactos advindos das inundações.

4.5 QUALIFICAÇÃO DOS USOS ADEQUADOS A CADA ZONA DE RISCO

No caso em estudo, a partir da confecção do mapa de risco foi possível identificar, delimitar e classificar as áreas sujeitas a inundações referente ao cenário de cada cota trabalhada. Para a classificação de uso e ocupação das áreas de risco foi utilizado como referência a metodologia de Tucci (2002). Adaptando a metodologia a realidade do caso em estudo, com a associação dos dados levantados das características hidrogeológicas da região, propomos o uso e a ocupação nos seguintes termos: Z-1 que abrange os limites das planícies de inundação, tendo seus usos voltados para habitação, totalmente restritos; Z-2 refere-se as áreas alagáveis, tendo seus usos com restrições e adaptações; e a Z-3 são áreas não úmidas classificadas de baixo risco, por serem atingidas apenas em eventos excepcionais, sendo consideradas de usos irrestritos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DETERMINAÇÃO DO REGIME HIDROLÓGICO, RIOS CAUAMÉ BRANCO

Para a determinação do regime hidrológico foram empregados três métodos que objetivaram a obtenção de parâmetros indicativos e comparativos para uma melhor compreensão em que os eventos máximos tendem a ocorrer dentro da realidade em estudo. Levando em consideração a disponibilidade de dados que só permitiram perfazer uma série histórica inferior a 100 anos e por possibilitar uma análise individualizada de estações, optou-se pela utilização dos resultados obtidos pelo método de Gumbel (Tabela 1).

Tabela 1 - Pico de cotas máximas anuais e intervalo de recorrências para o rio Branco dados da estação fluviométrica (14620000) na cidade de Boa Vista/RR, compreendendo os anos de (1968 a 2020).

Ano de ocorrência	Cotas (m)	Recorrência (anos)			
		Christofolletti	Gauss	Gumbel	Probabilidad e (%)
2011	10,28	53	104	51	98
1976	9,80	27	35	26	96
1979	8,90	18	21	17	94
2006	8,88	13	15	13	92
1968	8,75	11	12	10	90
2017	8,66	9	9	9	88
1996	8,50	8	8	7	86
2018	8,30	7	7	6	84
1980	8,28	6	6	6	82
1975	8,02	5	5	5	80
1988	7,85	5	5	5	78
2002	7,80	4	5	4	76
2007	7,78	4	4	4	75
1971	7,74	4	4	4	73
1981	7,72	4	4	3	71
1986	7,4	2,7	2,7	2,6	61
1985	7,1	2,0	2,0	2,0	49
1995	6,9	1,6	1,6	1,5	33
2014	4,4	1,04	1,03	1	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com a análise foi possível definir a dinâmica hidrológica do rio Branco em associação ao rio Cauamé, com a determinação das ocorrências de máximas anuais na área de abrangência do referido estudo. Os dados analisados demonstram intervalos de ocorrências anuais oscilando com mínima de 4,39 m em 2014 e com máxima de 10,28 m em 2011, tendo maiores incidências as cotas 7,72 m, 7,74 m, e 7,8 m. Sendo a cota estendida de 67,15 m metros ainda não atingida e considerada como valor máximo de cota a ser representada.

De acordo com Tucci e Bertoni (2003), o tempo de recorrência de um determinado evento de inundação é representado por uma escala temporal com probabilidade igual ou superior em que possa se repetir na série levantada, o que não significa que tal evento não seja passivo de acontecer em uma escala temporal menor. Neste sentido, o autor aponta a relevância de conhecer a dinâmica dos eventos para que seus efeitos possam ser equacionados.

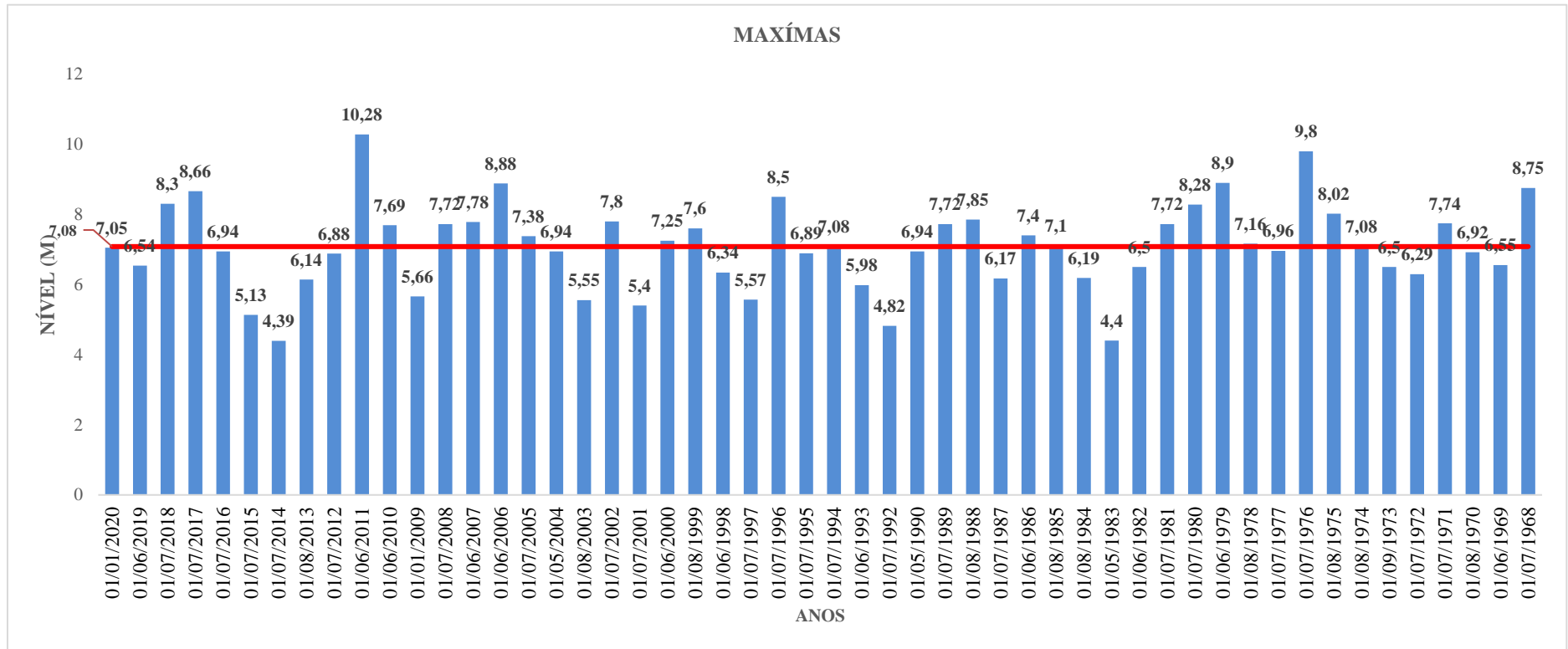
Corroborando com as afirmações de Sander et al. (2012), que destacam a relevância do levantamento de séries históricas longas que possam estimar a ocorrência dos eventos extremos assim como suas abrangências. O fato é que uma série histórica curta dificulta a previsibilidade de períodos prováveis de ocorrências dos eventos de inundações, tendo em vista que, quanto maiores e mais longas forem as informações disponíveis, tornam-se mais segura a identificação das ocorrências no espaço temporal característico de aumento do volume de água no sistema analisado.

Com o uso do método de Gumbel e Christofolletti (1981), a análise dos dados disponíveis proporcionou uma série histórica compreendendo os anos de 1968 a 2020 perfazendo um período de 52 anos (Figura 17).

Com os dados da estação compreendendo os anos de 2015 a 2019, mesmo apresentando dados de um período relativamente curto, é possível destacar esta outra característica do sistema hidrológico da região, os períodos de maior vazão no sistema rio Branco que não menos importante ajudam no entendimento do comportamento do sistema. Os resultados demonstram os picos de concentração de maior vazão que, conseqüentemente estão relacionados diretamente com os períodos de maior precipitação na região, oscilam entre os meses de maio, junho e julho como representado nas (Figuras 18 e 19).

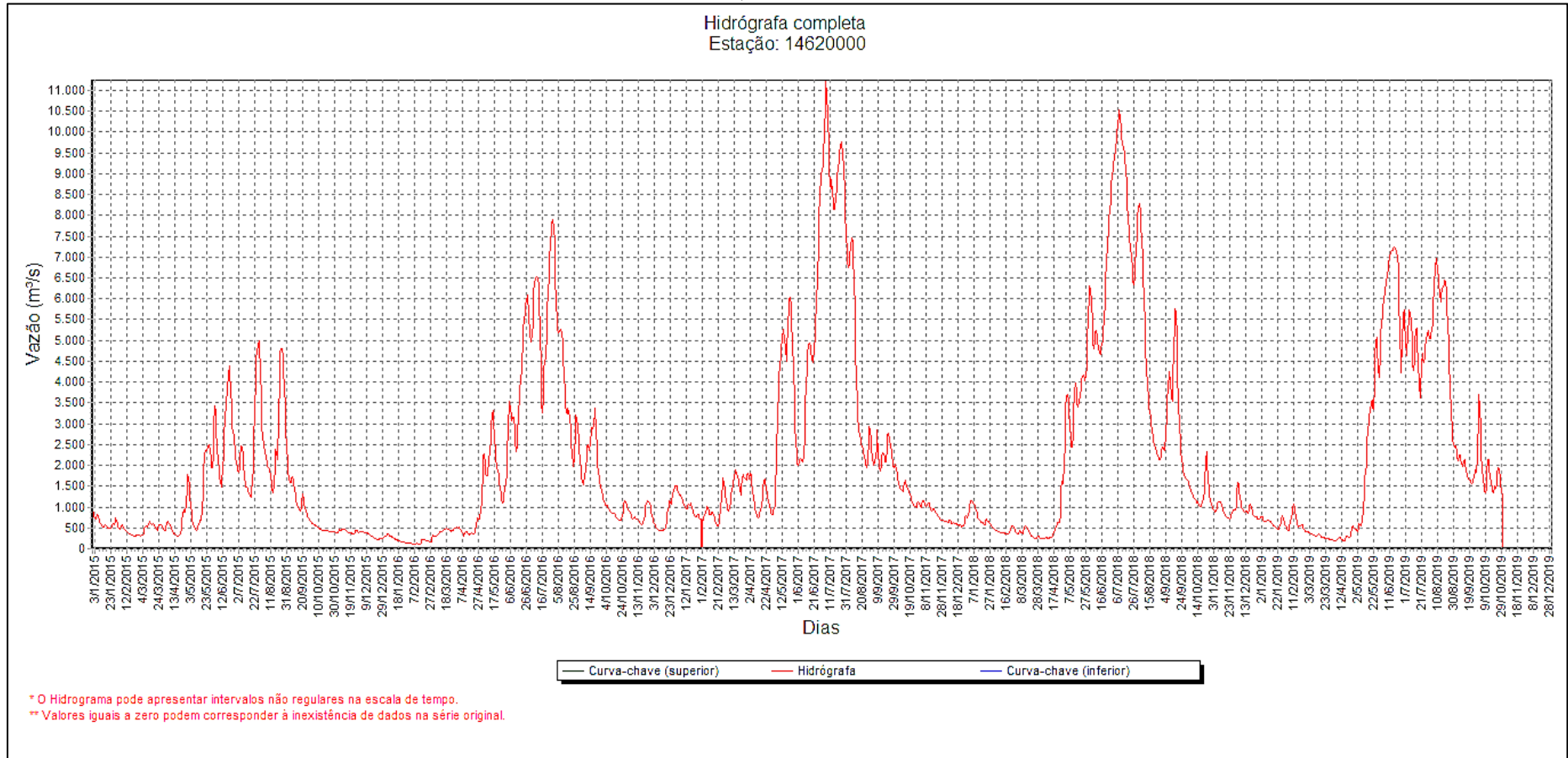
A relação das ocorrências de precipitação e vazão são relevantes para entendimento de qualquer sistema de drenagem, tendo em vista que a elevação do volume das águas nos canais estão diretamente relacionados, por exemplo, na área em estudos, atuam com predominância e com alta intensidade em determinados períodos do ano.

Figura 17 - Cenários das cotas, série histórica a partir de dados de vazão da estação fluviométrica Boa Vista (14620000) compreendendo os anos de (1968 a 2020).



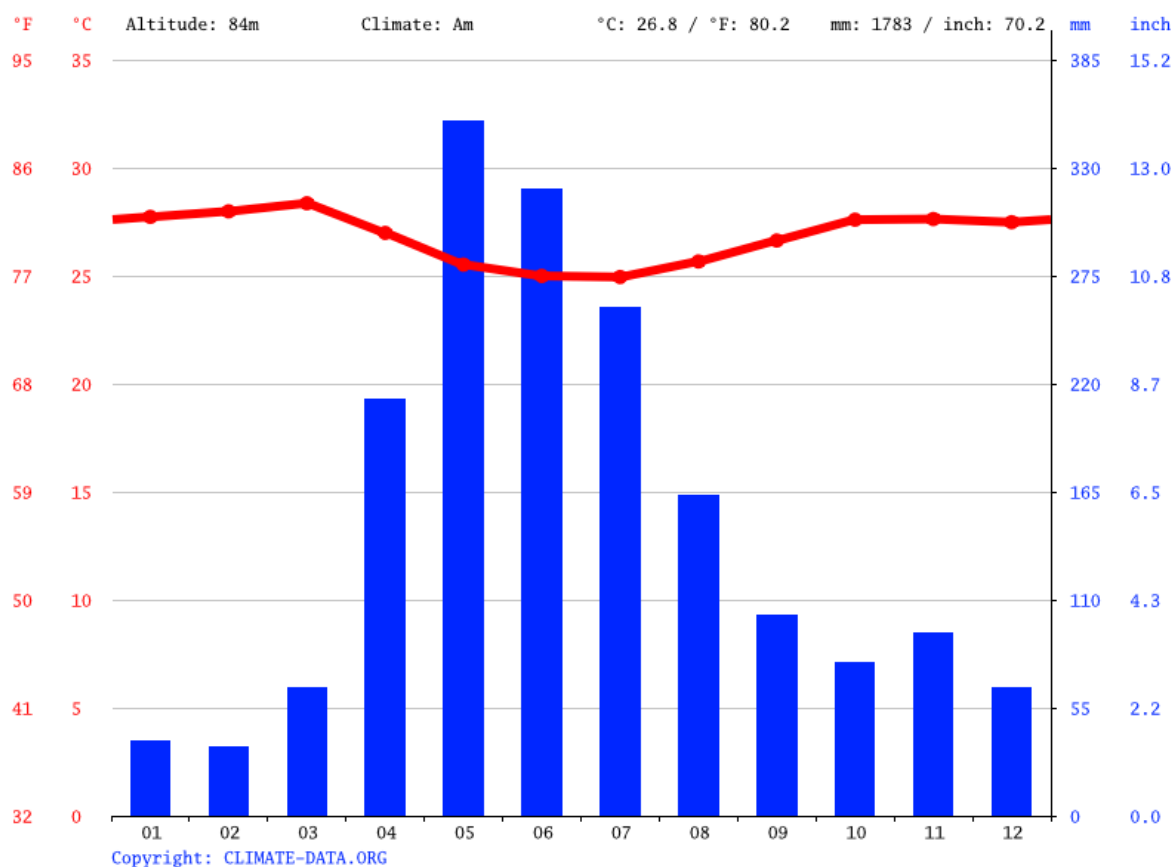
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 18 - Hidrógrafa do rio Branco compreendendo os anos de 2015 a 2019 a partir de dados de vazão da estação Fluviométrica Boa Vista (14620000).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 19 - Temperaturas e precipitações médias // clima em Boa Vista.



Fonte:PT.CLIMA.org,(2021).

Estes fatores tornam-se ainda mais relevantes por serem sistemas complexos em suas dinâmicas de drenagem, potencializados pela fisiografia com baixa altimetria e baixa declividade, uma vez que os fatores externos que são inerentes as bacias tem capacidade de favorecerem o aumento do nível da água. Levando em consideração ainda que apesar dos sistemas rio Branco e rio Cauamé sejam distintos, eles devem ser indissociáveis na abordagem referente aos eventos de inundações na área de estudo, devido a interferência direta do rio Branco no trecho do baixo rio Cauamé, perímetro urbano de Boa Vista.

A região a qual está inserida a cidade de Boa Vista possui característica hidrológica adversa, tendo seu período chuvoso predominantemente concentrado nos meses de abril e setembro e apresentando condição particular no volume precipitado na cidade, que concentra 80% dos totais anuais precipitados na região (EVANGELISTA et al., 2008; WANKLER et al. 2012; SANDER, 2015; CARVALHO, 2018).

Os fatores de inter-relação são evidenciados pelas representações, nas quais demonstram a maior parte dos volumes de precipitação e vazão concentrados e oscilando nos meses de maio, junho e julho, que conseqüentemente provoca a elevação dos níveis dos rios

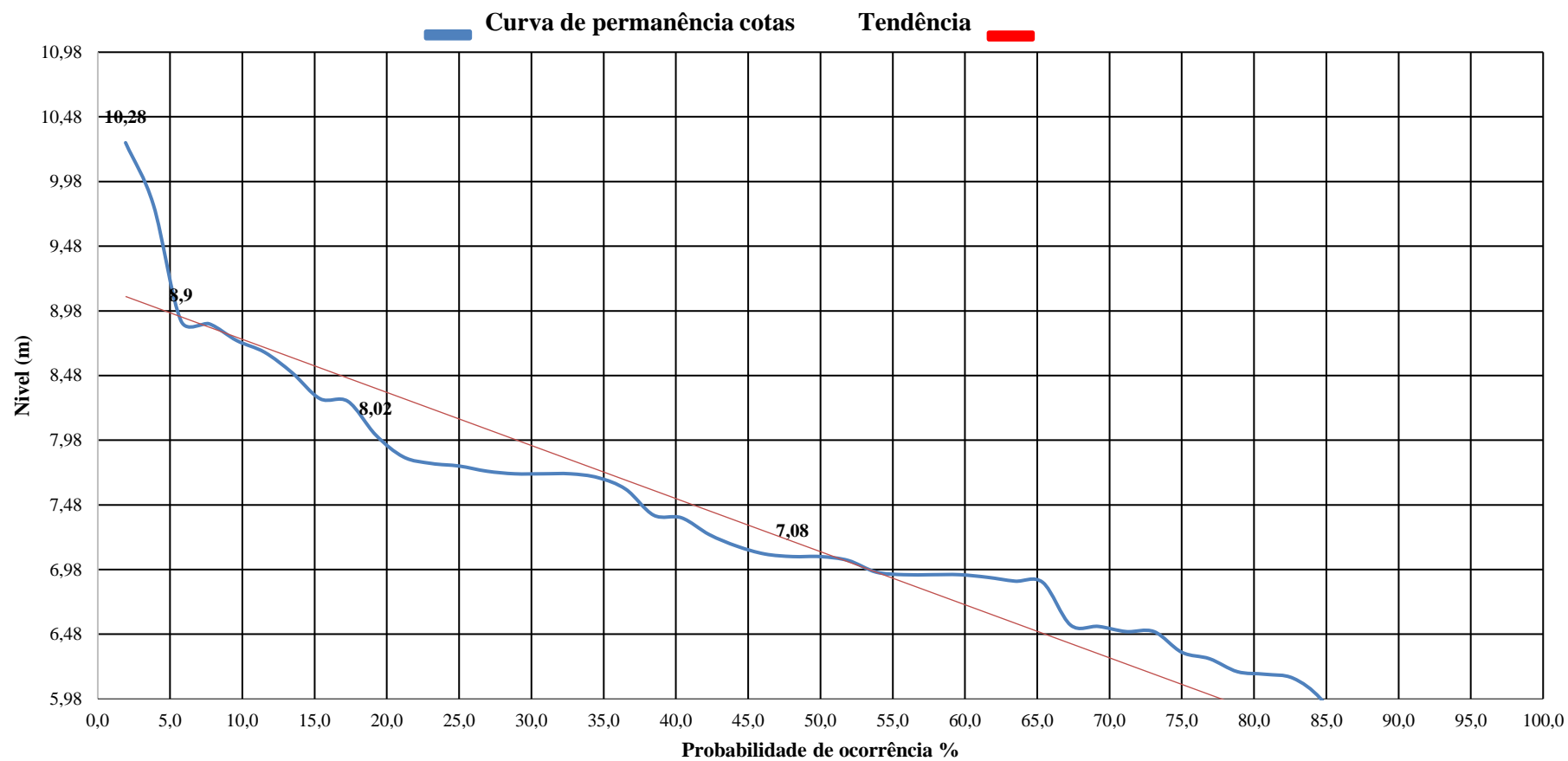
Cauamé e rio Branco. As ocorrências têm se mantido regulares nos sistemas rio Branco e conseqüentemente no rio Cauamé, como consta no relatório técnico da SGB-CPRM de maio de 2021, que teve previsibilidade de aumento no volume do rio Branco para o mês seguinte e veio a se concretizar (o sistema Rio Branco atingiu cota de alerta neste período). Neste contexto, é possível afirmar que em determinados períodos os sistemas carecem de maior atenção.

A representação da dinâmica das vazões torna-se mais relevante e justificadas pelos resultados que demonstram a probabilidade de ocorrência de cotas máximas com tendência a se repetirem em escala temporal menor. Observa-se que, a partir do início dos registros da estação em 1967, a máxima ocorreu em 1976, sendo superada em 2011 e em junho de 2021 voltou a apresentar tendência de máxima, atingindo a cota de alerta ao superar 8,50 m. Tendência de máxima que constava no Boletim publicado em maio de 2021 pelo SGB-CPRM, que já alertava para a possibilidade do rio Branco e seus afluentes ultrapassarem as cotas de atenção, alerta e inundação, considerando que a maioria dos rios apresentavam níveis muito altos para o período do ano (maio) e que haviam previsões de fortes chuvas sobre a bacia para o mês seguinte, que veio a se confirma com as ocorrências em abril de 2021.

A curva de permanência permitiu definir a probabilidade para a ocorrência dos eventos de cotas iguais ou superiores a 7,08 m, bem como, a tendência para estas ocorrências. Onde a curva indica que a média de 7,08 m se mantem em 50% do tempo da série, apontando uma tendência em alta (levando em consideração que quanto maior a frequência de toque na linha de tendência mais significativa ela se torna em relação a curva). No entanto, a curva estar muito próxima da linha indicando uma certa regularidade para o aumento das cotas (Figura 20).

Diante das características hidrológicas da bacia, os valores de ganho de cotas podem variar, uma vez que a água tende a se comportar de forma dinâmica, mudando seu nível constantemente durante o evento. Influenciado por diversos fatores (sejam eles de origem natural ou antrópica), mesmo diante de dados robustos que possam embasar as tomadas de decisões e as ações mitigadoras, o grau de risco que os eventos podem atingir se tornam imprevisível frente as mudanças climáticas que tendem a tornarem os eventos de inundações mais frequentes. Fazendo-se necessário um acompanhamento cada vez mais próximo e contínuo, levando em consideração a permanência e a tendência para as ocorrências.

Figura 20 - Curva de permanência das cotas com a probabilidade de ocorrências dos eventos, a partir de dados de vazão da estação Fluviométrica Boa Vista (14620000) compreendendo os anos de (1968 a 2020).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com os dados de leitura da estação fluviométrica devidamente registrados e objetivando uma melhor representação no tratamento, optou-se por uma simplificação correspondente, a saber, para cota de 10,28 metros adotou-se o valor de 11 metros, para a cota de 8,9 metros foi considerado o valor de 9 metros e finalmente para a cota de 8,2 o valor de 8 metros. Somando-se o valor da cota da estação que para Sander et al. (2012) é de 56,15 metros, aos valores registrados e resultantes são de 67,15, 65,15 e 64,15 metros (Tabela 2).

Tabela 2 - Cotas de interesse no estudo, a partir de dados de vazão da estação Fluviométrica Boa Vista (14620000) compreendendo os anos de 1968 a 2020.

Período de incidência	Cotas limnimétricas (m) estação	Cotas altimétricas (m)	Cotas altimétricas (m) simplificadas	Prob.%
51	10,28	67,15	11	98
17	8,90	65,15	9	94
05	8,02	64,17	8	80

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.2 CONFECÇÃO DAS CARTAS EDIÇÕES FINAIS

Com a obtenção das curvas de nível e a seleção das camadas que compuseram o produto final foram trabalhadas as últimas edições nas camadas selecionadas. Conforme representado em tabela anterior, as curvas de interesse foram as equivalentes as cotas altimétricas de 64,17, 65,15 e 67,15 metros. Porém, devido a escala necessária para a exibição total de área, que foi de 1:5.000 e as limitações nos dados do MDE, só foi possível representar as curvas de 60, 63 e 67 metros. A partir desta limitação tornou-se necessário a readequação dos dados apresentados na tabela anterior, sendo confeccionado nestas condições o modelo de zonas de inundação para cada intervalo altimétrico conforme a (Tabela 3).

Tabela 3 - Cotas readequadas para a representação das zonas de inundação dos sistemas Cauamé e Branco sobre o perímetro Urbano de Boa Vista.

Período de incidência	Cotas limnimétricas (m) estação	Cotas altimétricas (m)	Probabilidade %
51	10,85	67	98
2	6,85	63	45
-1	3,85	60	-2

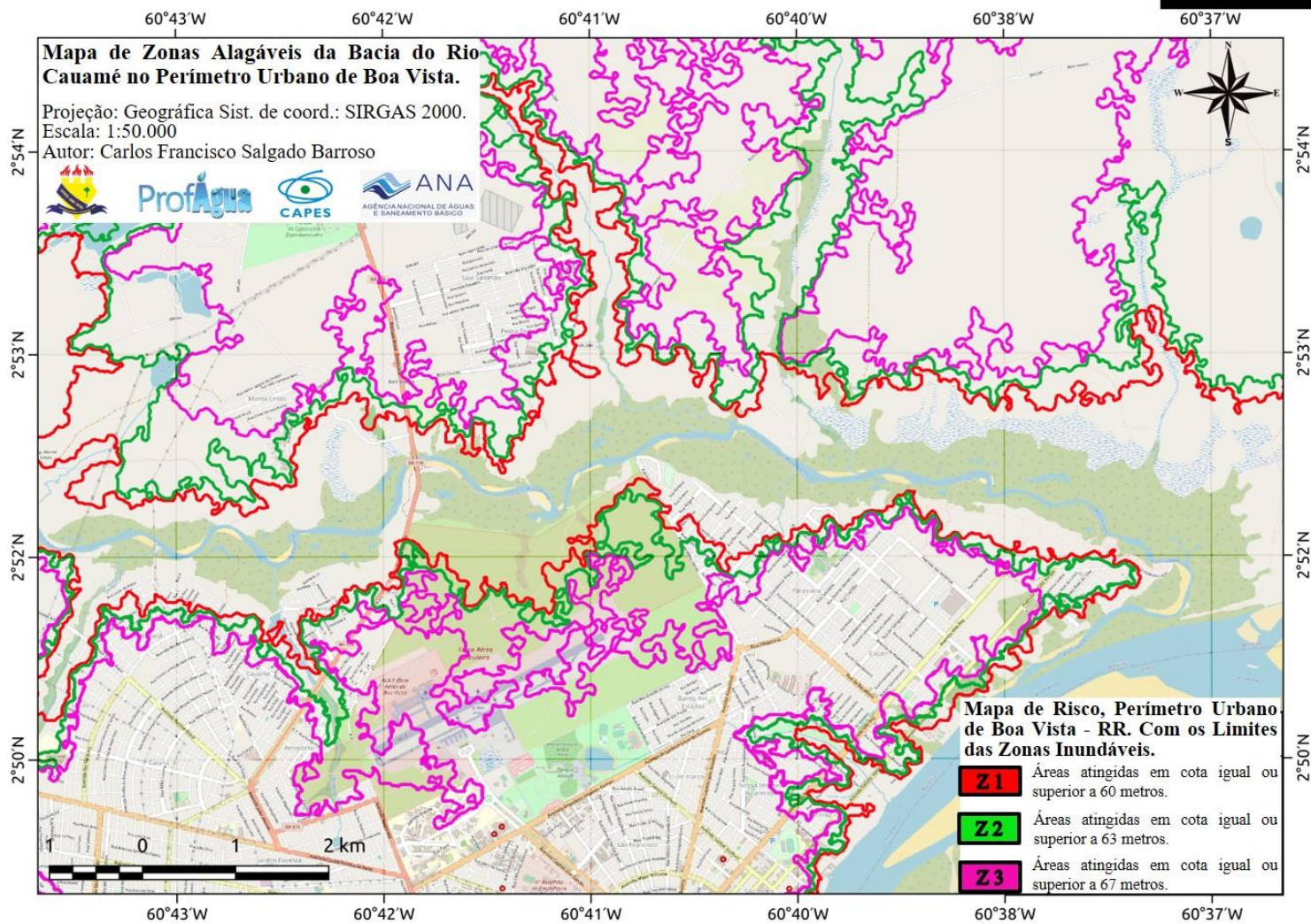
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os foram analisados, associados aos elementos da área de estudo e as características da superfície da bacia. Posteriormente para a confecção do mapa fez-se o uso de bases

cartográficas e deu-se início ao mapeamento a partir das cotas levantadas, definidas e simplificadas conforme a tabela anterior. O mapa foi construído de modo personalizado referente a cada cota, em intervalo entre o menor e o maior valor de todas as cotas definidas dentro dos referidos cenários. As edições das curvas níveis tiveram como resultado final o mapa de risco, destacando as cotas individualizadas com a representação dos limites das zonas e das áreas cobertas pelas manchas de inundação, possibilitando detalhar as características de composição e distribuição dos elementos que as compõem. Observa-se que, a maior parte das áreas cobertas pelas cotas de inundação são áreas compostas de edificações atendidas pela infraestrutura urbana, como vias e rodovias, o que de fato são ocupações características de áreas urbanas. Ou seja, em sua grande maioria são áreas já consolidadas, diagnosticando a complexidade desta problemática decorrente da não observação e da não ação do poder público no controle do processo de expansão da cidade.

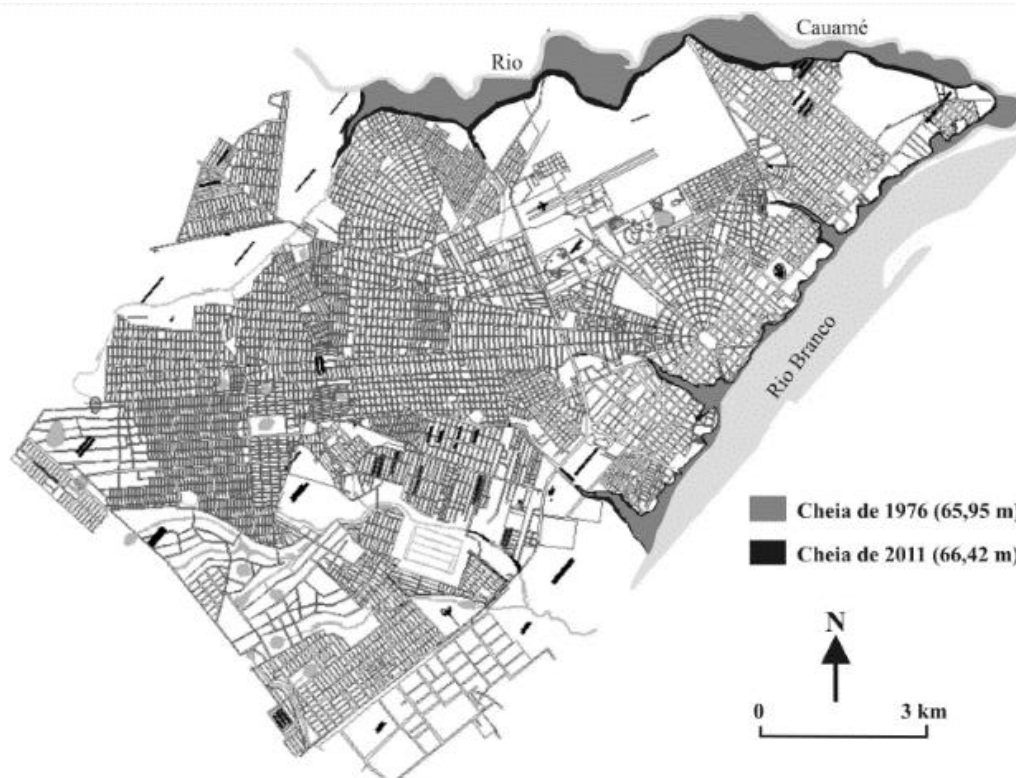
A margem esquerda do rio Cauamé atualmente apresenta condição oposta da margem direita em processo de urbanização e de áreas impróprias ocupadas, mas esta realidade futuramente tende mudar com o avanço das ocupações sobre as áreas de risco por ser uma consequência natural da expansão urbana, sendo necessários maiores esforços para que o ordenamento territorial nesta área seja aplicado de forma correta, respeitando as condições naturais dos ambientes. De modo a resguardar a população de um processo futuro de acometimentos e transtornos advindos dos eventos de inundações como ocorre de forma recorrente a margem direita do baixo cauamé (Figura 21). O mapa de risco a inundação representa áreas atingidas pelos sistemas rio Cauamé e rio Branco, praticamente em todas as regiões da cidade. Os bairros que margeiam os dois sistemas em parte ou, em alguns casos, quase que em sua totalidade se apresentam cobertos sobre as cotas de inundações representadas. No caso da cota de 60m, que representa uma situação natural para os sistemas, nas adjacências do rio Cauamé é possível observar que esta zona engloba bairros quase que em sua totalidade. As extensões das manchas de inundação se tornam mais expressivas sobre áreas próximas aos canais de drenagem dos sistemas, que por apresentarem superfícies predominantemente planas e já modificadas com a finalidade de habitação, alterou todo o sistema de drenagem. Que associado aos fatores hidrológicos naturais da bacia e da região favoreceram o processo de expansão de áreas atingidas em comparação com maior cheia já registrada ocorrida em 2011 (Fig. 22).

Figura 21 - Mapa de risco zonas alagáveis em períodos de cheias perímetro urbano de Boa Vista - RR.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 22 - Cheias dos rios Cauamé e Branco nos anos de 1976 e 2011.



Fonte: Sander *et al.* (2012).

Todos os fatos vão de encontro com as afirmações de Sander et al. (2012) ao destacarem que: se as cheias com retorno de 100 anos atingiserm cota igual ou superior a 67 m, mais de 1 m acima do maior evento até então já registrado na série (66,42 m em 2011), a área urbana total inundada da Capital seria de 6.96 km² (696 ha). Isso representaria um acréscimo de aproximadamente 13 % à cheia de 2011 e de 18 % ao segundo maior evento da série histórica, registrado em 1976.

Com a representação dos mapas torna-se relevante pontuar que, mesmo sendo prevista pelos autores na época do estudo, esta previsão foi claramente extrapolada no alcance da mancha de inundação, possivelmente, devido as modificações do ambiente que ampliou o nível da lâmina de água sobre áreas de terraços, como se mostra. Dentro destes cenários adversos de áreas atingidas pelos eventos de inundações representados, é possível observar ainda, que alguns pontos apresentam áreas com maiores probabilidades de serem atingidas e consequentemente de sofrerem maiores danos em decorrência dos eventos de inundações. Tendo em vista que essas áreas tem em comum a maior proximidade a canais relevantes que compõem o sistema de drenagem do trecho do baixo rio Cauamé.

Do ponto de vista literal, este tipo de mapa pode ser classificado como mapa de risco, por definir os limites de início e alcance das inundações em relação ao nível atingido em cada

cota. Podendo ser visto também como um mapa de alerta por destacar as áreas afetadas nos cenários referentes as cotas representadas, segundo (TUCCI; BERTONE, 2003).

5.3 ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO

O risco se caracteriza pela probabilidade de ocorrências e pelos impactos, que no caso das inundações são provocadas por fatores naturais alheios a vontade da população atingida. O zoneamento de áreas com riscos a inundações no perímetro urbano de Boa Vista se fez necessário, pois os eventos normalmente atingem grandes volumes de residências, de infraestruturas e de pessoas.

Conforme já constatado por Sander et al. (2012), em estudo sobre cheias do rio Branco e eventos de inundações na cidade de Boa Vista, cheias de volume semelhante a outras ocorridas anteriormente tendem a atingir níveis mais elevados, principalmente pelas modificações em sua hidrologia causadas por alterações nos sistemas para a implantação de estruturas. Ou seja, o fato é, que mesmo sendo um o processo natural, os eventos de inundações na cidade tendem a se intensificar com a expansão urbana, devido as ações de alteração e ou modificação dos ambientes, que alteram o fluxo natural no sistema, fazendo com que a água ganhe volume e se expanda sobre as áreas adjacentes.

De acordo com Araújo Junior e Tavares Junior (2020), a expansão da cidade de Boa Vista ainda toma novos contornos e torna-se necessário medidas capazes de minimizar os impactos gerados pela modificação do ambiente principalmente para a implantação de moradias e infraestruturas urbanas, medidas estas eficientes e que impliquem de fato no bem-estar da população. Ainda, segundo os autores, em relação ao controle das inundações, as ações estão restritas ao concretamento dos canais de drenagem, impermeabilização das margens e retirada da mata ciliar.

O fato é que, mesmo contendo legislação e regramentos específicos dispostos na Lei nº 926 de 29/11/2006 (especificamente no seu Art. 1º, I – que reza sobre a compatibilização da ocupação e uso do solo com os condicionantes ambientais local e no VIII – que trata da Restrição ao adensamento de áreas cuja carência de infraestrutura urbana ponha em risco a saúde da população e o meio ambiente, na prática o que se observa pela extensão de áreas atingidas é que as ações desenvolvidas tem se mostrado pouco eficientes e de certa forma são potencializadoras dos eventos de inundação.

O mapa de risco do perímetro urbano de Boa Vista destaca áreas de maior e menor potencial aos eventos de inundações, com níveis de risco igualmente diferenciados e englobando no total oito bairros que margeiam o trecho do baixo Rio Cauamé, que são: João de Barro em expansão, Cidade Satélite, Jardim Caranã, Bairro União, Cauamé, Aeroporto, Paraviana e Caçari. Também destaca cinco bairros que margeiam o sistema rio Branco: Nossa Senhora Aparecida, São Pedro, São Vicente, Calunga e 13 de setembro. Todos os bairros por margearem os sistemas apresentam em partes e/ou em alguns casos quase que em sua totalidade nível de risco baixo em cota de 67m e risco alto em cota de inundação de 60m.

A partir da representação do mapa de risco com a extensão das manchas de inundação dentro de cada cota, aplicou-se a classificação. A classificadas se definiu por zonas de riscos, que por sua vez foram caracterizadas em relação ao distanciamento do leito principal e o alcance da mancha de inundação em cada panorama individualizado. Aplicando-se nos seguintes termos (Quadro 2).

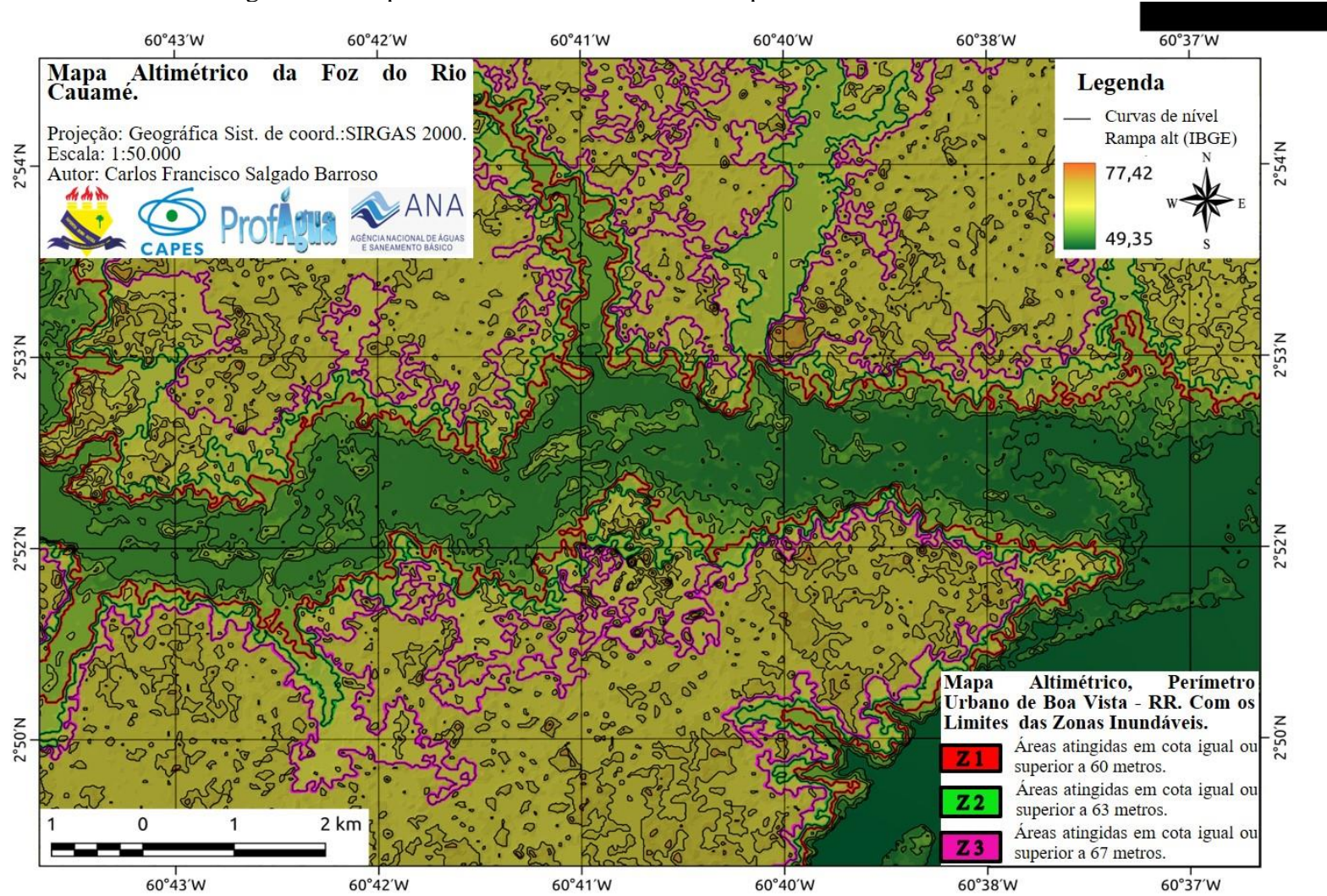
Quadro 2 - Modelo de zoneamento adotado no estudo equivalente ao alcance das manchas de inundação referentes as cotas de 60, 63 e 67 metros.

Zonas de risco	Definições
Z 1 - Risco alto (leito menor)	Mancha de inundação em cota igual ou superior a 60 m. Edificações e vias nos vales e baixadas (várzeas). Atingidos por eventos frequentes.
Z 2 - Risco médio (leito maior)	Mancha de inundação em cota igual ou superior a 63 m. Maior proximidade das edificações e vias em relação ao corpo hídrico.
Z 3 - Risco baixo (terraços).	Mancha de inundação ocorrida em eventos excepcionais, atingida por cota igual ou superior a 67m. Planície não úmida.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O mapa de risco constata que as áreas atingidas tem se tornado cada vez maiores, a mancha de inundação avança claramente sobre o perímetro urbano. Os resultados obtidos com o levantamento da altimetria que abrange todo o perímetro urbano de Boa Vista adjacentes aos rios Cauamé e Branco (levando em consideração o valor altimétrico da estação fluviométrica disposta no rio Branco, ao representarmos cotas inferior e superior à altimetria média do baixo rio Cauamé), observou-se que na convergência dos sistemas os desníveis são bastantes expressivos (Figura 23), o que justifica o alcance das manchas de inundações sobre as áreas urbanizadas.

Figura 23 - Mapa Altimétrico baixo rio Cauamé perímetro urbano de Boa Vista.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As informações levantadas neste trabalho da precipitação, das probabilidades de ocorrências de cotas e de vazão em períodos específicos, nos permitiu definir as tendências de risco a que estão as áreas representadas ao serem atingidas, possibilitando, assim, suas qualificações.

As áreas cobertas pelas manchas de inundações revelam a complexidade da problemática pela proporção de áreas afetadas. Frente a esta realidade os critérios para a qualificação das áreas e a definição de uso foram definidos em relação as zonas determinadas anteriormente, referentes ao alcance das manchas de inundações e ao risco ao qual cada zona representa. Neste sentido, qualificamos os usos das áreas abrangidas nos limites das referidas zonas nos seguintes termos de acordo com o (Quadro 3).

Quadro 03 - Modelo para uso e ocupação de áreas em zonas de inundação Boa Vista - RR.

Ocupações	Determinações
Z 1 - Ocupações as áreas inundáveis/ limites da planície	Estruturas de uso sazonal
Z 2 - Ocupações na zona com restrições	Estruturas adaptadas
Z 3 - Ocupações na zona de baixo risco	Planos contingência

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Z 1 – Esta é uma zona naturalmente sensível e de alto risco, seus usos são diversos, mas devem ser restritos, sendo indicadas para uso com estruturas de uso sazonais disponíveis apenas em determinados períodos do ano. Estas estruturas devem ser projetadas de modo a atenderem suas funções de visitação e lazer, de modo que possam ser removidas ou que suportem com segurança aos processos de elevação natural das águas.

Além de serem ambientes sensíveis a degradação, conforme Carvalho (2018) ao realizar estudos de caracterização hidrogeomorfológica da bacia hidrográfica do rio Branco em relação a dinâmica fluvial os resultados aponta, que os ambientes de várzea são constituídos por depósitos aluvionares e possuem complexa dinâmica morfológica do canal, caracterizando-se como ambiente instável devido às condições geológicas e geomorfológicas, sendo rios compostos principalmente por sedimentos do Quaternário. O autor destaca a fragilidade destes ambientes naturais, que, conseqüentemente, ao serem pressionados tendem a aumentar seu grau de fragilidade expondo a altos riscos as populações que se inserem nestas áreas, principalmente, nos períodos que concentram as maiores cotas como os registrados neste estudo.

Z 2 – Esta é uma zona classificada de risco médio, dispostas nas adjacências dos leitos principais do rio Cauamé e rio Branco, as ocupações nesta zona devem ser feitas com restrições. A indicação de uso mais adequada nesta realidade são necessariamente estruturas adaptadas (de

preferência suspensas e reforçadas) de modo a suportarem os processos de subida e descida das águas durante os eventos de inundações. A infraestrutura nestas áreas deve ser muito bem dimensionada com galerias capazes de suportarem vazões temporárias e ilimitadas.

Z 3 – As áreas dispostas nesta zona, que se classificam de baixo risco representada pela mancha de inundação na cota de 67 metros. Que se caracterizam por serem áreas não úmidas, atingidas com menor frequência, mas com probabilidade de ocorrência em escala temporal maior. Conforme os resultados representados neste estudo, esta é uma situação extrapolada, onde áreas são atingidas apenas em acontecimentos excepcionais, com a real possibilidade de sofrerem danos adversos quando atingidas, pelo alto volume de água alcançado e a baixa energia no escoamento, que associados a baixa altimetria e baixa declividade é capaz de provocar estagnação das águas, fazendo com que está permaneça por mais tempo sobre estas áreas.

Neste cenário, as ações e as medidas mitigadoras estruturais mostram-se pouco eficientes, mas se estiverem desenvolvendo suas funções aumentam o poder de resposta. Sendo necessário de fato planos de contingências como: conscientizar e informar a população, fazer o uso de sistemas de monitoramento do volume de água, de sistemas de alerta e quando necessário ações eficientes de remoção da população.

De acordo com Tucci e Bertoni (2003), a partir do mapa de risco a inundação é possível definir o zoneamento das áreas de risco à inundação, como de fato se deu a aplicabilidade do mapa no caso em questão. O uso deste mapa como ferramenta de base, nos possibilitou a identificação e a delimitação de áreas atingidas, assim como suas posteriores classificações, conforme suas distribuições no perímetro urbano de Boa Vista. Onde foi possível definir o grau de risco de cada área e os critérios de ocupação das mesmas, tanto quanto ao uso como quanto aos aspectos construtivos, contribuirá para a execução de ações e medidas necessárias a redução dos impactos das inundações na área.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do rio Cauamé apresenta relevante importância social e econômica para o município de Boa Vista, sobre a qual atuam diferentes formas de pressão, sendo as mais acentuadas: o crescimento populacional com a consequente expansão do perímetro urbano da cidade e a pressão da produção agrícola, que se expande rapidamente com a implantação de novas culturas. Não diferentemente do rio Cauamé, o rio Branco é parte inseparável do contexto e da história de Boa Vista, assim como a exposição da população aos eventos de inundação. Estes eventos têm se tornado mais frequentes e potencializados pelas mudanças climáticas e as ações de intervenção nos sistemas de drenagem. Estas alterações naturais e antrópicas associadas, nas últimas décadas, têm feito com que áreas cada vez maiores sejam atingidas, alcançando maiores proporções e atingindo a cada evento excepcional um número maior de pessoas e de estruturas.

É importante enfatizar que para a concretização deste trabalho utilizamos como base prioritária os trabalhos já realizados no estado, na região e no local do referido estudo. Tendo em vista que Roraima possui sistemas hidrológicos distintos, bem como sua geologia, ao fazermos o uso destas informações reunimos, contribuímos, complementamos, fortalecemos o arcabouço de informações referente a hidrologia local que, naturalmente, ainda carecem de maiores estudos para ser melhor compreendida. Não menos importantes, as informações e dados externos nos possibilitaram comparar, direcionar, planejar, embasar e adaptar à realidade local os métodos empregados neste trabalho.

O uso das geotecnologias e do sensoriamento remoto são ferramentas muito úteis e se faz necessárias para o tratamento relativo aos recursos hídricos, pois nos permitiram perfazer, atualizar e projetar as ocorrências, para prever as tendências dos acontecimentos dos eventos de inundações dentro da metodologia e da finalidade proposta. O mapa confeccionado cumpriu o objetivo proposto, destacando as zonas passíveis de sofrerem inundações durante os períodos de cheias excepcionais no perímetro urbano de Boa Vista, especialmente com respeito a bacia do rio Cauamé, e subordinadamente também com respeito a bacia do rio Branco.

Todos os cenários de zonas apresentados neste trabalho, ocorridos ou não, são passíveis de ocorrências em escala temporal menor, frente as características da região e das bacias as quais está inserida a cidade de Boa Vista. Diferentemente de outras realidades e cenários, os eventos de inundação atingem populações de diferentes classes sociais (tal como diferentes tipos de estruturas), em diferentes pontos do trecho em estudo, diagnosticando que

são atingidos bairros em processo de expansão e, na maioria das representações as manchas, bairros já consolidados, em alguns casos quase que em sua totalidade são cobertos pelas manchas de inundações.

Pela representação, as zonas 1 e 2 se encontram em situações críticas e de alto risco, tanto pela extensão das áreas atingidas quanto pela recorrência dos eventos, com tendência a se repetirem em períodos relativamente curtos e com o agravamento estendido de novas áreas a cada evento. Estas zonas precisam urgentemente de medidas estruturais citadas anteriormente, medidas estas capazes de minimizar os impactos a população. As zonas 1 e 2 apresentam como características semelhantes a presença de canais de drenagem importantes que permeiam o perímetro destas zonas. Os canais principais ao ganharem volume atingem bairros adjacentes e as estruturas urbanas por não serem bem dimensionadas acabam por não suportarem os altos volumes, que ao serem atingidas além de sofrerem danos acabam por impossibilitar o acesso e a mobilidade das pessoas nas áreas atingidas.

A zona 3 mesmo com probabilidade de ocorrência em escala temporal maior, por abranger grande parte do perímetro urbano banhados pelos dois sistemas, necessitam de medidas atuantes e eficientes de modo que possam informar e preparar a população para ações de enfrentamentos a possíveis ocorrências dos eventos de inundações. Por ser um cenário ainda não ocorrido e ambientalmente inevitável, seus efeitos e seus danos são desconhecidos, mas sua probabilidade de ocorrência foi projetada.

Com o tratamento dos dados e a produção das estruturas de representações hidrológicas, o padrão atual dos eventos de cotas dos rios Cauamé e Branco foram definidos. Baseado neste arcabouço de informações levantadas, associado ao produto (mapa de risco x modelo de uso e ocupação) e seus efeitos sobre a área de estudo, podemos concluir que a partir do conhecimento do cenário atual e de seus pontos críticos (juntamente com a implantação e uso de equipamentos de acompanhamento e monitoramento nas áreas de riscos) é possível antever a ocorrência dos eventos e assim proceder com as ações de evacuação das populações que habitam estas áreas de riscos, antes que estas sejam atingidas.

Observa-se que, diante do histórico de inundações no perímetro urbano de Boa Vista, pouco se tem avançado em medidas capazes de minimizar os impactos, frente ao grande número de pessoas atingidas. Ações pontuais de canalização dos canais de drenagem associados a implantação de estrutura de esgotamento pouco eficiente e a impermeabilização de suas áreas adjacentes, na prática, têm potencializado os riscos de inundação, uma vez que diminuem a eficiência de drenagem resultando no espalhamento da lâmina de água.

As referidas ações associadas a fisiografia da área são fatores preponderantes que fazem com que o perímetro urbano seja atingido, quase que em sua totalidade, pela representação das manchas de inundações no mapa de risco, excepcionalmente, pela cota extrapolada de 67 m. A partir desta definição dos limites das zonas com o alcance das manchas, tornam-se relevante e urgente a implantação e implementação de medidas estruturais e não estruturais. Conforme as definições anteriores, estas medidas são passíveis de aplicação como complemento as ações previstas no plano diretor da cidade e na Lei de uso e ocupação do solo do município de Boa Vista.

Esta condição atual a que se encontra submetida a cidade de Boa Vista aos eventos de inundação advém de um ordenamento territorial desajustado frente as ocupações que se consolidaram tornando complexas as ações de mitigação atuais e futuras, situação diferente se apresenta na margem esquerda do baixo cauamé com suas áreas de risco preexistentes embasadas a partir deste mapeamento, visualizando um cenário futuro de ocupações estas ferramentas permitiram dentro dos limites das zonas de risco planejar, orientar e restringir as copulações. Além de ser uma ferramenta útil e necessária a defesa civil em ações preventivas frente as ocorrências dos eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Base Hidrográfica Ottocodificada** – BHO. Brasília: ANA, multiescalas. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

_____. **Portal HIDROWEB**. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/>> Acesso em: 19 jan. 2021

ALBANO, R.; SOLE, A.; ADAMOWSKI, J.; MANCUSI, L. 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.**, n. 11, v. 14, p. 2847–2865, fev. 2014.

ALEXAKIS D.D. et al. And remote sensing techniques for the assessment of land use change impact on flood hydrology: the case study of Yialias basin in Cyprus. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.** n. 2, v. 14, p. 413-426, fev. 2014.

ALMEIDA A. J. P; NETO J. V. F.: Mapeamento de Áreas Impermeáveis para Caracterização da Urbanização da Bacia Endorreica do Tabuleiro do Martins, Maceió (AL): **Revista Contexto Geográfico**, v. 2. n.3, p. 100 – 109, jul. 2017.

ANDRADE, M.M.N. A; SZLAFSZTEIN, C.F. **Estudo de vulnerabilidade a inundações como subsidio ao planejamento urbano no município de Novo Repartimento**. ANPUR. Belém, 2008, 7 p.

ARAUJO JUNIOR, A. C. R.; TAVARES JUNIOR, S. S. Expansão Urbana e Fatores De Risco À Inundação em Boa Vista – RR. Curitiba (PR): **Revista Ra’e Ga**, v.44, p. 139 -153, mai. 2018.

ARAUJO JUNIOR, A. C. R.; TAVARES JUNIOR, S. S.: Analytic Hierarchy Process (Ahp): uma Definição do Risco à Inundação para a Amazônia Setentrional: **ACTA Geográfica**, v.14, n.35, p. 209-233, mai./ago. 2020. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/actageo/article/view/202>>. Acesso em: 20 de abr. 2021.

BATISTA A. N.; SILVA J. B. Políticas Públicas e produção de espaço urbano de Boa vista Roraima (1988 – 2011). Goiânia: **Revista Bol. Goia. Geogr. (Online)**, v. 38, n. 1, p. 01-26, jan./abr. 2018. Disponível em: <<http://www.revista ufg.br.>>: Acesso em 05 de fev. 2022.

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 (RR)**: Editora da UFRR, 2008. p. 168-193. Disponível em: <<https://ufr.br/editora/>>: Acesso em: 03 de ago. 2021.

BOA VISTA. **Lei complementar n. 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, RR, 30 de out. 2006. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=173391>>. Acesso em: 23 ago. 2021.

_____. **Lei Complementar n. 926, de 29 de novembro de 2006**. Dispõe sobre o Uso e Ocupação do Solo Urbano do município de Boa Vista e dá outras providências. Boa Vista, RR, 2006. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=173391>>. Acesso em: 23 ago. 2021.

BRASIL. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN. Disponível em: <<http://educacao.cemaden.gov.br/site/activity/ODAwMDAwMDAwNjc=>>>. Acesso em 10 de fev. 2022.

_____. **lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999**. Altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as **Leis nºs 6.015, de 31 de dezembro de 1973** (registros públicos) e **6.766, de 19 de dezembro de 1979** (parcelamento do solo urbano). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm#art3>: Acesso em 13 de fev. 2022.

_____. Ministério das Cidades - Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT - **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília (DF): 2007. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/403183936/IPT-Mapeamento-de-riscos-em-encostas-e-Margens-de-rios-pdf>>. Acesso em: 28 de jun. 2021.

_____. Ministério das Cidades. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Global Water Partnership - World Bank. UNESCO: 2005. 270 p.

BUFFON E. A. M.; GOUDARD G.; MENDONÇA F. A. Gestão de Risco de Desastres e Medidas de Adaptação em Áreas de Inundação Urbana em Pinhais, Paraná – Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 4, n. 69, P. 635-646, nov. 2016.

CARVALHO T. M. **Caracterização Hidrogeomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Branco, Estado de Roraima, Brasil**. 2018. 169 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Fortaleza 2018 Universidade Federal do Ceará – UFC. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/38330>>: Acesso em 16 de dez. 2021.

CARVALHO T. M.; MORAIS R. P. Aspectos hidrogeomorfológicos do Sistema Fluvial do Baixo rio Uraricoera e alto rio Branco como subsídio à gestão de terras. Belo Horizonte (MG): **Revista Geografias Artigos Científicos**, vol.10, no 2, p. 188-135, Jul/dez. 2014.

CARVALHO T.M. CARVALHO C.M. **Paisagens e Ecossistemas**. In: Silveira, E.D.; Serguei, A.F.C. (Org.), Socioambientalismo de fronteiras: relações homem-ambiente na Amazônia. Ed. Juruá, Curitiba (PR). 2015. p.43-68.

CLIMATE – DATE. ORG. **Temperaturas e precipitações médias // clima em Boa Vista.** Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/roraima/boa-vista-3894/#climate-table>>: Acesso em: 09 dez. 2021.

CLIMATE-DATE.ORG, **Boa Vista temperaturas e precipitações medias.** Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/roraima/boa-vista-3894/>>. Acesso em: 21 de ago. 2020.

COELHO A. L. N; RAMOS A. L. D.; BERGAMASCHI R. B. Uso Imagens Temporais CBERS-2B/CCD para Zoneamento de Área Sazonalmente Inundável no Município de Piúma – ES: uma proposta metodológica. Universidade Federal do Espírito Santo – Departamento de Geografia/CCHN/UFES. Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias. XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Curitiba, PR, Brasil. **Anais INPE** p.2538 30 de abril a 05 maio 2011.

COSTA, J. A. V.; COSTA, N. S. R.; REIS NETO, R. P. A. Indícios de drenagem urbana rumo à extinção: o caso dos igarapés da grande Boa Vista. **Textos e Debates**, n. 07, v. 1, p. 64-70, 2004. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/textosedebates/article/view/1031/0>>: Acesso em: 04 de dez. 2021.

COSTA, J. R. S.; SILVEIRA, A. H. M.; SILVA, F. M.; FILGUEIRA, H. J. A. **Avaliação do Manejo de Desastres e Proteção Financeira à Inundação no Vale do Açu/RN HOLOS.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Natal, Brasil. vol. 5, 2015, p. 34-43 2015. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/4815/481547288004.pdf>>: Acesso em: 16 de dez. 2021.

EVANGELISTA, R. A. O.; SANDER, C.; WANKLER, F. L.: **Estudo Preliminar do Branco, estado de Roraima.** In: SILVA, P. R. F.; OLIVEIRA, R. S. (Orgs.). Roraima 20 anos: as Geografias de um novo Estado. Boa vista (RR): Editora da Universidade Federal de Roraima, 2008, v. 1, p.142-167.

FAPESP. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **Desastres naturais. 50 anos de Calamidades na América do Sul 2016.** Disponível em: <<https://umaincertaantropologia.org/2016/04/20/50-anos-de-calamidades-na-america-do-sul-pesquisa-fapesp/>>: Acesso em 13 de nov. 2021.

FEITOSA A. **Zoneamento de Pequenas Bacias Hidrográficas e Caracterização de Várzeas na Bacia do Pajeú, Pernambuco.** 2012. 140 f. Tese (doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPG/UFPE. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas – CFCH, Recife/PE. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/10688/1/TESE_Doutorado_Ailton_Feitosa_2012.pdf>: Acesso em: 30 de ago. 2021.

FERREIRA G. A. P. **Modelagem Hidráulica de Inundações Fluviais em Manaus com Uso de Dados de Altimetria de Satélite – DF.** 2018, 126 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília/DF, 2018.

Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/406664523/2018-GabrielAlcantaraPuntelFerreira-tcc-pdf>>: Acesso em: 13 de mai. 2021.

GOOGLE: **Google Earth**. Google LLC, 2021. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/index.html>>: Acesso em: 02 fev. 2021.

GUERRA, A.J.T.; GONÇALVES, L.F.H.; LOPES P. B. M. Evolução Histórico-Geográfica da Ocupação Desordenada e Movimentos de massa no Município de Petrópolis nas Últimas Décadas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n, 1, p. 35-43, 2007. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/232997/26947>>: Acesso em: 16 nov. 2021.

GUMBEL, E. J. Statistical Theory of Extreme Values and Some Pratical Applications. pplied Mathematics Series. **National Bureau of Standart, Washington**, v. 2, n. 33, p. 1-51, 1954. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/mathematical-gazette/article/abs/statistical-theory-of-extreme-volues-and-some-pratical-aplications-by-ej-gumbel-pp-viii-51-40-cents-1954-national-bureau-of-standards-applied-mathematics-series-33-washington-dc/80C9F18052EB64B2A3BFEC023EEE699C>>: Acesso em: 06 nov. 2021.

GUMBEL, E. J.; CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial: O canal fluvial**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1981.

HAYAKAWA I. F.; ULTRAMARI C. **Um estudo em Curitiba: Situações de risco como definidoras de inflexões no planejamento e na gestão urbana**. Caxambu (MG), 2008. p.191. Disponível em: <<https://independente.academia.edu>>: Acesso em 25 nov. 2021.

HORA, S. B.; GOMES, R. L. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia (MG). v. 2, n. p. 21, 57-75, ago. 2009. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/about&ved=2ahUKEwi63d2G2Zj2AhVZK7kGHRGJDA4QFnoECAQQAQ&usg=AOvVaw2nHJd2YRK1hpan_3pQy9zh>: Acesso em: 19 nov. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeto levantamento e classificação da cobertura e do uso da terra - Uso da Terra no Estado de Roraima (Relatório Técnico)**. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 2005. 94 p.

IEMA. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Atlas de Vulnerabilidade a Inundações no Estado do Espírito Santo**. Vitoria: Atlas, 2013. Disponível em: <<https://iema.es.gov.br/qualidadedoar/indicedequalidadedoar>>. Acesso em: 22 de set. 2021.

INSTITUTO RENÉ RACHOU. **Pesquisas indicam mudanças climáticas na Região Amazônica**: FIOCRUZ Minas: 2016. Disponível em: Disponível em <<http://www.cpqrr.fiocruz.br/pg/pesquisa-indica-mudancas-climaticas-na-regiao-mazonica/>>: Acesso em: 06 nov. 2020.

KELLY T. R. et al. Climate Variability and Flood Frequency at Decadal to Millennial Time Scales. *Ancient Flood, Modern Hazards: principles and Applications of paleoflood Hydrology* Water Science and Application Copyright by the. **American Geophysical Union**, Nevada, v. 5, p. 21-45, jul. 2002. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/oI026206h>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

LEMOS C. E. F.; VIEIRA M. I. de S.; FERRAZ R. R. Compartimentação hidrográfica da bacia de drenagem do rio Branco, Estado de Roraima, Brasil por meio da base hidrográfica otocodificada. **Revista ACTA Geográfica**, Boa Vista/RR, v.11, n.26, p. 35-53. ago. 2017.

LOURA Á. P. **Ocupação urbana e Usos do Solo em um Trecho do Baixo Rio Cauamé - Zona Leste de Boa Vista, RR**. 2020. 136 f. Dissertação (mestrado) Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Roraima, Boa Vista/RR 2020. Disponível em: <https://ufr.br/profagua/item>: Acesso em: 03 de ago. 2021. Disponível em: <https://ufr.br/profagua/item>: Acesso em: 17 de ago. 2021.

MAGALHÃES R. F. **Ocupação urbana e Usos do Solo em um Trecho do Baixo Rio Cauamé - Zona Leste de Boa Vista, Roraima**. 2020. 207 f. (Dissertação) - Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2020. Disponível em: <<https://ufr.br/profagua/item>>: Acesso em: 12 de ago. 2021.

MAKRAKIS M. C. **Mapeamento e Análise das Áreas Suscetíveis a Inundações do Município de Lages-SC**. 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto. Porto Alegre, 2017.

MDE. Modelo Digital de Elevação. *Radiometrically and terrain-corrected geocoded GeoTIFF*, do tipo ALOS PALSAR, - MDE/RTC. Disponível em: <<https://search.asf.alaska.edu/#/>>. Acesso em: 01 de jul. 2021.

MENDIONDO, E. M.; TUCCI, C. E. M. Escalas hidrológicas. I: Conceitos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n.1, p. 59-122, 1997.

NETO R. A.; COSTA J. A. V. Mapeamento de Unidades Geomorfológicas da Bacia do Rio Cauamé. Boa Vista. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n 2, p. 3-10, 2010. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/download/147/141>>: acesso em: 05 de set. 2021.

NETO, R. A. dos. **Geomorfologia e neotectônica da bacia do rio Cauamé, Boa Vista**: 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais. Boa Vista/RR 2007. Disponível em: <<http://localhost:8080/handle/prefix/294>>. Acesso em: 13 de nov. 2021.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: ed. Thomson Learning, 2007. 612 p.

OLIVEIRA et al.: Análise da Suscetibilidade a Inundações e Enxurradas na Bacia hidrográfica do Rio Forqueta, RS, Brasil. São Paulo: **Revista UNESP Geociências**, v. 37, n. 2, p. 437 - 453, jul. 2018.

OLIVEIRA J. F. C. DE. **Traçado e Extrapolação de Curva-chave do Rio Cauamé em Boa Vista – RR**. 2020. 50 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2020. Disponível em: <<https://ufr.br/profagua/item>>: Acesso em: 09 de ago. 2021.

OLIVEIRA J. S.; CARVALHO T. M. Vulnerabilidade aos Impactos Ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé em Decorrência da Expansão Urbana e Uso Para Lazer em Suas Praias. Boa Vista: **Revista Geográfica Acadêmica**, v 8, n1, p.61-80. 2014.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Cerca de 70 desastres prejudicaram 70 milhões em território brasileiro entre 2000 e 2019; em termos proporcionais, Guiana é o país com maior proporção da população afetada por desastres na América Latina e no Caribe**. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/tags/inundacoes/date/2020-01/INUNDAÇÕES>>. Acesso em: jul. 2021.

PINHEIRO L. S.; MORAIS J. O. Interferências de Barramentos no Regime Hidrológico do Estuário do Rio Catú-Ceará-Nordeste do Brasil. Uberlândia: **Revista Sociedade & Natureza**, v 22, n 2. p. 237-250, abr. 2010.

PRICE R. K.; VOJINOVIC Z.; Urban flood disaster management, Urban Water Journal, 5:3, 259-276, DOI: 10.1080/15730620802099721 p.19 School of Public Health set. (2008): **Urban Water Journal**, Vol. 5, n. 3, p. 259–276. Disponível em: <<http://ir.mu.ac.ke:8080/jspui/handle/123456789/583>>: Acesso em: 04 de out. 2021.

QGIS. **Geographic Information System** 3.10.2. Disponível em: <https://qgis.org/pt_BR/site/>: Acesso em 15 de jul. 2021.

REIS, P. A. **Identificação de áreas vulneráveis a enchentes e inundações em áreas urbanas através de modelos topográficos e hidráulicos** Uberlândia. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/14221>>: Acesso em: 06 set. 2021.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: Subsídios da Geocologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. Fortaleza/CE, Editora, edições [s.n.]. UFC, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/341803786_Planejamento_e_Gestao_Ambiental_s_ubsidios_da_Geocologia_das_Paisagens_e_da_Teoria_Geossistemica>: Acesso em: 02 de mar. 2021.

RORAIMA. Fundação Estadual do Meio Ambiente e Tecnologia de Roraima – FEMAGR: **Plano Estruturante do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de Roraima - Volume II -Boa Vista (RR)**. 2007, 207 p.

RUDNIAK A.; FILHO P. C. O.; ANDRADE A. R.; Aplicação de Técnicas de Análise Espacial para Mapear Áreas Suscetíveis a Enchentes Urbanas, Guarapuava. Ed. **Revista Geo UERJ**, v.10, n. 35, p. 18, out. 2019.

SAMPAIO S. F; JUSTINA E. E. D.; BEZERRA S. F. Características Socioeconômicas dos Moradores de Área de Risco da Bacia do Igarapé Grande. ed. Porto Velho: **Revista Geonorte**, v. 1, n. 4, p. 501-514, 2012.

SANDER C. et al. Cheias do Rio Branco e Eventos de Inundação na Cidade de Boa Vista, Roraima: Boa Vista (RR): Ed. **Revista ACTA Geográfica**, v.6, n.12, p. 41-57, mai./ago. 2012.

SANDER, C. **Geomorfologia da planície aluvial do alto Rio Branco em Roraima: Dinâmica e processos evolutivos**. 2015. 231 f. Tese (doutorado). Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2015.

SANDER, C.; CARVALHO, T. M.; GASPARETTO, N.VL. Breve Síntese da Dinâmica Fluvial do Rio Branco, nas Adjacências da Cidade de Boa Vista, Boa Vista. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.7, n.1, p. 60-69, 2013.

SGB-CPRM Serviço Geológico do Brasil. **Rio Branco em cota de inundação em Roraima - SGB-CPRM**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/sace/branco> Rio Branco em cota de inundação em Roraima - CPRM>. Acesso em: 30 de mai. 2021.

SIEFERT, C. A. C.; SANTOS, I. Identificação de Áreas Hidrológicamente Sensíveis por meio de Modelagem Hidrológica e da Distribuição Espacial de Solos e Vegetação em Ambientes Hidromórficos. Uberlândia/MG. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 1, p.141-155. 2015.

SILVA D. A. et al. Análise dos ciclos de precipitação na região de Boa Vista – RR nos anos de 1910 a 2014, Boa Vista/RR. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 9, n.2. p. 34-49, xii2015.

SISCAH - **Sistema Computacional para Análise Hidrológica**. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso em: 17 de abr. 2021.

SOUSA L. F. N. M. **Metodologia para o Mapeamento de Cheias em Zonas de Risco. Aplicação a um Troço de um Rio do Norte de Portugal**. 2012. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.

STRUCKER D. **Compartimentação da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Cauamé - RR: uma análise da fragilidade a erosão do solo, Boa Vista, RR**. (CLAE). 2020. 110 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Roraima, 2020. Disponível em: <<https://ufr.br/profagua/item>>. Acesso em: 11 de set. 2021.

TOMINAGA L. K.; SANTORO J.; AMARAL R. (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Disponível em:

<<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/2009/01/tominaga-l-k-santoro-j-amaral-r-organizacao/>>: Acesso em 27 nov. 2021.

TRENTIN R.; ROBAINA L. E. S.; SILVEIRA V. S. Zoneamento do Risco de Inundação do Rio Vacacaí no Município de São Gabriel, RS. **Revista Geo UERJ**, v. 1 n. 24, p. 161-180, fev./jun. 2013. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj>>: Acesso em: 14 de ago. 2021.

TRENTIN R.; ROBAINA S. L. E. SILVEIRA V. S. **Desastres naturais no Rio Grande do Sul. Zoneamento do Risco de Inundação do Rio Vacacaí no Município de São Gabriel/RS. Revista Geo UERJ**, v. 1, n. 24, p. 161-180, jan./jun. 2013. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj>>: Acesso em: 08 de abr. 2021.

TUCCI C. E. M. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre. ABRH-RHAMA, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br>>: Acesso em: 02 de fev. 2022.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas**. Estudos Avançados, v. 22, n.63, 16p. 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/SfqYWrhrvtkxybFsjYQtx7v/>>: Acesso em: 16 de jan. 2022.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Revista REGA**, vol. 1, no. 1, p. 59-73, jan./jun. 2004.

TUCCI, C. E. M. **impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos**. Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, Câmara Temática Sobre Recursos Hídricos. Brasília, 2002. 150 p.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (orgs). **Inundações urbanas na América do Sul**. Ed. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre. v.7 n. 4, p. 156. Jan. 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Juan-Bertoni/publication/266883894_INUNDACOES_URBANAS_NA_AMERICA_DO_SUL/links/56b352cd08ae3d06a26644e2/INUNDACOES-URBANAS-NA-AMERICA-DO-SUL.pdf>. Acesso em: 11 set. 2021.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction – UNISDR. **Disaster Risk Reduction & Climate Change Adaptation in the Pacific**. Asia and Pacific 2012. Disponível em: <<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/Dis-019.pdf>>. Acesso em: 01 de jan. 2022.

UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE (USGS). **Produtos**. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/>>: Acesso em 27 de abr. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIAIS. **Saneamento Básico e Saúde ambiental**. Disponível em: <<https://www.prpg.ufg.br/p/25619-saneamento-e-saude-ambiental>>: Acesso em 10 de fev. 2022.

WANKLER, F. L.; EVANGELISTA, R. A. O.; SANDER, C. Sistema Aquífero Boa Vista: “Estado de Arte” do Conhecimento e Perspectivas, Boa Vista/RR. **Revista ACTA Geográfica**, v.6, n.12, p.21-39, mai./ago. 2012.

YANG L.; SCHEFFRAN, J.; QIN H.; YOU Q. Riscos de inundação relacionados ao clima e respostas urbanas no Delta do Rio das Pérolas, Macau China. **Revista Mudança Ambiental Regional**, v.15 no.2 p. 379-391, mar. 2015.

ZAMBRANO L.; MUÑOZ, R. P.; FERNÁNDEZ T. Influence of solid waste and topography on urban floods: The case of Mexico City. **Revista Royal Swedish Academy of Sciences**, v. 47, p. 771-780, fev. 2018.