

## VULNERABILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA CAXANGÁ, BOA VISTA-RR

Mayk Feitosa Santos<sup>1</sup>  
Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior<sup>2</sup>  
Vladimir de Souza<sup>3</sup>

**Resumo:** O objetivo da pesquisa foi entender a vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica Caxangá em Boa Vista-RR. Como metodologia foram levantadas informações socioeconômicas da Bacia Hidrográfica Caxangá e posteriormente seguiu-se com a etapa de laboratório, com cruzamento dos elementos naturais e sociais no software ArcGis 10.1. Os resultados indicaram concentração de locais com vulnerabilidade alta próxima e no bairro Calungá, coincidindo com uma área de concentração de pessoas com baixa renda, ou seja, em eventos de inundação, esses locais tendem a sofrer mais danos, destacando que possuem declividade baixa, além de ter uma grande concentração de pessoas e infraestruturas que podem potencializar os efeitos de um evento de inundação. Os produtos desta pesquisa devem servir de orientação para possíveis projetos de infraestrutura em locais de vulnerabilidade ambiental alta, principalmente na Bacia Hidrográfica Caxangá (BHC).

**Palavras-chave:** Risco. Bacia Hidrográfica. Inundação.

## ENVIRONMENTAL VULNERABILITY IN THE WATERSHED CAXANGÁ, BOA VISTA-RR

**Abstract:** The objective of the research was to understand the Caxangá Watershed Environmental Vulnerability in Boa Vista-RR. As a methodology, socioeconomic information from the Caxangá Hydrographic Basin was collected and later followed with the laboratory stage, with the crossing of natural and social elements in the ArcGis 10.1 software. The results indicate concentration of sites with high vulnerability near and in the Calungá neighborhood coinciding with an area of concentration of people with low income, that is, in flood events, these places tend to suffer more damages, noting that they have a low slope, in addition to Have a large concentration of people and infrastructure that can potentiate the effects of a flood event. The products of this research should serve as guidance for possible infrastructure projects in places of high environmental vulnerability, especially in the Caxangá Watershed.

**Keywords:** Risk. Permanent preservation area. Flood.

## VULNERABILIDAD AMBIENTAL EN LA BACIA HIDROGRAFICA CAXANGÁ, BOA VISTA-RR

**Resumen:** El objetivo de la investigación fue entender la Vulnerabilidad Ambiental de la Cuenca Hidrográfica Caxangá en Boa Vista-RR. Como metodología se recopiló

<sup>1</sup> Universidade Federal de Roraima, Departamento de Geografia, Boa Vista-RR, Brasil, [kingmayk@hotmail.com](mailto:kingmayk@hotmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-5771-4819>

<sup>2</sup> Universidade Federal de Roraima, Departamento de Geografia, Boa Vista-RR, Brasil, [aj\\_geo@hotmail.com](mailto:aj_geo@hotmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-0756-1612>

<sup>3</sup> Universidade Federal de Roraima, Departamento de Geografia, Boa Vista-RR, Brasil, [vladimir.souza@ufr.br](mailto:vladimir.souza@ufr.br), <https://orcid.org/0000-0002-8246-9245>

información socioeconómica de la Cuenca Hidrográfica Caxangá y posteriormente se siguió con la etapa de laboratorio, con el cruce de elementos naturales y sociales en el software ArcGis 10.1. Los resultados indican ubicaciones con alta vulnerabilidad cerca y en los alrededores del barrio de Calungá, que coincide con un área de concentración de personas con bajos ingresos, es decir, en eventos de inundación, estos sitios tienden a sufrir más dañosa consecuencia de la baja declividad, presencia de una gran concentración de personas e infraestructura, que pueden potenciar los efectos de un evento de inundación. Los productos de esta investigación deben servir de orientación para posibles proyectos de infraestructura en lugares de alta vulnerabilidad ambiental, principalmente en la Cuenca Hidrográfica Caxangá.

**Palabras clave:** Riesgo. Cuenca Hidrográfica. Inundación.

## Introdução

As cidades exercem pressão sobre seus recursos naturais, pois o modo capitalista e consumista produz cada vez mais demandas, as quais tem reflexo negativo sobre o meio ambiente. “Assim, a sociedade pressiona recursos, como os hídricos, por meio, por exemplo, de uma captação maior que a capacidade de suporte, a qual se combinada com poluição industrial e domiciliar e os solos que são degradados por poluentes carregados pelo escoamento superficial, associados também à disposição inadequada do lixo” (HOGAN et al, 2010), pode trazer consequências irremediáveis.

Evidencia-se que determinados locais, como as bacias hidrográficas, há tendência a ocorrer desastres naturais, principalmente os relacionados à inundação. Esses desastres podem acarretar perdas social e econômica, mas, mesmo nesses locais, a capacidade de regeneração é grande em relação ao surgimento de um evento de risco. Portanto, o estudo da vulnerabilidade ambiental dessas áreas é bastante relevante para aprimorar políticas públicas nessas áreas afetadas.

Alguns elementos devem ser mensurados em relação ao conceito de vulnerabilidade, elementos como a declividade, ocupação do solo, hidrografia, topografia, vegetação etc, pois tais elementos tornam possível a quantificação do grau de vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica.

A vulnerabilidade ambiental é um tema bastante relevante para sociedade, uma vez que levanta problemáticas relacionadas ao uso e ocupação das grandes cidades, sendo exemplo, as constantes cheias de rios como o Rio Tietê e Pinheiros na Grande São Paulo (REZENDE, et al. 2018; SIMAS; RODRIGUES, 2020). Esses eventos causam inúmeras problemáticas sociais para a população desses locais. (PEDRINI, et al., 2022; COSTA et al. 2021, ZANELLA, et al. 2013).

Boa Vista capital de Roraima como qualquer outra cidade do Brasil, também possui áreas de vulnerabilidade ambiental (IGNÁCIO et al. 2017; TONELLO et al., 2015; OLIVEIRA; CARVALHO, 2014) um exemplo disso são as bacias hidrográficas Mirandinha, Caxangá, Grande, Caranã (para citar as mais ocupadas e maiores em termos físicos). Essas bacias hidrográficas em períodos chuvosos transbordam (enchentes) por conta do grande volume de água, causando grandes impactos ambientais.

Nesses locais, o estudo da vulnerabilidade ambiental é bastante importante para revelar o grau de resistência dessas pessoas, além de determinar os locais mais propícios a serem impactados por tais intempéries. (ARAÚJO JÚNIOR, 2019; 2016a; 2016b; 2015; ARAÚJO JÚNIOR; TAVARES JÚNIOR, 2017; FALCÃO; COSTA, 2012; FARIAS et al. 2012).

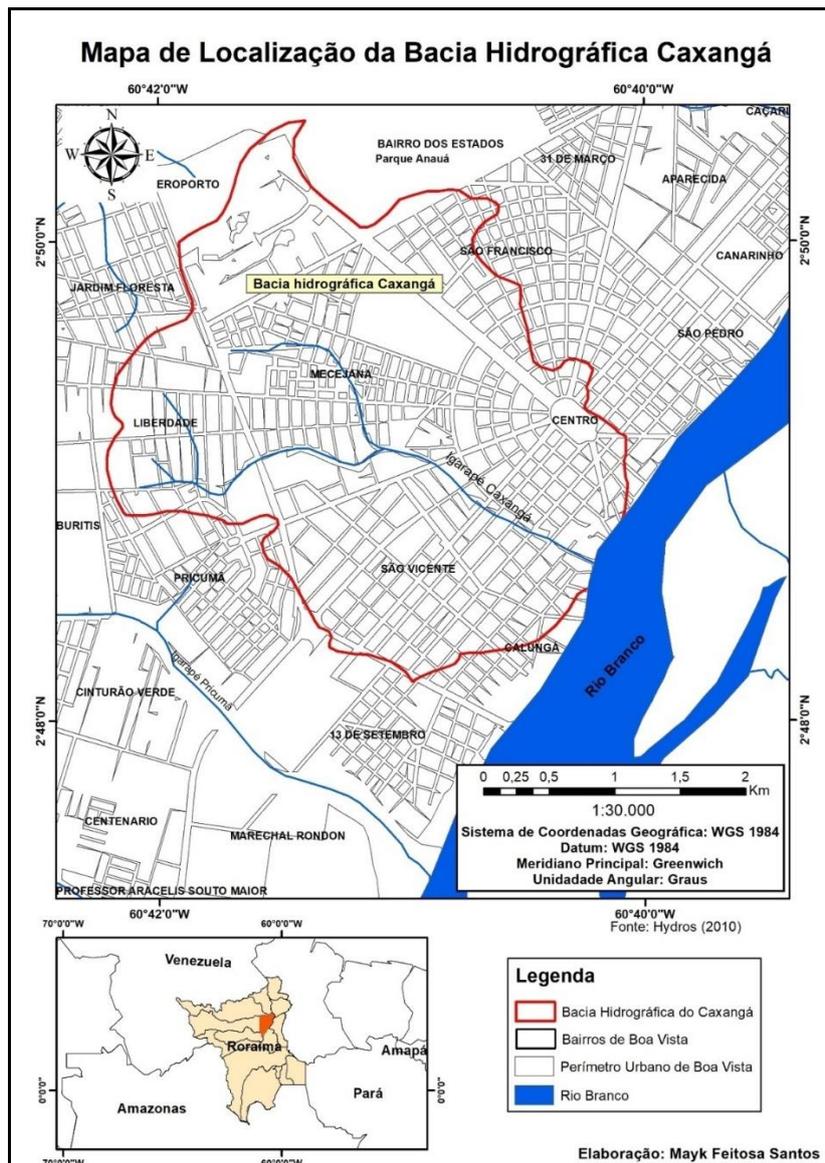
Assim, teve-se como objetivos: (i) entender a vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica Caxangá (BHC) na cidade de Boa Vista-RR de forma teórica e prática, (ii) identificar os pontos de vulnerabilidade ambiental existentes na referida bacia hidrográfica, (iii) espacializar fatores de vulnerabilidade ambiental na BHC e (iv) analisar o processo de ocupação das áreas de preservação permanente (APPs) da BHC;

### **Localização da área de estudo**

A cidade de Boa Vista fica localizada no estado de Roraima e seu perímetro urbano encontra-se na margem direita do Rio Branco. A área urbana consolidada de Boa Vista centra 6 bacias hidrográficas urbanas (Caranã, Caxangá, Frasco, Grande, Mirandinha e Pricumã), e seus espaços abrangem quase toda a cidade.

As bacias hidrográficas supracitadas possuem intensa dinâmica de urbanização (ARAÚJO JÚNIOR; TAVARES JÚNIOR, 2017; 2018), em algumas bacias hidrográficas a mata ciliar aparenta preservação (OLIVEIRA JÚNIOR, et al. 2018) em contrapartida, em algumas bacias pode-se observar a existência de trechos canalizados, como o exemplo do Mirandinha e também do Caxangá (SOUZA, et al. 2018, TONELLO, et al. 2015; TONELLO, et al. 2008).

O foco principal do estudo está na Bacia Hidrográfica Caxangá localizada nas zonas central, oeste e norte de Boa Vista. Seu limite compreende os bairros, Calungá, Centro, Mecejana, Liberdade, Pricumã, São Vicente, Aeroporto, Jardim Floresta, Bairro dos Estados, São Francisco e Treze de Setembro totalizando 10,17 km<sup>2</sup> (figura 1).

**Figura 1** - Mapa de localização das Bacia Hidrográfica do perímetro urbano de Boa Vista.

Fonte: Os autores.

### Áreas de Preservação Permanente, bacias hidrográficas e vulnerabilidade ambiental: alguns apontamentos

A água é um importante recurso para o planeta e a sociedade vem usando essa admirável fonte de vida no seu processo de fixação e estruturação das cidades. Um modelo a ser citado é a relação do povo egípcio com o grande rio Nilo. Suas atividades agrícolas tornaram-se prósperas por conta de seu solo fértil próximo das margens; a proximidade do rio também era um fator importante, pelo fato da grande possibilidade de irrigação de seus cultivos agrícolas (COSTA, et al. 2019).

“A bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é constituída pelo conjunto de superfícies que, através de canais e tributários, drenam água da chuva, sedimentos e substâncias dissolvidas para um canal principal” (GRANELL-PÉREZ, 2004). Uma

bacia pode ser delimitada por seu divisor topográfico, os quais são segmentos elevados da superfície do terreno envolta da drenagem principal. Braga et al. (2005) “conceituam a bacia hidrográfica como um conjunto de drenagem que converge toda a água precipitada até o seu ponto mais baixo, conhecido como exultório”. Christofolletti (1980), por sua vez, explica de forma mais sucinta o conceito de bacia hidrográfica, definindo-a como uma área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial.

É de vital importância planejar e gerenciar os recursos de uma bacia hidrográfica, visando proporcionar um uso sustentável das águas. Para reforçar essas gestões direcionadas às bacias hidrográficas, o “Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecido pela Lei nº 9.433/97, é um dos instrumentos que orienta a gestão das águas no Brasil” (BRASIL, 2006).

Contudo, a lei tem como objetivo principal estabelecer um pacto de água, em quantidade e qualidade, gerenciando as demandas e considerando ser a água um elemento estruturante para a implantação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social.

O processo de ocupação é uma variável bastante evidente nas grandes cidades não só do Brasil, mas também do mundo. A ocupação irregular tende a ser danosa nas bacias hidrográficas, devido o grande estabelecimento populacional nas áreas de preservação permanentes (APPs), podendo ofuscar o planejamento e gestão feitos em uma bacia hidrográfica.

Nas políticas públicas atuais, é cada vez mais evidente o foco na conscientização ambiental, utilizando as bacias hidrográficas como instrumento de planejamento e gestão. Para embasar melhor, o art. 2º inciso II da Política Nacional de Recursos Hídricos cita a utilização racional e integrada dos recursos hídricos e transporte aquaviário, que devem ter em vista o desenvolvimento sustentável. A ideia transmitida corresponde ao uso, adequando de seus recursos dentro de uma bacia hidrográfica e desenvolvimento de políticas públicas focadas na conservação de suas matas ciliares e entorno, bem como da drenagem principal e de seus afluentes (LOPES, et al, 2021; DICTORO, HANAI, 2021; RIOS, 2018).

Pensando na importância das APPs para a drenagem de uma bacia hidrográfica, faz-se necessário conceituá-la segundo o novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), o qual a considera como área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de

fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. O artigo 4º considera Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

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

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de: 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares.

a) de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento, observado o disposto nos §§ 1º e 2º;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

É de vital importância a preservação das APPs, pelo fato da mesma exercer diversos papéis importantes na cadeia de elementos da natureza. Um exemplo disso

seriam as matas ciliares servindo como corredores ecológicos naturais para o fluxo de animais em sua interligação com outros espaços naturais como apontado por Zimbres (2016), além de outras atribuições, como o favorecimento do bom andamento do ciclo hidrológico em fases como a evapotranspiração, interceptação, aumento da absorção da água pelo solo e conseqüente diminuição do escoamento que podem desencadear assoreamento dos cursos d'água, principalmente em áreas urbanas, como apontado por Montero (2016).

Além disso, a ocupação de APPs em áreas urbanas potencializa a vulnerabilidade das populações que as ocupam, uma vez que tais áreas são propensas a inundações, deslizamentos, desmoronamentos, queimadas, etc (ALVES, 2017; ALFIERI, et al. 2014; CANHOLI, 2005; CHRISTOFOLETTI, 1997).

Assim, o conceito de vulnerabilidade assume relevância para a sociedade, devido a ocorrência de desastres naturais em perímetros urbanos em todo o mundo, sendo que a maioria envolve inundações, pontos de alagamento, cheias extraordinárias, movimentos de massa, entre outros. Ademais, em meio a essa dinâmica há perdas sociais, ou seja, perdas humanas e perdas materiais. (FALCÃO et al. 2012; CUTTER, 2011; 2003a; 2003b; COSTA, 2001).

Neste contexto, a vulnerabilidade ambiental está atrelada a intrínseca relação existente entre aspectos socioeconômicos e físicos no espaço geográfico, sendo em uma leitura dos desastres naturais uma componente da tríade elencada por Rebelo (2003) risco-perigo-vulnerabilidade, onde  $Risco = Perigo \times Vulnerabilidade$ .

Destaca-se que o risco só deve ser mensurado quando a variável humana é incluída. “Deste modo, o risco nada mais é, do que uma percepção humana, assim um indivíduo, ou um grupo de indivíduos podem se considerar vulneráveis as ocorrências de um evento que possa gerar danos sejam eles a integridade humana ou de bens matérias” (MEDEIROS et al., 2012).

De acordo com Veyret (2007), “há diversos tipos de riscos, mas nem todos são tratados pela Geografia”. Almeida (2010) sintetiza essas variações no conceito de risco expressando no quadro 1 os “tipos de risco”.

**Quadro 1** - Quadro dos tipos de risco (risco ambiental, tecnológico, sócia entre outros).

Tipos de riscos		Definições, características, exemplos
Riscos Ambientais	Riscos Naturais	Riscos pressentidos, percebidos e suportados por um grupo social ou um indivíduo sujeito à ação possível de um processo físico natural; podem ser de origem litosférica

		(terremotos, desmoronamento de solo, erupções vulcânicas), e hidro-climática (ciclones, tempestades, chuvas fortes, inundações, nevascas, chuvas de granizo, secas); apresentam causas físicas que escapam largamente à intervenção humana e são de difícil previsão.
	Riscos Naturais agravados pelo Homem	Resultado de um perigo natural cujo impacto é ampliado pelas atividades humanas e pela ocupação de território; erosão, desertificação, incêndios, poluição, inundações entre outros.
Riscos Tecnológicos		Distinguem-se em poluição crônica (fenômeno perigoso que ocorre de forma recorrente, às vezes lenta e difusa) e poluição acidental (explosões, vazamento de produtos tóxicos, incêndios).
Risco Econômicos, Geopolíticos e Sociais		Riscos atrelados à divisão e ao acesso a determinados recursos (renováveis ou não), que podem se traduzir em conflitos latentes ou abertos (caso das reservas de petróleo e água); podem ter ainda origem nas relações econômicas na agricultura (insegurança alimentar) causas da globalização (crises econômicas), insegurança e violência em virtude da segregação socioespacial urbana, risco a saúde (epidemias, fome, poluição, consumo de drogas entre outros).
Outros Tipos de Riscos	Ex.: Riscos Maiores	A compreensão do risco também depende da escala de análise; o risco maior é assim considerado quando o custo de recuperação e o número de perdas humanas são relevantemente elevados para os poderes públicos e seguradores; os riscos maiores correspondem a eventos de baixa frequência e grande magnitude e consequências (ex.: Chernobyl, Seveso, Bhopal, Katrina entre outros); há ainda exemplos de territorialização dos riscos, como é o caso específico dos riscos urbanos, em razão da complexidade e da multidimensionalidade de atores e variáveis das cidades.
	Ex.: Riscos Urbanos	

Fonte: organizado por Almeida (2009), a partir de Veyret (2007).

Todavia, deve-se ter clareza que a análise de riscos está embasada em probabilidades, as quais consideram aspectos físicos e socioeconômicos para a construção de um quadro de previsibilidade. A vulnerabilidade é a componente analítica socioeconômica do risco e para serem elencadas quais variáveis devem ser consideradas para análise, deve-se ter conhecimento teórico e de campo da área a ser estudada, para com isso serem consideradas as variáveis que descrevam com melhor precisão áreas com potencialidade de risco.

Entende-se com isso que o embrião do surgimento do conceito de vulnerabilidade está atrelado a correlação de fatores socioeconômicos como o crescimento das desigualdades sociais, da pobreza, da segregação e também o surgimento do capitalismo (HARVEY, 1977; JANSSEN; OSTROM, 2006).

Almeida (2010) “explica como esses fatores ditos antes, a industrialização, a urbanização e as inúmeras degradações do ambiente nas suas diversas facetas,

fizeram surgir, em meados dos anos 1980, uma abordagem teórico-metodológica que procurou focar os desastres naturais e tecnológicos do ponto de não apenas de seus fatores físicos desencadeantes, mas também com base no elemento populacional atendido”.

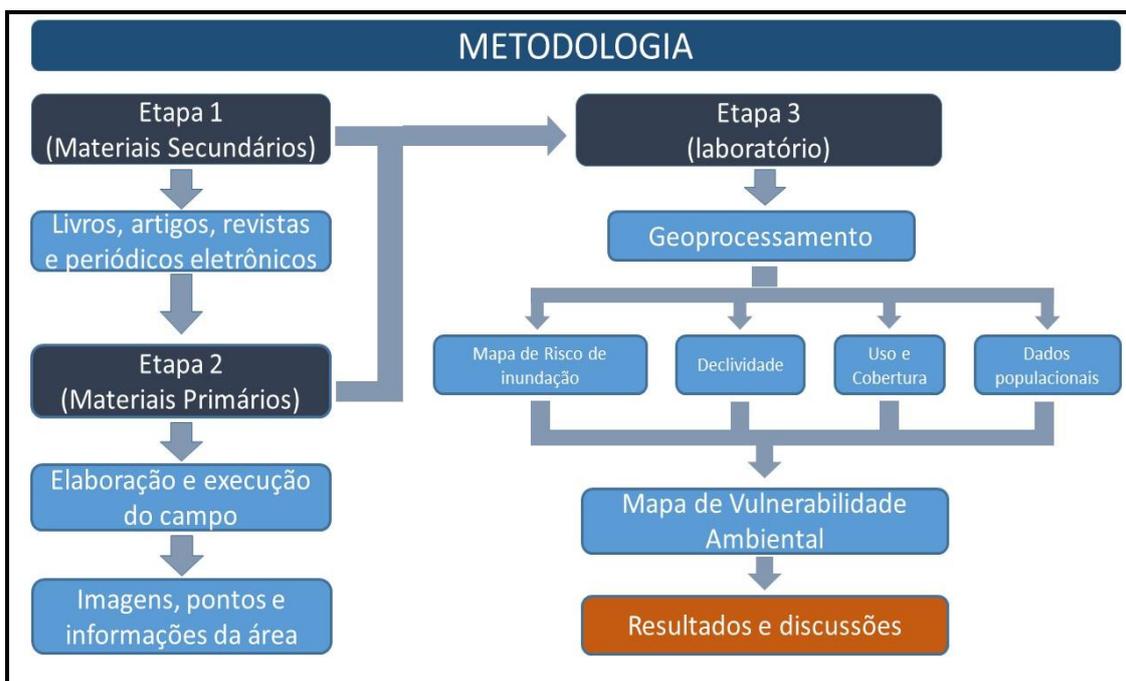
“A vulnerabilidade seria a mensuração da capacidade de cada indivíduo para se preparar, lidar, resistir e ter habilidade de resiliência quando exposto a um perigo. A vulnerabilidade mede os impactos, danos do acontecimento sobre os alvos afetados” (MEDEIROS et al., 2012). Outros autores mostram que a vulnerabilidade pode surgir de acordo como a escala temporal.

A influência humana acarreta inúmeros problemas no que diz respeito à pressão exercida no meio ambiente. O modo consumista da população possui uma tendência a degradar o ambiente e segundo Hogan et al (2010), “a lógica do industrialismo e do consumo produz, simultaneamente, estresse ambiental e padrões sócio espaciais que localizam a vulnerabilidade em grupos sociais específicos, examinando a intersecção entre os processos socioeconômicos e demográficos com a espacialização da infraestrutura urbana. Assim, percebemos que a distribuição desigual dos serviços urbanos é um componente importante da vulnerabilidade ambiental”.

### **Materiais e métodos**

A pesquisa foi executada em três etapas, e está representada pela figura 2.

**Figura 2** – Fluxograma da metodologia de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica Caxangá.



Fonte: os autores.

No primeiro momento foram executados levantamentos de materiais secundários consistindo em livros, revistas, artigos e periódicos eletrônicos, com o intuito de fundamentar a pesquisa e dar suporte ao planejamento e execução da pesquisa de campo. Na segunda etapa foi elaborado um planejamento seguido da execução do campo, no local foram coletadas imagens digitais, coordenadas geográficas e informação (área da bacia, vegetação, hidrográfica) acerca da Bacia Hidrográfica Caxangá.

A etapa de laboratório consistiu na sintetização e análise dos dados obtidos na primeira fase (materiais secundários), além das informações levantadas em campo, a etapa laboratorial foi dividida em dois estágios. No primeiro momento foi elaborado o mapa de risco de inundação da bacia do Caxangá. Esse processo consistiu na obtenção dos dados de período de recorrência de cheias, cotas limnimétricas e cotas altimétricas das cheias do Rio Branco (tabela 1) obtidos em Sander et al. (2012).

**Tabela 1** – Recorrência de eventos de cheias do Rio Branco e cotas atingidas em Boa Vista, utilizando o método de Gumbel (1941).

Período de Recorrência (anos)	Cotas Limnimétricas (m)	Cotas altimétricas (m)
1	4,87	61,02
2	7,10	63,25
3	7,72	63,87
4	7,80	63,95
5	8,02	64,17
6	8,28	64,43
7	8,50	64,65
10	8,88	65,03
14	8,90	65,05
21	9,80	65,95
<b>42</b>	<b>10,28</b>	<b>66,42</b>

Fonte: Sander et al. (2012).

A Bacia Hidrográfica Caxangá (BHC) é um afluente do Rio Branco, logo as varáveis acima elencadas têm influência no nível de cheia do Rio Branco e diretamente nas condições de nível do Rio Caxangá.

Também foram necessários os dados de curva de nível da área da BHC, que foram obtidos junto ao Projeto Hydros da Universidade Federal de Roraima, os quais possuem equidistância de 2 metros. Tal equidistância das curvas de nível com acurácia de escala de 1:25.000, permitiram a feitura do mapa de declividade, bem como a delimitação da BHC.

Para a classificação de declividade (Quadro 2) foi adotado os padrões estabelecidos por EMBRAPA (1979), permitindo com que se verifique se a área de estudo está sujeita a eventos de cheia e inundação rápidas (*fast floods*) ou lentas (*slow floods*).

**Quadro 2** – classificação de declividade

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

Fonte: EMBRAPA (1979).

A utilização dos dados topográficos Suttle Radar Topografy Mission (SRTM), permitiram com que fosse possível visualizar a representação da declividade da área em porcentagem.

Após a confecção dos *shapes* de curva de nível, cotas do Rio Branco (interligando com o nível do Caxangá), cheias média e extraordinária e a área da BHC. O próximo passo foi transformar todos esses *shapes* para formato matricial e para isso, foi usada a ferramenta *ArcToolbox*, mais precisamente a opção *Feature to Raster*, em seguida foi utilizado a média ponderada de todas as variáveis (cota, curva, cheia e área) para confeccionar o mapa de Risco de Inundação.

O segundo estágio foi marcado pela confecção do mapa de vulnerabilidade ambiental. Nessa etapa o mapa de Risco de Inundação foi incorporado a outros elementos citados. De início foi necessário obter algumas variáveis, como por exemplo, a declividade, dados populacionais e uso e cobertura.

Com todas as variáveis confeccionadas e transformadas em formato matricial (declividade, uso e cobertura e renda) o passo seguinte foi atribuir valores em cada categoria e peso de importância nos mapas criados. Para ser mais preciso, para cada categoria dos mapas foi atribuído valores que variam de 0 a 3, ou seja, no mapa de renda, a categoria de baixa renda obteve um valor de 3, a renda média 2 e alta 1, com isso, foi possível atribuir um grau de importância para cada classe do mapa de renda, declividade e uso e cobertura.

Para identificação da vulnerabilidade social, tomou-se por base a renda per capita, com base nos dados de IBGE (2010). Nesse processo foi usado somente o índice de rendimento domiciliar per capita, ou seja, renda baixa, média e alta.

Para alcançar o resultado supracitado, foi necessário estabelecer até que ponto a renda de uma família é considerada baixa, média ou alta, nesse caso foi utilizada a metodologia apresentada por Lavinhas (2003), na qual explica-se que de acordo com o Programa da Nações Unidas para o Desenvolvimento, as pessoas cuja a soma da renda familiar, dividida pelo número de integrante da família, é menor que meio salário mínimo está abaixo da linha da pobreza.

As informações de baixa, média e alta renda foram plotadas no ArcGis 10.1 e depois incorporados no *shape* limites das áreas censitárias de todo o Brasil fornecida pelo IBGE, em seguida foi utilizada a ferramenta *Feature to Raster* novamente para confeccionar três mapas (mapa de baixa, média e alta renda) no formato matricial.

Tendo esses três mapas em formato *raster*, o próximo passo foi juntá-los em um único mapa, e para isso foi necessário usar a ferramenta *map álgebra* para obter

a média ponderada dos três mapas, criando assim o mapa de renda per capita da Bacia Hidrográfica Caxangá. Ressalta-se que para esta variável não foram usados valores de peso para atribuir o grau de importância de cada variável.

Com os valores estabelecidos, o próximo passo na metodologia era inserir esses valores e pesos nos mapas. Existe uma ferramenta no ArcGis10.1 chamada *reclassify*, a qual reclassifica as categorias dos mapas de acordo com os seus valores predeterminados, dando as categorias um grau de importância na geração do produto final (Mapa de Vulnerabilidade Ambiental).

Em seguida foi necessário criar um peso de acordo com o grau de relevância de cada variável, nesse caso, os pesos variam de 0 a 1 (Quadro 3).

**Quadro 3** – Tabela de valores e pesos de cada variável.

VARIÁVEL	PESO
Risco de inundação	0,50
Uso e cobertura	0,20
Renda per capita	0,20
Declividade	0,10
<b>TOTAL</b>	100%

Fonte: os autores.

A variável de risco recebeu o peso 0,50 por seu impacto direto no grau de vulnerabilidade ambiental, nas áreas de alto e médio risco, a incidência de perda da população é maior em relação a outras áreas da Bacia Hidrográfica Caxangá. O peso 0,20 atribuído a variável “uso e cobertura” está relacionada com as diferentes estruturas ocorrentes na bacia hidrográfica, ou seja, locais densamente povoados com infraestrutura precária tendem a ter maior vulnerabilidade, mas em contrapartida, existem áreas urbanizadas que ainda possuem suas matas ciliares preservadas, como exemplo da Bacia Hidrográfica Caxangá, com alguns trechos do corpo d’água ainda possuindo mata ciliar.

A atribuição do peso 0,20 a variável “renda per capita” está ligada a suas três classes (renda baixa, média e alta). Nesse sentido, a população que está na categoria de renda baixa encontra-se abaixo da linha da pobreza, ou seja, possuem uma vulnerabilidade maior e um grau de recuperação menor perante a um desastre natural.

O valor 0,10 adotado para a variável declividade está relacionado ao baixo grau de inclinação na Bacia Hidrográfica Caxangá, ou seja, a cidade de Boa Vista possui em sua maioria áreas planas, com exceção de poucas áreas com superfície rugosa, portando quanto menor é o grau de inclinação, maior o potencial de inundação e alagamento.

## **Resultados e discussão**

Os resultados deram ênfase nas análises dos dados obtidos em materiais primários e secundários, posteriormente sintetizados e analisados para formar dois tópicos: risco à inundação na Bacia Hidrográfica Caxangá e vulnerabilidade ambiental na Bacia Hidrográfica Caxangá.

### **Risco à inundação na bacia hidrográfica Caxangá**

A cidade de Boa Vista como enquanto cidade amazônica surgiu a partir das margens de um rio, e os motivos desse aparecimento variam de acordo com sua importância para sociedade, podendo estar relacionado com a proximidade que a sociedade precisa para utilizar a água, bem como também no uso do rio como via fluvial para navegação e escoamento de produtos e equipamentos entre outros. Em contrapartida, a proximidade pode causar vários transtornos para a sociedade, como por exemplo, enchentes, inundações e alagamentos.

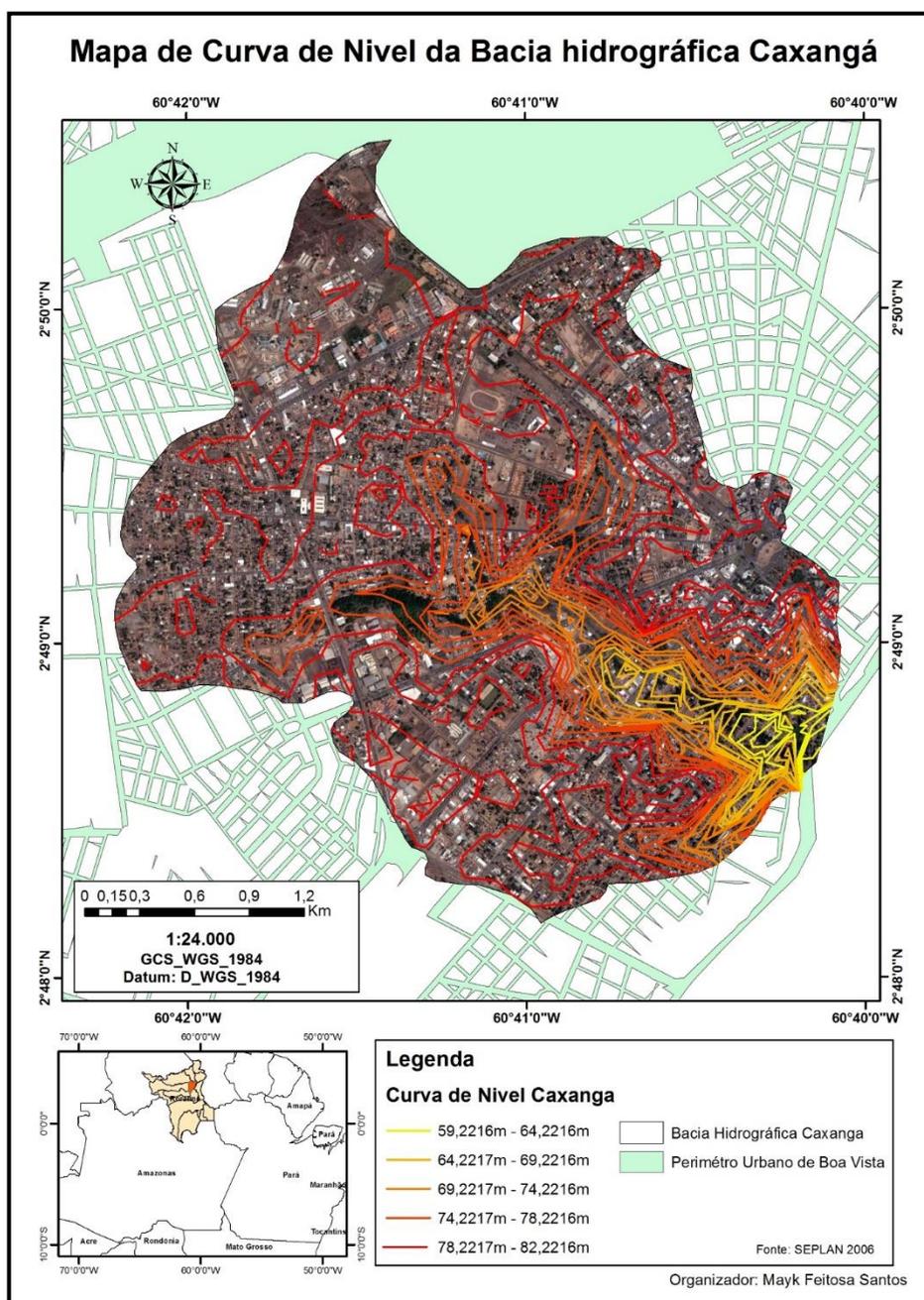
Primeiramente é importante destacar que os eventos de inundação possuem um período de retorno, de acordo com Tucci (2003) “esses eventos têm um período de retorno de 10, 30 até 100 anos, variando sua cota de acordo com o tempo de resposta, ou seja, quanto maior o intervalo, maior e a cota atingida pela inundação”.

Com a metodologia de Gumbel (1941), Sander et al. (2012) estipularam com base no tempo de retorno de 42 (quarenta e dois) anos, que a cota atingida em 2011 foi de 66,42m. Esses resultados são importantes para o entendimento da dinâmica física da Bacia Hidrográfica Caxangá, pelo fato desta bacia hidrográfica ter uma ligação com o Rio Branco, ou seja, os eventos decorrentes no Rio Branco influenciam diretamente no nível de cheia do Rio Caxangá.

Foi observado na área de estudo que em cotas de 59m a 64m (Figura 3) há áreas ocupadas pela população, contudo, grande parcela dessa área ocupada está inserida no limite da área de preservação permanentes do igarapé Caxangá.

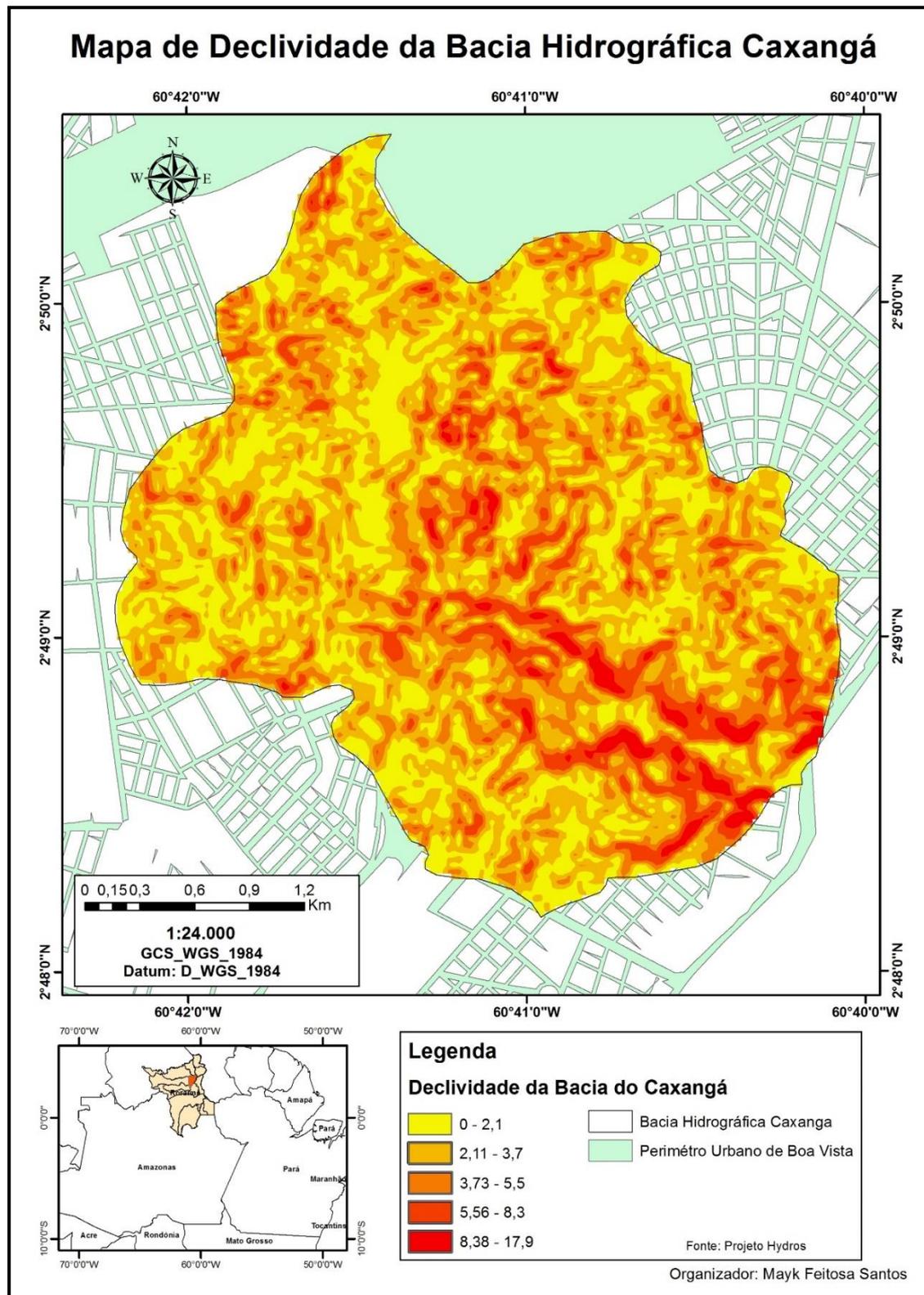
Fazendo uma comparação de cotas e altitudes, de acordo com Sander (2012), a média de cheia anual atingida pelo Rio Branco é de 7 m de altitude em relação ao seu nível normal (cerca de 56 m), ou seja, essa média no geral não causa transtorno para população da cidade de Boa Vista-RR, mas na bacia do Caxangá a situação é diferente, principalmente no bairro Calungá, onde ano após ano o bairro sofre com o aumento do nível tanto do Rio Branco, quanto do Caxangá (Figura 4), pois a declividade favorece efeitos retentivos e estagnantes das águas dos rios, facilitando seu acúmulo nas suas respectivas planícies de inundação.

**Figura 3 – Mapa de Curva de Nível da Bacia Hidrográfica Caxangá**



Fonte: os autores.

Figura 4 – Representação da declividade da área de estudo



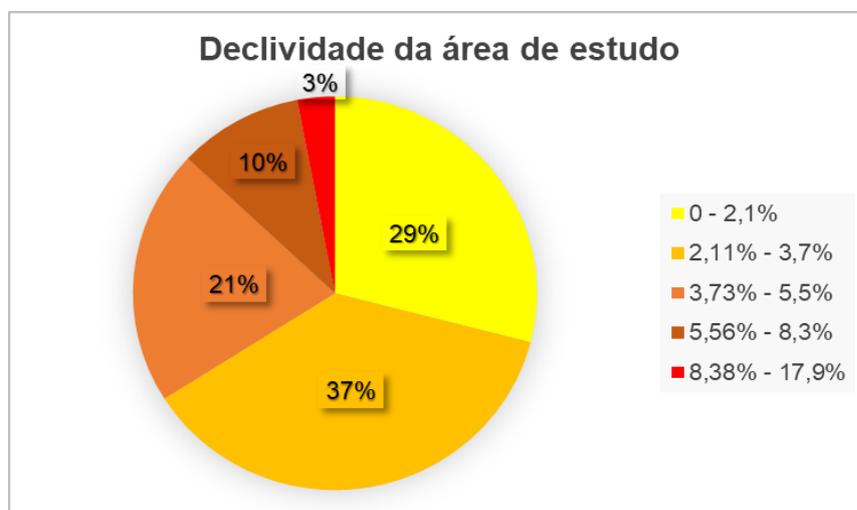
Fonte: os autores.

A área banhada pela Bacia Hidrográfica Caxangá possui uma inclinação de no máximo 17,9%, ou seja, uma topografia em sua maior parcela plana com poucas áreas onduladas. Nesse contexto, pode-se destacar as áreas com declividade de

8,38% a 17,9%, como áreas que possuem mata ciliar, contendo cerca de 2,47% da área total da bacia.

Todavia, o maior foco no mapa em relação a declividade são as áreas com porcentagem de 0 a 3,7%, contendo uma parcela de 66% da BHC, sendo áreas com alto risco de inundação, pois, quanto menor é a inclinação, maior é a extensão alcançada pelo evento de inundação e posterior alagamentos, destacando os locais de baixo grau de inclinação próximo ao Caxangá, devido a água ter menor possibilidade de escoamento superficial e maior probabilidade de estagnação. (Figura 4).

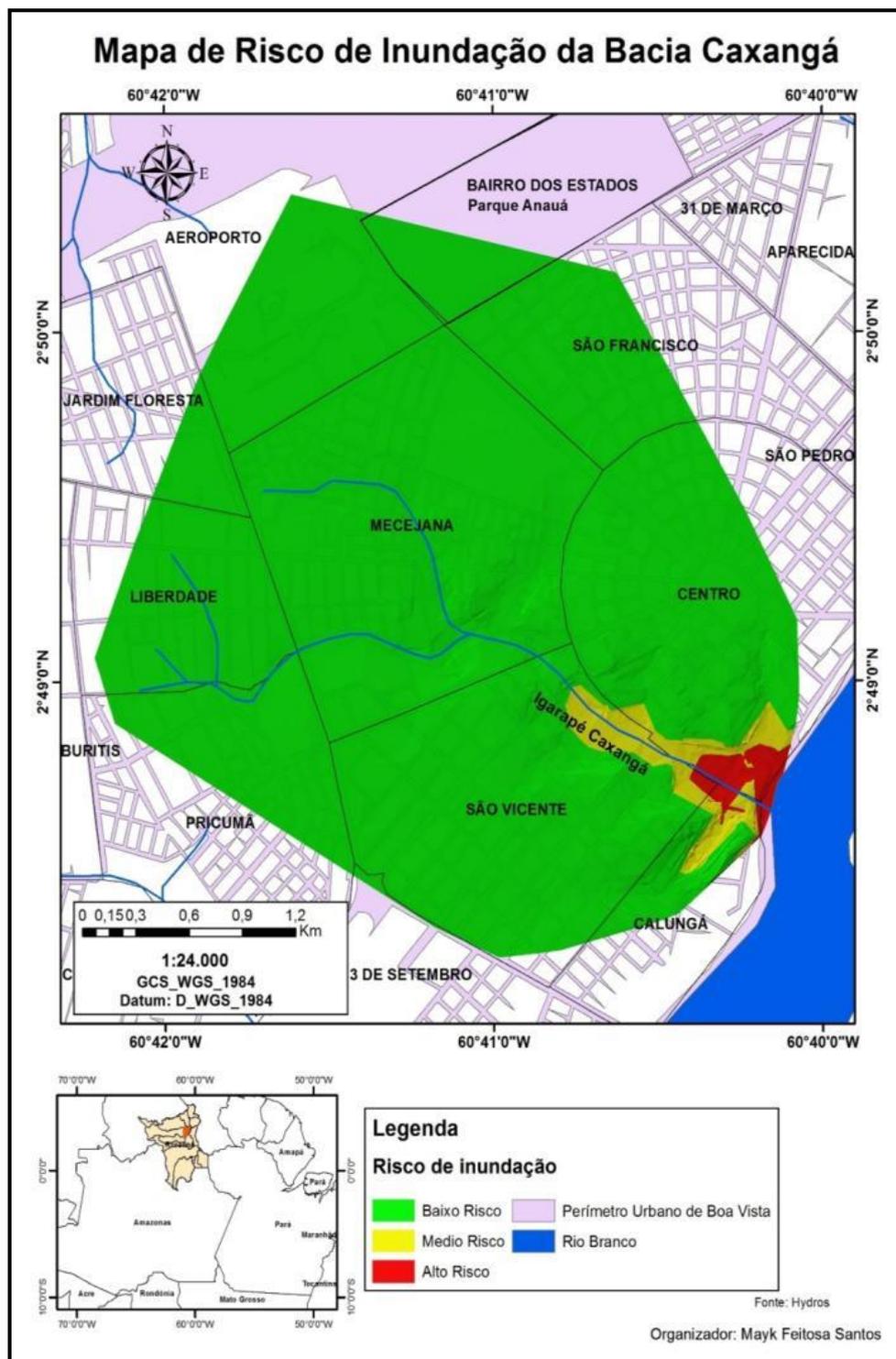
**Figura 4** – Declividade da Bacia Hidrografia do Caxangá.



Fonte: os autores.

Ao analisar as variáveis curva de nível e declividade e debater o grau de importância de cada mapa, a construção das discussões do mapa de risco de inundação da Bacia Hidrográfica Caxangá foi melhor desenvolvida. Em síntese, os mapas de curva de nível e declividade somados com as informações do período de retorno das cheias do Rio Branco e sua cota atingida (cheia média e extraordinária), tornaram possível a elaboração do mapa de risco de inundação da Bacia Hidrográfica Caxangá (figura 5).

**Figura 5** - Mapa de Risco de Inundação da Bacia Hidrográfica Caxangá.

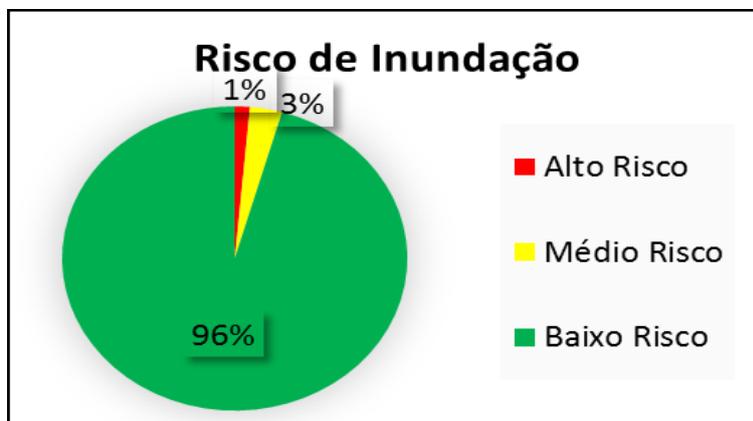


Fonte: os autores.

No mapa de risco de inundação BHC, podemos observar que a categoria de alto risco fica localizada próxima da área da jusante do igarapé Caxangá, mais precisamente entre a divisa dos bairros Calungá, Centro e São Vicente, contabilizando 1,41% da área da bacia hidrográfica. Nessa área foi constatado que o grau de risco de inundação é muito alto em relação a outros espaços da bacia, por

conta do baixo nível do terreno em relação ao igarapé Caxangá e o Rio Branco, bem como, a influência direta das cheias que atingem cotas de até 63,22 m (Figura 6).

**Figura 6** - Gráfico do Risco de Inundação da Bacia Hidrográfica Caxangá.



Fonte: os autores.

São 3% da área da BHC em médio risco de inundação e 1% com área de alto risco. Para tanto, analisando a figura 3 (curvas de nível) e a figura 5 (risco de inundação), percebe-se que estes 4% de área estão densamente ocupados, fazendo com que residências aí localizados tenham maior probabilidade de ser atingidas por inundações e alagamentos.

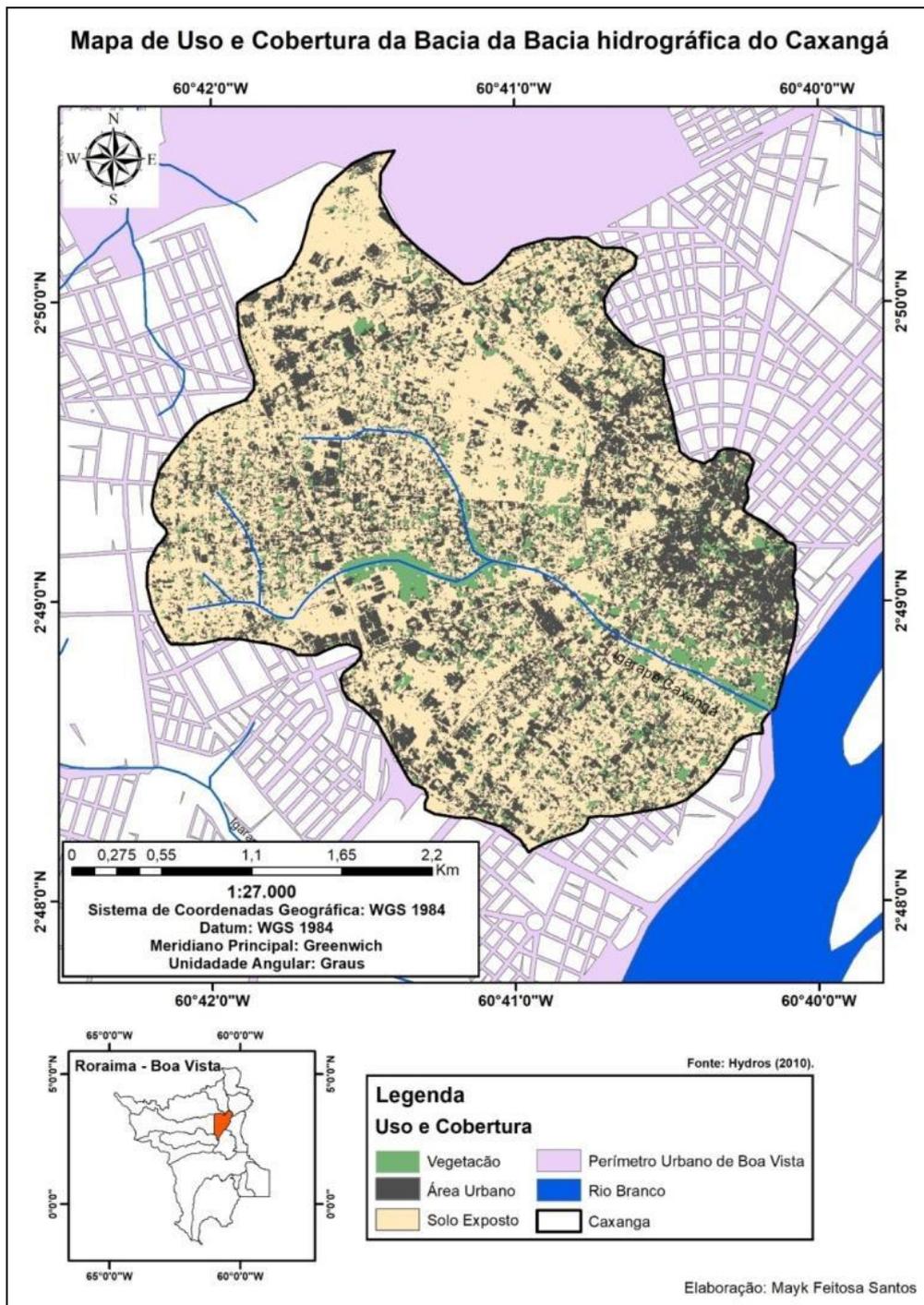
Por fim, a categoria de baixo risco de inundação com 96% do total da área da Bacia Hidrográfica Caxangá, a princípio é uma área que possui uma probabilidade de baixo risco de ocorrência do evento de inundação, pelo fato da distância que ela tem do igarapé Caxangá e Rio Branco.

As informações levantadas pelos mapas de curva de nível, declividade e risco de inundação possuem uma grande importância na discussão do mapa de vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica Caxangá, sendo ela o próximo assunto a ser discutido.

### **Vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica Caxangá**

A seguir, na figura 7, apresenta-se o mapa de uso e cobertura da bacia hidrográfica Caxangá.

Figura 7 - Mapa de Uso e Cobertura da Bacia Hidrográfica Caxangá.



Fonte: os autores.

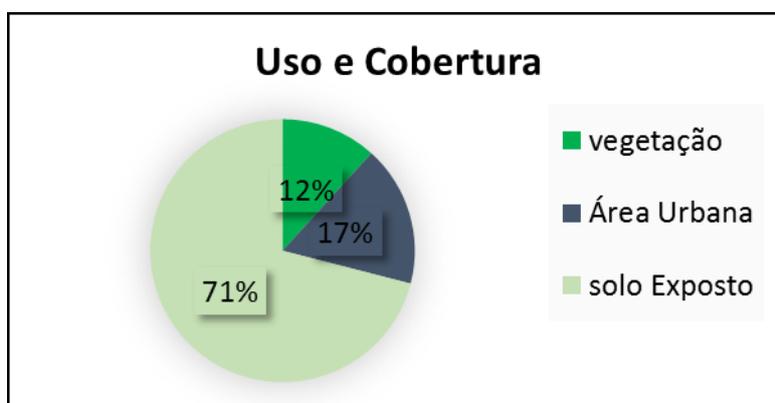
No mapa de uso e cobertura foram consideradas 3 classes: vegetação, área exposta e área urbana, cada categoria tem seu grau de importância na vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica Caxangá, pelo fator do nível de risco que cada classe pode exercer em um evento de inundação.

Primeiramente é importante descrever a categoria vegetação, pelo fato de sua influência positiva nos eventos de cheia e inundação, de acordo com o mapa de uso

e cobertura, o igarapé Caxangá possui sua mata ciliar em boa parte de sua extensão totalizando 11% de toda a Bacia Hidrográfica Caxangá, (Figura 8).

Alguns trechos do Caxangá encontram-se canalizados, portanto não possuem sua mata ciliar, vale ressaltar que as matas ciliares no geral são áreas com o grau de risco baixo por se tratar de locais com pouca interação humana, além de possuir o papel de diminuir os impactos ambientais imposto pela área urbana contra o corpo d'água, assim como, minimizar o assoreamento do canal além de reduzir o escoamento superficial, diminuindo drasticamente o alcance de uma inundação.

**Figura 8** - Uso de Cobertura da Bacia Hidrográfica Caxangá.



Fonte: os autores.

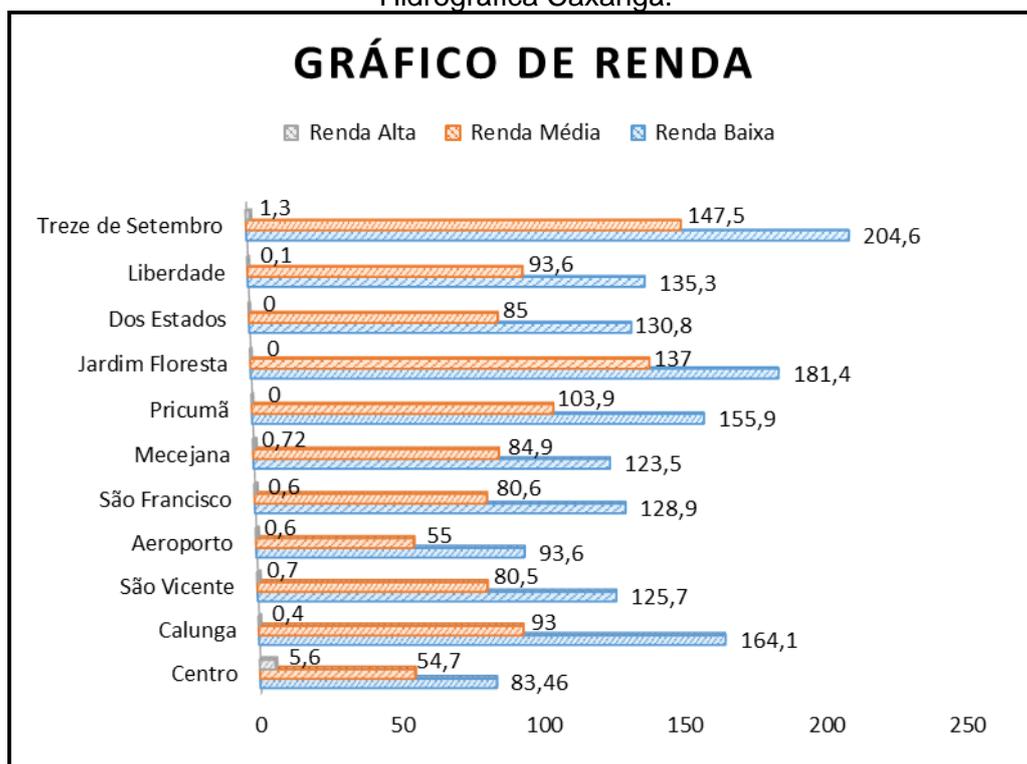
A área urbana no perímetro da Bacia Hidrográfica Caxangá possui cerca de 17,3% do total da área da bacia, sendo importante relatar que o processo de ocupação é cada vez mais direcionado a locais irregulares, e em alguns casos a infraestrutura é implantada precariamente, possibilitando o agravamento dos processos erosivos, do mesmo modo que o asfaltamento diminui a infiltração do solo e promove a aceleração do escoamento superficial

Cerca de 70% da área da Bacia Hidrográfica Caxangá é composta pela categoria solo exposto. Esses "espaços vazios" originalmente eram constituídos de vegetação nativa, as quais foram removidas para dar lugar a loteamentos e residências, sendo importante frisar que o solo exposto tem um potencial elevando de erosão, principalmente em se tratando de áreas expostas próximas a corpos d'água.

Quando acontece o processo de assoreamento do local, a ação erosiva desencadeia um acúmulo de sedimentos no Caxangá, diminuindo assim, a profundidade do canal, podendo potencializar eventos de inundação na bacia hidrográfica.

Os fatores físicos supracitados expõem populações ao risco à inundação, principalmente populações economicamente vulneráveis. Para tanto, o levantamento da renda per capita dos habitantes dos bairros inseridos na BHC fez importante instrumento socioeconômico para se avaliar o quão vulneráveis determinados indivíduos encontram-se (figura 9).

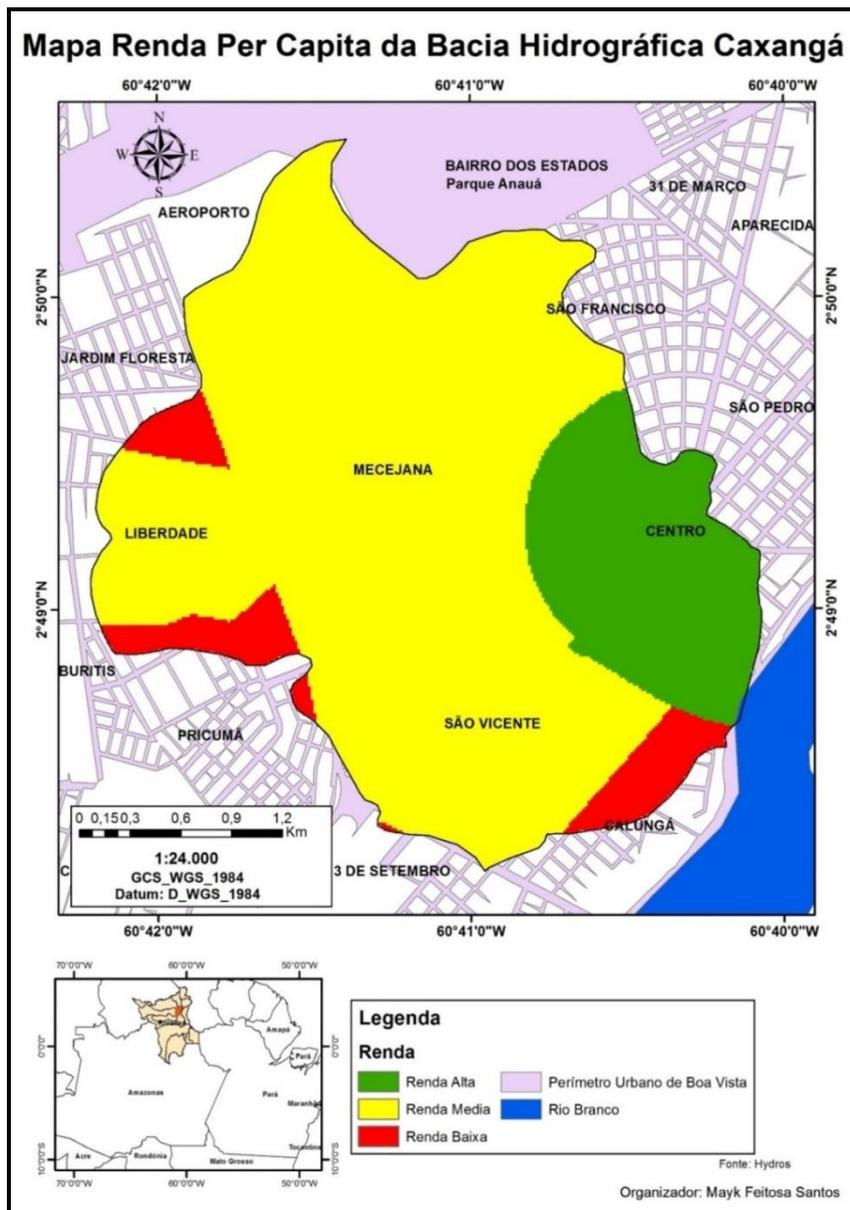
**Gráfico 1** - Renda Domiciliar Per Capita dos Bairros que compreendem a Bacia Hidrográfica Caxangá.



Fonte: os autores.

Observa-se no gráfico de renda, conforme metodologia de Lavinias (2003) que a maior porcentagem de pessoas de baixa renda está concentrada nos bairros Treze de Setembro com 204,6%, Jardim Floresta com 181,4 e Calungá com 164,1%, ressaltando que os dados obtidos só compreendem os valores da área da Bacia Hidrográfica Caxangá, portanto o maior valor obtido pela categoria de baixa renda foi do bairro Treze de Setembro e não do Bairro Calungá. Os dados do gráfico foram convertidos da figura 10.

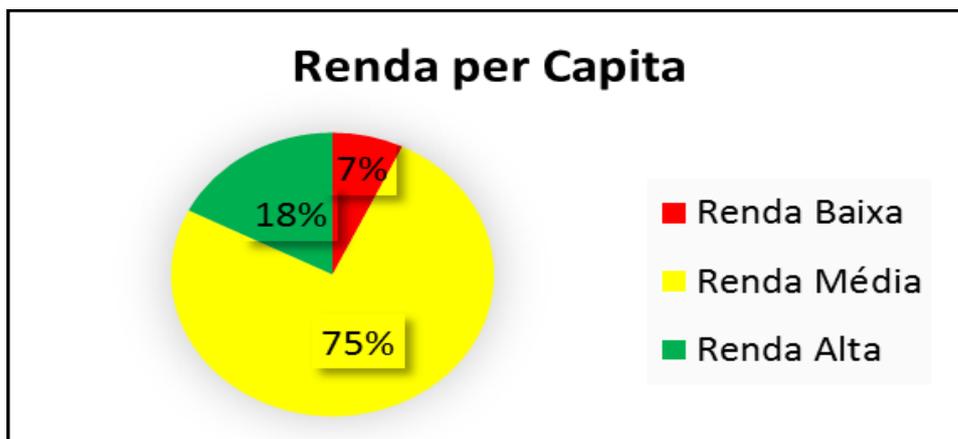
Figura 10 - Mapa de Renda Per Capita da Bacia Hidrográfica Caxangá.



Fonte: os autores.

Observa-se que a cor verde considerada a classe de renda alta está concentra no Centro da cidade, isso se dá devido a presença de pessoas com alto poder aquisitivo. Essa categoria possui 17,5% da área da Bacia Hidrográfica Caxangá (Figura 11). Também é possível observar que a classe de renda média, possui 75% da área total da bacia hidrográfica, concentrando sua maior parte entre os bairros São Vicente, Mecejana, São Francisco, Liberdade e Aeroporto, no geral são pessoas de 1 até 3 salários mínimos.

**Figura 11** - Gráfico de Renda Per Capita da Bacia Hidrográfica Caxangá, porcentagem de território.



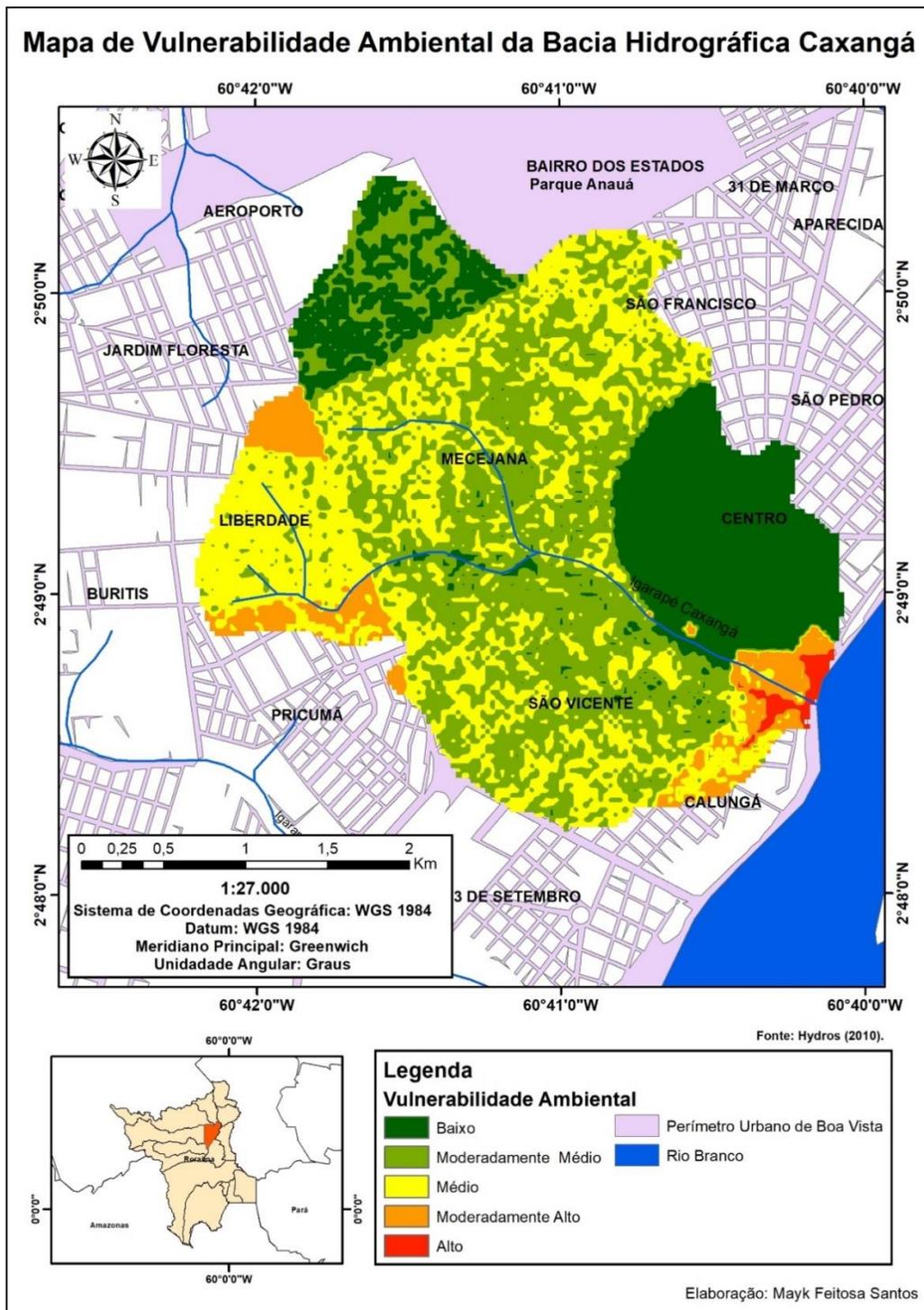
Fonte: os autores.

A classe de baixa renda teve uma concentração maior nos bairros Calungá, Treze de Setembro, Pricumã e Jardim Floresta, compreendendo cerca de 7,1 % do total da Bacia Hidrográfica Caxangá.

É importante relatar que essa categoria em análise revela populações em relativo grau de vulnerabilidade, pelo fato da área em questão sofrer danos maiores em relação as outras classes/variáveis físicas já citadas, bem como, o seu baixo grau de “resistência” a eventos catastróficos, pois nestas áreas a baixa renda, geralmente, associa-se a pouca infraestrutura relacionada a drenagem pluvial, e tal infraestrutura não dá capacidade de suporte para resistir a eventos intempéricos de média a alta magnitude.

Após analisar as variáveis citadas ao logo deste trabalho e integrando-as por meio da metodologia já apresentada, foi possível alcançar o produto relativo a vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica Caranã (BHC), como mostrado na figura 11.

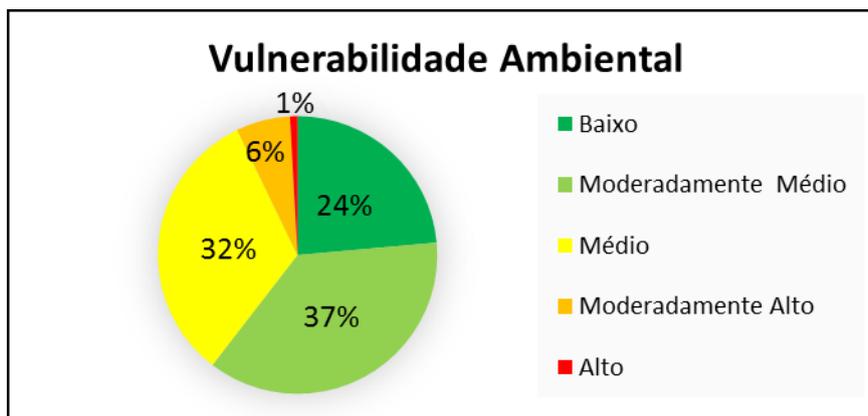
Figura 12 - Mapa de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica Caxangá.



Fonte: os autores.

Observa-se que as áreas das classes, alto e moderadamente alto estão localizadas próximas ao Rio Branco e ao igarapé Caxangá, correspondendo cerca 0,25% para classe de alta vulnerabilidade e 0,61% para a classe moderadamente alto, essas áreas supracitadas, possuem uma vulnerabilidade alta, pela sua proximidade aos corpos hídricos, bem como, o alto índice de pessoas de baixa renda (Figura 13) com pouca capacidade de resposta a eventos desastrosos.

**Figura 13** - Gráfico de Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica Caxangá, porcentagem de território.



Fonte: os autores.

Vale ressaltar que essas áreas possuem um grau de declividade baixa, portanto a probabilidade de potencialização de um evento de inundação é bastante alta, além do fato desses espaços terem uma urbanização adensada.

Em síntese, com a possível ocorrência de evento de inundação, essas áreas tendem a sofrer maiores danos ambientais, podendo ocorrer perdas de vidas humanas. Assim, a junção dos elementos renda baixa e declividade baixa em um evento de inundação pode acarretar um maior período de resposta desses locais com alta vulnerabilidade ambiental, ou seja, a população dessas áreas precisaria de um período maior para recuperar suas condições sociais adquiridas antes do evento de inundação.

As categorias, média e moderadamente média possuem incidência 1,6% e 61,22% respectivamente. Essas classes detêm uma vulnerabilidade média, pelo fato de sua distância em relação aos cursos d'água Caxangá e o Rio Branco, além do fato dessas áreas possuírem uma parcela alta de pessoas com renda média, sob o mesmo ponto de vista, essas áreas têm uma resposta melhor se comparado aos locais com alto grau de vulnerabilidade ambiental em relação a eventos de inundação.

Por fim, a categoria de vulnerabilidade baixa abrange 36,86% do total da Bacia Hidrográfica Caxangá, ou seja, a segunda maior parcela da bacia. Nesse caso, a vulnerabilidade ambiental é baixa, pelo fato, de sua declividade ser elevada em relação as outras categorias, além de ser composta, em sua grande maioria, de pessoa com renda alta (de 5 a 10 salários mínimos), logo, o tempo de resposta dessas áreas é menor, pois, esses espaços possuem teoricamente maior capacidade de resposta contra eventos de inundação.

Com todas as informações supracitadas, é possível desenvolver políticas públicas em prol da sociedade com características de vulnerabilidade elevadas, no caso das áreas de vulnerabilidade ambiental alta e moderadamente alta torna-se necessário discutir e executar medidas para amenizar os efeitos causados pela cheia média que atinge todos anos esses locais, um exemplo, seria realocar essas pessoas para outros locais.

Nas áreas com a vulnerabilidade ambiental média, as problemáticas são menores em eventos de cheia, nesse caso, a população residente possui uma renda mediana, assim na ocorrência de eventos de inundação, seu tempo de resposta é razoável, bem como, sua recuperação diante de um desastre natural.

Relativo ao status social e econômico-financeiro Almeida (2010) explica que que os mesmos influenciam diretamente no tempo de resposta, pois, pessoas com alto poder aquisitivo tem maior probabilidade e capacidade de absorver perdas, em razão disso, pessoas com alta renda recuperam-se em menor tempo, pessoas com renda média, possuem um tempo media para recuperação e pessoas com baixa renda precisam de um tempo maior para recuperar suas condições infraestruturais anteriores e/ou similares a evento desastrosos.

Mas, em contrapartida, as áreas de vulnerabilidade ambiental média possuem uma probabilidade elevada de serem atingidas por eventos de inundação (cheia extraordinárias), nesse caso, o planejamento deve ser feito em relação à infraestrutura, como por exemplo, revitalizar as drenagens com problema de escoamento, e diminuir o máximo possível a impermeabilização do espaço urbano próximo aos cursos d'água da Bacia Hidrográfica Caxangá.

Também é importante preservar as matas ciliares ao redor dos corpos d'água, com o intuito de mitigar os efeitos de eventos de cheia média e extraordinárias. Nesse caso, o poder público deve ser agente atuante para diminuir a especulação imobiliária, não só nas áreas próximas aos cursos d'água do Caxangá, mas também, em todas as bacias hidrográficas localizadas dentro do perímetro urbano de Boa Vista que possuem seus limites de preservação permanente.

O planejamento dos locais de vulnerabilidade ambiental elevadas deve ser direcionado principalmente nas áreas de preservação permanentes da Bacia Hidrográfica Caxangá, por se tratar de áreas com um papel importante na diminuição dos impactos ocorrentes, após eventos de inundação, em segundo plano também é importante focar os esforços nas pessoas com baixa renda, pelo fato, de

suas dificuldades em restabelecer suas vidas, bem como, recuperar seus bens materiais perdidos em eventos de inundação.

### **Considerações finais**

Os dados socioeconômicos relacionados a renda per capita revelaram que 7% da população localizada na área de estudo pertence ao grupo que está em alta vulnerabilidade socioeconômica. E ao associar este dado com os dados relativos as variáveis físicas da bacia hidrográfica Caranã (BHC), tem-se um cenário pouco favorável a esta parcela da sociedade.

Áreas localizadas as proximidades da principal drenagem, o Igarapé Caxangá, apresentam baixa altimetria – áreas entre 59 m a 69 m – a qual associada a baixa declividade, que caracteriza a área de estudo como sendo de terrenos planos a planos suave ondulados, facilitam com isso, fortemente, fenômenos retentivos e estagnantes das águas deste curso d'água nos terrenos circunjacentes.

Com isso, conclui-se que a vulnerabilidade ambiental da BHC relacionada aspectos socioeconômicos e físicos no tocante a gênese e/ou intensificação de áreas com potencial risco a inundação e alagamentos, expondo parcelas vulneráveis da população a este risco, sendo isto preocupante, uma vez que, esta parcela (em boa parte), dispõe de poucos recursos financeiros para se reestabelecer após fenômenos impactantes relativos a fenômenos da natureza.

Para que tais riscos ambientais possam ser minorados e/ou evitados, sugere-se pensar o planejamento urbano, no concernente ao uso e ocupação do espaço urbano, como um processo que de fato integre aspectos socioeconômicos e biofísicos, para só assim parcelas da sociedade não venham a ser impactadas com fenômenos naturais.

Além disso, deve-se buscar alternativas que possam ir além de respostas infraestruturais como canalização de igarapés, aterros, terraplanagens, impermeabilização do solo, e demais medidas que corroborem para intensificar a corrida superficial de águas e perseguir o caminho de medidas com uma infraestrutura mais sustentável, com a preservação da vegetação ciliar, calçamento de margens de canais (quando necessário), incluindo materiais que facilitem a permeabilidade no solo e estabelecimento de rotinas de educação ambiental junto a comunidades próximas a cursos d'água, enfim, medidas menos agressivas no trato com o sistema ambiental bacia hidrográfica.

O poder público deve se fazer presente na constituição de políticas públicas que possam atender as comunidades que são afetadas por tal problemática, a qual não está presente somente na BHC, como também em outras bacias hidrográficas da cidade de Boa Vista, as quais há presença de pessoas que ocupam as planícies de inundação dos cursos d'água, sejam estas de rios ou nascentes.

Com isso, chega-se à conclusão que, em relação aos demais estudos que existem sobre a problemática de inundações e alagamentos na cidade de Boa Vista-RR, o presente trabalho traz uma proposta metodológica de agregar, em uma leitura de fato geográfica, aspectos físicos (declividade, altimetria, cheia do rio), com aspectos socioeconômicos (renda per capita), ou seja, uma leitura de interface, entre aspectos da sociedade e da natureza a serem levadas em consideração no processo de planejamento de áreas urbanas.

A possibilidade de expansão do estudo, sendo incorporados outros aspectos socioeconômicos como escolaridade, tipo de residência, idade, etc, com fins a medir vulnerabilidades sociais mais abrangentes, trazendo com isso respostas cada vez mais pontuais sobre a problemática aqui elencada.

## REFERÊNCIAS

ALFIERI, L. et al. The extreme runoff index for flood early warning in Europe. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, n. 6, v. 14, 1505–1515, 2014.

ALMEIDA, L. Q, **Vulnerabilidade socioambientais de rios Urbanos: Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho, Região metropolitana de Fortaleza, Ceará.** 2010. 278p. Tese (doutorado) – Instituto de Geociências e ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2010.

ALVES, J. **Quando a rua vira rio: vulnerabilidade socioambiental urbana.** Curitiba: Appris, 2017. 233 p.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R. Entender o passado, discutir o presente, vislumbrar o futuro do risco em Boa Vista - RR. In: ROSA FILHO, A.; TAVARES JÚNIOR, S. S. (Org.). **Roraima 30 anos: Prof. Rafael da Silva Oliveira, ideário e pluralidade Geográfica da Amazônia Setentrional.** Boa Vista: Editora da UFRR, 2019. 157-182 p.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R. **Uso do solo e risco à inundação na cidade de Boa Vista-RR.** 140 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2016a.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R. Apropriação do espaço e risco à inundação na cidade de Boa Vista – RR. In: HOLANDA, E. C.; NETA, L. C. B. (Org.). **Geociências na Pan-Amazônia.** Boa Vista: Editora da UFRR, 2016b. p. 203-224.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R. Gestão de Risco à Inundação na Amazônia: os casos de Belém (PA), Manaus (AM) e Boa Vista (RR). In: FONSECA, A. J.; SILVA, A. Z. B. **Políticas públicas, desenvolvimento e tecnologias apropriadas.** Boa Vista: Editora da UFRR, 2015. p. 13-46.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R.; TAVARES JÚNIOR, S. S. Uso e cobertura do solo para o planejamento urbano, Boa vista, Roraima, Brasil. **Bol. Goia. Geogr. (Online)**, v. 37, n. 1, p. 36-55, 2017.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R.; TAVARES JÚNIOR, S. S. Expansão urbana e fatores de risco à inundação em Boa Vista - RR. **Revista Ra'e Ga: Espaço Geográfico em Análise**, v. 44, p. 139-153, 2018.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318p.

BRASIL, Lei n. 4771 de 15 de setembro de 1965, **Código Florestal**, disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)> acessado no 09/08/2-016.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de textos, 2005. 302 p.

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

CHRISTOFOLETTI, A. Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização tropical. In: SOUZA, M. A. A.; SANTOS, M.; SCARLATO, F. C.; ARROYO, M. (Org.). **Natureza e sociedade de hoje: uma leitura geográfica**. – 3ª ed. – São Paulo: HUCITEC-ANPUR, 1997. 127 – 138 p.

COSTA, D. M. et al. Aspectos culturais e potencialidades do Rio Nilo em relação ao Egito. **Revista Saúde em Foco**, n. 11, p. 721 – 731, 2019.

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

COSTA, F. R. et al. Análise das vulnerabilidades natural e ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN). **Geociências**, v. 40, n. 2, p. 459 - 475, 2021.

CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Lisboa, v. 93, p. 58-69, jun. 2011.

CUTTER, S. L. Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003a.

CUTTER, S. L. The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability, **Annals of the Association of American Geographers**, v. 93, n. 1, p. 1-12, 2003b.

DICTORO, V. P.; HANAI, F. Y. A educação e a comunicação ambiental transformadora: abordagens, diretrizes e práticas na gestão de bacias hidrográficas. **Revbea**, São Paulo, v. 16, n. 6, p. 104-124, 2021.

FALCÃO, M. T.; COSTA, J. A. V. Geomorfologia da região centro-norte de Roraima utilizando técnicas de tratamento e interpretação de imagens raster da missão Suttle Radar Topography Mission (SRTM). **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial, [s.l.], v. 2, n. 4, p.1484-1496, 2012.

FALCÃO, M. T. et al. O padrão urbano como determinante do grau de risco das áreas ocupadas nas proximidades do Rio Cauamé: Praia da Ponte, do Curupira, da Polar e do Caçari. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial, [S.I.], v. 2, n. 4, p. 880-889, 2012.

- FARIAS, M. V. A.; VERAS, A. S. S.; PAIXÃO, S. U. A. Degradação do corpo hídrico no urbano em Boa Vista– RR. **TEXTOS & DEBATES**, Boa Vista, [s.l.], v. 1, n. 18, p. 129-138, 2012.
- GRANELL-PÉREZ, M. D. C. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas**. Ijuí-RS: UNIJUÍ, 2004.
- GUMBEL, E. J. The return period of flood flows. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 12, n. 2, p. 163-190, 1941.
- HARVEY, D. **Urbanismo y Desigualdad social**. (Título original: Social Justice and the City). Siglo veintiuno editores. Primera edición en español, febrero 1977.
- HOGAN, D. J. et al. **Urbanização e Vulnerabilidade Sócio-ambiental: o Caso de Campinas**, 2010. Disponível em [http://www.academia.edu/399748/Urbaniza%C3%A7%C3%A3o\\_E\\_Vulnerabilidade\\_S%C3%B3cioAmbiental\\_O\\_Caso\\_De\\_Campinas](http://www.academia.edu/399748/Urbaniza%C3%A7%C3%A3o_E_Vulnerabilidade_S%C3%B3cioAmbiental_O_Caso_De_Campinas). Acesso em 25/05/2016.
- IGNÁCIO, R. P. et al. Identificação das áreas de preservação permanente de cursos d' água da cidade de Boa Vista (RR) e aspectos da legislação ambiental. **Revista Hipótese**, Itapetininga, v. 3, n. 1, p. 82-102, 2017.
- JANSSEN, M. A.; OSTROM, E. Resilience, vulnerability and adaptation. **Global Environmental Change**, v. 16 [s.n.], p. 237-239, 2006.
- LAVINAS, L. Pobreza e Exclusão: tradução regionais de duas categorias da pratica, **Econômica**, v. 4, n. 1, p. 25-59, outubro/ 2003.
- LOPES, L. P. et al. Educação Ambiental em contextos de Bacias Hidrográficas: uma revisão integrativa das pesquisas nacionais e internacionais no período de 1996 a 2020. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**. v. 38, n. 1, p. 336 - 361, jan./abr. 2021.
- MEDEIROS, M. D. et al. **Áreas de Vulnerabilidade Ambiental na Zona Oeste de Natal/ RN/ Brasil**, Revista Geonorte, edição especial, v. 1, n. 4, p. 474-486, 2012.
- MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, **Plano Nacional de Recurso Hídricos**, 2006. Disponível<<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/plano-nacional-de-recursos-hidricos>>, acesso no dia 20/05/2016.
- MONTERO, T. V. et al. Ciclo hidrológico em áreas urbanas. **Revista Educação Ambiental em Ação**, n. 56, 2016.
- 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. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v. 8, n. 1, p. 61 – 80, 2014.
- OLIVEIRA JÚNIOR, Z. et al. Ocupação do espaço urbano e evolução legal da APPs dos cursos d'água da lei nº 12.651/2012: reflexões temporais na cidade de Boa Vista - Roraima. **DIREITO DA CIDADE**, v. 10, p. 1761-1787, 2018.
- PEDRINI, M. A. F. et al. Metodologia para mapeamento de vulnerabilidade e risco de alagamento associado a eventos hidrológicos em ambiente urbano. **Revista DAE**, São Paulo, v. 70, n. 234. P. 93-113, jan./mar. 2022.
- REBELO, F. **Riscos naturais e ação antrópica**: estudos e reflexões. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003. 286 p.

- REZENDE, L. et al. Vulnerabilidade ambiental das margens do Rio Tietê. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 136-166, jan./mar. 2018.
- RIOS, N. A. **Educação ambiental e gestão de recursos hídricos**: a Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, Belém/PA. 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento) - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/10848>.
- SANDER, C. et al. **Cheias do Rio Branco e Eventos de Inundação na Cidade de Boa Vista, Roraima**, Acta Geográfica, Boa Vista, V.6, n. 12, p. 41-57, agosto/2012.
- SIMAS, I. T. H.; RODRIGUES, C. Mapeamento de vulnerabilidade socioespacial: Análise espacial integrada entre vulnerabilidade social e suscetibilidade a inundações em bacia hidrográfica urbanizada de São Paulo/SP. **Confins**, n. 45, 6 p. 2020.
- SOUZA, I. G. O. et al. Análise jurídica dos impactos socioambientais e urbanos das obras de macrodrenagem: Igarapé Caxangá em Boa Vista, Roraima. **Revista Eletrônica Casa de Makunaima**, v. 1, p. 78-91, 2018.
- TONELLO, M. F. et al. Degradação ambiental na microbacia do Igarapé Caxangá em Boa Vista – RR. **Revista Eletrônica Ambiente**, v. 8, s.n. p. 55 – 60, 2015.
- TONELLO, M. F. et al. Situação ambiental do Igarapé Mirandinha (canalização). **Revista Acta Geográfica**, n. 4, jul./dez., p. 41 - 53, 2008.
- TUCCI, C. E. M. **Inundações e Drenagem Inundações Urbanas na América do Sul**. Urbana. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. (Org.). **Inundações Urbanas na América do Sul**. 2003. pp.145-181.
- VEYRET, Y. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo, Contexto, 2007.
- ZANELLA, M. E. et al. Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, n. 25, v. 2, p. 317-332, maio/ago., 2013.
- ZIMBRES, B. Q. C. **Áreas de Preservação Permanente como corredores ecológicos para a fauna de mamíferos de médio e grande porte no sul da Amazônia**. 2016. 119 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Zoologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

## NOTAS DE AUTOR

### CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

**Mayk Feitosa Santos** - Concepção. Coleta de dados, Análise de dados, Elaboração do manuscrito, revisão e aprovação da versão final do trabalho

**Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior** – Concepção e elaboração do manuscrito. Coleta de dados Participação ativa da discussão dos resultados; Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

**Vladimir de Souza** – Análise de dados. Participação ativa da discussão dos resultados. Elaboração do manuscrito. Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

### FINANCIAMENTO

Não se aplica.

### CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

**APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

Não se aplica.

**CONFLITO DE INTERESSES**

Não se aplica.

**LICENÇA DE USO**

Este artigo está licenciado sob a [Licença Creative Commons CC-BY](#). Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.

**HISTÓRICO**

Recebido em: 16-07-2020

Aprovado em: 30-11-2022