

## **Análise multivariada e a cartografia da vulnerabilidade ambiental da cidade de Coari, Amazonas, Brasil**

### **Multivariate analysis and cartography of environmental vulnerability in the city of Coari, Amazonas, Brazil**

Hikaro Kayo de Brito Nunes

Universidade do Estado do Amazonas (UEA)

hikarobrito@gmail.com

#### **Resumo**

Considerando as especificidades regionais e até mesmo locais, a região amazônica possui uma série de agentes condicionantes e determinantes que atuam, direta e indiretamente, na geração e intensificação de riscos e vulnerabilidades, especialmente em espaços urbanos ou densamente ocupados e modificados. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar por meio da análise multivariada e à luz do conhecimento geográfico e cartográfico, a vulnerabilidade ambiental da cidade de Coari, Amazonas, Brasil, de modo a fornecer subsídios para a criação e aperfeiçoamento de políticas públicas e ações de planejamento e ordenamento territorial e urbano a partir do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) construído. Com os procedimentos metodológicos caracterizados por delineamento teórico-conceitual; atividades de campo; procedimentos estatísticos (análise multivariada e clusterização) e procedimentos de geoprocessamento (Google Earth Pro e do QGis) que fundamentaram a quantificação e espacialização dos fatos estudados, os 63 setores censitários foram analisados com base em nove variáveis, sendo classificados 17 setores em IVA “Baixo”, 22 setores em IVA “Médio” e 24 setores em IVA “Alto”, revelando um escalonamento decrescente da vulnerabilidade ambiental sentido Centro-Periferia-Espaços periurbanos e solidificando a permanência e ampliação de cenários, principalmente associado à presença e caracterização da grande rede de drenagem superficial.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade Ambiental, Amazônia, Coari, Setores censitários, Estatística.

#### **Abstract**

Considering regional and even local specificities, the Amazon region has a series of conditioning and determining agents that act, directly and indirectly, in the generation and intensification of risks and vulnerabilities, especially in urban or densely occupied and modified spaces. Given this, the present study aims to analyze, through multivariate analysis and in the light of geographic and cartographic knowledge, the environmental vulnerability of the city of Coari, Amazonas, Brazil, in order to provide subsidies for the creation and improvement of public policies and territorial and urban planning and ordering actions based on the Environmental Vulnerability Index (IVA) constructed. With methodological procedures characterized by theoretical-conceptual design; field activities; statistical procedures (multivariate analysis and clustering) and geoprocessing procedures (Google Earth Pro and QGis) that supported the quantification and spatialization of the facts studied, the 63 census sectors were analyzed based on nine variables, with 17 sectors classified as “Low” IVA, 22 sectors as “Medium” IVA and 24 sectors in “High” IVA, revealing a decreasing scale of environmental vulnerability towards Center-Periphery-Peri-urban spaces, and solidifying the

permanence and expansion of scenarios, mainly associated with the presence and characterization of the large surface drainage network.

**Keywords:** Environmental Vulnerability, Amazonia, Coari, Census sectors, Statistic.

## Introdução

Estudos sobre vulnerabilidade ambiental são imperiosas formas de aglutinar uma série de dimensões analíticas que atuam, direta e indiretamente, sobre os escopos físico-naturais e socioeconômicos, dando ricas possibilidades de (re)interpretação em diferentes recortes espaciais e temporais. Isto posto, ao considerar as potencialidades destas investigações – a exemplo de Jordão e Moretto (2015), Sena (2018), Carpi Junior e Dagnino (2020), Malta e Costa (2021) e Garcia, Viana e Lima (2023) –, torna-se oportuno e urgente suas ampliações e disseminações dos conhecimentos produzidos, como provocado por Grainger, Murphy e Vicente-Serrano (2021) sobre a gestão de risco em sistemas socioecológicos, ambientes construídos, meios de subsistência e bem-estar humano, bem como por Moe e Müller (2024) em relação às mudanças ambientais e sua relação com a segurança da sociedade e governança.

Tal como estudos sobre outras dimensões e categorias no bojo das inquietações ambientais, a vulnerabilidade oportuniza discussões a respeito de temáticas como infraestrutura, papel do Estado, bases físico-naturais, condicionantes socioeconômicos e culturais, tecnologia, sobretudo ao se considerar espaços urbanos ou densamente ocupados, tendo em vista a pressão antrópica existente.

Neste contexto, a vulnerabilidade é concebida, incorporada e emerge sobre os diferentes contextos na esfera da sustentabilidade (FARIAS; MENDONÇA, 2022; BURSZTYN; TAVORA, 2023), do planejamento urbano e ordenamento territorial (LIMA, et al., 2020; MESQUITA; CAVALCANTE, 2021) bem como da saúde pública (ARAÚJO; SANT'ANNA NETO, 2015; SOUSA; ZANELLA, 2021), especialmente quando se compreende à luz da ausência, marginalidade, ineficiência e deficiência de sistemas físicos e abstratos, sobretudo para a regulamentação de ações que visem a mitigação desses processos danosos.

Dando importância à dinamicidade e imprevisibilidade em que a vulnerabilidade está inserida, julga-se necessário a existência de mecanismos que, neste caso, considerem as

questões ambientais, principalmente ao se tratar da capacidade de suporte do ecossistema frente à relação processo-resposta. Estudos voltados à vulnerabilidade ambiental são necessários, de modo que este conceito é entendido por Figueiredo et al. (2010) como sendo a suscetibilidade de um sistema à degradação ambiental considerando: i) grau de exposição do sistema às pressões (principalmente antrópicas); ii) sensibilidade do sistema às pressões (julgando indicadores de análise); e, iii) capacidade de resposta (associada às ações de conservação ou preservação).

Ainda neste bojo analítico, Aquino, Paletta e Almeida (2017, p. 15) definem o conceito como o “[...] grau em que um sistema natural é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos das interações externas”, associando o que UNEP (2011, p. 5), revela, que *“environmental degradation, settlement patterns, livelihood choices and behaviour can all contribute to disaster risk, which in turn adversely affects human development and contributes to further environmental degradation”*.

Nesta perspectiva, a empregabilidade do conceito em determinados espaços é amplamente complexa, uma vez que cada situação (do próprio local ou do grupo social) expressa uma informação específica, a exemplo da complexidade amazônica, com distintas características físico-naturais (relevo, clima e vegetação, por exemplo), de usos dos recursos naturais e de ocupação humana (considerando o surgimento de cidades e até mesmo a mudança de lugar, consequência de influências físico-naturais e antrópicas).

Coari (estado do Amazonas), localizada na confluência do rio Coari Grande com o rio Solimões (margem direita) na região do “Médio Solimões”, conta com uma população de 70.616 pessoas (IBGE, 2022) e singulariza, tal como outras cidades ribeirinhas amazônicas, diferentes retratos de vulnerabilidade ambiental, tanto associado às dinâmicas hidrometeorológicas quanto com as formas de uso dos espaços urbanos. O próprio processo de urbanização da Amazônia Brasileira remonta a uma política de desenvolvimento nacional em grande parte vinculado à exploração de recursos naturais, proporcionando, em muitas situações, o surgimento de núcleos urbanos, que, ao longo do tempo, se desvelou em uma urbanização acelerada e vinculada ao desrespeito aos limites ambientais, o que invisibiliza a formação inicial de muitos espaços, como o de Coari.

Ao longo dos séculos e as constantes mudanças de status Coari foi designada de freguesia, vila, município, cidade resultaram, além da descoberta de petróleo (exploração desde os anos de 1980) fizeram com que a própria cidade se particularizasse, inclusive com

o Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$38.982,37 que contrasta com o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,586 “baixo” (IBGE, 2021).

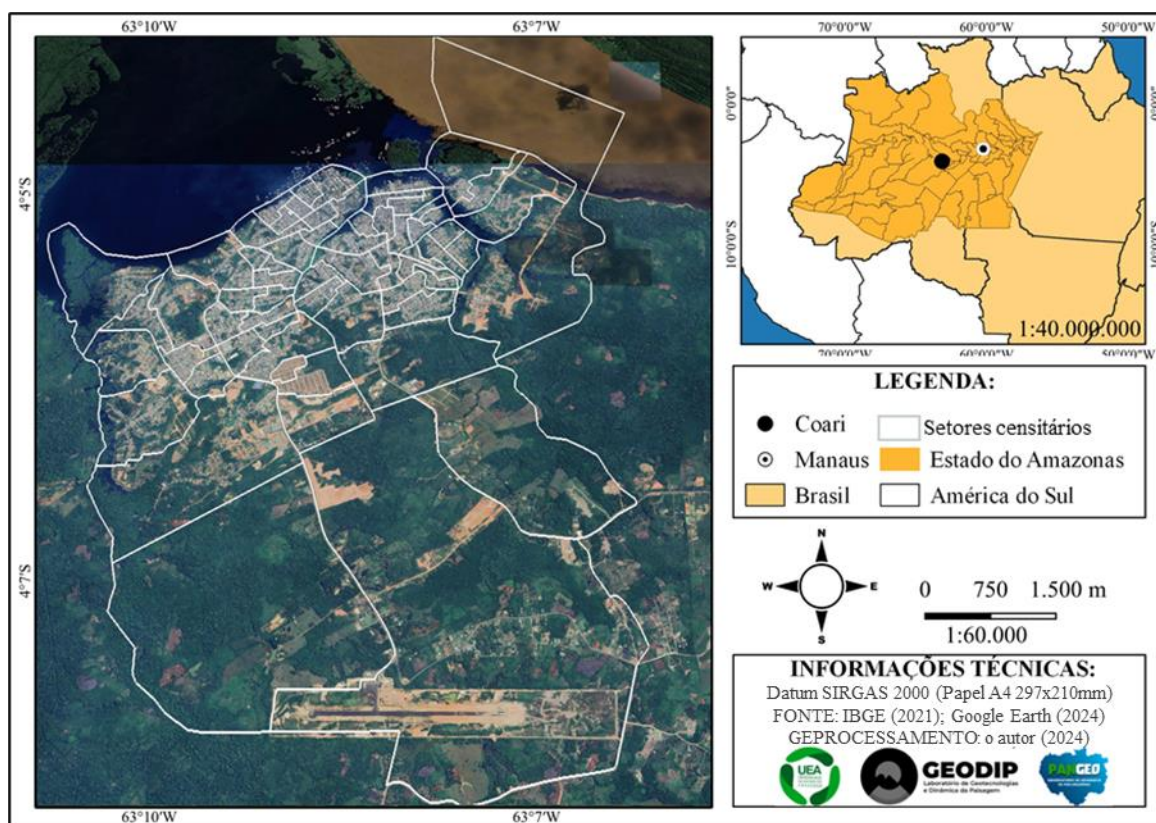
Em razão das características físico-naturais e das diferentes formas de uso do espaço urbano, moldando diferentes níveis de vulnerabilidade, o presente estudo tem como objetivo descrever por meio da análise multivariada e à luz do conhecimento geográfico e cartográfico, a vulnerabilidade ambiental da cidade de Coari, Amazonas, Brasil, de modo a fornecer subsídios para a criação e aperfeiçoamento de políticas públicas e ações de planejamento e ordenamento territorial e urbano a partir do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) construído.

## **Materiais e Métodos**

### **Área de estudo: caracterização físico-natural regional e malha censitária urbana**

Coari (Figura 1) está situada na Bacia Sedimentar do Solimões que possui uma área de aproximadamente 500.000 km<sup>2</sup> (REIS; ALMEIDA, 2010) e limitada pelos escudos das Guianas (Norte), Brasileiro (Sul), Arco de Iquitos (Leste, pela Bacia do Acre) e Arco do Purus (Oeste, pela Bacia do Amazonas), inserida em um contexto geológico diverso considerando a compartimentação geotectônica da Plataforma Sul-Americana. Acrescenta-se que há, no município, o Polo Petrolífero de Urucu, localizado na Província Petrolífera de Urucu, sobrepondo-se à Formação Solimões.

**Figura 1.** Área de estudo



Organização: o autor (2024).

Com base na compartimentação apresentada na obra Geodiversidade do Estado do Amazonas (DANTAS; MAIA, 2010), são identificadas, na área de estudo e entorno imediato, formas de relevo na Planície Amazônica e nos Tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental. Sobre a caracterização climática, há atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Circulação de Hadley e Walker, Alta da Bolívia (AB), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas Frontais e Linhas de Instabilidade.

Hidrograficamente, localiza-se na confluência do rio Coari Grande (largura aproximada de 9km) junto ao rio Solimões (largura média de 6 km), sendo o primeiro considerado uma ria fluvial por constituir-se no seu trecho final em um canal alargado com foz afogada. Acrescenta-se uma quantidade significativa de igarapés, sendo os principais o do Espírito Santo e o do Pêra. Em relação a área de estudo em que foram tratados os dados, a mesma é formada por 63 setores censitários urbanos e periurbanos, distribuídos principalmente ao longo dos 16 bairros (Centro, Chagas Aguiar, Ciganópolis, Duque de Caxias, Espírito Santo, Grande Vitória, Itamarati, Liberdade, Nazaré Pinheiro, Pêra, Santa Efigênia, Santa Helena, São Sebastião, Tauá-Mirim, União e Urucu), de acordo com o Zoneamento Urbano de Coari (2020).



Importante ressaltar que o estudo fez uso dos recortes da malha censitária do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) como unidade espacial, como também adotado na pesquisa de Nunes (2017). Conforme IBGE (2011, p. 3), setor censitário é a “menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional”.

A adoção dos setores censitários se deu por dois fatores principais: a) confiabilidade dos recortes e da malha, tendo em vista ser aquela utilizada durante o Censo demográfico, o que possibilitou a não dependência, desta pesquisa, de dados municipais, principalmente dos limites internos (bairros) urbanos, em virtude da imprecisão dos limites internos; b) a utilização exclusiva dos bairros iria comprometer o entendimento das áreas periurbanas; c) possibilidade de interpretações analíticas considerando a mesma unidade espacial (setor censitário). Optou-se por não fazer uso dos códigos oficiais de cada setor censitário, tendo em vista que se constituem em uma sequência de 15 dígitos, sendo, nesta pesquisa, modificados e reduzidos a apenas dois dígitos (1 a 63), Quadro 1.

**Quadro 1:** Setores censitários analisados, com seus respectivos códigos (originais do IBGE e modificados) e nome dos bairros

CIn	CIB	Bairros	CIn	CIB	Bairros
1	130120905000011	Pêra	33	130120905000005	Espírito Santo
2	130120905000094	Pêra	34	130120905000019	Santa Efigênia
3	130120905000095	Pêra	35	130120905000098	Santa Efigênia
4	130120905000012	Chagas Aguiar	36	130120905000112	Santa Efigênia e Itamarati
5	130120905000014	Chagas Aguiar	37	130120905000146	União
6	130120905000013	Chagas Aguiar	38	130120905000145	União
7	130120905000015	Chagas Aguiar	39	130120905000147	União
8	130120905000096	Santa Helena	40	130120905000102	União
9	130120905000097	Santa Helena	41	130120905000023	União
10	130120905000025	Chagas Aguiar	42	130120905000111	União
11	130120905000024	Santa Helena	43	130120905000110	União
12	130120905000179	Grande Vitória	44	130120905000022	União
13	130120905000180	Grande Vitória	45	130120905000021	Urucu
14	130120905000178	Grande Vitória	46	130120905000109	Urucu
15	130120905000177	Grande Vitória	47	130120905000099	Urucu
16	130120905000001	Centro	48	130120905000137	Urucu
17	130120905000003	Centro	49	130120905000136	Urucu
18	130120905000016	Duque de Caxias	50	130120905000100	Espírito Santo

19	130120905000017	Duque de Caxias	51	130120905000116	Nazaré Pinheiro
20	130120905000026	Itamarati	52	130120905000114	Nazaré Pinheiro
21	130120905000018	Itamarati	53	130120905000101	Nazaré Pinheiro
22	130120905000181	Grande Vitória e Liberdade	54	130120905000115	Nazaré Pinheiro
23	130120905000154	Liberdade	55	130120905000113	União e Nazaré Pinheiro
24	130120905000153	Liberdade	56	130120905000190	Ciganópolis
25	130120905000107	Itamarati e espaço periurbano	57	130120905000191	União e Nazaré Pinheiro
26	130120905000010	Centro	58	130120905000176	Grande Vitória e Liberdade
27	130120905000002	Centro e Espírito Santo	59	130120905000139	Pêra
28	130120905000004	Espírito Santo	60	130120905000120	Espaço periurbano
29	130120905000008	Tauá-Mirim	61	130120905000118	Espaço periurbano
30	130120905000009	Tauá-Mirim	62	130120905000119	Espaço periurbano
31	130120905000007	Tauá-Mirim	63	130120905000103	União e São Sebastião
32	130120905000006	Tauá-Mirim			

Legenda: CIn (Código Interno da Pesquisa). CIB (Código do IBGE). Organização: o autor (2024).

## Procedimentos Metodológicos

Metodologicamente foram adotadas uma série de etapas para o alcance do objetivo proposto, caracterizadas em grande parte por: a) delineamento teórico-conceitual; b) atividades de campo; c) procedimentos estatísticos; e, d) procedimentos cartográficos. Para o suporte teórico-conceitual fez-se uso de uma série de contribuições teóricas, a exemplo de Eakin e Luers (2006), Nunes (2017), Aquino, Paletta e Almeida (2017), Cabral e Candido (2019) e Oliveira, Albuquerque e Plácido Júnior (2023), que sustentaram os conceitos, principalmente, de Risco e Vulnerabilidade, bem como para a ampliação do conhecimento da área de estudo.

Em que pese as atividades de campo, estas foram sustentadas inicialmente pela contribuição teórico-metodológico de Nunes (2017) sobre a cidade de Teresina (Piauí) e de Nunes (2024) sobre a cidade de Tefé (Amazonas), quando propôs uma metodologia para a mensuração da vulnerabilidade ambiental a partir do recorte espacial dos setores censitários. Nos procedimentos metodológicos, foram elencadas uma série de variáveis, que, quando

aplicadas, recorreu-se a adaptações (supressão de variável e ampliação dos escores, por exemplo) em virtude das características locais.

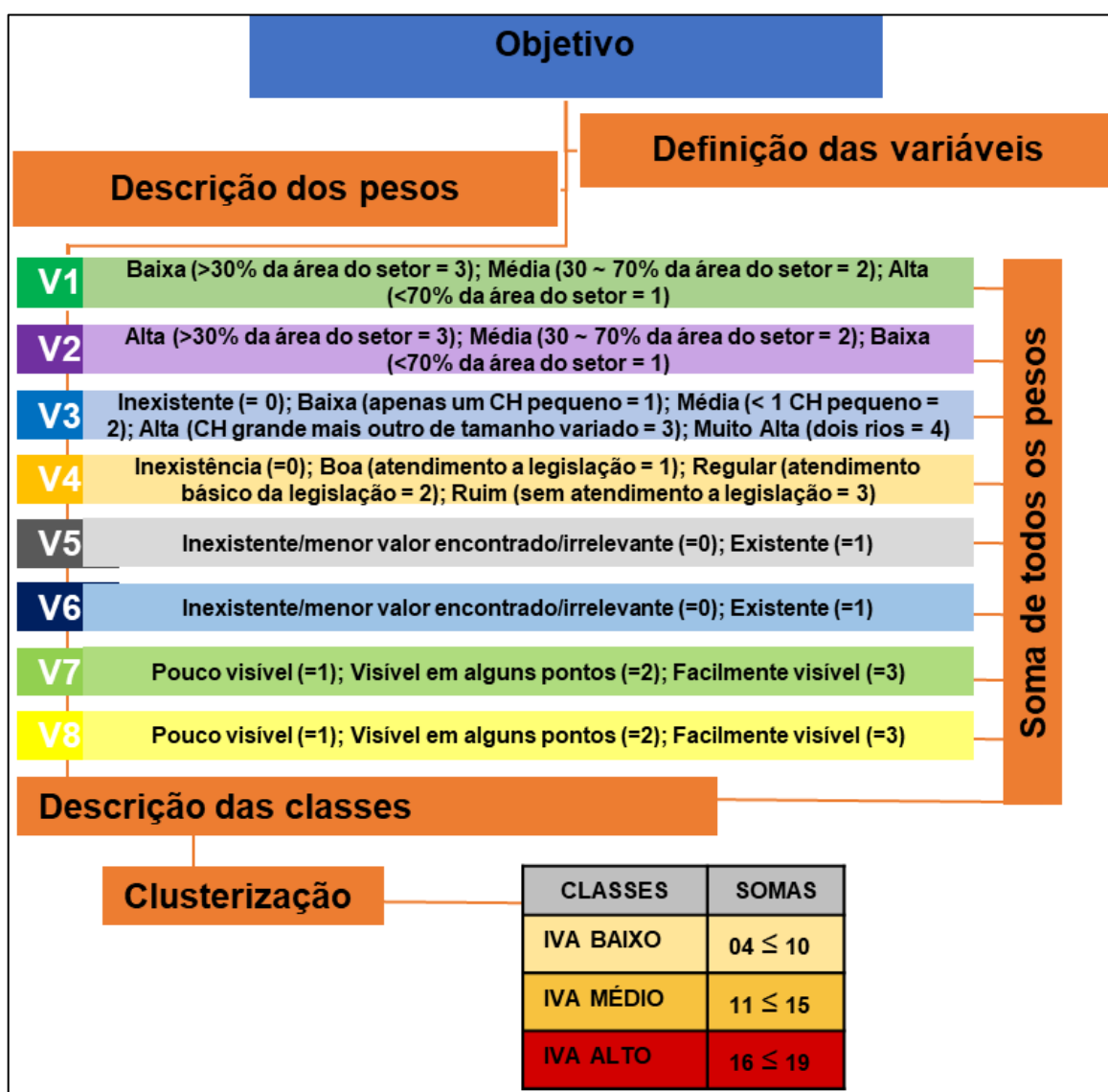
As variáveis analisadas para a elaboração das classes de IVA foram: Cobertura vegetal (Variável 1/V1), Adensamento populacional/residencial (Variável 2/V2), Proximidade com corpos hídricos (Variável 3/V3), Situação de conservação/respeito à APP (Variável 4/V4), Inundação (Variável 5/V5), Movimentos de massa (Variável 6/V6), Esgoto a céu aberto (Variável 7/V7) e Lixo a céu aberto (Variável 8/V8). O desenvolvimento se deu a partir de imagens de satélite (via Portal Geocatálogo “RapidEye” (<http://geocatologo.mma.gov.br/>) e Google Earth “CNES/Airbus e LandSat”), e incursões a campo (entre setembro/2023 e fevereiro/2024).

Adicionalmente para o alcance das variáveis V5 e V6 também recorreu-se ao relatório do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) que detalha a “visita de campo às áreas com histórico de desastres naturais ou naqueles locais onde já foram identificadas situações de risco, ainda que sem registro de acidentes, (...) além de análise de imagens de satélite” e das condições físicas do local” (ANDRETTA; CALLEGARIO, 2015, p. 3). No âmbito deste estudo, os dados do relatório supracitado foram analisados e atualizados considerando mudanças na paisagem, sobretudo relacionadas à urbanização.

A obtenção (Figura 2) e conhecimento de cada variável seguiu uma sequência considerando as respectivas classes de IVA; a V1 e V2, por exemplo, possuem, cada uma, três classes, ao passo que a V5 e V6 possuem duas classes. Os pesos variam de 0 (zero) a 4 (quatro), sendo importante frisar que estatisticamente o 0 (zero) não representa ausência de vulnerabilidade, mas sim o menor valor relativo.

**Figura 2.** Esquema simplificado da descrição/pesos das variáveis e da definição das classes de IVA





Organização: o autor (2024).

Com as classes e pesos padronizados, houve a identificação para cada um dos 63 setores censitários com as respectivas somas considerando a metodologia da Análise Multivariada (JOHNSON; WICHERN, 2007; PAYE; MELLO; MELO, 2012; GOMES, 2013). Para simplificação metodológica e analítica, fez-se uso da soma total, sendo esta adotada para a Análise de Agrupamento ou Técnica de Cluster (MARTINS, 2017; ASHARI, et al., 2022), estipulado um total de três classes, “IVA Baixo”, “IVA Médio” e “IVA Alto”. Cabe destacar que o agrupamento destas três classes se deu a partir da proximidade, similaridade e características dos valores encontrados para a composição destes grupos.

Com a construção e hierarquia das variáveis, recorreu-se à etapa cartográfica (LE COZANNET, et al., 2013; CUNICO; LUCENA; MOURA, 2023), em que foram elaborados um mapa para cada variável por meio de geoprocessamento pelo QGis (versão

3.32 Lima). Na elaboração 8 dos mapas temáticos, valeu-se da soma total correspondente a cada setor censitário (inseridos na tabela de atributos a partir dos valores obtidos) valeu-se das funções vinculadas à “Propriedade”, “Simbologia” e “Categorização” para a espacialização temática das classes de IVA, inclusive com a escolha das cores de modo à melhor forma de representação dos fatos observados

## **Resultados e Discussão**

### **Variáveis de vulnerabilidade ambiental**

Para a área de estudo houve dificuldades na identificação (em algumas séries temporais) da Cobertura vegetal (V1) em virtude de alguns aspectos específicos – tais como a vegetação aquática (macrófitas) próximas ou no Lago de Coari e em igarapés, a exemplo do Pêra e do Espírito Santo. Contudo, após reinterpretação das imagens de satélite e vetorização dos corpos hídricos, a classificação dos setores foi possível.

Cartograficamente, os 63 setores censitários analisados foram classificados da seguinte forma (considerando a variável Cobertura vegetal): 17 setores (1, 3, 24, 25, 33, 36, 41, 50, 51, 52, 54, 56, 59, 60, 61, 62 e 63) estão na classe “Alta cobertura vegetal”. Dessa totalidade, com exceções do 24 (bairro Liberdade), 33 (bairro Espírito Santo), 36 (bairro Santa Efigênia) e 41 (bairro União), todos estão localizados na borda da área de estudo, a exemplo do 59 (bairro Pera), e 60, 61 e 62 (todos no espaço periurbano).

Na classe “Média cobertura vegetal”, 25 setores (2, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 32, 34, 35, 37, 38, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 53 e 58) foram identificados, abrangendo principalmente o conjunto dos bairros Santa Helena/Grande Vitória e Santa Efigênia/União. Em “Baixa cobertura vegetal”, foram identificados 21 setores (4, 5, 6, 7, 10, 11, 16, 17, 18, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 39, 47, 55 e 57), em grande parte concentrados na região central da cidade (bairros Centro, Chagas Aguiar e Tauá-Mirim) devido à alta taxa de ocupação urbana e a baixa arborização. Almeida Filho, Aleixo e Silva Neto (2022), em estudo sobre as ilhas de calor na cidade, destacaram a relação desse processo com a elevada concentração de construções, a intensa impermeabilização do solo e a pouca cobertura vegetal.

Para a variável Adensamento urbano (V2), 16 setores foram identificados com “Baixo adensamento” (1, 21, 25, 36, 37 50, 51, 52, 53, 54, 56, 59, 60, 61, 62, 63), localizados em grande parte na área periurbana da cidade, com exceção dos setores 21 (bairro Itamarati), 25 (bairro Itamarati, além de um trecho do espaço periurbano), 36 (bairros Santa Efigênia e

Itamarati) e 37 (bairro União). Destes, os setores 25 e 37 estão em processo de expansão da ocupação urbana, notadamente verificado com o início da abertura de vias de acesso.

Foram identificados 23 setores com “Médio adensamento”, (2, 3, 4, 5, 6, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 22, 23, 24, 32, 33, 35, 40, 41, 42, 45, 46 e 49) distribuídos pela cidade e com maior concentração nos bairros Grande Vitória e União. Importante salientar que foi observado que esses setores auxiliam a entender a expansão e os limites urbanos, bem como possíveis eixos de novas ocupações, considerando a disponibilidade do solo urbano. Em “Alto adensamento”, 24 setores foram considerados. Os setores 7 e 10 (bairro Chagas Aguiar), 8, 9 e 11 (bairro Santa Helena), 16, 17, 26 e 27 (bairro Centro), 18 (bairro Duque de Caxias), 28 (bairro Espírito Santo), 29, 30 e 31 (bairro Tauá-Mirim), 34 (bairro Santa Efigênia), 38, 39, 43, 44, 55 e 57 (bairro União, e alguns em contato com o Nazaré Pinheiro), 47 e 48 (bairro Urucu) e 58 (bairros Grande Vitória e Liberdade).

Em relação à variável Proximidade/presença de corpos hídricos (V3), em 11 setores censitários não foram identificadas massas d’água, sendo: 27, 30, 31, 38, 39, 41, 42, 44, 49, 55 e 60. Com apenas um corpo hídrico, 9 setores foram identificados como de “Baixa existência” (7, 22, 23, 35, 37, 40, 45, 48, 57), a exemplo de um canal fluvial identificado no bairro Liberdade. Como “Média existência”, estão 9 setores com a presença de dois corpos hídricos, como identificado nos setores 10, 15, 20, 24, 25, 36, 58, 61 e 62.

Em “Alta Existência”, com a presença de mais de dois corpos hídricos, 21 setores foram observados (setores 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 21, 28, 33, 34, 43, 46, 47, 52, 53 e 63). Destes, destaque para os setores que estão às margens do Igarapé Espírito Santo (bairros Centro, Duque de Caxias, Espírito Santo e União, por exemplo) e os da margem esquerda do Igarapé do Pêra (Chagas Aguiar, Santa Helena e Grande Vitória, por exemplo).

Em decorrência da magnitude e da influência fluvial em que o rio Coari Grande e o rio Solimões expressam, os 13 setores que os margeiam foram classificados como de “Muito alta existência”, sendo os seguintes: 1, 2, 3 e 59 (bairro Pêra), 4 (bairro Chagas Aguiar), 16 e 26 (bairro Centro), 29 e 32 (bairro Tauá-Mirim), 50 (bairro Espírito Santo), 51 e 54 (bairro Nazaré Pinheiro) e 56 (bairro Ciganópolis).

No que diz respeito à Situação de Conservação das APPs (V4) e à luz das contribuições de Ferreira (2021) e Figueiredo, Melo e Lins (2024), a classe “Boa conservação” foi atrelada à 19 setores censitários (25, 27, 30, 31, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 49, 55, 57, 60, 61, 62 e 63) associadas sobretudo aos pequenos canais fluviais que não exigem extensa APP. Em grande parte, estão localizados nos bairros Santa Efigênia, União,

Nazaré Pinheiro, além dos espaços periurbanos. Excetuam-se aqui alguns setores localizados no Centro e no Tauá-Mirim. Na classe de “Regular conservação”, listam-se os setores 7, 15, 20, 23, 35, 45, 48 e 56, totalizando 8 setores censitários, localizados nos bairros Chagas Aguiar, Grande Vitória, Itamarati, Liberdade, Santa Efigênia, Urucu e Ciganópolis.

Já como “Ruim conservação” foi identificada uma grande quantidade de setores censitários, 36 ao todo, especializados sobre a maioria dos bairros de Coari. Os setores foram 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 26, 28, 29, 32, 33, 34, 43, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 59. Especialmente todos os setores que margeiam os rios Solimões e Coari foram inseridos nesta classe, tal como aqueles que margeiam os igarapés do Pêra e Espírito Santo. Ainda nesta classe, os bairros Pêra, Santa Helena e Duque de Caxias, por exemplo, foram inseridos em sua totalidade.

Em relação à existência de Processos de inundação (V5), onze setores ao todo (27, 30, 31, 38, 39, 41, 42, 44, 49, 55 e 60), não foram identificados registros de inundações ou pelo menos de baixas possibilidades, levando em consideração a rede fluvial. Eventos de alagamento não foram inseridos nesta variável por constituir-se processos completamente distintos. Em 52 setores foram identificados riscos de inundação, tanto associado aos rios Coari e Solimões, quanto aos igarapés do Pêra e Espírito Santo e os demais igarapés que drenam grande parte da cidade, muitos inclusive alvos de processo de antropização (retificação, tamponamento e aterramento) o que dificultou, em algumas etapas, a identificação do canal de drenagem. Os setores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 61, 62 e 32 estão inseridos nesta contextualização.

Em 2015, manchete do G1 AM (2015) revela que “Cheia em Coari faz número de cidades em emergência subir para 20, no AM” e que, naquela data (08 de maio), aproximadamente 4300 estavam afetadas pelo evento fluvial. No evento de 2022, houve, em 13 de abril, a assinatura do Decreto do Estado de Emergência em decorrência das inundações. Neste episódio mais de 26 mil pessoas estavam sendo atingidas (ACRÍTICA, 2022). Conforme o Decreto Municipal nº 988, de 31/05/2022, “houve a elevação e transbordamento dos Rios Solimões, Rio Coari Grande (...) Igarapé do Espírito Santo, Igarapé do Pêra”, que “a inundação afeta 17 (dezessete) bairros urbanos” e “a ocorrência deste desastre é favorável à declaração de situação de emergência” (Coari, 2022, p. 1).

Com exceção dos setores 27, 30, 31, 38, 39, 41, 42, 44, 55 e 60, todos os demais 53 setores possuem algum tipo de processo associado a Movimentos de massa (V6), de

magnitudes distintas. Em levantamento realizado em 2015 pela CPRM, foram identificados 16 setores de risco Alto e Muito Alto de movimentos de massa na cidade de Coari, totalizando 4.270 pessoas expostas a tais eventos (ANDRETTA; CALLEGARIO, 2015). Na Rua Bela Vista, localizada no Setor 29 (bairro Tauá-Mirim), foram identificadas trincas em paredes e no chão, além de postes e árvores inclinados. De igual forma, listam-se os processos existentes nos setores 1, 2 e 3 (bairro Pêra) a julgar pela vertente (em alguns pontos com  $\pm 20\text{m}$ ) que fica exposta em época de baixo nível do igarapé homônimo, e o 42 (Rua 2 de dezembro, bairro União). Geralmente essas áreas de risco estão associadas a fundos de vales de igarapés e a inclinação, as vezes abrupta, das vertentes locais, muitas vezes expostas diante das ocupações irregulares e de lançamento de esgotos e pontos de escoamento de águas pluviais. As Figuras 3A, 3B, 3C e 3D ilustram alguns destes processos.

No que diz respeito à existência de Esgoto a céu aberto (V7), 17 setores foram identificados como “Difícilmente visível”, sendo os seguintes: 16, 17, 26, 27, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 49, 50, 55, 60, 61, 62 e 63, em grande parte localizados ao Sul da cidade e em um pequeno agrupamento de setores no bairro Centro. Foram identificados 24 setores com esgoto a céu aberto “Visível em alguns pontos”, sendo o 1, 2, 4, 6, 7, 15, 19, 20, 21, 24, 25, 28, 29, 30, 34, 42, 43, 44, 51, 52, 54, 56, 57 e 59, abrangendo bairros como Pêra, Nazaré Pinheiro e Itamarati. Como “Facilmente visível” estão 22 setores (3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 22, 23, 33, 35, 36, 41, 45, 46, 47, 48, 53 e 58), muitos desses acompanhando os igarapés Espírito Santo e Pêra, abrangendo bairros como Santa Helena, Grande Vitória, Chagas Aguiar, Urucu e União. Os esgotos a céu aberto (Figura 3E) são configurados como sarjetas perpassando ruas, acúmulo de esgoto em áreas de declive e lançamento de esgoto *in natura* nos igarapés, ampliando as vulnerabilidades já existentes.

Em relação à variável Lixo a céu aberto (V8), 22 setores (16, 17, 18, 19, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 36, 38, 39, 40, 50, 51, 52, 55, 60, 61, 62 e 63) foram classificados como “Difícilmente visível”, em grande parte situados ao Sul da cidade bem como em setores localizados na orla do rio Coari Grande, bairros Centro, Espírito Santo e Tauá-Mirim. “Visível em alguns pontos”, 24 setores (1, 2, 5, 6, 7, 10, 11, 15, 20, 21, 23, 24, 25, 28, 34, 42, 43, 44, 49, 53, 54, 56, 57 e 59) foram localizados em diferentes áreas da cidade, mas com concentração principalmente nos bairros Itamarati, Chagas Aguiar e Santa Helena. Em “Facilmente visível”, os setores 3, 4, 8, 9, 12, 13, 14, 22, 33, 35, 36, 41, 45, 46, 47, 48, 58, totalizando 17 setores, foram observados em algumas áreas dos bairros Pêra, Santa Helena, Santa Efigênia, Santa Helena e União, como observado na Figura 3F.



**Figura 3.** Representações diversas sobre situações de vulnerabilidade. Em A e B, áreas com riscos de inundação; em C e D, áreas com riscos de movimentos de massa. Em E, esgoto a céu aberto, e, em F, lixo a céu aberto, inclusive com a presença de urubus

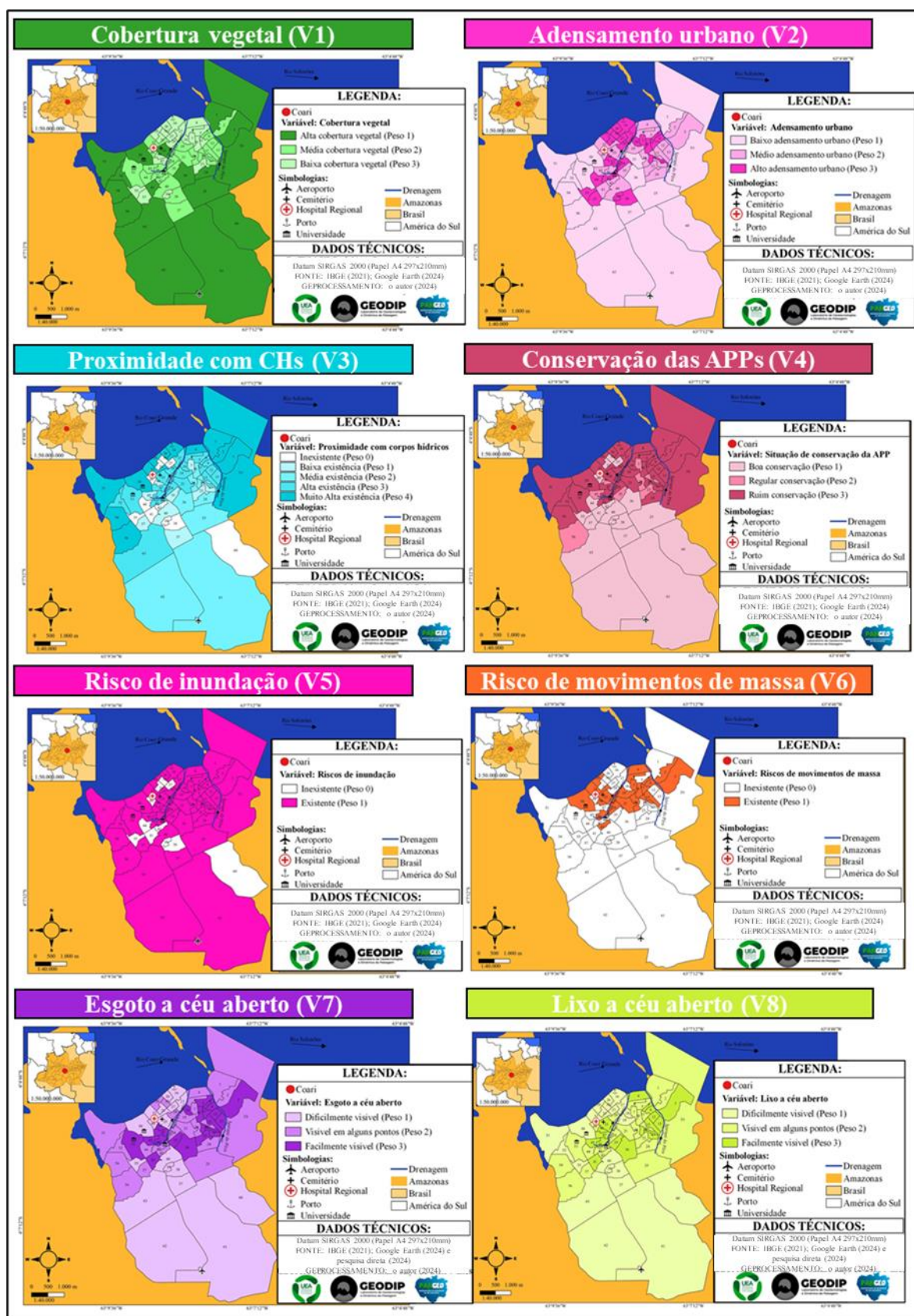


Fonte: o autor (2024).

A Figura 4 sintetiza a cartografia e etapa inicial do tratamento estatístico.

**Figura 4.** Cartografia das variáveis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8





Organização: o autor (2024).

Frisa-se que a inclusão de elementos como aeroporto, cemitério, hospital regional, porto e universidade, correspondem a uma aproximação e interpretação cartográfica e da própria distribuição de infraestrutura na cidade, bem como à possíveis relações com a iminência de eventos danosos, seja na resposta (hospital), seja nas opções de chegada de apoios externos (porto e aeroporto).

### Síntese da cartografia da vulnerabilidade ambiental

Após o tratamento estatístico de cada variável, realizou-se, conforme apresentado nos procedimentos metodológicos, a sobreposição das variáveis e classificação da vulnerabilidade em três classes de IVA. Na classe de IVA “Baixo” foram agrupados 17 setores (25, 27, 30, 31, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 49, 55, 60, 61, 62 e 63) com soma entre 4 e 10. Com uma cobertura espacial de aproximadamente 17 km<sup>2</sup>, estes setores se concentram em bairros como União, Urucu e Centro, além de espaços periurbanos (apenas os setores 25, 60, 61, 62 e 63 possuem, juntos, aproximadamente 14,2 km<sup>2</sup>).

Na classe de IVA “Médio”, 22 setores foram identificados (1, 7, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 32, 35, 36, 45, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57 e 59) totalizando uma área de 9,2 km<sup>2</sup>. Destacam-se nessa classe (soma dos pesos das variáveis entre 12 e 15) os setores 1 (bairro Pêra) e 20 e 21 (bairro Itamarati). Em IVA “Alto” (soma dos pesos das variáveis entre 16 e 19), 24 setores foram catalogados (2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 26, 28, 29, 33, 34, 43, 46, 47, 48 e 58), ocupando uma área de 2,8 km<sup>2</sup>, com concentração principalmente nos bairros Pêra, Centro, Chagas Aguiar, União e Urucu. A espacialização do IVA e a descrição por setor censitário estão no Quadro 2 e Figura 5.

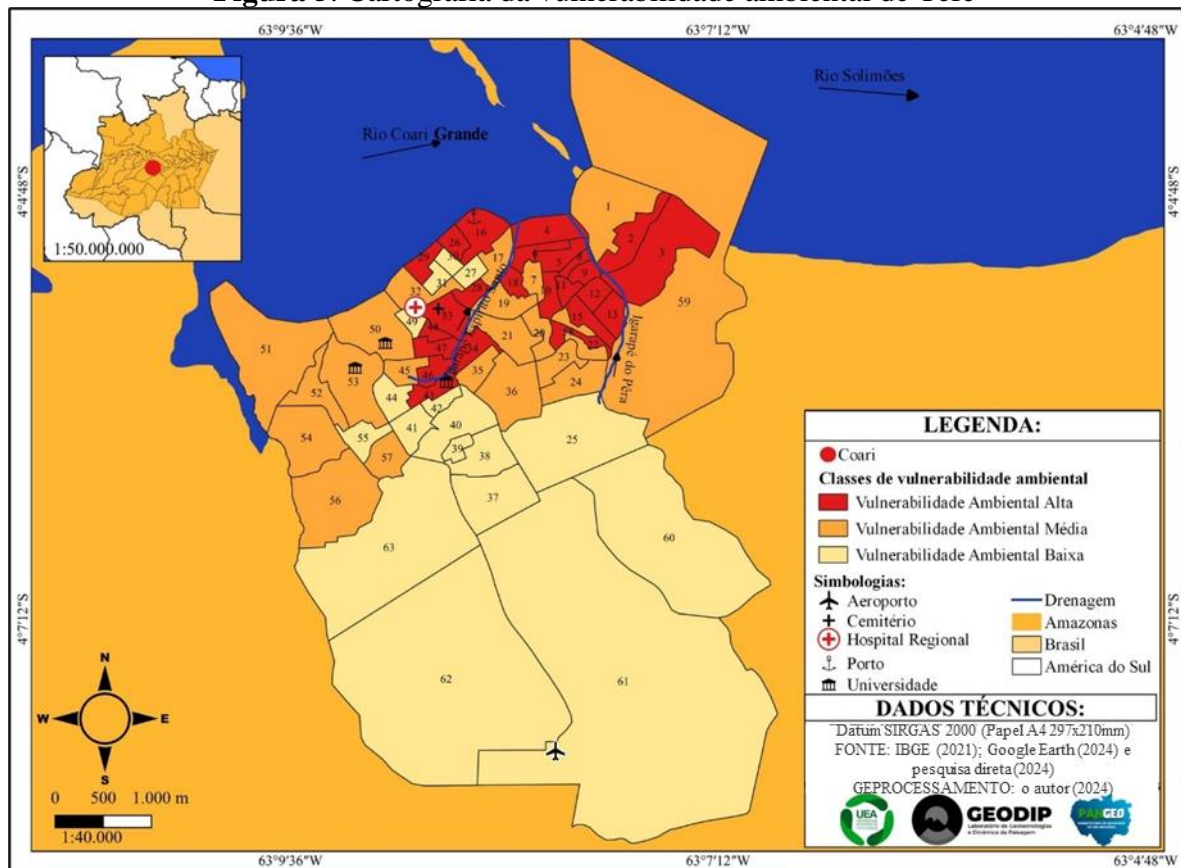
**Quadro 2** Descrição do IVA por setor censitário com os respectivos bairros e somas

Setor	Bairro	Soma	IVA	Setor	Bairro	Soma	IVA
1	Pêra	14	MÉDIA	33	Espírito Santo	17	ALTA
2	Pêra	17	ALTA	34	Santa Efigênia	17	ALTA
3	Pêra	18	ALTA	35	Santa Efigênia	14	MÉDIA
4	Chagas Aguiar	19	ALTA	36	Santa Efigênia e Itamarati	12	MÉDIA
5	Chagas Aguiar	17	ALTA	37	União	8	BAIXA
6	Chagas Aguiar	17	ALTA	38	União	7	BAIXA
7	Chagas Aguiar	15	MÉDIA	39	União	8	BAIXA
8	Santa Helena	19	ALTA	40	União	9	BAIXA
9	Santa Helena	19	ALTA	41	União	9	BAIXA

10	Chagas Aguiar	18	ALTA	42	União	9	BAIXA
11	Santa Helena	19	ALTA	43	União	16	ALTA
12	Grande Vitória	17	ALTA	44	União	9	BAIXA
13	Grande Vitória	17	ALTA	45	Urucu	14	MÉDIA
14	Grande Vitória	18	ALTA	46	Urucu	18	ALTA
15	Grande Vitória	14	MÉDIA	47	Urucu	19	ALTA
16	Centro	16	ALTA	48	Urucu	17	ALTA
17	Centro	15	MÉDIA	49	Urucu	7	BAIXA
18	Duque de Caxias	17	ALTA	50	Espírito Santo	13	MÉDIA
19	Duque de Caxias	15	MÉDIA	51	Nazaré Pinheiro	13	MÉDIA
20	Itamarati	14	MÉDIA	52	Nazaré Pinheiro	12	MÉDIA
21	Itamarati	15	MÉDIA	53	Nazaré Pinheiro	15	MÉDIA
22	Grande Vitória e Liberdade	15	MÉDIA	54	Nazaré Pinheiro	14	MÉDIA
23	Liberdade	14	MÉDIA	55	União e Nazaré Pinheiro	8	BAIXA
24	Liberdade	13	MÉDIA	56	Ciganópolis	13	MÉDIA
25	Itamarati e espaço periurbano	10	BAIXA	57	União e Nazaré Pinheiro	13	MÉDIA
26	Centro	16	ALTA	58	Grande Vitória e Liberdade	17	ALTA
27	Centro e Espírito Santo	8	BAIXA	59	Pêra	14	MÉDIA
28	Espírito Santo	17	ALTA	60	Espaço periurbano	4	BAIXA
29	Tauá-Mirim	18	ALTA	61	Espaço periurbano	8	BAIXA
30	Tauá-Mirim	9	BAIXA	62	Espaço periurbano	8	BAIXA
31	Tauá-Mirim	8	BAIXA	63	União e São Sebastião	9	BAIXA
32	Tauá-Mirim	15	MÉDIA	33	Espírito Santo	17	ALTA

Organização: o autor (2024).

Os resultados obtidos anunciam uma problemática existente e cada vez mais recorrente em espaços urbanos amazônicos. Aliar desenvolvimento urbano com os limites ambientais é complexo, mas possível, sobretudo quando se coloca em discussão a necessidade de uma qualidade ambiental urbana que deve ser meta e que deve lograr êxito com uma mudança no planejamento e ações da gestão e planejamento urbano, principalmente fazendo uso da participação social.

**Figura 5.** Cartografia da vulnerabilidade ambiental de Tefé

Organização: o autor (2024).

O menor valor de vulnerabilidade ambiental obtido foi “4”, do setor 60 (espaço periurbano), à margem da Estrada Coari/Itapeua; enquanto o maior foi “19”, dos setores 4 (bairro Chagas Aguiar, possuindo posto de gasolina, academias, dentre outras atividades), 8, 9 e 11 (bairro Santa Helena, possuindo lojas, campo de futebol, escola e outras atividades) e 47 (bairro Urucu, com a presença de escolas, igrejas e lojas).

### Considerações Finais

Com os procedimentos metodológicos aplicados, aliando análise multivariada e geoprocessamento, foi possível a quantificação e espacialização da vulnerabilidade ambiental nos 63 setores censitários em Coari, desvelando uma relação imbricada entre condicionantes físico-naturais (a exemplo das variáveis relacionadas a eventos de inundação e movimentos de massa, acelerados com a pressão antrópica) e aqueles diretamente



vinculados à gestão urbana (como as variáveis de saneamento básico, materializados com a presença de lixo e esgoto a céu aberto).

A configuração urbana de Coari é reflexo de um processo histórico, social, econômico, ambiental e cultural, solidificando a permanência e ampliação de cenários de vulnerabilidades, principalmente associado à presença e caracterização da rede de drenagem, o que auxiliou na própria caracterização da cidade tal qual a formação/transformação das paisagens. O estudo revelou que há um escalonamento da vulnerabilidade ambiental. Na área central da cidade com altos valores de IVA, decrescendo para a periferia e, em seguida, para os espaços periurbanos, estes últimos com baixo adensamento populacional e alta cobertura vegetal, além dos poucos valores de lixo e esgoto a céu aberto. Abre-se, portanto, uma agenda de debates e possibilidades de incorporação dos resultados ao planejamento urbano, que dever-se-á aglutinar conceitos como de riscos e vulnerabilidades, de modo a atenuar as desigualdades socioespaciais dos que vivem a/na cidade.

## Referências

ACRITICA. *Cheia atinge mais de 26 mil pessoas em Coari, interior do Amazonas*. 2022. Disponível em:< <https://www.acritica.com/amazonia/cheia-atinge-mais-de-26-mil-pessoas-em-coari-interior-do-amazonas-1.140237>> Acesso em 14 de fev. de 2024.

ALMEIDA FILHO, L. S.; ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. Ilhas de calor urbanas na cidade de Coari-AM. *GeoAmazônia*, v. 10, n. 20, p. 116-134, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/geo.v10i20.13661>

ANDRETTA, E. R.; CALLEGARIO, L. S. *Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa: Coari, AM*. Manaus: CPRM, 2015. Disponível em:<<https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19326>> Acesso em 19 de set. de 2023.

AQUINO, A. R.; PALETTA, F. C.; ALMEIDA, J. R. *Vulnerabilidade ambiental*. São Paulo: Blucher, 2017.

ARAÚJO, R. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. Clima, vulnerabilidade socioespacial e saúde da população urbana de São Luis (MA). *Espaço E Geografia*, v. 18, n. 2, p. 367-395, 2015.

ASHARI, I. F.; BANJARNAHOR, R.; FARIDA, D. R.; AISYAH, S. P.; DEWI, A. P.; HUMAYA, N. Application of data mining with the k-means clustering method and davies bouldin index for grouping imdb movies. *Journal of Applied Informatics and Computing*, v. 6, n. 1, p. 07-15, 2022. DOI: <https://doi.org/10.30871/jaic.v6i1.3485>

BURSZTYN, M.; TAVORA, R. Sustentabilidade e redução das vulnerabilidades: a necessária construção de pontes entre as ciências e a sociedade. *Ciência & Cultura*, v. 75, n. 2, p. 01-08, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/2317-6660.20230030>

CABRAL, L. N.; CÂNDIDO, G. A. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 11, p. 1-13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.AO08>

CARPI JUNIOR, S.; DAGNINO, R. S. (Orgs.). *Risco e vulnerabilidade ambiental: métodos e experiências*. Tupã: ANAP, 2020.

COARI. *Decreto Municipal Nº 988, de 31 de maio de 2022*. Disponível em: <<https://www.defesacivil.am.gov.br/wp-content/uploads/2023/10/DECRETO-MUNICIPAL-COARI.pdf>> Acesso em 14 de fev. de 2024.

CUNICO, C.; LUCENA, D. B.; MOURA, M. O. *Atlas dos riscos, vulnerabilidades e desastres ambientais do estado da Paraíba*. Sobral: SertãoCult, 2023. DOI: <https://doi.org/10.35260/54210652-2023>

DANTAS, M. E.; MAIA, M. A. M. Compartimentação geomorfológica. In: MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. (Orgs.). *Geodiversidade do estado do Amazonas*. Manaus: CPRM, 2010.

EAKIN, H.; LUERS, A. L. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annual Review of Environmental Resources*. v. 31, p. 364-394, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>

FARIAS, A.; MENDONÇA, F. The urban environmental system perspective on socio-environmental risks of urban flooding. *Sociedade & Natureza*, v. 34, n. 1, p. 1-21, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63717>

FERREIRA, R. C. A preservação das margens dos rios urbanos na legislação da Federação Brasileira: atritos entre o território normado e o território como norma. *Boletim Campineiro de Geografia*, v. 11, n. 1, p. 45–58, 2021. DOI: <https://doi.org/10.54446/bcg.v11i1.523>

FIGUEIREDO, M. C. B.; VIEIRA, V. P. P. B.; MOTA, S.; ROSA, M. F.; MIRANDA, S. *Análise da vulnerabilidade ambiental*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010.

FIGUEIREDO, S. C. O. A.; MELO, D. C. P.; LINS, E. A. M. Área de Preservação Permanente (APP) urbana à luz do direito de propriedade pelo empreendedor. *Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 12, p. 1-19, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n12-211>

G1AM. *Cheia em Coari faz número de cidades em emergência subir para 20, no AM*. 2015. Disponível em: <<https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2015/05/cheia-em-coari-faz-numero-de-cidades-em-emergencia-subir-para-20-no-am.html>> Acesso em 14 de fev. de 2024.

GARCIA, L. C.; VIANA, J. N. L.; LIMA, C. M. S. Gestão de risco, vulnerabilidade ambiental e a questão climática na gestão metropolitana. *Cadernos Metrópole*, v. 25, n. 58, p. 875-897, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2023-5805>

GOMES, V. S. P. S. *Análise estatística multivariada aplicada a dados hidrogeológicos*. Lisboa, 2013. 129f. Dissertação (Estatística) – Universidade de Lisboa. Lisboa, 2013.

GRAINGER, S.; MURPHY, C.; VICENTE-SERRANO, S. Barriers and Opportunities for Actionable Knowledge Production in Drought Risk Management: Embracing the Frontiers



of Co-production. *Frontiers in Environmental Science*, v. 9, p. 1-8, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.602128>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico de 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Portal Cidades: Coari*. 2021. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/coari/panorama> > Acesso em: 27 de mar. de 2024.

JOHNSON, R.; WICHERN, D. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Upper Saddle River: Pearson Education, 2007.

JORDÃO, C. O.; MORETTO, E. M. A vulnerabilidade ambiental e o planejamento territorial do cultivo de cana-de-açúcar. *Ambiente & Sociedade*, n. 1, v. 18, p. 81-98, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC675V1812015en>

LE COZANNET, G.; GARCIN, M.; BULTEAU, T.; MIRGON, C.; YATES, M. L.; MÉNDEZ, M.; BAILLS, A.; IDIER, D.; OLIVEROS, C. An AHP-derived method for mapping the physical vulnerability of coastal areas at regional scales. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 13, n. 5, p. 1209-1227, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-13-1209-2013>

LIMA, P. H. G.; ALMEIDA, L. Q.; BELCHIOR, A. C. C.; MACEDO, Y. M. Desastre socioambiental e ordenamento territorial no bairro Mãe Luíza, Natal – Rio Grande do Norte (RN), Brasil. *Territorium*, v. 27, n. 1, p. 37-49, 2020. DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_27-1\\_4](https://doi.org/10.14195/1647-7723_27-1_4)

MALTA, F. S.; COSTA, E. M. Socio-Environmental Vulnerability Index: An Application to Rio de Janeiro-Brazil. *International Journal Of Public Health*, v. 66, p. 584308, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/ijph.2021.584308>

MARTINS, T. G. *Modelo de clusterização de dados para identificação de grupos de opinião em uma ferramenta de participação social*. Brasília, 2017. 67f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Software) – Universidade de Brasília. Brasília, 2017.

MESQUITA, A. A.; CAVALCANTE, M. M. A. Gestão e ordenamento territorial na Amazônia Brasileira: repercussões e correlações com o cenário da Pandemia de Covid-19. *Terra Livre*, v. 1, n. 57, p. 656–684, 2021.

MOE, L. W.; MÜLLER, M. M. Knowledge production at the environment-security nexus: Between orthodoxy and transformation. *Environmental Science & Policy*, v. 151, p. 1-14, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.103597>

NUNES, H. K. B. Cartografia da vulnerabilidade ambiental urbana em Tefé – Amazonas – Brasil. *Caminhos de Geografia*, 2024, v. 25, p. 158-175. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG2510070913>

NUNES, H. K. B. *Vulnerabilidade socioambiental dos setores censitários às margens do rio Poti no município de Teresina/PI*. Teresina, 2017. 171f. Dissertação (Geografia) – Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2017.

OLIVEIRA, E. G.; ALBUQUERQUE, A. R. C.; PLÁCIDO JÚNIOR, C. G. Vulnerabilidade ambiental e qualidade da água na rede de drenagem urbana fronteira das cidades de Tabatinga – Amazonas (Brasil) – e Letícia – Amazonas (Colômbia). *Revista Verde Grande: Geografia E Interdisciplinaridade*, v. 5, n. 2, p. 444-468, 2023. DOI: <https://doi.org/10.46551/rvg2675239520232444468>

PAYE, H. S.; MELLO, J. W. V.; MELO, S. B. Métodos de Análise Multivariada no Estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade para Elementos-Traço em Solos. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 36, n. 3, 2012. p. 1031-1041. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300033>

REIS, N. J.; ALMEIDA, M. E. Arcabouço Geológico. In: MAIA, M. A. M; MARMOS, J. L. (Orgs). *Geodiversidade do estado do Amazonas*. Manaus: CPRM, 2010.

SENA, M. M. *Vulnerabilidade socioambiental em área peri-urbana suscetível a movimentos de massa: estudo de caso no distrito de Miritituba, Itaituba, Pará*. Belém, 2018. 94f. Dissertação (Gestão de Risco e Desastres Naturais na Amazônia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

SOUSA, G. M. R.; ZANELLA, M. E. Análise da vulnerabilidade em saúde no estado do Ceará. *Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 4, p. 472-488, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0037>

UNEP. United Nations Environment Programme. *Environment and Disaster Risk: Emerging Perspectives*. ISDR, 2011. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/7886>.