

# Distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental em áreas de inundação urbana no município de Araruama-RJ

*Spatial distribution of socio-environmental vulnerability in urban flood-prone areas in the Municipality of Araruama-RJ*

Júlio Cesar Menezes da Silva <sup>1</sup>

Daniel Andrés Rodriguez <sup>2</sup>

Cristiane Nunes Francisco <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestrado em Engenharia de Biosistemas, Doutorando, Universidade Federal Fluminense (UFF),  
Niterói, RJ, Brasil  
E-mail: j\_menezes@id.uff.br

<sup>2</sup> Doutorado em Meteorologia, Professor, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa  
de Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ),  
Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
E-mail: daniel.andres@coc.ufrj.br

<sup>3</sup> Doutorado em Geociências, Professor, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense  
(UFF), Niterói, RJ, Brasil  
E-mail: cristianenf@id.uff.br

doi:10.18472/SustDeb.v16n3.2025.58067

Received: 30/04/2025  
Accepted: 04/12/2025

ARTICLE- DOSSIER

## RESUMO

Este estudo analisa a vulnerabilidade socioambiental em Araruama, município da Região Hidrográfica Lagos São João, no Rio de Janeiro, com histórico de desastres hidrometeorológicos e elevado número de pessoas desabrigadas. A partir de dados do Censo 2010 integrados à mancha de suscetibilidade à inundação do SGB e registros de inundações oficiais e midiáticos, foram elaborados mapas temáticos em ambiente SIG e cruzados com registros oficiais e midiáticos de inundações entre 2009 e 2023. Foram identificados 24 bairros atingidos. Os resultados da espacialização da exposição, junto com a vulnerabilidade social, permitem identificar a localização da população mais atingida. A proximidade a corpos de água foi comum entre os setores mais críticos. Áreas de vulnerabilidade socioambiental extrema localizam-se próximas a um rio e apresentam baixa capacidade de resposta. O estudo ressalta a necessidade de adotar sistemas de monitoramento e previsão, e políticas públicas direcionadas para adaptação dos bairros mais atingidos.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade. Inundação. Socioambiental.

## ABSTRACT

*This study analyses socio-environmental vulnerability in Araruama, a municipality in the Lagos São João Hydrographic Region, in Rio de Janeiro, with a history of hydrometeorological disasters and a high number of homeless people. Based on 2010 Census data integrated with the flood susceptibility zone of the SGB and official and media flood records, thematic maps were developed in a GIS environment and crossed with official and media flood records between 2009 and 2023. Twenty-four affected neighbourhoods were identified. The spatialisation of exposure, combined with social vulnerability, enables the identification of the location of the most affected population. Proximity to water bodies was common among the most critical sectors. Areas of extreme socio-environmental vulnerability are located near a river and exhibit low response capacity. The study highlights the need to adopt monitoring and forecasting systems and public policies for the adaptation of the most affected neighbourhoods*

**Keywords:** Vulnerability. Flood. Socio-environmental.

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas e seus efeitos, intensificados pelas atividades humanas, têm elevado a ocorrência de desastres, e no Brasil essa também é uma realidade. O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024) apontou um aumento nas ocorrências de desastres de origem hidrometeorológica desde 2011, entre eles, as inundações.

Em solo brasileiro, as inundações representam um dos principais desafios socioambientais. Sob essa perspectiva, compreender a distribuição da vulnerabilidade socioambiental em áreas com potencial de ser inundadas é essencial para orientar políticas de mitigação e adaptação. A ocupação por populações vulneráveis de áreas com potencial de ser inundadas agrava os impactos das inundações (De Andrade Cristo *et al.*, 2022; Macedo, 2015; Zanetti *et al.*, 2016).

A definição de vulnerabilidade socioambiental pode ser entendida como a coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais pobres, discriminados e com alta privação (vulnerabilidade social), que vivem ou circulam em áreas de risco ou de degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental) (Cartier *et al.*, 2009). Essa definição está alinhada com a combinação do arcabouço da vulnerabilidade e exposição às mudanças climáticas do Sexto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2023). A vulnerabilidade é entendida como a combinação do grau de alteração que o sistema pode sofrer (direta, indiretamente, positiva ou negativamente) com grau em que os elementos do sistema (instituições, pessoas e organizações) estão preparados ao possível impacto climático. E exposição é entendida como a presença de pessoas; meios de subsistência; espécies ou ecossistemas; funções, serviços e recursos ambientais; a infraestrutura; ou bens econômicos, sociais ou culturais em locais e ambientes que possam ser afetados negativamente (AdaptaBrasil, 2025; IPCC, 2014, 2023).

Este trabalho teve como objetivo investigar a distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental no município de Araruama-RJ e responder à questão: como está distribuída a vulnerabilidade socioambiental em áreas urbanas sujeitas a riscos de inundação em Araruama?

A área de estudo insere-se na Região Hidrográfica da Bacia Lago São João, onde o município de Araruama apresenta recorrentes impactos relacionados a inundações. Até 2014, Araruama foi o município com o maior número de pessoas atingidas na região, com eventos extremos registrados em 2007, 2010 (Coppetec, 2014) e 2016, segundo o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID, plataforma associada à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sedec) do Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (Brasil, 2024). Esse histórico de recorrência e intensidade dos eventos evidencia a necessidade de analisar a vulnerabilidade socioambiental, justificando o desenvolvimento deste estudo.

## 1.1 DESASTRE, RISCO E VULNERABILIDADE: ARCABOUÇO CONCEITUAL E ESTADO DA ARTE

Os desastres podem ter efeitos diversos na sociedade, e os seus impactos podem se manifestar no curto ou no longo prazo (Freitas, 2020; Inouye *et al.*, 2015). A definição de desastres deste trabalho é alinhada com o departamento das Nações Unidas para redução de desastres disponível no Global Assessment Risk (UNDRR, 2022), que define o termo como “perturbações graves que afetam o funcionamento de comunidades ou sociedades em qualquer escala”. Neste trabalho, não é utilizada a definição “desastre natural”, pois isso perpetua a culpa da natureza pelos desastres, retirando a responsabilidade antropogênica (Raju *et al.*, 2022).

Do ano de 2001 até 2020, o número de desastres no mundo aumentou de 350 para 500 por ano, e continuará a aumentar (UNDRR, 2022). Esse cenário é semelhante no Brasil, onde o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) registrou o maior número de ocorrências de desastres em solo brasileiro de 2011 até 2023 (MCTI/Cemaden, 2024). A pesquisa apontou uma concentração significativa de eventos no Sudeste e Sul, com predominância de eventos hidrometeorológicos.

Essas ocorrências refletem a suscetibilidade dessas regiões aos desastres relacionados à chuva intensa decorrente das mudanças climáticas, infraestrutura deficiente e baixa capacidade adaptativa dos municípios (Ribeiro Gomes *et al.*, 2021). Esses resultados indicam uma tendência de aumento de eventos extremos nos últimos anos no Brasil, particularmente a partir de 2017 (Cemaden, 2024), reforçando a necessidade de ações urgentes para diminuir a frequência de desastres e exposição ao risco.

Risco é definido como um potencial de evento perigoso para os seres humanos que pode causar danos (IPCC, 2023). O arcabouço do risco trata da intersecção ou interação entre exposição, vulnerabilidade e perigo. Essa definição do risco leva em consideração as dimensões sociais e ambientais, que possibilita sua análise, auxiliando assim os tomadores de decisões em estratégias de mitigação dos desastres (Barendrecht *et al.*, 2017). Os desastres tendem a ser mais impactantes para as pessoas mais vulneráveis que estão expostas a um evento extremo.

A vulnerabilidade apresentada pelo IPCC (2007, 2014, 2023) é em relação às pessoas vulneráveis, sensíveis e expostas às mudanças climáticas. Dessa forma, a vulnerabilidade é apresentada como o grau ou magnitude de sistemas expostos, sensíveis e com pouca capacidade adaptativa às mudanças climáticas e seus efeitos.

No contexto atual do risco climático, especialmente com base no Quinto e Sexto Relatórios do IPCC (2014, 2023), vulnerabilidade e exposição começam a ser entendidas como dimensões diferentes, mas interligadas. A vulnerabilidade indica o nível em que indivíduos, organizações ou sistemas podem ser impactados, levando em conta sua sensibilidade e habilidade de adaptação. Por outro lado, a exposição se refere à presença de populações, infraestruturas, serviços ambientais e atividades econômicas em regiões propensas a danos (IPCC, 2012, 2023). No entanto, separar esses componentes de forma rígida, como proposto em versões anteriores, pode complicar a comunicação com gestores e tomadores de decisão em contextos socioambientais complexos (Ishtiaque *et al.*, 2022). Dessa forma, este estudo adota a abordagem integrada sugerida por Cartier *et al.* (2009) e Goerl (2012), que afirmam que a vulnerabilidade socioambiental surge da intersecção entre grupos socialmente vulneráveis e áreas ambientalmente delicadas ou expostas. Essa estratégia está alinhada com a lógica da “flor do risco climático” do IPCC, em que a vulnerabilidade socioambiental surge da intersecção entre as pétalas da vulnerabilidade e da exposição. Isso orienta a criação de indicadores que possam captar essas duas dimensões ao mesmo tempo.

Vulnerabilidade socioambiental é um conceito importante para entender a relação entre o meio ambiente e a sociedade (Siqueira Malta, 2017). A vulnerabilidade socioambiental tem como finalidade tentar compreender a capacidade de resposta dos indivíduos socialmente vulneráveis expostos às perturbações danosas diante das mudanças climáticas e de seus efeitos (Alves, 2021; Cartier *et al.*, 2009).

A avaliação da vulnerabilidade socioambiental deve abordar a interdependência entre fatores sociais, econômicos e ambientais. Abordagens quantitativas e espaciais, utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a análise integrada de dados censitários, ambientais e de sensoriamento remoto, auxiliam nessa tarefa (Mattedi *et al.*, 2024).

A vulnerabilidade socioambiental pode ser avaliada a partir da sobreposição espacial entre grupos populacionais expostos a perigos (Cardoso, 2017; Cartier *et al.*, 2009; Krellenberg *et al.*, 2014). A desigualdade social tem um importante papel na ampliação da exposição da população a eventos extremos, como inundações (Cardoso, 2017; Krellenberg *et al.*, 2014). Nesse sentido, deve ser destacado que a localização da população mais pobre em áreas perigosas é uma característica estrutural de muitas cidades brasileiras (Cardoso, 2017).

A estimativa da exposição de populações vulneráveis resulta da justaposição de dados físicos e sociais (Chand *et al.*, 2024). A integração da vulnerabilidade social com dados de inundação ou suscetibilidade do terreno de ser inundado destaca como a intersecção entre pobreza e exposição pode redefinir a geografia do risco (Fox, 2024; Goerl, 2012). Dessa forma, na escala municipal, a vulnerabilidade pode ser definida como inversamente proporcional à capacidade de resposta e resiliência dos municípios (Gupta *et al.*, 2020).

Através de metodologias espaciais para mapear áreas suscetíveis a eventos hidrometeorológicos que utilizam SIG e dados de sensoriamento remoto, é possível identificar a exposição de sistemas, permitindo que políticas públicas eficientes sejam fundamentadas em análises espaciais detalhadas (Lins-de-Barros, 2010; Mattedi *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2018; Zanetti *et al.*, 2016).

A infraestrutura urbana também influencia a distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental. A precariedade da infraestrutura de drenagem, transporte e saneamento amplia os impactos de eventos hidrológicos adversos, reforçando a necessidade de políticas urbanas adaptativas (Cardoso, 2017; Chaves *et al.*, 2022; Gaedke *et al.*, 2020).

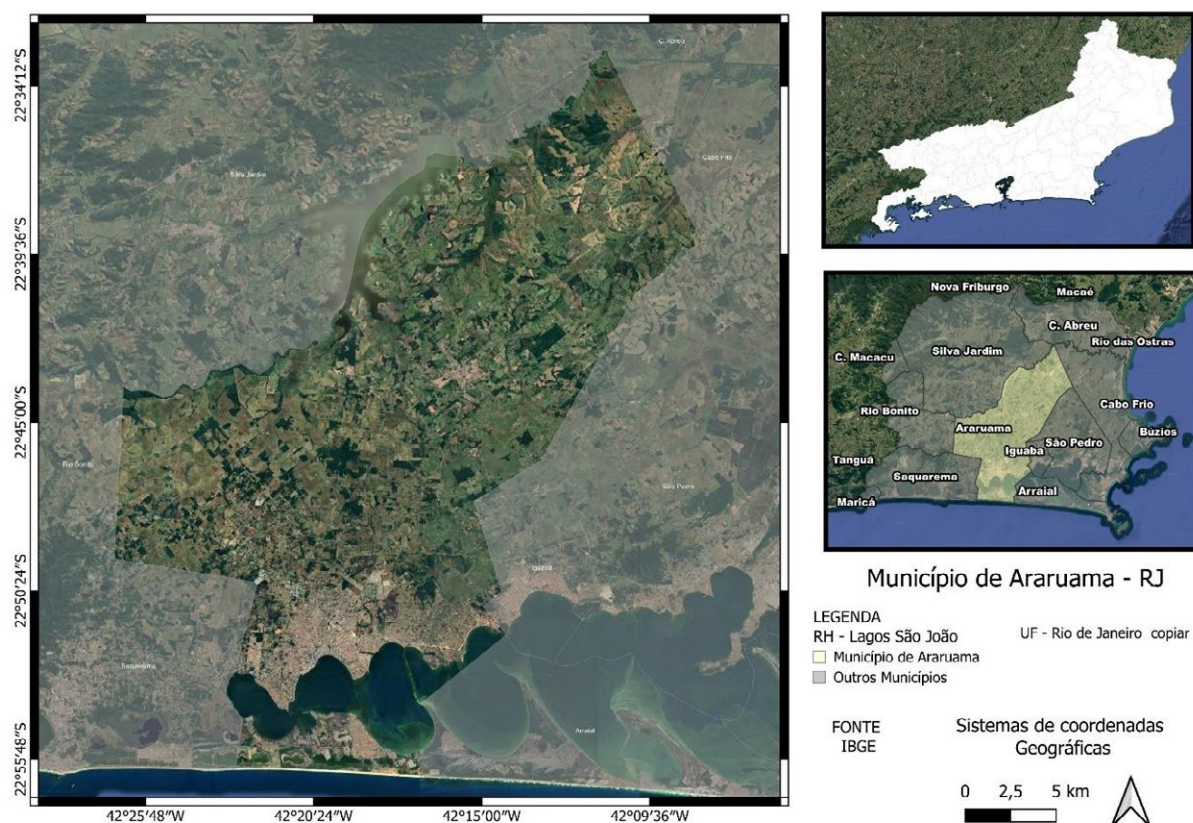
O estudo da vulnerabilidade socioambiental converge para a necessidade de abordagens interdisciplinares e metodologias integradas. O uso de SIG, dados censitários e técnicas de sensoriamento remoto são amplamente empregados para identificar padrões espaciais da vulnerabilidade e subsidiar estratégias de adaptação. Além disso, a relação entre vulnerabilidade social e exposição é reforçada, demonstrando que populações economicamente desfavorecidas são desproporcionalmente impactadas por desastres, exigindo intervenções estruturais e sociais.

## 2 METODOLOGIA E ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Região Hidrográfica Lagos São João é composta por nove municípios no estado do Rio de Janeiro, entre eles Araruama. Esse município apresenta 639 km<sup>2</sup> com cinco distritos, 59 bairros e 312 setores censitários (Figura 1) (IBGE, 2010). Essa região é uma área costeira com clima tropical litorâneo, caracterizado por verões quentes, úmidos e invernos secos.





**Figura 1 – Localização do município de Araruama – RJ**

*Fonte: Autores, 2025*

A base de dados Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID, 2024) registra dois eventos de inundação na cidade de Araruama. O primeiro registro corresponde ao evento do ano de 2010, com precipitação de 122 milímetros em quatro horas e um total de 100 pessoas desabrigadas. O segundo registro corresponde ao ano de 2016, com precipitação de 148 milímetros em seis horas, deixando mais de 2.500 pessoas desalojadas (G1, 2016).

O relatório técnico do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro (Perh-RJ) (Coppetec, 2014) apresenta registros de desastres em Araruama no período 2000-2012. O relatório destaca dois registros significativos de inundação: o primeiro em janeiro de 2007, que afetou 18.000 pessoas, e o segundo em abril de 2010, que afetou 20.000 pessoas (Coppetec, 2014, p.114). O Perh-RJ e o S2ID possuem em comum apenas o registro de 2010.

Sobre os locais atingidos por inundações, segundo o Plano de Saneamento Básico de Araruama (Serenco, 2014), a região apresenta cinco cenários de inundações: inundações lentas ou fluviais em regiões planas, inundações rápidas ou por chuvas torrenciais, inundações por escoamento urbano em pequenas bacias até 10 km<sup>2</sup>, inundações pelas torrentes em áreas com declividades acima de 6% e inundações por remanso da rede de drenagem pluvial. O documento aponta que até o ano de 2014 existiam oito bairros com registros de inundação, mas não classifica o cenário. Os bairros atingidos até 2014 foram: Bananeiras, Sapolândia, Iguabinha, Coqueiral, Clube dos Engenheiros, Vila Capri, Fazendinha, Park Hotel (Serenco, 2014, p.144).

## 2.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para o desenvolvimento do trabalho, foi construído um banco de dados em ambiente SIG que permitiu a geração e aplicação de um indicador sintético para avaliação da vulnerabilidade socioambiental nas

áreas de inundação em Araruama. Para a execução da pesquisa, foram coletados dados dos setores censitários do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010) e da Carta de Suscetibilidade do Serviço Geológico do Brasil do ano de 2018 (SGB, 2018) para análise em ambiente SIG.

Para adequar a metodologia proposta ao arcabouço teórico de risco climático (IPCC 2014, 2023), haveria a necessidade de reformulação, conforme a seguir:

Risco de impactos climáticos: ameaça (nesse caso, inundações); vulnerabilidade (sensibilidade; capacidade adaptativa); e exposição (demografia e densidade). Dessa forma, os indicadores propostos de Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) seriam em parte ligados à sensibilidade (txd, E, R e IDHM), e em parte ligados à exposição (nm, mm, dd), juntamente com os indicadores de percentual inundável (PI), para fornecer a taxa do índice de vulnerabilidade socioambiental, porém respeitando o arcabouço analítico atualizado.

Já os indicadores de capacidade adaptativa estão ausentes no estudo, classicamente definidos por existência de planos de contingência municipais, sistemas de alerta precoce, capacidade institucional, etc. Como o estudo trata apenas do município de Araruama, o fator capacidade adaptativa não deve variar espacialmente, o que nesse caso torna o fator sensibilidade equivalente ao de vulnerabilidade.

## 2.3 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

A pesquisa iniciou com as coletas de dados quantitativos e bases cartográficas para serem processadas no ambiente SIG. Os dados quantitativos são variáveis do censo georreferenciadas, que permitem verificar a exposição e a capacidade de resposta da população local. Essas variáveis são utilizadas para a estimativa do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) em cada setor censitário (Equação 1), como proposto por Goerl (2012).

$$IVS = \frac{Nm+Mm+Dd+Txd+E+R}{IDHM} \quad \text{Equação (1)}$$

Na estimativa do IVS, Nm é o número de moradores do setor censitário, Mm é a média de moradores por setor, Dd é a densidade demográfica, Txd é a taxa de dependência que corresponde ao percentual de idosos acima de 65 anos e de crianças abaixo de 12 anos, E (Educação) é o percentual de pessoas analfabetas acima de 12 anos, R (Renda) é a soma da porcentagem dos responsáveis sem rendimento e com rendimento de até 1 salário mínimo. IDHM é o Índice de Desenvolvimento Humano municipal divulgado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea, 2015; Ipea 2023). A técnica estatística de normalização (Equação 2) foi aplicada a todos os indicadores, uma vez que as grandezas e dimensões dos indicadores que compõem o IVS não são homogêneos. Os indicadores do índice caracterizam cada setor censitário, com exceção de IDHM que corresponde ao recorte do município.

$$V_{\text{escalado}} = \frac{V_{\text{observado}} - V_{\text{mínimo}}}{V_{\text{maior}} - V_{\text{mínimo}}} \quad \text{Equação (2)}$$

A normalização da equação 2 permitiu padronizar os seis indicadores do numerador que compõe o IVS para obter resultados entre 0 e 1. Os indicadores normalizados foram classificados conforme o Atlas da Vulnerabilidade Social dos Municípios Brasileiros (Ipea, 2017) em: muito baixo (0 até 0,2), baixo (> 0,2 até 0,3), médio (> 0,3 até 0,4), alto (> 0,4 até 0,5) e muito alto (> 0,5 até 1). Os indicadores foram organizados para serem integrados no SIG com o vetor de setores censitários do IBGE (IBGE, 2010), que possui a escala original de 1:250.000, conforme descrito na documentação técnica do IBGE para a malha de setores censitários de 2010, utilizando o Sistema Geodésico SIRGAS 2000. O recorte para o nível municipal permitiu a análise detalhada da área de interesse.

## 2.4 PERCENTUAL INUNDÁVEL

O SGB (2014), na Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação, define as áreas suscetíveis à inundação como resultantes da influência natural topográfica. A identificação de áreas suscetíveis à inundação foi baseada no algoritmo HAND (Rennó *et al.*, 2008). Esse algoritmo calcula a altura de um determinado ponto do terreno em relação à rede de drenagem mais próxima e, dessa forma, gera um indicador da conectividade hidrológica entre a vertente e o canal, que pode ser utilizado como uma ferramenta para o auxílio na análise topográfica voltada para suscetibilidade a inundações (Rennó *et al.*, 2015). O SGB define três graus de suscetibilidade à inundação, de acordo com o valor HAND do terreno: baixo (alto terraço), médio (baixo terraço) e alto (planície aluvial) (SGB, 2014).

Na presente pesquisa, foi utilizada “Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: Município de Araruama, RJ” elaborada por Pedrazzi e Lana (2018), para extrair o Percentual Inundável (Equação 3) dos setores expostos. Assim, o PI indica o grau de impacto em cada setor. Para essa análise, foram consideradas todas as áreas suscetíveis, sem diferença de graus de suscetibilidade.

Onde AI é a Área com potencial de ser inundada do setor em escala setorial, AT é a Área Total do setor segundo IBGE, e PI é o Percentual Inundável (%) da área setorial.

## 2.5 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL (IVSA)

A vulnerabilidade socioambiental foi determinada pela integração entre o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e Percentual Inundável (PI). Considera-se que a vulnerabilidade socioambiental se manifesta quando o IVS se encontra exposto às áreas suscetíveis a inundações. A análise espacial dessa interação é viabilizada por meio de SIG, permitindo a espacialização integrada das áreas vulneráveis e do terreno com suscetibilidade a ser inundado.

$$PI = \frac{AI}{AT} \text{ Equação (3)}$$

Os cálculos foram realizados na calculadora de campo na camada vetorial com os indicadores prontamente georreferenciados. Para obter os resultados, foi aplicada a Equação 4, onde IVSA representa a Vulnerabilidade Socioambiental, que combina o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e o Percentual Inundável (PI). Tanto o IVS quanto o PI foram previamente normalizados também na calculadora de campo, apresentando valores reescalados no intervalo contínuo de 0 a 1, onde 1 representa o extremo de vulnerabilidade. Nesta pesquisa, a exposição, que integra a definição de risco (UNDRR, 2022) e a definição de vulnerabilidade do IPCC (2014, 2023), é destacada como um fator-chave nos estudos socioambientais.

$$IVSA = IV \times PI \text{ Equação (4)}$$

O resultado da aplicação do IVSA foi confrontado com informações sobre eventos de inundação na região de estudo, obtidos a partir de registros em jornais, revistas eletrônicas, redes sociais e documentos oficiais relacionados ao relatório sobre Saneamento Básico do Município de Araruama (Serenco, 2014). A coleta de dados midiáticos abrangeu o período de 2007 a 2023, e foi complementada com informações disponibilizadas pela Prefeitura de Araruama por meio do documento da Serenco, pelo S2ID (2024) e pela Fundação Coppetec (2012).

O ano de 2007 foi adotado como início do intervalo temporal devido ao primeiro registro oficial apresentado pela Coppetec (2012). Para a seleção dos registros midiáticos, foram utilizadas as palavras-chaves "inundação", "enchente", "alagamento", "Araruama", associadas aos respectivos anos



no intervalo analisado. Com base nas informações coletadas, foi desenvolvida uma base de dados sobre eventos de inundação registrados midiaticamente. Essa base permitiu comparar e validar as áreas identificadas pelos registros midiáticos com a ocorrência de eventos documentados na região.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

Os resultados obtidos foram produtos georreferenciados do espectro social e ambiental em relação à área do setor em um terreno com potencial de ser inundado e, por fim, o mapa da vulnerabilidade socioambiental. O primeiro produto é referente ao IVS do Município de Araruama (Figura 2) integrado aos locais que a prefeitura apontou registros de inundação até o ano de 2014. Foi verificada a ocorrência de 60 setores em classe Muito Alta, 60 setores em classe Alta, 105 em classe IVS Média, 52 em classe Baixa e 20 Muito Baixa. Nota-se que as classes Média, Alta e Muito Alta da vulnerabilidade social estão distribuídas próximo aos rios do Limão e Laguna de Araruama e, também, próximas das áreas com registros de inundação até 2014 (Serenco, 2014).

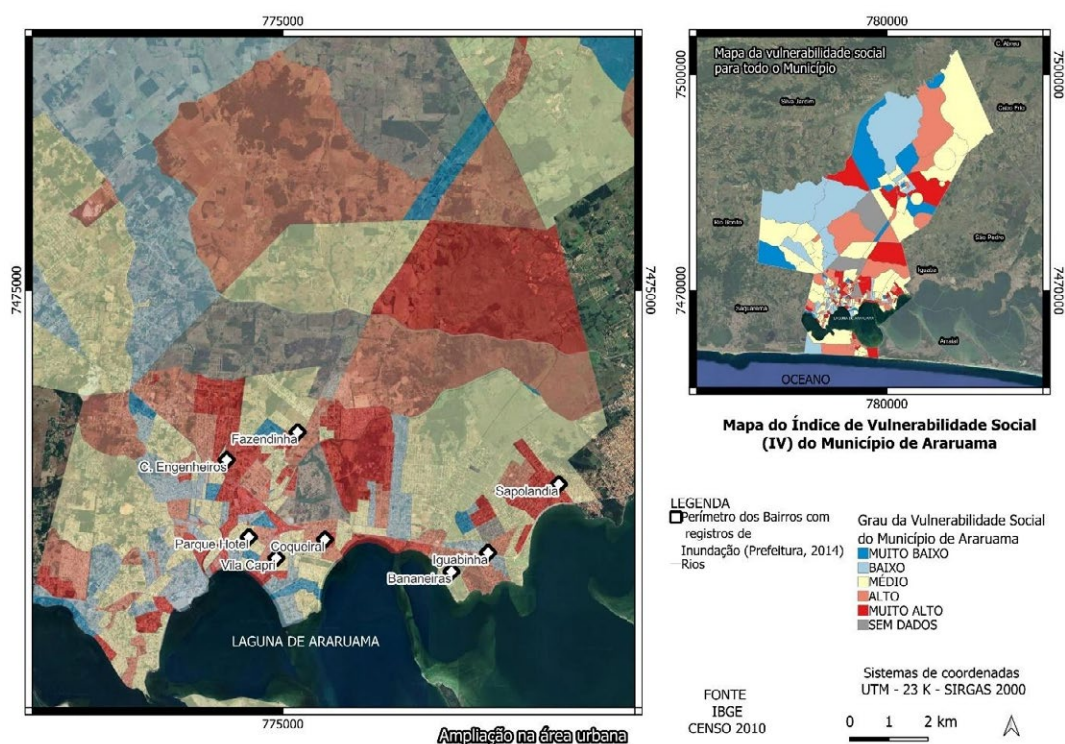


Figura 2 – Mapa da Vulnerabilidade do espectro social do município de Araruama

Fonte: Autores, 2025

Com o indicador Número de Moradores, é possível quantificar pessoas que estão presentes por classe. Pode-se observar que a classe IVS Médio possui o maior número de pessoas (34.467), seguida pela classe IVS Muito Alto (32.675), IVS Alto (25.971), IVS Baixo (10.417) e IVS Muito Baixo (4.240). As classes de IVS Muito Alta e IVS Alta possuem 52,7% da população de Araruama. Essa grandeza destaca a preocupante situação de vulnerabilidade social no município.

Além de identificar a distribuição espacial da vulnerabilidade social, é importante identificar os processos ou dimensões do problema que contribuem para os resultados nos diferentes setores. Com esse fim, foi realizada uma análise estatística dos seis indicadores que caracterizam cada setor



censitário no IVS. A contribuição é obtida dividindo a média do indicador pelo somatório das médias de todos os indicadores. A análise destaca o indicador Dependência como o de maior contribuição, 40%, no índice IVS em Araruama (Tabela 1).

**Tabela 1 – Contribuição das dimensões para o IVS de Araruama – RJ**

<i>Variáveis</i>	<i>Média</i>	<i>Soma das médias</i>	<i>Contribuição (Média/<math>\Sigma</math> média)</i>
Densidade Demográfica	0,03	1,6	0,018
Número de Moradores	0,20		0,125
Média de Moradores	0,21		0,131
Educação (Analfabetismo)	0,15		0,093
Renda	0,36		0,225
Dependencia	0,65		0,406

Fonte: Autores, 2025

No setor de maior IVS, os indicadores de maior contribuição foram Educação, Renda e Dependência. Apesar de a Dependência ser a variável com maior influência geral no IVS em Araruama, no setor extremo da classe IVS Muito Alto, foi a Educação que apresentou a maior contribuição com a normalização. Não obstante, Renda e Dependência também se encontram na classe Muito Alto, levando a incrementar o valor do IVS.

**Tabela 2 – Características do setor extremo do Índice de Vulnerabilidade Social**

<b>Local: Rio do Limão</b>
<b>IVS MUITO ALTO</b>
km2: 0,443
Dd: 0,005
Nm: 478
Mm: 3,51
Educação: 1 (35%)
Renda: 0,8 (80%)
Dependência: 0,6 (25%)

Fonte: Autores, 2025

Os indicadores do setor classificado com valor extremo Muito Alto, localizado no bairro Rio do Limão, evidenciaram que 80% dos moradores possuíam renda de, no máximo, um salário mínimo ou não dispunham de renda. Ademais, observou-se que 35% da população residente no setor era composta por indivíduos analfabetos, enquanto 25% apresentavam alguma forma de dependência, como crianças ou pessoas idosas. Idosos aposentados podem ser a única fonte de renda devido à aposentadoria, no entanto idosos e crianças podem comprometer as tomadas de decisões rápidas perante um evento perigoso (Saito et al., 2021).

### 3.2 PERCENTUAL INUNDÁVEL

O resultado do percentual inundável de cada setor em Araruama (Figura 3) foi extraído no ambiente SIG utilizando o vetor de mancha de inundação do SGB sobreposto na malha vetorial do censo. Foram considerados como setores expostos à inundação aqueles que se encontram dentro da área com potencial de ser inundada. A percentagem de área de interceptação entre o setor e a suscetibilidade à inundação indica a exposição. O grau de exposição (Figura 3) é classificado seguindo a simbologia da vulnerabilidade do Atlas da Vulnerabilidade Social (Ipea, 2015), considerando os limiares: 0 - 0,2, muito baixo; > 0,2 - 0,3, baixo; > 0,3 - 0,4 médio; > 0,4 - 0,5, alto; e > 0,5 - 1 - muito alto.

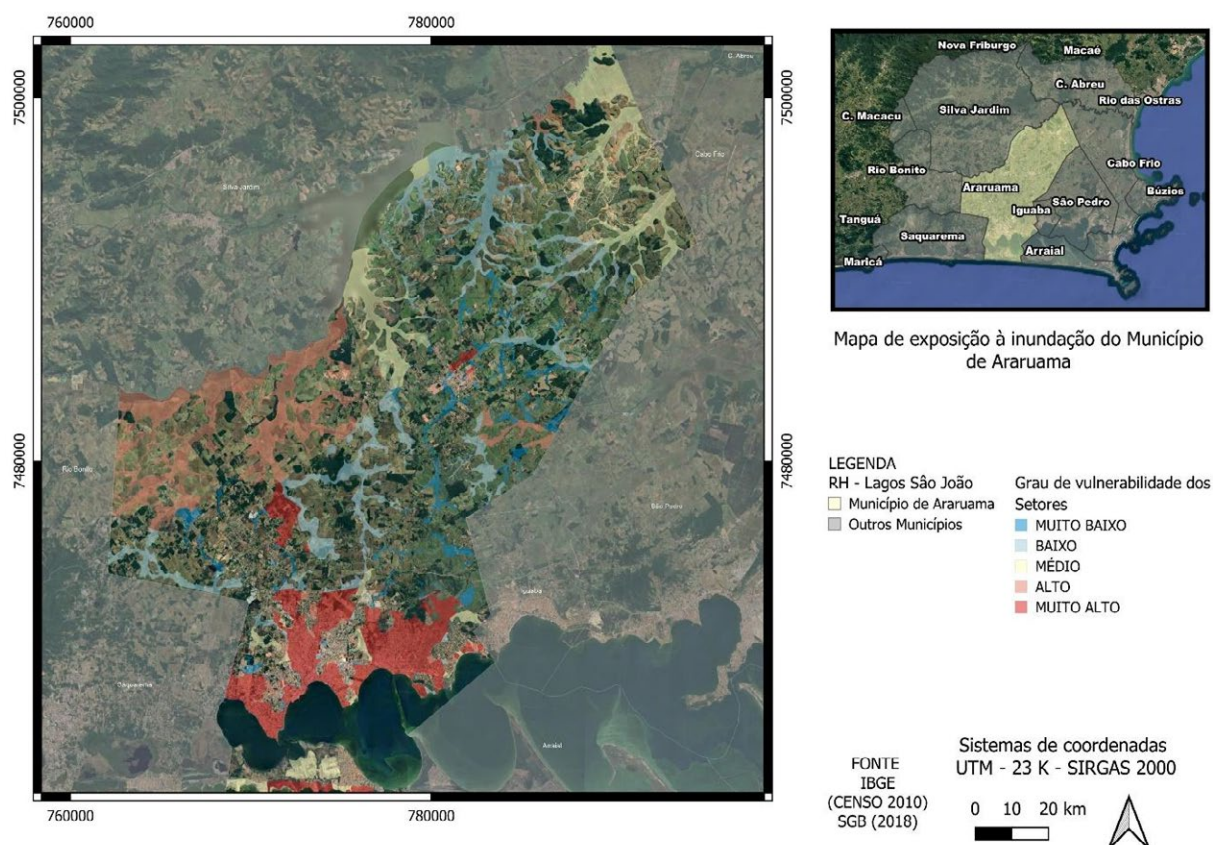


Figura 3 – Mapa de exposição à inundação de Araruama – RJ

Fonte: Autores, 2025

Dos 312 setores de Araruama, 88,1% estão expostos à inundação em algum grau. Foram encontrados aproximadamente 57,08% setores em classe de exposição Muito Alta, 6,7% em classe Alta, 6,7% em classe Média, 10,07% em classe Baixa e 23,3% setores em classe Muito baixa. As classes de exposição Alta e Muito Alta atingem 55,6% da população, mais da metade da população de Araruama, ressaltando a preocupante situação do município.

A distribuição espacial da exposição (Figura 3) mostra que os setores mais expostos são os setores na área urbana próximos à orla da Laguna de Araruama, Rio Mataruna e Rio do Limão. O setor que apresentou o valor extremo de exposição à inundação encontra-se no bairro Parque Mataruna e também apresenta um valor de IVS = 0,4, dentro da classe de IVS Média. A avaliação das bases de dados de eventos de inundação não apresenta registros de ocorrência nesse bairro (Serenco, 2014).

As diferentes bases de dados de registros de inundações em Araruama não apresentam consistência em relação à quantidade de desastres ocorridos. Enquanto o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID, 2024) apresenta registros de ocorrências de inundação em 2010 e 2016, o Plano

Estadual de Recursos Hídricos do estado do Rio de Janeiro apresenta registro nos anos de 2007 e 2010 (Coppetec, 2014, p. 48). Buscando consolidar dados de eventos de inundação, o ano de ocorrência e locais impactados, foi levada adiante uma pesquisa midiática em sites, jornais, reportagens e redes sociais para confrontar com os dados existentes. A pesquisa resultou em um total de 24 bairros com registros midiáticos de inundação no intervalo de 2009 a 2023 (Tabela 3). Em 2016, ocorreu o recorde de bairros atingidos em um único evento, totalizando 11 bairros. Todos os bairros atingidos em 2016 encontram-se incluídos na mancha de susceptibilidade à inundação do SGB, mas não são sinalizados pelo relatório Serenco (2014).

**Tabela 3 – Registro midiático de inundações no Município de Araruama no intervalo temporal 2009-2023**

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Total de bairros	1	5	0	4	1	0	1	11	6	0	3	8	3	8	5

Fonte: Autores, 2025

Ao longo dos anos, há uma variabilidade significativa na quantidade de bairros atingidos e nos acumulados de precipitação desde 2016. Mas o evento de 2016 foi demasiado impactante e foi considerado o pior desastre desde 2009. Nesse evento, a delegacia de Araruama e o Hospital Regional (G1, 2016) foram atingidos causando perturbação no acesso ao serviço público.

### 3.3 VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E INTEGRAÇÃO COM REGISTROS MIDIÁTICOS

A exposição tem uma grande importância na construção do IVSA na pesquisa e resultou no produto exposto Figura 4. A distribuição espacial do IVSA resulta do cruzamento IVS com o PI que é o terreno que pode ser inundado (Figura 4). A distribuição espacial mostra que a classe de IVSA Muito baixo e Médio são predominantes em Araruama e distribuídas por toda a área urbana. Ainda é possível notar que a classe IVSA Muito Alto se afasta do centro da cidade direcionando-se à periferia.

Na Figura 4, os setores em vermelho representam os locais mais críticos em termos de vulnerabilidade socioambiental, uma vez que reúnem fatores sociais e de exposição que podem amplificar os impactos de inundações. A localização dos bairros com registros de inundação encontrados na pesquisa midiática está sinalizada na Figura 4. Os bairros que apresentaram registros e a quantidade de eventos registrados na mídia estão elencados na Tabela 4.

**Tabela 4 – Bairros com registros midiáticos entre 2009-2023**

Bairro	Número de eventos por bairros
Parque Mataruna	8
Centro	6
Rio do Limão	6
Bananeiras	5
Areal	4
Boa perna	4
Havai	3
Clube dos Engenheiros	3

Bairro	Número de eventos por bairros
Parque Hotel	3
Vila Capri	3
Parati	2
Praia do Hospício	2
Sapolandia	2
Ponte dos Leites	1
Praça da Bandeira	1
Pontinha	1
Quinze de novembro	1
Iguabinha	1
São Vicente	1
Barbudo	1
Fazendinha	1
Jardim São Paulo	1
Novo Horizonte	1
Mutirão	1

Fonte: Autores, 2025

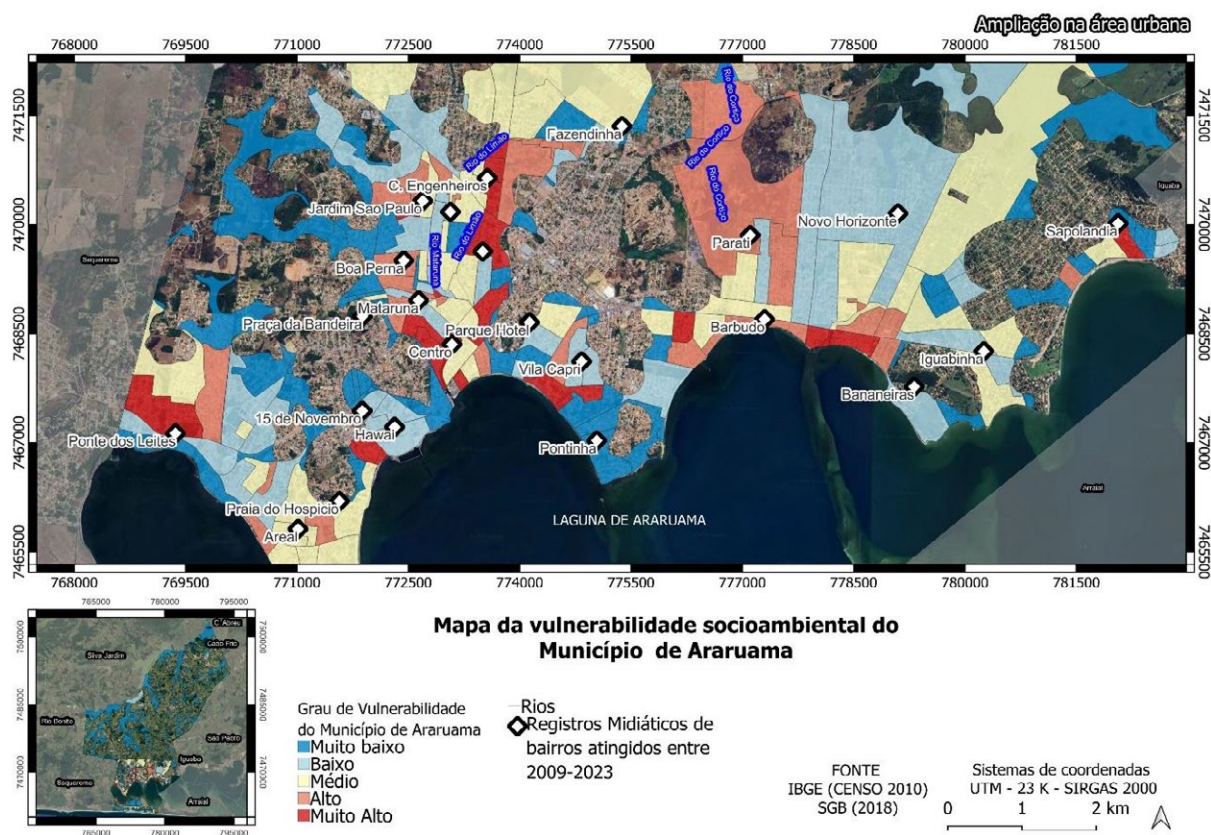


Figura 4 – IVSA e integração com registros das ocorrências de inundações em Araruama – RJ

Fonte: Autores, 2025



Os locais afetados por inundação identificados na pesquisa midiática se encontram em áreas de suscetibilidade. Os dados de Araruama apontam oito bairros críticos com registro de inundação (Serenco, 2014), mas a pesquisa midiática identificou 24 bairros. Resultado similar foi encontrado por Farias e Mendonça (2022) em seu estudo em Francisco Beltrão, município localizado no estado do Paraná, identificando um maior número de locais com suscetibilidade à inundação que o registrado oficialmente pelo governo e órgãos governamentais.

O valor mais alto do IVSA (1,00) foi encontrado em apenas um setor, no bairro Clube dos Engenheiros, que é citado pela Serenco (2014) com registro de inundação. A Tabela 5 apresenta os indicadores do setor com valor extremo de IVSA Muito Alto, junto com os do IVS e PI correspondentes. O setor confirma a relevância dos indicadores Educação, Renda e Dependência, sendo a renda o que apresenta a maior influência no índice IVSA do setor. O indicador Dependência reflete que 29% dos moradores do setor são idosos ou crianças. No setor localizado próximo a um rio, esse indicador sugere uma situação preocupante, pois esses grupos mais vulneráveis estão concentrados em áreas de alta vulnerabilidade socioambiental e necessitam de atenção prioritária em eventos de inundação.

Adicionalmente, 62% dos chefes de família desse setor possuem renda de no máximo um salário mínimo, o que indica que a maioria da população pode não ter recursos para repor os bens perdidos em caso de desastre. Esses dados reforçam o estudo de Rentschler *et al.* (2022), que mostrou, em escala global, que as populações mais pobres são as mais impactadas por inundações, evidenciando a fragilidade socioeconômica dessa parcela da população. Esses resultados estão alinhados com a realidade observada em Araruama, confirmando a relação entre vulnerabilidade, pobreza e exposição, e exacerbada pela dependência de parte da população.

**Tabela 5 – Tabela das dimensões dos setores extremos IVS, PI e IVSA**

<i>Índices e Variáveis</i>	<i>Setor com extremo IVS muito alto</i>	<i>Setor com extremo PI muito alto</i>	<i>Setor com extremo IVSA muito alto</i>
IVS	1	0,4	0,9
IVSA	0,5	0,6	1
Nº moradores	478	527	1050
M. morador	3,5	3,23	3,41
Renda %	80%	36%	62%
Educação %	35%	3%	21%
Dependência%	25%	19%	29%
Área km <sup>2</sup>	0,4	0,01	0,09
Área i km <sup>2</sup>	0,2	0,01	0,09
Pi %	58%	100%	99%
Bairro	Rio do Limão	Parque Mataruna	Clube dos Engenheiros
Inundações	6	8	3

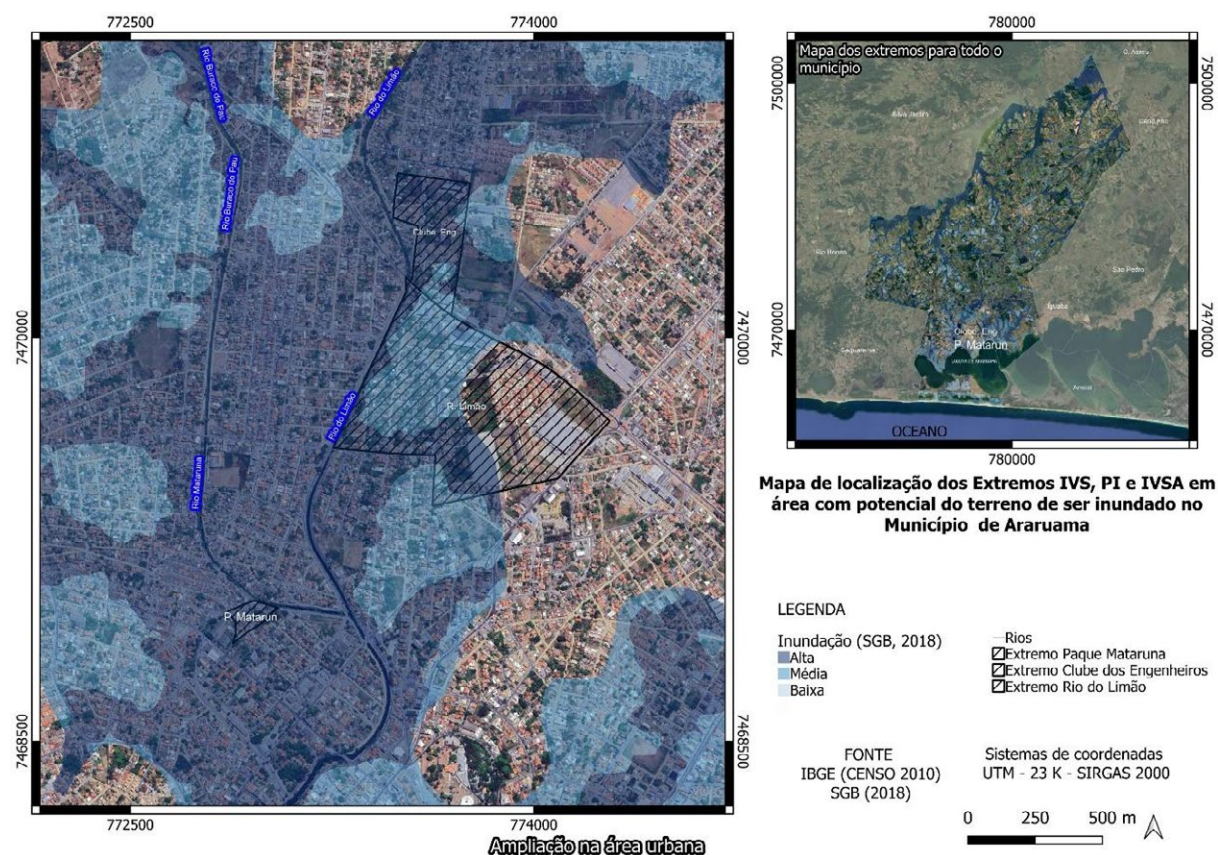
Fonte: Menezes, 2024

Quando comparados, nos setores que apresentam valores extremos em cada um dos indicadores, IVS, PI e IVSA (Figura 5), é possível verificar a importância de considerar a superposição da vulnerabilidade e a exposição na avaliação. O setor com valor extremo IVS Muito Alto apresenta um percentual alto de pessoas com renda igual ou inferior a meio salário e outros indicadores de exclusão social, como a alta taxa de analfabetismo e dependência. A população é menor ao ser comparada com os outros índices e encontra-se em um bairro com seis registros midiáticos de inundação.

No setor com valor extremo PI Muito Alto, os números refletem um setor com 100% da área exposta a inundações. O número de moradores é ainda maior do que no setor com extremo IVS Muito Alto. A exposição de dependentes no setor à área inundada ainda é de séria preocupação. Contudo, a renda nesse setor é melhor, indicando que esse grupo está em situação de exposição, mas com uma situação econômica mais favorável, sugerindo uma maior capacidade de se adaptar, ou repor o que foi danificado talvez mais rápido que nos setores com valores extremos de IVS Muito Alto e IVSA Muito Alto. Além da renda, a baixa taxa de analfabetismo mostra um nível de educação mais elevado que nos outros dois setores. O baixo índice de analfabetismo sugere que os moradores desse setor podem entender mais rápido o que acontece ao seu redor, favorecendo uma rápida tomada de decisão referente à inundação e uma resposta eficiente ao evento. Esse setor se encontra no bairro Parque Mataruna, que sofreu oito inundações, o maior número de eventos entre os bairros encontrados na pesquisa midiática, o que reforça a ideia de que se trata de uma zona crítica do ponto de vista de exposição, mas não do espectro social. Ainda, o número de população exposta é baixo, o que favorece a diminuição do IVSA.

O setor com valor extremo IVSA Muito Alto identificado apresenta o maior valor do indicador Dependência entre os outros setores extremos (Tabela 3), mas a Renda foi o indicador mais influente no IVSA desse setor. Adicionalmente, o setor extremo IVSA também apresentou o maior número de pessoas no setor entre todos os setores extremos, indicando que a interação entre o IV com um número elevado de pessoas expostas, entre eles dependentes, incrementa o seu grau de vulnerabilidade socioambiental. Esse setor está localizado no bairro Clube dos Engenheiros.

A comparação entre os três indicadores sugere que analisar separadamente a exposição ou vulnerabilidade social pode negligenciar o auxílio dos mais vulneráveis em caso de desastres de inundações. A avaliação conjunta dessas dimensões permite o melhor direcionamento de esforços e recursos para atender a população exposta ao desastre e com menor capacidade de resposta.



**Figura 5 – Localização do setor com os extremos IVS, PI e IVSA de Araruama – RJ**

Fonte: Autores, 2025

O setor com valor extremo IVSA Muito Alto encontra-se próximo ao setor com valor extremo IVS Muito Alto, e ambos possuem em comum a proximidade com o Rio do Limão (Figura 5). O setor com valor extremo PI Muito Alto encontra-se próximo ao Rio Mataruna. A pesquisa evidenciou que a vulnerabilidade socioambiental em Araruama está concentrada principalmente em áreas próximas a rios e dentro da mancha de suscetibilidade à inundação delimitada pelo SGB (2018). Mais da metade da população do município encontra-se exposta a inundações, superando o percentual daqueles classificados em alta vulnerabilidade social.

O bairro Rio do Limão apresentou o maior Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), influenciado pela dimensão da Renda, Educação e seguida de Dependência, o que aponta para a necessidade de políticas públicas voltadas à educação e à proteção de grupos dependentes. Já o bairro Parque Mataruna, embora com melhores indicadores socioeconômicos, destacou-se como o mais exposto, apresentando frequentes registros de inundações e demandando melhorias em infraestrutura urbana.

A combinação dos índices de Vulnerabilidade Social (IVS) e Percentual Inundável (PI), formando o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA), confirmou que os setores mais críticos estão localizados em regiões planas e próximas a corpos de água.

A importante influência da Renda e Dependência foi recorrente entre os extremos IVS e IVSA, reforçando a necessidade de ações específicas para idosos e crianças em contextos de risco. Esses resultados dialogam com a definição de vulnerabilidade socioambiental de Cartier (2009) e a definição de risco e vulnerabilidade do IPCC (2014, 2023), ao mostrarem que a interação entre a exposição às mudanças climáticas, seus efeitos e fatores sociais pode intensificar as ocorrências de desastres. Nesse cenário, o mais importante é priorizar quem mais sofre com os registros temporais encontrados: os mais pobres, os idosos e as crianças. Em complemento, a pesquisa destacou a inconsistência dos registros de inundações. Essas lacunas nos registros podem comprometer o direcionamento eficiente de recursos adaptativos para o município.

## 4 CONCLUSÃO

O estudo possibilitou a compreensão da distribuição da vulnerabilidade socioambiental em Araruama, destacando a integração de fatores sociais e da exposição a inundações à compreensão dos riscos no município. Em geral, os setores mais sensíveis estão localizados próximos a corpos de água, o que destaca a importância de políticas públicas que unam o planejamento urbano, a inclusão social e a gestão de riscos. Os resultados destacam a relevância de levar em conta as dimensões sociais ao desenvolver estratégias adaptativas, priorizando os grupos mais vulneráveis às consequências dos eventos extremos.

A inconsistência nos registros oficiais de desastres aponta para uma limitação significativa do estudo, indicando a necessidade de melhorar os sistemas de monitoramento, assim como atualizar o quantitativo dos bairros com registros de inundações periodicamente e com acesso fácil aberto ao público. Além da inconsistência nos dados de desastres, a defasagem temporal do censo de 2010 pode não refletir a realidade contemporânea de 2025, pois os dados do censo de 2022 até o momento da produção da pesquisa ainda eram considerados preliminares.

Por fim, é importante ressaltar que a ampliação da área afetada ao longo do tempo evidencia a necessidade de investimentos constantes em prevenção, infraestrutura e tecnologia a fim de reduzir os impactos das inundações e diminuir os registros de bairros afetados.

Portanto, o mapeamento da distribuição espacial da vulnerabilidade socioambiental integrado ao registro de inundação atualizado pode ajudar os tomadores de decisão a direcionar os recursos para a

população com menor capacidade de lidar com eventos no município de Araruama. Em complemento, este estudo pode ser aplicado em outros locais sujeitos a risco de inundação.

## DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Os autores utilizaram ChatGPT (OpenAI, versão 5.1) exclusivamente para edição linguística e aprimoramento estilístico. Todo o conteúdo científico, análise e contribuição intelectual foram desenvolvidos e verificados pelos autores, que assumem total responsabilidade pela precisão e integridade do manuscrito.

## REFERÊNCIAS

ALVES, H. P. F. Socio-environmental vulnerability in the São Paulo Macro-metropolis' three main metropolitan regions: a socio-environmental indicators analysis. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. e00302, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200030r2vu202111AO>.

ARARUAMA. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Araruama**. Araruama: Prefeitura Municipal de Araruama, 2017. Available in: <https://www.aemerj.org.br/images/pdf/PMMA/PMMAAraruama.pdf>

BARENDRECHT, M. H.; VIGLIONE, A.; BLÖSCHL, G. A dynamic framework for flood risk. **Water Security**, v. 1, p. 3–11. 2017. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2017.02.001>.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **Em 2023, Cemaden registrou maior número de ocorrências de desastres no Brasil**. Brasília: MCTI, 19 jan. 2024. Available in: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/01/em-2023-cemaden-registrou-maior-numero-de-ocorrencias-de-desastres-no-brasil>.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID. Brasília, 2024. Available in: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI, 2024.

CARDOSO, M. M. Estudio de la vulnerabilidad socio-ambiental a través de un índice sintético. Caso de distritos bajo riesgo de inundación: Santa Fe, Recreo y Monte Vera, Provincia de Santa Fe, Argentina. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 48, p. 156-183, 2017. Available in: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2017v27n48p156>.

CARTIER, R. *et al.* Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, p. 2695-2704, 2009. Available in: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2009001200016>.

CHAND, K. *et al.* Integrating geoenvironmental and socioenvironmental analyses for flood vulnerability assessment in the Kullu Valley, Himachal Pradesh, India. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 108, p. 104494, 2024. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104494>.

CHAVES, S. V. V. *et al.* Vulnerabilidade Social da Cidade de Teresina, Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 2, p. 13-27, 2022. Available in: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n2ID27200>.

COPPETEC. Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos. **Elaboração do plano Estadual de recursos hídricos do Estado do Rio de Janeiro: ocorrências de desastres naturais entre 2000 e 2012** por



Região Hidrográfica, 2014. Available in: <https://www.agevap.org.br/downloads/Diagnostico-Vulnerabilidades-VolIII.pdf>.

FARIAS, A.; MENDONÇA, F. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Sociedade & natureza**, v. 34, p. e63717, 2022. Available in: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63717>.

FOX, S. Integrating social vulnerability into high-resolution global flood risk mapping. **Nature communications**, v. 15, n. 1, p. 3155, 2024. Available in: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56676-2>.

FREITAS, C. M. de *et al.* Desastres naturais e seus custos nos estabelecimentos de saúde no Brasil no período de 2000 a 2015. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00133419>.

G1. **Araruama, RJ, tem mais de 700 pessoas desalojadas após chuvas**. Available in: <https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2016/03/araruama-rj-tem-mais-de-700-pessoas-desalojadas-apos-chuvas.html/>.

GAEDKE, P.; LOHMANN, M.; GALVÃO, R. P. Análise de componentes principais aplicada à identificação da vulnerabilidade socioambiental na área urbana de Londrina/PR. **GEOSABERES: Revista de Estudos Geoducacionais**, v. 11, n. 1, p. 693-710, 2020. Available in: <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.963>.

GOERL, R. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco à inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho-SC. **Boletim de Geografia**, 2012. Available in: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i1.13519>.

GUPTA, A. K. *et al.* Mapping socio-environmental vulnerability to climate change in different altitude zones in the Indian Himalayas. **Ecological Indicators**, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105787>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Available in: <https://censo2010.ibge.gov.br>.

INOUE, C. E. N.; DE SOUSA, W. C.; DE FREITAS, D. M.; SIMÕES, E. Modelling the spatial dynamics of urban growth and land use changes in the north coast of São Paulo, Brazil. **Ocean and Coastal Management**, 2015. Available in: <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2014.12.016>.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Fourth Assessment Report, 2007.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Fifth Assessment Report, 2014.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Sixth Assessment Report, 2022.

IPEA. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. 2015. Available in: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4381/1/Atlas\\_da\\_vulnerabilidade\\_social\\_nos\\_municipios\\_brasileiros.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4381/1/Atlas_da_vulnerabilidade_social_nos_municipios_brasileiros.pdf).

IPEA. **Atlas da vulnerabilidade social**, 2024. Available in: <https://ivs.ipea.gov.br/#/>.

KRELLENBERG, K. *et al.* Supporting local adaptation: the contribution of socio- environmental fragmentation to urban vulnerability. **Applied Geography**, v. 55, p. 61-70, 2014. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.08.013>.

LINS-DE-BARROS, F. M.; MUEHE, D. Avaliação local da vulnerabilidade e riscos de inundação na zona costeira da Região dos Lagos, Rio de Janeiro. **Quaternary and Environmental Geosciences**, 2010. Available in: <https://doi.org/10.5380/abequa.v2i1-2.14106>.

MATTEDI, M. A. *et al.* Aplicação do índice de vulnerabilidade socioambiental a desastres por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG): estudo de caso do Município de Blumenau (SC). **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 13, n. 1, p. e23423- e23423, 2024. Available in: <https://doi.org/10.5585/2024.23423>

O SÃO GONÇALO. **Parque Mataruna ganha academia da saúde em praça revitalizada**. 2016. Available in: <https://www.osaogoncalo.com.br/regiao-dos-lagos/17268/parque-mataruna-ganha-academia-da-saude-em-praca-revitalizada/>. Accessed on: 2024.

PEDRAZZI, A. de C.; LANA, J. C. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Araruama, RJ**. Brasília: CPRM [atual SGB – Serviço Geológico do Brasil], set. 2018. Available in: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20190>.

RAJU, E.; BOYD, E.; OTTO, F. Stop blaming the climate for disasters. In **Communications Earth and Environment**, v. 3, Issue 1. 2022. Nature Publishing Group. Available in: <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00332-2>

RENNÓ, C. D. *et al.* HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 9, p. 3469-3481, 2008. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.03.018>.

RIBEIRO GOMES, V.; PERES, B.; GUIMARÃES, L. **The use of blue-green infrastructure as a multifunctional approach to watersheds with socio-environmental vulnerability**. 2021. Available in: <https://doi.org/10.2166/bgs.2021.119>.

SAITO, S. M. *et al.* Disaster risk areas in Brazil: outcomes from an intra-urban scale analysis. **International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment**, v. 12, n. 2, p. 238-250, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-01-2020-0008>

SERENCO. **Elaboração de estudos e projetos para consecução do plano municipal de saneamento básico de Araruama - RJ**. 2014. Available in: [https://pmsblsj.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/10/9-c2ba-produto\\_pmsb\\_araruama\\_1013\\_r0.pdf](https://pmsblsj.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/10/9-c2ba-produto_pmsb_araruama_1013_r0.pdf)

SGB. Serviço Geológico do Brasil. Portal Institucional do SGB. 2018. Available in: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20190>.

SILVA, J. F.; DE BRITO NUNES, H. K.; DE AQUINO, C. M. S. Análise integrada do ambiente como subsídio para identificação de riscos e vulnerabilidades socioambientais em Picos/PI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 07, p. 2522-2536, 2019. Available in: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.7.p2522-2536>.

SIQUEIRA MALTA, F. **Vulnerabilidade socioambiental: proposta metodológica e diagnóstico para o município do Rio de Janeiro**. 2017. Available in: <https://doi.org/10.1590/1413-812320172212.25032017>

SZEWRANSKI S. *et al.* Pluvial flood risk assessment tool (PFRA) for rainwater management and adaptation to climate change in newly urbanised areas. **Water** 2018. Available in: <https://doi.org/10.3390/w10040386>.

UNDRR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022: **Our World at Risk: transforming governance for a resilient future**. Geneva: UNDRR, 2022. Available in: <https://www.undrr.org/gar2022>

ZANETTI, V. B.; JUNIOR, W. C.; FREITAS, D. M. A climate change vulnerability index and case study in a Brazilian coastal city. **Sustainability**, v. 8, n. 8, p. 811, 2016. Available in: <https://doi.org/10.3390/su8080811>.