



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**INTEGRAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO  
REMOTO E GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE  
ESPAÇO-TEMPORAL DE ÁREAS INUNDADAS EM  
ARACAJU (SE)**

Lenilson Santana Dinizio Júnior

SÃO CRISTÓVÃO, 2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**INTEGRAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO  
REMOTO E GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE  
ESPAÇO-TEMPORAL DE ÁREAS INUNDADAS EM  
ARACAJU (SE)**

Trabalho final apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Sergipe, como parte integrante dos requisitos para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.



Orientador(a)

Lenilson Santana Dinizio Júnior

SÃO CRISTÓVÃO, 2026

Trabalho apresentado e aprovado em 10 de fevereiro de 2026 pelo Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Sergipe para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.



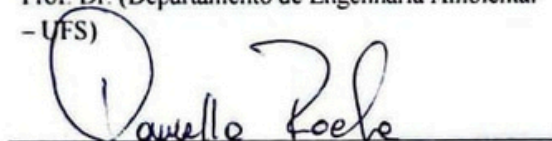
Prof. Dr. Paulo Sérgio de Rezende  
Nascimento

Orientador



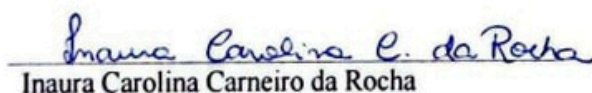
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

Prof. Dr. (Departamento de Engenharia Ambiental  
- UFS)



Daniella Rocha

Prof. Dra. (Departamento de Engenharia  
Ambiental - UFS)



Inaura Carolina Carneiro da Rocha

Prof. Dra. (Departamento de Engenharia  
Ambiental - UFS)

**RESUMO:** O município de Aracaju apresenta elevada suscetibilidade a inundações em função de sua baixa cota altimétrica, com presença de áreas localizadas abaixo do nível do mar, associada às zonas de manguezais situadas nas desembocaduras dos rios Sergipe e Vaza-Barris. Além disso, a existência de uma rede hidrográfica extensa, formada por diversos rios e riachos, influencia o comportamento do escoamento superficial e contribui para a intensificação desses processos. Nesse contexto, a ocorrência de episódios de chuvas intensas, especialmente em áreas urbanizadas, favorece o acúmulo temporário de água na superfície, resultando em alagamentos e agravando os impactos hidrológicos no município. Considerando esses fatores, o artigo apresenta e analisa os cenários espaço-temporais de alagamentos e inundações no município de Aracaju (SE), no período de 2020 a 2025, por meio da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Entre 2020 e 2025, os cenários espaço-temporais indicaram recorrência e persistência de alagamentos, com padrões espaciais semelhantes ao longo dos anos, concentrados principalmente nas áreas mais densamente urbanizadas do município de Aracaju. A predominância das classes alta e muito alta de vulnerabilidade ao longo do período indica que a impermeabilização do solo e as limitações dos sistemas de drenagem, associadas a condicionantes naturais, como baixas declividades, altitudes próximas ao nível do mar e a influência das marés, são determinantes na intensificação desses eventos. Conclui-se que a preservação de áreas verdes, o controle da impermeabilização do solo e a adoção de medidas eficientes de drenagem urbana são fundamentais para reduzir o escoamento superficial, mitigar os alagamentos e ampliar a resiliência do município frente a eventos extremos de inundação.

**Palavras-chave:** Impermeabilização do solo; Drenagem urbana; Sensoriamento remoto; Geoprocessamento.

## 1. INTRODUÇÃO

A inundação é um processo geodinâmico exógeno, desencadeado por fenômenos hidrometeorológicos, que ocasiona o transbordamento da água da calha principal do rio (IPT, 2007; Defesa Civil, 2019). O extravasamento das águas de um curso d'água para as planícies e para os terraços fluviais ocorre quando a vazão a ser escoada supera a capacidade de descarga da calha (Infanti Júnior; Fornasari Filho, 1998). O extravasamento gradual caracteriza-se pela elevação lenta e previsível do nível da água; por outro lado, a inundação brusca resulta de chuvas intensas e concentradas, nas quais o aumento do fluxo é súbito e torrencial (Brandão, 2001; Castro, 2003; Tucci, 2008).

Por outro lado, o alagamento ocorre principalmente em áreas urbanas e está diretamente ligado à insuficiência ou à falha do sistema de drenagem, como bueiros entupidos, galerias subdimensionadas, impermeabilização do solo e relevo plano, resultando no acúmulo temporário de água nas vias e nos lotes, sendo normalmente um evento localizado e de curta duração. É importante destacar que, no ambiente urbano, as inundações podem englobar diferentes formas de ocorrência do excesso de água, incluindo tanto o transbordamento de cursos d'água quanto os alagamentos decorrentes

da insuficiência dos sistemas de drenagem pluvial, de modo que nem todo alagamento se caracteriza como uma inundação, embora possa estar inserido no contexto mais amplo das inundações urbanas.

A inundação urbana é uma ocorrência tão antiga quanto as cidades ou qualquer aglomerado urbano (Ribeiro; Lima, 2011) e ocorre principalmente devido ao inadequado ordenamento urbano, o qual compromete a infraestrutura hídrica, como os sistemas de macro e microdrenagens urbanas (Tucci; Bertoni, 2003; Tucci, 2007). A maioria das cidades surgiu de forma improvisada e baseada em critérios econômicos e geopolíticos, que presidiram a escolha da localização geográfica (Carvalho; Prandini, 1998), em oposição às cidades planejadas, as quais levam em conta as características geológico-geomorfológicas (Garcia; Augustin; Casagrande, 2020; Pica et al., 2024).

Nas cidades brasileiras, a intensificação de chuvas extremas tem aumentado a incidência de alagamentos, inundações e enxurradas, o que evidencia a crescente vulnerabilidade urbana (Tominaga; Santoro; Amaral, 2009; Mantovani; Bacani, 2018). Associados às inundações, podem ocorrer, em determinadas condições, processos erosivos externos e internos decorrentes do escoamento superficial e subsuperficial, respectivamente, os quais desencadeiam a formação de voçorocas urbanas e o assoreamento dos corpos d'água (Iwasa; Fendrich, 1998).

Estima-se que cerca de 3,3 milhões de pessoas tenham morrido no mundo em consequência de desastres naturais entre 1970 e 2010, além de um aumento significativo do número de atingidos nas últimas duas décadas (ONU, 2010). Em 2022, aproximadamente 522,4 mil pessoas foram desabrigadas e/ou desalojadas em decorrência de eventos hidrológicos, e cerca de 2,4 milhões de domicílios encontravam-se em situação de risco de inundação em áreas urbanas no Brasil (SNSA, 2023). Em 2024, foram registrados mais de 1,6 mil ocorrências de desastre, das quais 47% estiveram associadas a riscos hidrológicos, como enxurradas e transbordamentos de rios e córregos (Cemaden, 2025).

Esse cenário de suscetibilidade a eventos hidrológicos extremos é agravado pelo crescimento urbano intenso e desordenado, principalmente em áreas periféricas suscetíveis, como planícies de inundação, encostas íngremes e topos de morros (Cardozo; Herrmann; Pereira, 2010; UN-Habitat, 2024). Nas bacias urbanas e suburbanas brasileiras, o aumento da magnitude das precipitações associado às altas taxas de impermeabilização do solo, resulta na elevação do coeficiente de escoamento superficial (Tucci, 2000). Além da impermeabilização, o escoamento em áreas urbanas é

intensificado pelo aterramento, estreitamento, canalização e retificação dos canais fluviais, o que diminui a capacidade de infiltração, agravando as enxurradas e a acumulação de água nas cidades (Sartori; Genovez; Lombardi Neto, 2005).

O município de Aracaju, inserido na região costeira sergipana, apresenta características fisiográficas que o tornam suscetível a alagamentos e inundações, em decorrência do seu posicionamento entre as bacias hidrográficas dos rios Sergipe e Vaza-Barris. Nesse contexto, a presença de mangues, marés de sizígia, relevo plano a ondulado com baixas altitudes, elevados índices pluviométricos, intensa impermeabilização do solo e a retificações dos canais fluviais pela urbanização constituem os principais fatores determinantes dos recorrentes alagamentos e inundações (Nascimento; Dinizio Júnior, 2025).

Desde a segunda metade da década de 1960, Aracaju expandiu-se com a incorporação de novas áreas urbanas destinadas a diferentes grupos sociais, resultando em processos simultâneos de verticalização, elitização e favelização (Ribeiro, 1985). A urbanização desenvolveu-se sem a infraestrutura adequada, sobretudo pela ausência de um sistema de macrodrenagem eficiente, o que elevou a vulnerabilidade da região a alagamentos (Mota; Souza, 2021). Embora a ocupação da faixa litorânea tenha ocorrido mais lentamente do que em outras capitais nordestinas, essa área encontra-se, atualmente, em acelerada transformação (Mota, 2023), intensificando a impermeabilização do solo e agravando ainda mais as inundações urbanas.

Nesse sentido, o artigo tem por objetivo avaliar a vulnerabilidade a alagamentos e inundações no município de Aracaju, por meio da modelagem integrada de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na definição da espacialidade e da temporalidade. Os procedimentos técnicos fundamentam-se na elaboração de uma base digital georreferenciada, que reúne dados de precipitação, geologia, geomorfologia, pedologia, uso e cobertura do solo, associados aos registros históricos de ocorrências de alagamentos entre 2020 e 2025. O mapeamento de áreas críticas e recorrentes fornece subsídios cartográficos para apoiar o ordenamento territorial, o planejamento urbano e a mitigação dos impactos decorrentes de eventos hidrometeorológicos extremos no município de Aracaju.

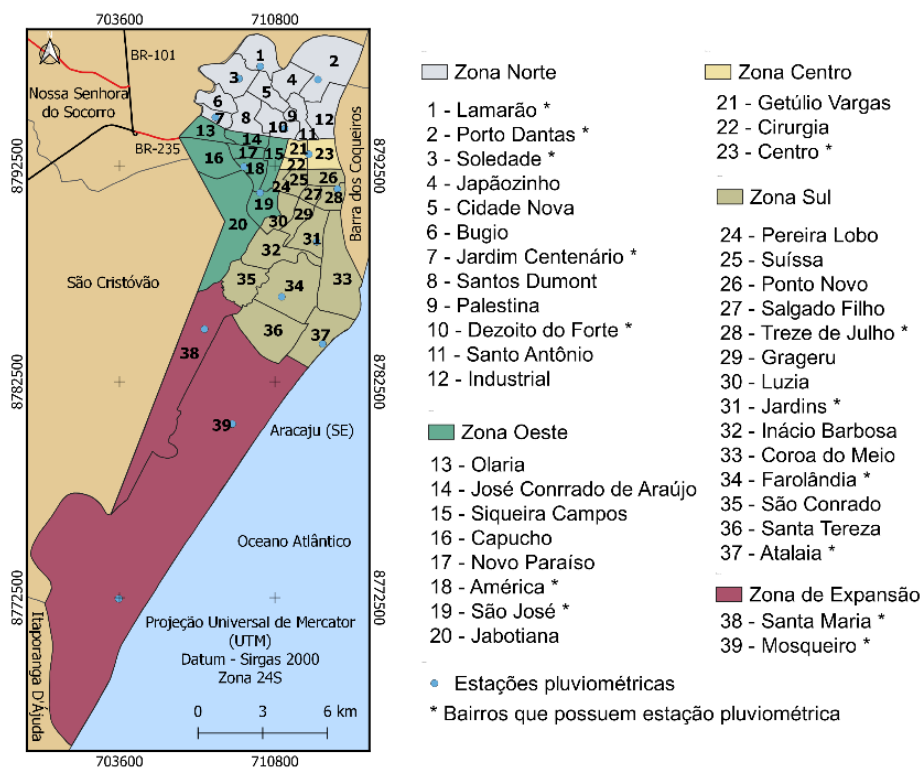
## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Área de Estudo**

O município de Aracaju, capital do estado de Sergipe, está localizado entre as coordenadas geográficas 10°51'47" e 11°08'45" de latitude sul e 37°01'50" e 37°10'37" de longitude oeste, tendo como principais rodovias de acesso as BR-101 e BR-235 (Figura 1). Possui uma área de aproximadamente 182 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 602.757 habitantes, de acordo com informações do Censo Demográfico 2022 (IBGE, 2022). distribuídos irregularmente em 39 bairros, organizados em cinco zonas (Semac, 2024). Com exceção da Zona de Expansão, as demais zonas concentram 37 bairros, situados na região acentuadamente urbanizada e impermeabilizada. É nessa área que se concentram instaladas 12 das 15 estações pluviométricas do município.

Inserido nas bacias hidrográficas dos rios Sergipe (sub-bacias dos rios do Sal e Poxim) e Vaza Barris (sub-bacias Costeira Atlântica e do rio Santa Maria), o município apresenta diversos riachos naturais, atualmente convertidos em canais de drenagem urbana de águas pluviais, os quais formam 126 pequenas bacias de drenagem, das quais cerca de 50% não possuem boa capacidade de permeabilidade, concentrando-se na área altamente urbanizada (Aracaju, 2015). Essa transformação ocorreu tanto por meio de obras de canalização quanto pela ocupação urbana, que induziu a retificação desses cursos fluviais.

Figura 1. Mapa de localização e acesso a área de estudo



Fonte: Autor (2026).

## 2.2 Material e método

É importante mencionar que a escolha de realizar a análise espaço-temporal entre os anos de 2020 a 2025 se deu pela disponibilidade dos dados de precipitação, disponíveis somente nesse período. O procedimento inicial consistiu na criação de um projeto georreferenciado no programa de geoprocessamento QGIS, versão 3.40, padronizado no Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum Sirgas 2000, projeção UTM, zona 24S, o que permitiu a importação e a manipulação integrada de dados vetoriais e matriciais. Os dados vetoriais de geologia, geomorfologia e pedologia foram obtidos e compilados a partir do IBGE (2023).

O mapa de cobertura do solo foi adaptado a partir do Projeto MapBiomias (2025), com resolução espacial de 10 m. As classes originais, cujos polígonos apresentavam dimensões muito reduzidas, foram associadas a classes temáticas mais representativas e semelhantes, com base na tabela de atributos e nas características das classes temáticas. Essa associação fundamentou-se nos procedimentos adotados por Barros et al. (2020), Santos e Nascimento (2021) e Sardhara et al. (2021).

Os mapas hipsométrico e de declividade foram confeccionados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE-Palsar), disponibilizado pelo Earth Data (2012), com resolução espacial de 12,5 m. Em razão do relevo predominantemente plano a suavemente ondulado, caracterizado por baixas altitudes, as classes hipsométricas definidas foram 0–5 m, 5–10 m, 10–15 m, 15–20 m e superiores a 20 m. As classes de declividade, por sua vez, foram estabelecidas com base nos intervalos propostos pela Embrapa (2006) até 20%, com a reorganização das classes superiores em 20–30% e superiores a 30%.

Os mapas de precipitação anual acumulada foram confeccionados por meio da espacialização dos dados pontuais de precipitação diária, obtidos a partir das 15 estações pluviométricas do município de Aracaju, disponibilizados pela Defesa Civil de Aracaju (2026). Para a espacialização, empregou-se o método do Inverso da Distância Ponderada (*Inverse Distance Weighting* - IDW), com o expoente 2. Esse método, em razão de sua robustez e simplicidade operacional, é amplamente utilizado pela comunidade científica em procedimentos de modelagem determinística (Barros; Souza; Santos, 2025).

As informações sobre as ruas alagadas, fornecidas pela Defesa Civil de Aracaju, foram transformadas em pontos georreferenciados, contendo as coordenadas de latitude e longitude das respectivas vias. Esses pontos foram utilizados na geração de superfícies poligonais por meio da interpolação Kernel, visando identificar as regiões com maior recorrência de alagamentos e inundações. Para garantir que o produto gerado

permanecesse restrito às áreas efetivamente afetadas, foi aplicado um raio de influência de 500 m, por representar a extensão espacial do fenômeno e preservando a precisão locacional dos eventos.

Os mapas de vulnerabilidade ao alagamento e à inundação foram elaborados por meio do Processo de Hierarquia Analítica (AHP), método de modelagem proposto por Saaty (1977). O método consiste em decompor um problema complexo em subproblemas organizados em níveis hierárquicos de priorização, de acordo com uma escala relativa de importância (Saaty, 1994). Cabe destacar que o nível hierárquico posicionado na base influencia todos os níveis superiores, e vice-versa, reduzindo assim a subjetividade inerente ao julgamento individual ou coletivo no processo de tomada de decisão (Bezerra Neto; Nascimento; Barros, 2022).

Determinou-se que a precipitação é a variável de maior importância, seguida da cobertura do solo, com pesos 3 e 2, respectivamente. A declividade e a hipsometria ocupam o nível inferior da matriz, apresentando igual grau de importância, com peso 1. Após a estruturação dos níveis hierárquicos e a atribuição dos pesos (Tabelas 1 e 2), procedeu-se à geração da matriz de comparação paritária, ao cálculo dos vetores de prioridade, à normalização da matriz de julgamentos e à análise de consistência, utilizada como critério de validação dos resultados (Saaty, 1977; 1990; 1994; 2008).

Tabela 1. Atribuição dos pesos (P) às variáveis hipsometria (Hip), declividade (Dec), cobertura do solo (CobS)

Hip (metro)	P	Dec (%)	P	CobS	P
0-5	9	0-3	9	Corpo d'água	9
5-10	7	3-8	7	Área urbana	9
10-15	5	8-20	5	Mangue	6
15-20	3	20-30	3	Pastagem	3
>20	1	>30	1	Vegetação	1

Fonte: Autor (2026).

Tabela 2. Atribuição dos pesos (P) à variável precipitação (Prec) entre os anos 2020 e 2025 em mm/ano

Prec-20	Prec-21	Prec-22	Prec-23	Prec-24	Prec-25	P
1000-1200	1000-1200	1000-1200	1300-1500	600-800	600-900	3
1200-1350	1200-1350	1200-1350	1500-1600	800-1000	900-1300	5
1350-1450	1350-1450	1350-1450	1600-1700	1000-1200	1300-1700	7
1450-1900	1450-1700	1450-1700	1700-1800	1200-1400	1700-1900	9

Fonte: Autor (2026).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

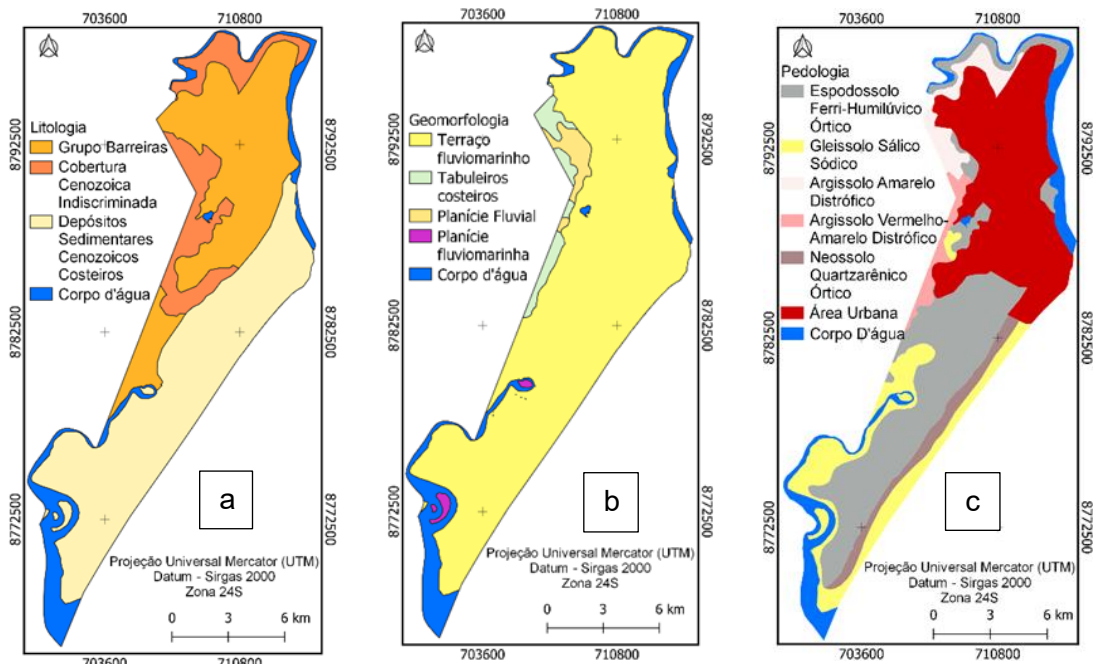
#### 3.1 Contexto geológico, geomorfológico e pedológico

A geologia, composta por arenitos do Grupo Barreiras e por Depósitos Sedimentares Inconsolidados Cenozoicos Costeiros (Figura 2a), apresenta elevada

permeabilidade, com exceção das áreas de manguezais, situadas próximas aos estuários dos rios Sergipe e Vaza-Barris. Os arenitos do Grupo Barreiras mostram-se mais suscetíveis a alagamentos e inundações do que os sedimentos costeiros, em decorrência da maior litificação e da presença de camadas argilosas intercaladas, que reduzem a infiltração. No entanto, esses arenitos ocupam setores topograficamente mais elevados, associados a terraços, em oposição às planícies (Figura 2b), diretamente influenciadas pelas marés de sizígia.

A pedologia é composta por Neossolo Quartzarênico Órtico típico A fraco, Espodossolo Sálico Sódico, Argissolo Vermelho Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Figura 2c). O Neossolo Quartzarênico Órtico caracteriza-se por textura predominantemente arenosa e baixo grau desenvolvimento pedogenético, sendo altamente suscetível à erosão hídrica e eólica, em decorrência de sua estrutura frágil e baixa coesa. A camada superficial pouco desenvolvida não confere proteção suficiente ao solo, especialmente em terrenos com maior declividade, nos quais predomina o escoamento superficial.

Figura 2. Mapas simplificados de geologia (2a), geomorfologia (2b) e pedologia (2c)



Fonte: Adaptado de IBGE (2023).

Por outro lado, o Neossolo Quartzarênico apresenta rápida infiltração inicial, em terrenos planos, com taxa de infiltração variando entre  $3,81 \text{ mm h}^{-1}$  e  $7,62 \text{ mm h}^{-1}$ , enquadrando-se no Grupo Hidrológico B, de acordo com a classificação proposta por Sartori, Lombardi Neto e Genovez (2005), em função da textura arenosa e da elevada

macroporosidade. Entretanto, quando o lençol freático é raso, e ocorre compactação superficial causada por tráfego de máquinas ou pisoteio excessivo, a capacidade de infiltração diminui, favorecendo a ocorrência de alagamentos e inundações.

Típico de regiões litorâneas sob influência de águas salinas, o Gleissolo Sálco Sódico apresenta elevados teores de sódio trocável, os quais promovem a dispersão das partículas de argilas, reduzindo a permeabilidade e a infiltração e favorecendo a estagnação da água na superfície. Esse solo apresenta baixa taxa de infiltração, variando entre  $1,27 \text{ mm h}^{-1}$  e  $3,81 \text{ mm h}^{-1}$  (Grupo Hidrológico C), quando em condição de saturação, o que dificulta o movimento da água das camadas superiores para as inferiores (Sartori; Lombardi Neto; Genovez, 2005).

Em função da baixa permeabilidade e do relevo baixo e plano, esse solo apresenta elevada propensão a alagamentos e inundações, com erodibilidade moderada, predominando o acúmulo de água na superfície, decorrente da presença de um horizonte espódico denso, rico em matéria orgânica (húmus), ferro (Fe) e alumínio (Al).

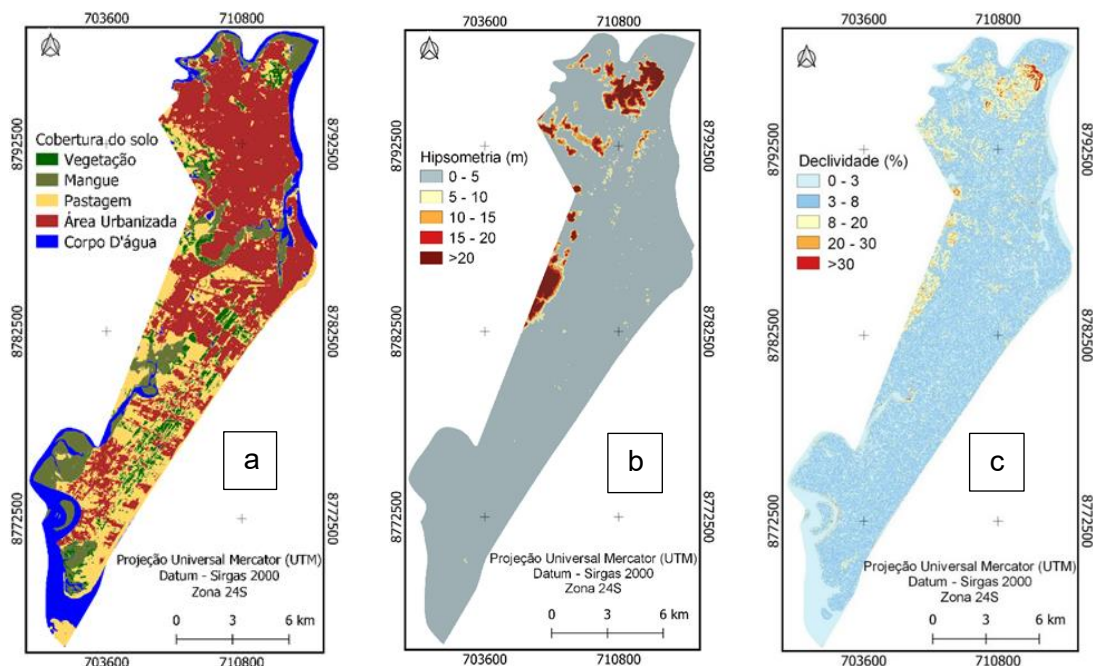
O Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico apresenta maior relação textural entre os horizontes A e B textural do que o Argissolo Vermelho Distrófico, caracterizando-se por maior teor de argila no horizonte B. Por esse motivo, em igualdade de condições de relevo, cobertura vegetal e manejo, é mais suscetível à erosão do que este último (Sartori; Lombardi Neto; Genovez, 2005). De acordo com os autores, o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico apresenta a mesma classificação hidrológica que o Espodossolo Sálco Sódico.

A infiltração no Argissolo Vermelho Distrófico é relativamente superior, em decorrência da presença de agregados de óxidos de ferro mais estáveis. Dessa forma, em ordem crescente de potencialidade ao alagamento e à inundação, os solos se organizam da seguinte maneira: Argissolo Vermelho Distrófico, Neossolo Quartzarênico Órtico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Espodossolo Sálco Sódico.

### **3.2 Caracterização da cobertura do solo, hipsometria e declividade**

O município de Aracaju é predominantemente urbano, com aproximadamente 50% de sua área intensamente urbanizada, concentrada nas bacias dos rios do Sal, Sergipe e Poxim (Figura 3a). Apresenta relevo plano a levemente ondulado, formado por planícies marinha, flúvio-marinha e fluvial. Assim, aproximadamente 93% da superfície apresenta altitudes de até 5 metros e menos que 3% correspondem a área com elevações superiores a 20 metros (Figura 3b). As classes de declividade com inclinações de até 8% correspondem a aproximadamente 86% do município de Aracaju (Figura 3c).

Figura 3. Mapas de cobertura do solo (3a), hipsometria (3b) e declividade (3c)



Fonte: Adaptado de MapBiomias (2025).

A vegetação natural predominante no município é composta por manguezais e restingas, correspondente a 87,5% de toda a vegetação presente em Aracaju, classificados como Áreas de Preservação Permanente (APP), conforme estabelecido pela Lei nº 12.651/2012. De acordo com os dados obtidos, no período de cinco anos, os manguezais tiveram uma redução de 0,70 km<sup>2</sup>. Em contrapartida, a área urbana teve uma expansão de 2,14 km<sup>2</sup>. Essa análise indica uma tendência de crescimento urbano atrelada a degradação de áreas naturais, especialmente regiões suscetíveis naturalmente a dinâmica hidrológica.

Esses ecossistemas vêm sofrendo processos intensos de degradação, em decorrência do crescimento urbano acelerado, marcado pela expansão de áreas impermeabilizadas (asfalto e concreto), pela conversão em pastagem, pelo aterramento de corpos d'água, pelo aumento da carga de sedimentos e pelo lançamento de efluentes (Aracaju, 2017; Pereira, 2020).

A presença de vegetação desempenha papel fundamental na infiltração da água no solo, contribuindo para a redução do volume de água na superfície e, consequentemente, do escoamento superficial (Tucci; Clarke, 1997). Além disso, manguezais e restingas atuam como reguladores hídricos naturais, exercendo influência direta sobre o ciclo hidrológico, especialmente em áreas com elevadas taxas de impermeabilização do solo.

Entretanto, quando essa cobertura vegetal é suprimida e o solo passa a ser impermeabilizado, como ocorre nos grandes centros urbanos, o solo perde sua capacidade natural de absorção hídrica, aumentando o volume de água na superfície e intensificando

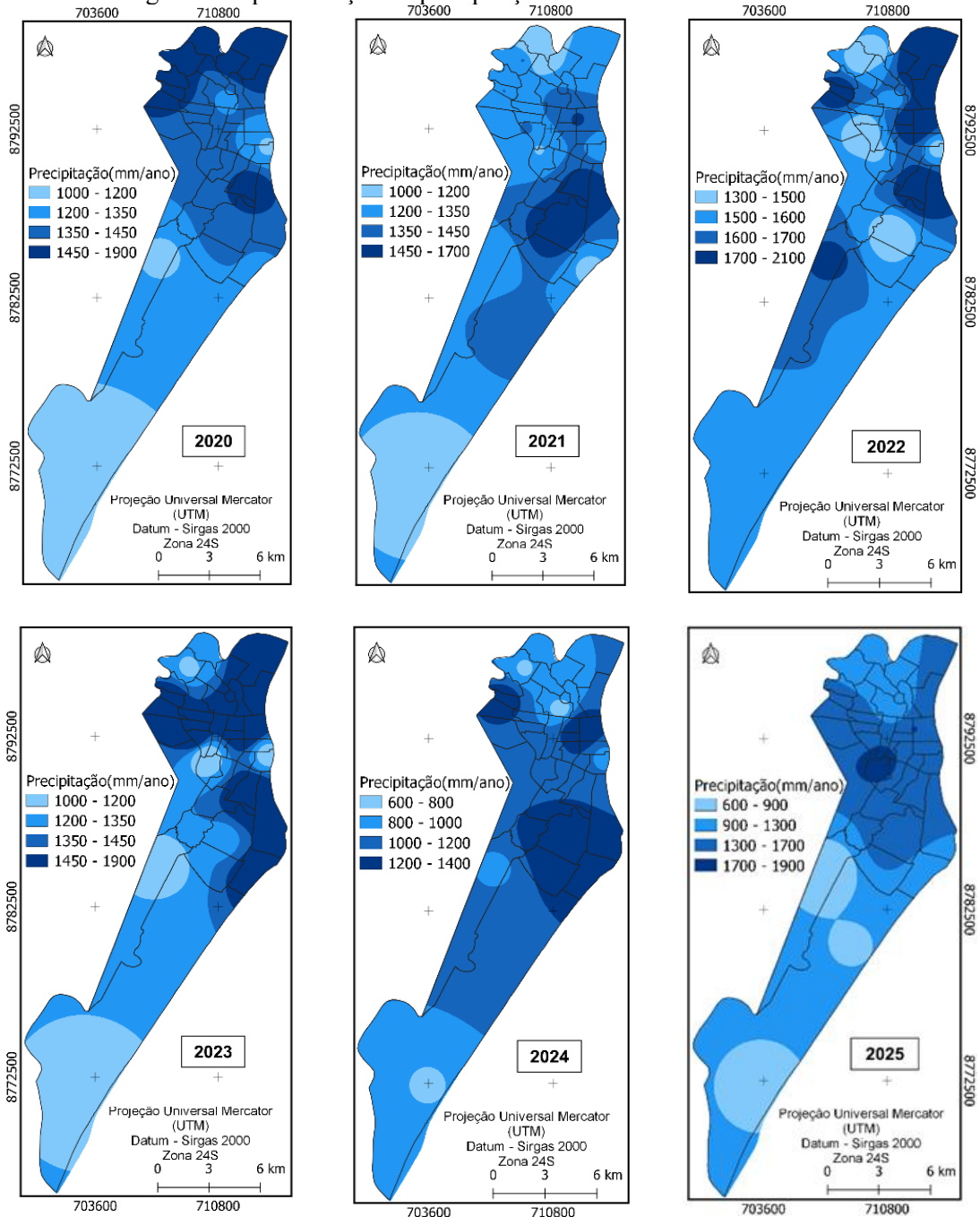
o escoamento superficial. Esse processo resulta no acúmulo temporário de água em áreas planas e no aumento do volume de água direcionado aos cursos d'água, elevando suas vazões e favorecendo a ocorrência de alagamentos e inundações (Tucci; Clarke, 1997; Tucci, 2012; Morais et al., 2021).

Praticamente, todo o município de Aracaju apresenta cotas altimétricas que não ultrapassam 5 metros (Figura 3b). As classes de declividade com inclinações de até 8% correspondem a aproximadamente 86% do município de Aracaju (Figura 3c). A relação entre hipsometria baixa e declividade reduzida favorece o acúmulo temporário de água, especialmente em setores planos a levemente ondulados. Essa suscetibilidade é intensificada em áreas urbanas altamente impermeabilizadas, onde a infiltração é restrita. Por outro lado, as regiões com cobertura vegetal apresentam maior capacidade de infiltração e de evapotranspiração da água precipitada, contribuindo para a redução do acúmulo superficial e da ocorrência de alagamentos.

### **3.3 Espacialização temporal da precipitação e alagamento**

Os maiores índices pluviométricos ocorrem na região fortemente urbanizada, nas zonas Central, Sul, Oeste e Norte, atingindo precipitações anuais acumuladas de até 2100 mm (Figura 4). Essa característica pode estar associada à concentração urbana, que contribui para a formação de ilhas de calor. Além disso, a distribuição das estações pluviométricas é desigual, totalizando doze estações na área intensamente urbanizada, em oposição à Zona de Expansão Urbana (ZEU), que conta com apenas três estações: uma no bairro Santa Maria e duas no Mosqueiro (Figura 1). Essa distribuição pode afetar a representatividade espacial da modelagem aplicada.

Figura 4. Espacialização da precipitação entre os anos de 2020 e 2025



Fonte: Autor (2026).

A elevada taxa de impermeabilização do solo e os altos índices pluviométricos contribuem para o desencadeamento dos alagamentos. Assim, a retirada da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo alteram o ciclo hidrológico, pois dificultam a infiltração da água e reduzem a infiltração, aumentando a evaporação. Esse processo, associado às ilhas de calor urbanas, que absorvem e retêm calor durante o dia e o liberam à noite, eleva a temperatura do ar local e, conseqüentemente, favorece a ocorrência de chuvas mais intensas e concentradas.

As chuvas extremas, concentradas em curtos períodos, apresentam maior potencial de gerar alagamentos e inundações do que chuvas que ocorrem de forma contínua e regular. Ademais, quando as marés de sizígia (superiores a 1,8 m) ocorrem simultaneamente a eventos pluviométricos, há intensificação dos alagamentos e inundações, em razão do bloqueio parcial da vazão dos rios e dos canais de drenagem urbana.

A ocorrência de alagamentos em Aracaju não é um fenômeno recente, mas um problema histórico e estrutural, relatado pela população há várias décadas, especialmente em áreas tradicionalmente urbanizadas do município. A análise dos alagamentos entre os anos de 2020 e 2025 identificou 55, 52, 56, 74, 59 e 51 ruas afetadas, respectivamente, evidenciando a persistência do problema ao longo dos anos, mesmo sob diferentes condições pluviométricas.

Entre as vias com registros recorrentes de alagamentos ao longo do período analisado, destacam-se trechos da Av. Euclides Figueiredo, Av. Airton Teles, Av. Benjamin Constant, Av. Matadouro, Av. Beira-Mar, Av. João Ribeiro, Av. Juscelino Kubitschek, Rua Rafael de Aguiar, Canal do Batistão, Av. Saneamento, Av. Augusto Maynard, Rua Itabaiana, Rua Riachuelo, Rua Dom José Tomaz, bairro Treze de Julho (maioria das ruas), Rua Alberto Azevedo, Av. Brasil, Largo da Aparecida, parte baixa do bairro Santa Lúcia e JK (Aracaju, 2017). As ruas identificadas foram espacializadas na forma de pontos e apresentadas sobrepostas às sub-bacias (Figura 5).

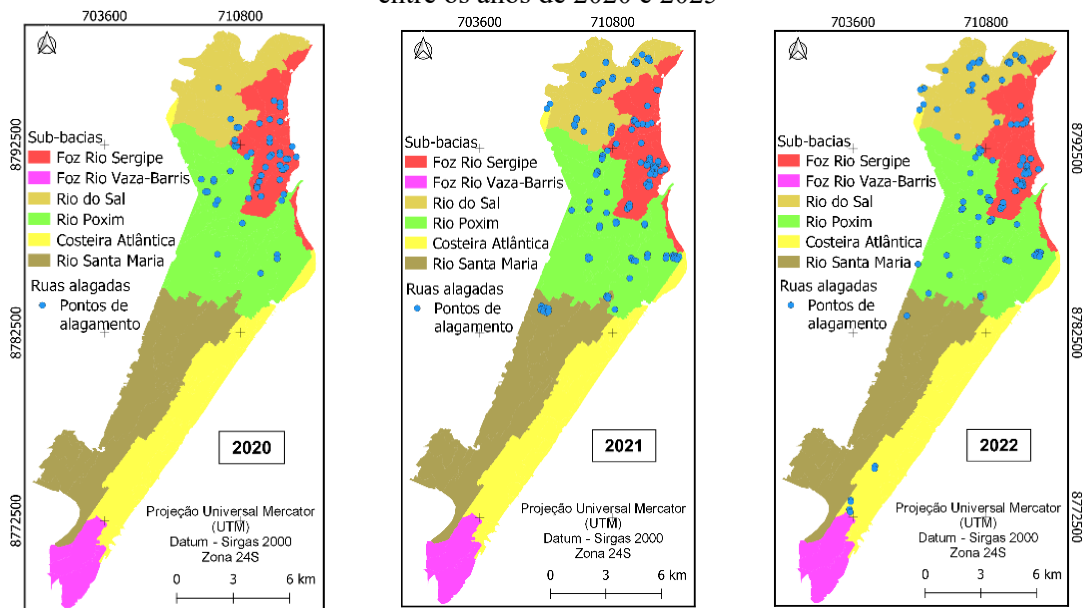
Destaca-se que os alagamentos se concentram nas bacias dos rios do Sal, Sergipe e Poxim, que correspondem às zonas Norte, Oeste, Centro e Sul do município, onde se encontra a região mais intensamente urbanizada. Nessas áreas, a elevada impermeabilização do solo reduz a infiltração e aumenta o escoamento superficial, e o resultado é a sobrecarga dos sistemas de drenagem, especialmente quando subdimensionados, o que favorece a recorrência dos alagamentos observados.

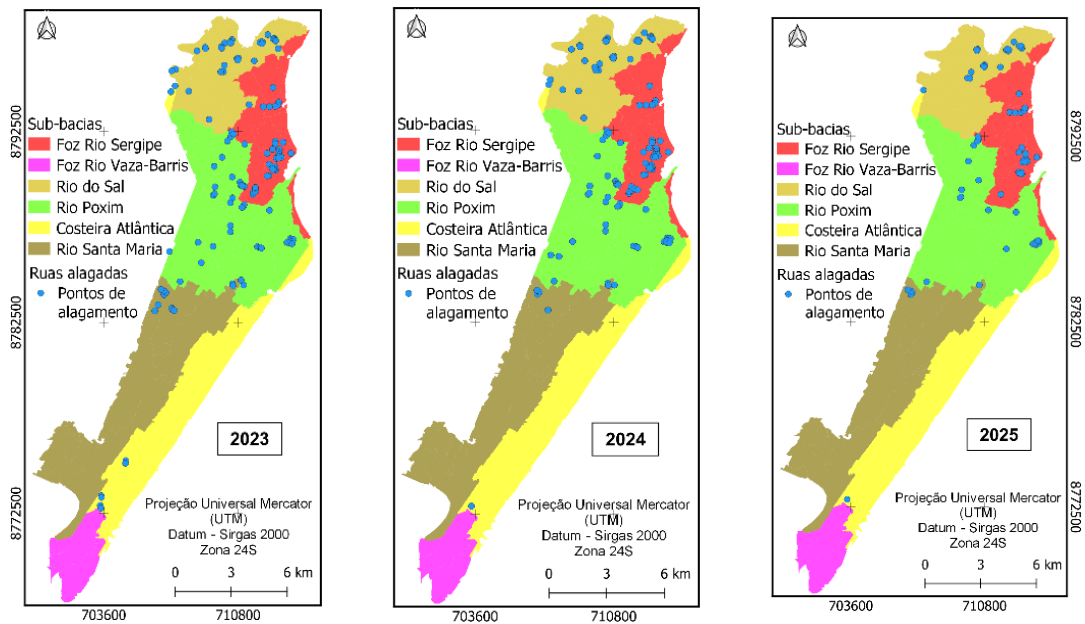
É possível observar que as ocorrências de alagamento se mantiveram semelhantes ao longo dos seis anos analisados, com maior intensidade nas bacias de drenagem classificadas como ruins e moderadas, as quais representam aproximadamente 80% do total dos casos registrados (Figura 6), o que evidencia que a impermeabilização do solo constitui um dos principais fatores de vulnerabilidade. Segundo Aracaju (2017), essas áreas correspondem a regiões que historicamente apresentam inundações durante o período chuvoso. Além disso, ressalta-se que os alagamentos ocorridos em bacias classificadas como boas e ótimas podem estar relacionados à topografia plana, uma vez

que essa classificação não indica, necessariamente, boa eficiência do sistema de drenagem urbana, pois essa classificação está associada, principalmente, as características naturais do meio. Em regiões de topografia plana, mesmo solos mais permeáveis podem apresentar escoamento superficial reduzido e formação de zonas de acumulação de água (Aracaju, 2017).

Embora, a intensidade da ocorrência de alagamentos tenha se mostrado semelhante ao longo dos seis anos analisados, em todos os bairros, os bairros São José, Treze de Julho, Salgado Filho, Luzia, Grageru, Jardins, Coroa do Meio, Jabotiana, Porto Dantas e Lamarão apresentaram alta intensidade de recorrências. Ainda que alguns desses bairros sejam considerados nobres, sua localização em região estuarina do rio Sergipe torna-os naturalmente suscetíveis a alagamentos e inundações, principalmente quando ocorrem simultaneamente a precipitação e a maré de sizígia (Nascimento; Oliveira, 2022).

Figura 5. Espacialização temporal das ruas alagadas, sobreposta às sub-bacias hidrográficas, entre os anos de 2020 e 2025

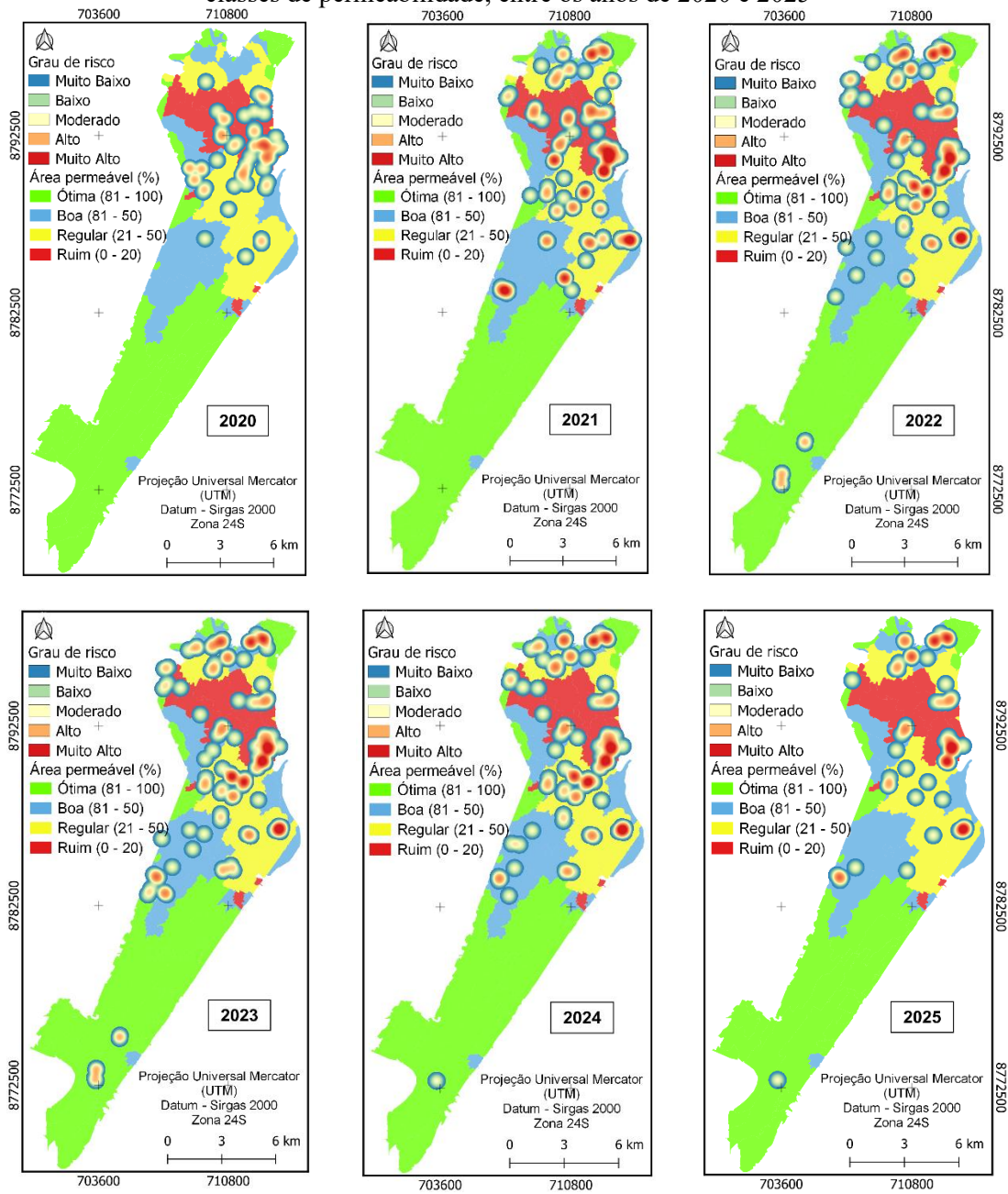




Fonte: Autor (2026).

Como a recorrência de alagamentos é registrada em praticamente todos os bairros, com elevada frequência em alguns bairros específicos, evidencia-se a necessidade de implementação de políticas públicas preventivas voltadas à minimização dessas ocorrências, visto que o problema possui caráter estrutural e abrangência espacial significativa. Assim, a implementação de políticas públicas preventivas torna-se essencial, direcionadas prioritariamente às áreas com maior recorrência e vulnerabilidade. Tais políticas devem concentrar-se, principalmente, na manutenção dos sistemas de micro e macrodrenagem (Monteiro; Mendes, 2020; Silva Júnior et al., 2020), no descarte adequado dos resíduos sólidos urbanos (Fonseca; Ferent, 2022) e na redução da impermeabilização das áreas urbanas (Ferrer et al., 2025).

Figura 6. Espacialização temporal da intensidade da ocorrência de alagamentos, sobreposta às classes de permeabilidade, entre os anos de 2020 e 2025



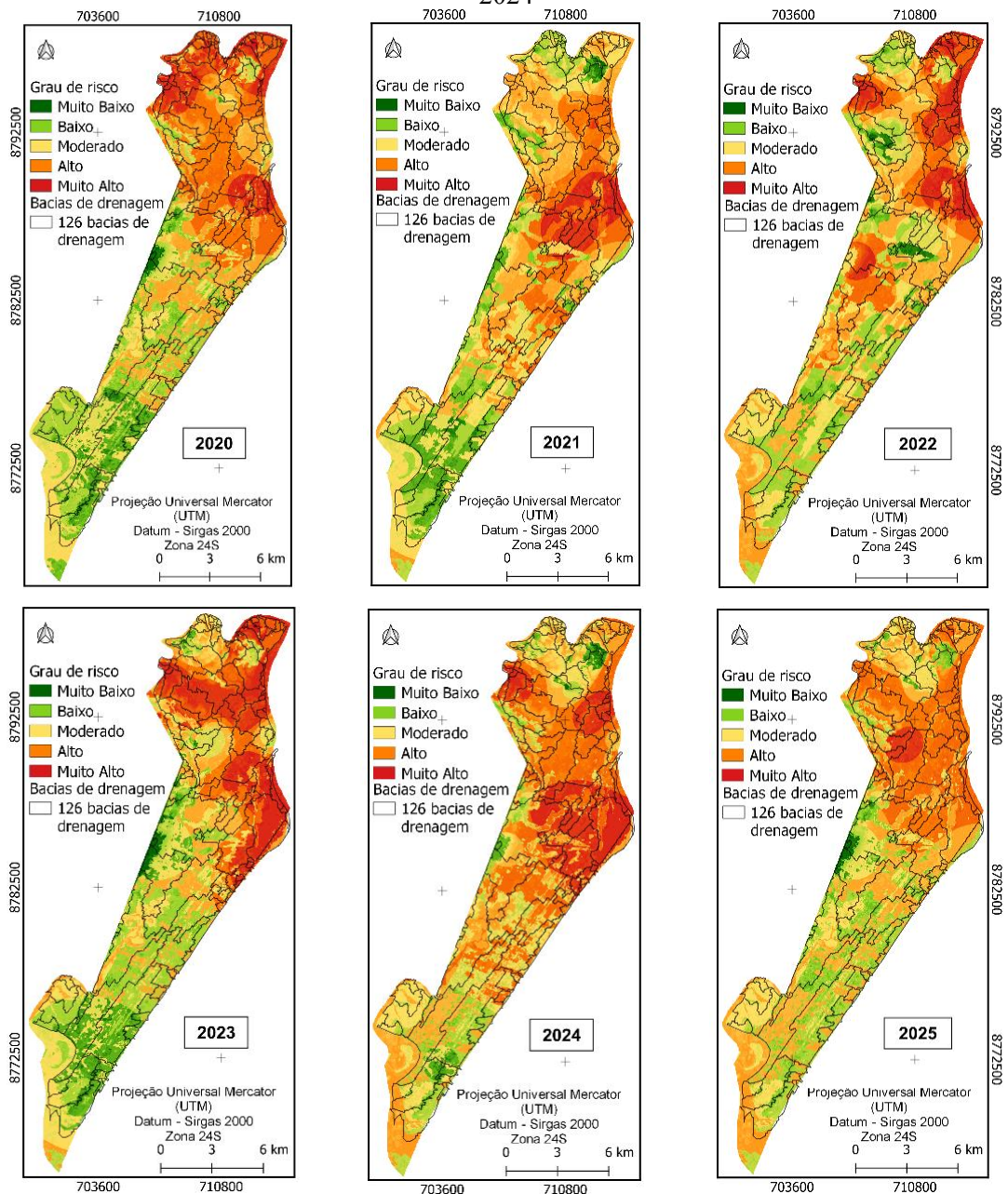
Fonte: Autor (2026).

A existência de mais de 70 canais de macrodrenagem indica a presença de uma rede extensa de escoamento. No entanto, o aumento das áreas impermeabilizadas eleva tanto o volume e quanto a velocidade do escoamento superficial, podendo exceder a capacidade hidráulica dos canais de macrodrenagem, originalmente dimensionados para condições menos urbanizadas (Aracaju, 2017). Além disso, a obstrução da microdrenagem por resíduos sólidos urbanos reduz a eficiência do sistema a montante, transferindo uma maior carga hídrica para a macrodrenagem.

### 3.4 Espacialização temporal da vulnerabilidade de alagamento e inundação

O município de Aracaju está inserido em um ambiente com características fisiográficas naturalmente suscetíveis a alagamentos e inundações, condição intensificada pela interferência antrópica, com mais de 50% de sua área classificada com risco alto e muito alto de vulnerabilidade (Figura 7; Tabela 3).

Figura 7. Mapa de vulnerabilidade à inundação e alagamento nos anos de 2021, 2022, 2023 e 2024



Fonte: Autor (2026).

É possível perceber que a modelagem da vulnerabilidade apresentou forte similaridade com a classificação da permeabilidade das bacias de drenagem (Figura 5), com leves variações atribuídas à influência da precipitação, principal fator desencadeador

dos alagamentos e inundações.

Tabela 3. Área (km<sup>2</sup>) e porcentagem das classes de vulnerabilidade ao alagamento e à inundação

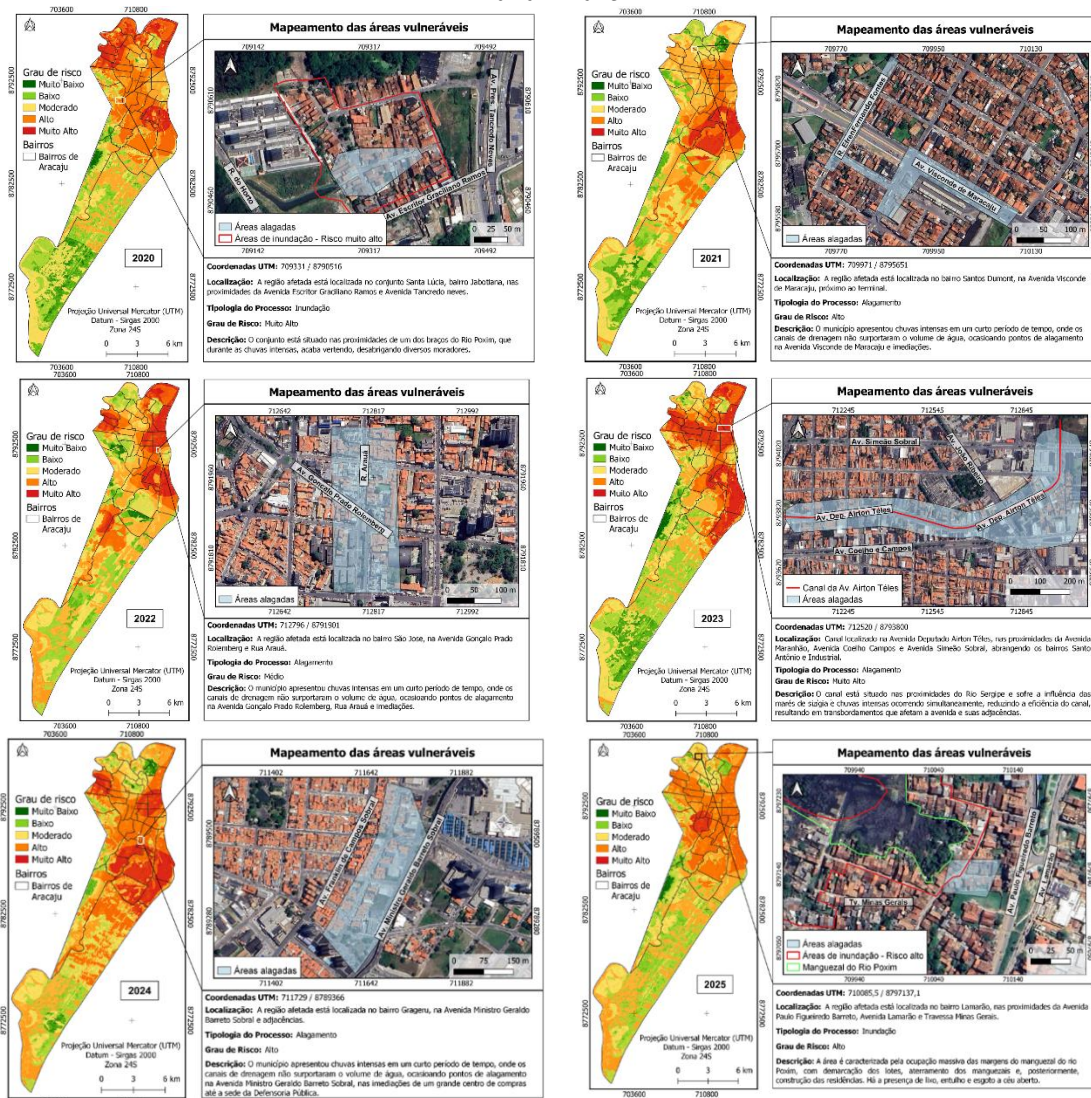
	Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta
2020	2,22 e 1,23	17,26 e 9,56	40,82 e 31,63	64,36 e 35,66	39,56 e 21,93
2012	2,52 e 1,40	21,83 e 12,09	52,53 e 29,11	65,98 e 36,56	37,61 e 20,84
2022	1,92 e 1,06	12,69 e 7,03	61,61 e 34,14	62,74 e 34,76	41,51 e 23,01
2023	2,45 e 1,32	20,26 e 10,88	54,64 e 29,35	41,40 e 22,24	67,42 e 36,21
2024	1,67 e 0,92	7,77 e 4,31	41,28 e 22,87	59,36 e 32,89	70,39 e 39,01
2025	2,06 e 1,12	14,02 e 7,60	47,96 e 26,11	50,38 e 25,57	68,91 e 37,61

Fonte: Autor (2026).

Em áreas urbanizadas, o principal condicionante associado à intensificação dos processos hidrológicos é a impermeabilização do solo, uma vez que reduz a infiltração, acelera o escoamento superficial, sobrecarregando o sistema de drenagem, favorecendo a ocorrência de enxurradas em áreas com maior declividade e gerando picos de vazão mais elevados nos rios, o que intensifica a vulnerabilidade a alagamentos e inundações (Aracaju, 2017). Diante desse contexto, torna-se fundamental preservar áreas com cobertura vegetal, pois regiões classificadas como de boa permeabilidade e baixo risco podem tornar-se altamente vulneráveis quando submetidas a processos intensos de impermeabilização.

É importante destacar que, embora toda inundação seja considerada um alagamento, nem todo alagamento se classifica como uma inundação. Entretanto, essa distinção pode gerar confusão ao tentar diferenciar a ocorrência de um alagamento de uma inundação, através da espacialização das ruas afetadas a partir de pontos. Para facilitar a compreensão, foi realizada a integração dos mapas, juntamente com as áreas de risco de inundação fornecidas pela Defesa Civil de Aracaju, a fim de facilitar a visualização e a diferenciação das informações. Embora, a intensidade da ocorrência de alagamentos tenha se mostrado semelhante ao longo dos seis anos analisados, alguns bairros, como por exemplo, Jabotiana, Santos Dumont, São José, Santo Antônio, Industrial, Graceru e Lamarão, apresentaram alta intensidade de recorrências (Figura 8).

Figura 8. Cartas-imagens das áreas com recorrência de alagamento e inundação entre os anos de 2020 e 2025



Fonte: Autor (2026).

A implantação de infraestruturas verde e azul são estratégias para mitigar a ocorrência dos alagamentos em Aracaju. Essas tecnologias possuem soluções baseadas na natureza, como jardins de chuva, pavimentos permeáveis, valas de infiltração, telhados verdes, recuperação de áreas verdes, tanques de detenção e retenção (“piscininhas”), as quais atuam na redução do escoamento superficial, aumento da infiltração e retardamento do pico de vazão. No município de Aracaju, a integração dessas soluções aos sistemas tradicionais de drenagem apresenta elevado potencial para reduzir a recorrência dos alagamentos.

No entanto, como Aracaju apresenta um relevo próximo ao nível do mar, com lençol freático raso, mesmo áreas com maior capacidade de infiltração podem apresentar rápida saturação do solo, favorecendo a formação de zonas de acúmulo temporário de água e a ocorrência de alagamentos pontuais, sendo mais recomendado para o município

a implantação de tecnologias de infraestrutura azul, como tanques de detenção e retenção (“piscininhas”), que demonstraram bons resultados no município de São Paulo. É importante salientar que essas limitações não invalidam as infraestruturas verdes, pois elas também auxiliam na redução do escoamento superficial.

#### **4. CONCLUSÃO**

De maneira integrada, a análise da geologia, geomorfologia e pedologia demonstra que a potencialidade à inundação resulta da interação entre materiais geológicos, posição topográfica e propriedades físicas dos solos. Embora os arenitos do Grupo Barreiras e os depósitos sedimentares costeiros apresentem, de modo geral, alta permeabilidade, a presença de níveis argilosos intercalados nos arenitos, aliada à ocupação antrópica das planícies de baixa altitude sob influência direta das marés de sizígia, eleva a suscetibilidade a alagamentos e inundações.

Do ponto de vista pedológico, os solos classificados no Grupo Hidrológico C, como o Gleissolo Sálico Sódico e o Espodossolo Sálico Sódico, configuram-se como os mais propensos à inundação, em função da reduzida capacidade de infiltração, do relevo plano e da propensão ao acúmulo superficial de água. Os Argissolos apresentam resposta intermediária, variando entre os Grupos B e C, enquanto o Neossolo Quartzarênico Órtico, mesmo com elevada capacidade de infiltração, pode ter sua eficiência hidrológica limitada por condições locais de relevo e uso do solo. Assim, a maior potencialidade à inundação concentra-se nas áreas de baixa altitude, com solos de menor permeabilidade e submetidas à influência direta de processos costeiros e hidrodinâmicos.

O predomínio da ocupação urbana, associado a um relevo predominantemente plano, com baixas cotas altimétricas e declividades suaves, estabelece condições naturais favoráveis ao acúmulo de água, agravadas pela influência das marés em setores costeiros e estuarinos. A supressão de manguezais e restingas — ecossistemas fundamentais para a regulação hídrica — aliada à expansão de superfícies impermeabilizadas, reduz a capacidade de infiltração e intensifica o escoamento superficial, resultando na elevação das vazões nos cursos d’água. Assim, a combinação entre uma morfologia propícia ao acúmulo hídrico, intensa urbanização e a redução da cobertura vegetal constitui um elemento central na dinâmica dos alagamentos urbanos em Aracaju, evidenciando a necessidade de estratégias de planejamento territorial e conservação ambiental direcionadas à mitigação desses eventos.

A análise das ocorrências de alagamentos e inundações no município de Aracaju

indica que os maiores índices pluviométricos tendem a se concentrar nas áreas mais densamente urbanizadas, especialmente nas zonas Central, Sul, Oeste e Norte, com registros superiores a 1700 mm/ano. A concentração de chuvas extremas, caracterizadas como volumes iguais ou superiores a 30 mm em 24 horas, associada à expansão das áreas impermeabilizadas e à restrita capacidade de drenagem, eleva de forma significativa o risco de alagamentos, sobretudo quando os eventos ocorrem simultaneamente a marés de sizígia elevadas. Observou-se, ainda, que a vulnerabilidade é acentuada em bacias de drenagem classificadas como de condição ruim e moderada, contudo, até mesmo áreas com boa permeabilidade podem registrar alagamentos em função da topografia plana e da presença de zonas de acumulação de água.

Entre 2020 e 2025, os alagamentos atingiram de forma recorrente um número considerável de ruas, concentrando-se principalmente nas bacias dos rios do Sal, Sergipe e Poxim, abrangendo bairros historicamente suscetíveis, como São José, Treze de Julho, Salgado Filho, Luzia, Grageru, Jardins, Coroa do Meio, Jabotiana, Porto Dantas e Lamarão. Apesar da existência de uma extensa rede de macrodrenagem, a sobrecarga decorrente do aumento do escoamento superficial e da obstrução da microdrenagem evidencia a necessidade de aperfeiçoamento das infraestruturas hidráulicas e do planejamento urbano. Os resultados ressaltam a importância de abordagens integradas de monitoramento pluviométrico, gestão da drenagem e planejamento territorial para a redução da vulnerabilidade da cidade a eventos extremos de chuva.

Conclui-se que o município de Aracaju apresenta elevada vulnerabilidade a alagamentos e inundações, decorrente da combinação entre suas condições fisiográficas naturais e a interferência antrópica, especialmente da impermeabilização do solo em áreas urbanizadas. A concentração de áreas de risco alto e muito alto nas bacias dos rios do Sal, Sergipe e Poxim evidencia a necessidade de estratégias integradas de drenagem urbana, de preservação de áreas permeáveis e de mitigação de alagamentos. A heterogeneidade da vulnerabilidade entre as bacias reforça que mesmo setores classificados com risco moderado podem apresentar níveis elevados de suscetibilidade, destacando a importância de ações pontuais e planejadas. Assim, a conservação da cobertura vegetal e o controle da impermeabilização urbana configuram-se como medidas essenciais para reduzir os impactos hidrológicos e promover a resiliência das áreas urbanas diante de eventos de alagamento e inundação.

## **REFERÊNCIAS**

ARACAJU. Prefeitura Municipal de Aracaju. **Plano integrado de saneamento básico de Aracaju**. Aracaju: UFS/SMA, 2015.

ARACAJU. **Lei nº 4.973, de 11 de dezembro de 2017**. Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico, e dá providências correlatas. Diário Oficial do Município de Aracaju, Aracaju, SE, 11 dez. 2017. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/se/a/aracaju/lei-ordinaria/2017/498/4973/lei-ordinaria-n-4973-2017-institui-o-plano-municipal-de->. Acesso em: 14 out. 2025.

BARROS, G. V. P. et al. Eficiência de redes neurais artificiais na classificação de uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba - SE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.35, p. 823 - 833, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/VXzdzSsCHyFRNyv3mFw6FkG/?lang=pt>. Acesso em: 14 out. 2025.

BARROS, G.V.P.; SOUZA, R.M.; SANTOS, F.S. Análise comparativa entre os dados de precipitação do programa GPM e os observados por estações meteorológicas em Sergipe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.18, n.4, p.2777-2791, abr. 2025.

BEZERRA NETO, J. A.; NASCIMENTO, P. S. R.; BARROS, G. V. P. Análise hierárquica aplicada à erosão do solo na Bacia Hidrográfica do rio Sergipe (SE). **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 82–106, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/49367>. Acesso em: 15 nov. 2025.

BRANDÃO, A. M. P. M. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 47-109.

CARDOZO, F.S.; HERRMANN, M.L.P.; PEREIRA, G. Análise das áreas suscetíveis a inundações na bacia do rio Forquilhas, São José/SC. **Espaço e Tempo**, n. 27, p. 33 - 45, 2010. Disponível em: <https://revistas.usp.br/geousp/article/view/74153>. Acesso em: 10 ago. 2025.

CARVALHO, E.T.; PRANDINI, F.L. Áreas urbanas. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, ABGE, 1998, cap.31, p.487-498.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003, 174p.

DEFESA CIVIL. **Plano de contingência: períodos chuvosos**. Aracaju: Defesa Civil, 2019, 45p.

EARTH DATA. **Alaska Satellite Facility**. [S. I., s. n.], 2012. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Acesso em: 15 out. 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 2006.

FERRER, J.; DANÉRIS, M.; MARQUES, P. R. **Resiliência & sustentabilidade**. Porto alegre: Libretos, 2025.

FONSECA, M. N.; FERENT, L. M. S. Resíduos sólidos urbanos e a ocorrência de alagamentos no núcleo urbano central de Curitiba. **International Journal of Environmental Resiliense Research and Science**, v. 4, n. 3, p. 1-18, 2022. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/ijerr/article/view/29479>. Acesso em: 8 out. 2025.

GARCIA, P. M. B.; AUGUSTIN, C.H.R.R.; CASAGRANDE, P.B. Geomorphological index as

support to urban planning. **Mercator**, v. 19, p.1-27, dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19003>. Acesso em: 14 set. 2025.

INFANTI JÚNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, ABGE, 1998, cap.9, p.131-152.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007. 176p.

MANTOVANI, J.R.; BACANI, V.M. Uma proposta metodológica de mapeamento de áreas suscetíveis a inundação e/ou alagamento na bacia hidrográfica do córrego Indaiá-MS. **GEOUSP**, v. 22, n. 3, p. 687 – 706, 2018. Disponível em: <https://revistas.usp.br/geousp/article/view/146752>. Acesso em: 3 nov. 2025.

IWASA, O.L.; FENDRICH, R. Controle de erosão urbana. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, ABGE, 1998, cap.16, p.271-282.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 10 da série anual de mapas de cobertura e uso da Terra do Brasil, resolução de 10 metros, 2023**. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/mapbiomas-cobertura-10m/>. Acesso em: 20 jan. 2025.

MONTEIRO, P. R. A.; MENDES, T. A. Avaliação e diagnóstico de sistema de drenagem urbana consolidado. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/343507771\\_Avaliacao\\_e\\_diagnostico\\_de\\_sistema\\_de\\_drenagem\\_urbana\\_consolidado](https://www.researchgate.net/publication/343507771_Avaliacao_e_diagnostico_de_sistema_de_drenagem_urbana_consolidado). Acesso em: 09 jan. 2025.

MORAIS, B. R.; MENDEZ-QUINTERO, J. D.; MACEDO, D. R.; NERO, M. A. Os telhados verdes nas políticas ambientais e como medida mitigadora das inundações urbanas: uma revisão sistemática. **Labor & Engenho**, v. 15, p. 1-12, dez. 2021. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8663910>. Acesso em: 17 ago. 2025.

MOTA, L.S.O. Dinâmica da ocupação da frente litorânea de Aracaju, Sergipe: fases e padrões de assentamento. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, v.12, n.1, dez. 2023. Disponível em: [https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/pt\\_BR/article/view/13866](https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/pt_BR/article/view/13866). Acesso em: 3 set 2025.

MOTA, L.S.O.; SOUZA, R.M. Avaliação dos riscos associados a alagamentos na planície costeira de Aracaju–SE, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v.41, p.1-17, jun. 2021. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/175978>. Acesso em: 5 set 2025.

NASCIMENTO, P. S. R.; DINIZIO JUNIOR, L. S. Análise hierárquica aplicada a riscos geohidrológico: análise espaço-temporal de alagamento e inundação no município de Aracaju (SE). **Revista Mineira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, v. 6, p. 1-29, jul. 2025. Disponível em: <https://periodicos.meioambiente.mg.gov.br/NM/article/view/341>. Acesso em: 20 dez. 2025.

NASCIMENTO, P. S. R.; OLIVEIRA, K. S. Análise espaço-temporal da ocorrência de alagamentos em área intensamente urbanizada. **Revista Contexto Geográfico**, Maceió, v. 7, n. 14, p. 1-15, 2022. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/contextogeografico/article/view/13407>. Acesso em: 15 dez. 2025.

PICA, A.; LÄMMLE, L.; BURNELLI, M.; DEL MONTE, M.; DONADIO, C.; FACCINI, F.; LAZZARI, M.; MANDARINO, A.; MELELLI, L.; PEREZ FILHO, A. Urban geomorphology methods and applications as a guideline for understanding the city Environment. **Land**, v. 13, n.

907, p. 1-27, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/13/7/907>. Acesso em: 10 nov. 2025.

RIBEIRO, N.M.G. Transformações Recentes no Espaço Urbano de Aracaju. **Revista Geonordeste**. Aracaju, n.1, p. 20-31, 1985.

RIBEIRO, C. B. M.; LIMA, R. N. S. Simulação de inundações urbanas a partir da integração de técnicas de geoprocessamento à modelagem hidráulica e hidrológica. **Revista de Geografia**, v. 2, n. 1, p. 1-9, abr. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/17895>. Acesso em: 20 nov. 2025.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, jun. 1977. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022249677900335>. Acesso em: 13 ago. 2025.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**: planning, priority setting, resource allocation. New York: Mcgraw-hill, 1980.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9-26, sep. 1990. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377221790900571>. Acesso em: 13 ago. 2024.

SANTOS, M. S.; NASCIMENTO, P. S. R. Análise da suscetibilidade e vulnerabilidade à erosão hídrica pelo processo analítico hierárquico (AHP). **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 9, n. 1, p. 1-19, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/37588>. Acesso em: 07 set. 2024.

SARDHARA, V. K., CHARM, P.; PATEL, K. C.; PATEL, R. J. Flood risk assessment and utilization of ahp in flood mapping: a comprehensive review. **International Research Journal of Modernization in Engineering, Technology and Science**, v. 3, n. 12, p. 1893-1902, 2021.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos Parte 1: Aplicação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p. 5-18, out./dez, 2005. Disponível em: <https://revistas.abrhidro.org.br/article.php?Article=440>. Acesso em: 10 out 2025.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, jan. 2008. Disponível em: <https://revistas.usp.br/eav/article/view/10295>. Acesso em: 3 set. 2025.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília. DF: CEPAL, 2012, 50p. Disponível em: <https://ideas.repec.org/b/ecr/col119/38004.html>. Acesso em: 17 jan. 2025.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2, n.1, p. 135– 52, jun. 1997. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/233443>. Acesso em: 17 ago. 2025.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n.1 p. 61-68. Jan./mar, 2000.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre: ABRH, 2007, 393p.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre; ABRH, 2003, 471p.

UN-HABITAT. **World Cities Report 2024: cities and climate action**. Nairobi: UN-Habitat, 2024. 373 p. Disponível em: <https://unhabitat.org/world-cities-report-2024-cities-and-climate-action>. Acesso em: 4 ago. 2025.