

FRAGILIDADE DA MICRODRENAGEM URBANA: ANÁLISE DE PONTOS CRÍTICOS DE ALAGAMENTOS EM SANTARÉM-PA

Analine Oliveira Santos¹; Marcos Antonio Barbosa da Silva Junior² & Lucielly Olavo da Costa³

RESUMO – Os Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) têm se apresentado como ferramentas relevantes, em diversos estudos brasileiros, para o diagnóstico de sistemas de microdrenagem urbana, podendo identificar e hierarquizar fatores ambientais, tecnológicos e institucionais que comprometem seu desempenho. Nesse contexto, este estudo analisou 8 pontos críticos de alagamento em Santarém-PA, indicados pela Coordenação Municipal da Defesa Civil (COMDEC), todos caracterizados pela recorrência de eventos, com o objetivo de identificar os fatores que comprometem o desempenho da drenagem nesses locais. Para tanto, foram realizadas inspeções *in loco* e avaliados 25 indicadores de fragilidade de aspecto ambiental, técnico e institucional que limitam a eficiência da microdrenagem. Os resultados das vistorias locais demonstraram impactos negativos decorrentes de ações antrópicas, bem como a ineficiência ou ausência de dispositivos de microdrenagem para a coleta e condução das águas pluviais. Os valores de Índice Geral de Fragilidade (IGF) indicaram níveis variando de “Média” a “Muito Forte”, evidenciando urgência de intervenções que promovam maior eficiência nos sistemas de microdrenagem urbana.

Palavras-Chave – Águas Urbanas. Diagnóstico Ambiental. Indicadores de Fragilidade.

ABSTRACT– System Fragility Indicators (SFI) have been presented as relevant tools, in several Brazilian studies, for diagnosing urban microdrainage systems, enabling the identification and ranking of environmental, technological, and institutional factors that compromise their performance. In this context, this study analyzed eight critical flood-prone locations in Santarém-PA, identified by the Municipal Civil Defense Coordination (COMDEC), all characterized by recurring events, with the objective of identifying the factors that compromise drainage performance in these areas. To this end, on-site inspections were carried out and 25 fragility indicators—covering environmental, technical, and institutional aspects—were evaluated, which limit the efficiency of microdrainage. The results of the field inspections revealed negative impacts resulting from anthropogenic actions, as well as the inefficiency or absence of microdrainage devices for the collection and conveyance of stormwater. The General Fragility Index (GFI) values indicated levels ranging from “Medium” to “Very High,” highlighting the urgency of interventions to improve the efficiency of urban microdrainage systems.

Keywords – Urban Waters. Environmental Diagnosis. Fragility Indicators.

INTRODUÇÃO

A expansão desordenada dos centros urbanos tem ocasionado impactos socioambientais significativos. Brito (2020) destaca que o aumento da impermeabilização do solo, aliado à remoção da cobertura vegetal, altera o tempo de escoamento das águas pluviais, intensifica o escoamento

1) Graduada em Engenharia Civil pela Ulbra (Santarém). Engenharia Civil na TPF Engenharia. E-mail: analinesantos.engcivil@hotmail.com

2) Doutor em Engenharia Civil (Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) pela UFPE. Docente na POLI/UPE. E-mail: mabsj@poli.br

3) Estudante de Engenharia Civil pela Ufopa (Universidade Federal do Oeste do Pará). E-mail: luciellyolavo9@gmail.com

superficial e evidencia as limitações dos sistemas de drenagem existentes. Nessa mesma perspectiva, Tucci (2012) afirma que a ausência ou ineficiência dos serviços de saneamento, especialmente no que se refere à drenagem e ao manejo das águas urbanas, reflete a carência de planejamento urbano em diversas cidades brasileiras, resultando em fragilidades estruturais, sociais e ambientais. Brito (2020) acrescenta que os efeitos da obsolescência dos sistemas de drenagem tornam-se mais danosos em épocas chuvosas, quando os centros urbanos passam a enfrentar alagamentos, enchentes e inundações.

Kemerich *et al.* (2013) ressaltam que, para a gestão de bacias hidrográficas, é de fundamental importância o conhecimento dos indicadores de fragilidade ou ainda de sustentabilidade, visando à caracterização da dinâmica dos problemas ambientais existentes na zona de interesse. Os indicadores constituem ferramentas compostas por uma ou mais variáveis, com o objetivo de agregar e quantificar dados, tornando sua relevância mais evidente. A fragilidade fundamenta-se em preceitos abrangentes que podem ser utilizados como diretrizes para políticas públicas, subsidiando o planejamento, a gestão e a tomada de decisões.

Recentemente, têm-se utilizado indicadores socioambientais e institucionais para avaliar o desempenho de sistemas de drenagem pluvial urbano (RODRIGUES *et al.*, 2024). Tais indicadores podem auxiliar os órgãos públicos, tomadores de decisão, a estabelecer uma hierarquização dos principais problemas a serem atacados a fim de conter os alagamentos urbanos (SILVA JUNIOR *et al.*, 2018). Metodologias como a proposta por Silva *et al.* (2004) têm sido amplamente aplicadas em diferentes contextos, revelando vulnerabilidades associadas à ausência de manutenção, obstruções e falta de padronização dos dispositivos de drenagem (SILVA JUNIOR *et al.*, 2018; BRITO, 2020). Pesquisas realizadas em Goiás (SANTOS *et al.*, 2020) demonstraram que sistemas de drenagem mais eficientes estão diretamente relacionados a melhores indicadores sociais e infraestruturais.

No estado do Pará, Hayden e Silva (2019) e Silva e Pinheiro (2019) utilizaram os Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS), com intuito de identificar os fatores que interferem no sistema de drenagem pluvial urbano, bem como seu grau de fragilidade, na bacia hidrográfica do rio Una, em Belém-PA. Os valores obtidos de IFS expressaram os problemas encontrados no serviço público de drenagem em toda grande Belém, classificando a bacia do rio Una com “Médio” grau de fragilidade.

Localizado na região oeste do Pará, o município de Santarém, situado no baixo Tapajós, na confluência com o rio Amazonas, possui população de 331.942 habitantes e área territorial de 17.898 km² (IBGE, 2022). A topografia varia de 29 a 470 metros de altitude, e o clima é típico de floresta tropical, quente e úmido, com chuvas intensas entre dezembro e junho, acumulando cerca de 2000 mm anuais. Em 2019, o núcleo urbano concentrava-se em apenas 95,01 km² do território. No entanto, observa-se baixa cobertura de esgotamento sanitário (10,84%) e de urbanização das vias (7,8%)

(IBGE, 2022). Apesar da elevada arborização urbana (70,03%), 3.436 pessoas encontram-se expostas a riscos alto e/ou muito alto associados a alagamentos, enxurradas, inundações, erosão laminar e deslizamentos, conforme dados do CPRM (2022), evidenciando a necessidade de melhorias na infraestrutura e no planejamento urbano. Santos e Silva Junior (2024) relatam que, entre os anos de 2023 e 2024, foram mapeados 71 pontos de alagamento em Santarém, com maior concentração na zona oeste da cidade, especialmente no bairro Santarenzinho. Relatórios da Defesa Civil de Santarém evidenciam que a suscetibilidade a alagamentos decorre, sobretudo, de fatores ambientais, como o acúmulo de resíduos sólidos, a presença de vegetação rasteira e a obstrução dos canais de drenagem.

Diante desse cenário, a análise da drenagem urbana em Santarém-PA torna-se necessária frente às transformações decorrentes da expansão urbana e das interferências antrópicas, como o crescimento populacional, a ocupação desordenada e a impermeabilização do solo, que intensificam a fragilidade do meio urbano. Os problemas socioambientais associados às falhas na drenagem e à recorrência de alagamentos motivaram a delimitação do estudo, que avalia os fatores que comprometem a funcionalidade da drenagem em pontos críticos do município, com base nos Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) de natureza ambiental, tecnológica e institucional.

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida em cinco fases. Inicialmente, realizou-se a revisão de literatura e a seleção de indicadores sociais e ambientais relacionados à drenagem urbana. Em seguida, em parceria com a Coordenação Municipal da Defesa Civil (COMDEC), foram coletadas informações acerca dos alagamentos e identificadas as Áreas-Problema (AP) da cidade de Santarém/PA. Posteriormente, os dados foram organizados em planilhas e tratados no *software* Quantum GIS, permitindo a elaboração de mapas e representações gráficas. Após o georreferenciamento, nos dias 22 e 23 de maio de 2024, realizaram-se visitas técnicas às Áreas Problema, com registros fotográficos dos dispositivos de microdrenagem e de suas falhas, para avaliação dos indicadores de fragilidade e, em seguida, o cálculo dos Índices de Fragilidade do Sistema (IFS). Por fim, definiu-se uma matriz de ações necessárias para a redução das fragilidades encontradas em cada AP investigada.

Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS)

A abordagem investigativa proposta por Silva *et al.* (2004) e aplicada por diversos pesquisadores, como Santos Junior *et al.* (2014), Silva Junior *et al.* (2018) e Rodrigues e Silva Junior (2025), contempla 25 indicadores destinados à identificação de fragilidades que comprometem o desempenho do sistema de drenagem pluvial, conforme apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Lista de Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) utilizados na pesquisa.

AMBIENTAL	1. Ocorrência de alagamentos: áreas onde ocorrem e com que frequência.
	2. Ausência/ ineficiência de dispositivos de armazenamento e de áreas para a infiltração da água pluvial nos lotes: considera-se a falta de dispositivos de controle do escoamento (nos lotes) para amenizar os efeitos da impermeabilização excessiva, provocada pela urbanização.
	3. Favorecimento da produção de sedimentos: com este indicador é possível observar se a área em análise se encontra próxima a locais favoráveis a produção de sedimentos, como vias de acesso sem pavimentação, exposição do solo e locais sem proteção superficial.
	4. Possível erosão da pavimentação das vias de acesso ocasionada pelo escoamento superficial: Através desse indicador é possível verificar a ocorrência de erosão ou deterioração do pavimento das vias de acesso, possivelmente ocasionados pelos alagamentos e escoamento superficial.
	5. Disposição de resíduos sólidos e deposição de sedimentos em vias públicas: Locais que possibilitam e/ou apresentam disposição clandestina de resíduos, assim como, verificar se há deposição de sedimentos nas linhas d'águas dos eixos viários.
	6. Interação inadequada com esgoto nos equipamentos de drenagem: Permite identificar a presença de esgoto lançado indevidamente nos equipamentos de drenagem.
	7. Interferência no trânsito de veículos: Na ocorrência de alagamentos, este indicador permite constatar se o sistema de drenagem fornece um bom direcionamento ao escoamento pluvial, de maneira a não interferir no trânsito de veículos.
	8. Interferência no movimento de pedestres na ocorrência de alagamentos: Com este indicador é possível verificar se o sistema de drenagem existente promove conforto à locomoção de pedestres na ocorrência de eventos chuvosos intensas.
	9. Ocupações ribeirinhas na calha do corpo receptor: este indicador permite identificar se no corpo receptor (canal, riacho ou rio) possui ocupações irregulares de suas margens, reduzindo a seção hidráulica para o escoamento das águas pluviais.
	10. Assoreamento do corpo receptor: Através deste indicador, busca-se verificar se há presença de vegetação, resíduos sólidos urbanos, contaminação por efluente doméstico e assoreamento na calha do corpo receptor.
	11. Canalização e revestimento da seção hidráulica do corpo receptor: este indicador verifica se o corpo receptor é revestido, canalizado ou envelopado. As boas práticas de manejo das águas pluviais urbanas recomendam repensar o uso de revestimentos nos canais e priorizar técnicas que permitam a infiltração das águas, reduzindo a aceleração do escoamento e diminuindo as chances de erosão das suas margens.
	12. Restrição à implantação de áreas de inundação: com este indicador é possível avaliar a existência de áreas disponíveis para a construção de bacias de detenção, caso haja a necessidade de uso das técnicas compensatórias de drenagem mais robustas.
TECNOLÓGICA	13. Deterioração física dos equipamentos de drenagem: através deste indicador é possível avaliar as condições de conservação física dos equipamentos de drenagem. Neste momento, é verificado se os poços de inspeção (ou de visita) e as bocas de lobo estão em boas condições e se tais elementos dispõem de tampas, de modo a garantir a integridade no deslocamento de veículos e pedestres.
	14. Ineficiência do escoamento nas vias: este indicador verifica se o eixo viário apresenta declividade suficiente para drenar as águas pluviais, além de avaliar se há interferências no escoamento pelas sarjetas (como cimentar as sarjetas para a subida de veículos, e/ou predominância de planícies, por exemplo).
	15. Inexistência de diretrizes para a execução das estruturas de drenagem urbana: com este indicador é possível avaliar se os dispositivos de drenagem (bocas de lobo e sarjetas, por exemplo) são padronizados e encontram-se posicionados e presentes nos locais adequados.
	16. Ineficiência dos dispositivos de coleta: este indicador visa identificar se a quantidade de bocas de lobo da área em análise é suficiente, além de avaliar suas condições de operação (se há interferência por fechamento ou gradeamento das bocas de lobo, reduzindo a capacidade de engolimento, por exemplo).
	17. Ineficiência da capacidade de transporte dos condutos: este indicador avalia se há indícios (de maneira especulativa) de interferências no escoamento pelas galerias, seja através da obstrução por sedimentos e/ou resíduos domiciliares e de pequenas reformas, ou através de seccionamentos provocados por cabeamento de telefonias, raízes de árvores, e outros.
	18. Redução da vida útil das estruturas de drenagem: com este indicador é possível analisar se as condições locais da área-problema contribuem para a redução da vida útil dos equipamentos de drenagem, como por exemplo o lançamento de efluentes domésticos nas galerias de drenagem.
	19. Redução da vida útil dos pavimentos: este indicador verifica se há depressões nas vias que provoquem o “empoçamento” das águas pluviais durante a ocorrência de chuvas intensas. Além disso, a ocorrência de alagamentos no eixo viário, provocado pela ineficiência da infraestrutura de drenagem, também compromete a integridade do pavimento, favorecendo na redução de sua vida útil.
	20. Passeios e/ou calçadas totalmente impermeabilizadas: observar se as calçadas dispõem de áreas permeáveis que permitam a infiltração e armazenamento temporário do escoamento superficial.
	21. Interferência no escoamento das águas pluviais no corpo receptor: este indicador verifica se há pontos de bloqueio ou equipamentos que atrapalhe o fluxo d'água no corpo receptor (adutoras, passarelas, etc).
INSTITUCIONAL	22. Elevação dos gastos com manutenção e conservação: este indicador verifica a necessidade de recursos financeiros para a manutenção e reparos das estruturas de drenagem existentes, com base no estado de conservação delas.
	23. Encarecimento das soluções técnicas: este indicador avalia a necessidade de recursos financeiros para corrigir as falhas de obras já existentes ou para execução de novas obras de readequação da infraestrutura de drenagem da área-problema, podendo fazer uso de técnicas compensatórias.
	24. Perda de credibilidade da administração pública: este indicador avalia o nível de satisfação e confiança da população com os órgãos públicos responsáveis pela manutenção e gestão das infraestruturas de drenagem (macro e microdrenagem).
	25. Ausência de manutenção regular do sistema de drenagem urbana: este indicador avalia a preocupação das entidades públicas em manter o sistema de drenagem urbana em boas condições de operação, promovendo manutenções regulares nos dispositivos de drenagem.

Fonte: Adaptado de Silva Junior *et al.* (2018).

A avaliação dos IFS é realizada conforme a natureza dos problemas (ambientais, tecnológicos ou institucionais), seguindo abordagens específicas para cada categoria e aplicando-se um sistema de pontuação ponderada, semelhante ao usado por Silva Junior *et al.* (2018), para avaliar a manifestação dos indicadores, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Pesos em função da manifestação dos indicadores.

Pesos	Manifestação dos Indicadores
0	Indicador inexistente na AP
1	Sem agravante (0%)
2	Pouco agravante (25%)
3	Medianamente agravante (50%)
4	Moderadamente agravante (75%)
5	Muito agravante (100%)

 Fonte: Silva Junior *et al.* (2018).

Para aprofundar essa análise, foi aferida a frequência dos Índices Gerais de Fragilidade (IFG) individualmente para cada Área-Problema (AP), sendo que esse índice resulta da soma dos pesos atribuídos conforme os IFS previamente definidos. O grau de fragilidade (Tabela 1), que varia de muito baixo a muito alto, é definido por intervalos numéricos entre 0 e 130, em que valores mais altos indicam maiores impactos no sistema de drenagem urbana.

Tabela 1 – Graus e intervalos dos IGF.

Graus de Fragilidade	Intervalos
Muito Baixa	0 a 26
Baixa	26 a 52
Média	52 a 78
Forte	78 a 104
Muito Forte	104 a 130

 Fonte: Silva Junior *et al.* (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização das AP

O Quadro 2 apresenta as 8 Áreas-Problema (AP) com maior recorrência de pontos críticos de alagamento, os quais interferem significativamente na mobilidade urbana do município, conforme a COMDEC (2024). Na Figura 1 é possível observar tais pontos espacializados no território municipal.

Quadro 1 – Localização das áreas com histórico de alagamentos recorrentes em Santarém (PA).

AP	Rua	Bairro	Longitude	Latitude
1	Av. Pardal/ Av. Japu	Salvação	54°45'50.67"O	2°27'13.84"S
2	Rodovia Santarém-Cuiabá / Av. Borges Leal	Caranazal	54°44'2.69"O	2°25'56.48"S
3	Rodovia Santarém-Cuiabá / Próx. ao viaduto	Esperança	54°43'56.46"O	2°26'23.26"S
4	Rodovia Santarém-Cuiabá / Av. Moaçara	Matinha	54°43'41.83"O	2°27'26.63"S
5	Av. Bartolomeu de Gusmão/ entre Av. Bugaville e Tv. Papoula	Jardim Santarém	54°43'22.75"O	2°43'22.75"S
6	Av. Sérgio Hein/ entre Avs. Frei Vicente e Castelo Branco	Interventoria	54°42'48.73"O	2°26'30.75"S
7	Tv. José Agostinho/ Av. Santos Dumont	Santíssimo	54°42'17.32"O	2°26'11.77"S
8	Av. Curua-una/ entre R. Sol Nascente e Av. Moura de Carvalho	Urumari	54°41'55.92"O	2°27'22.19"S

Fonte: COMDEC (2024).

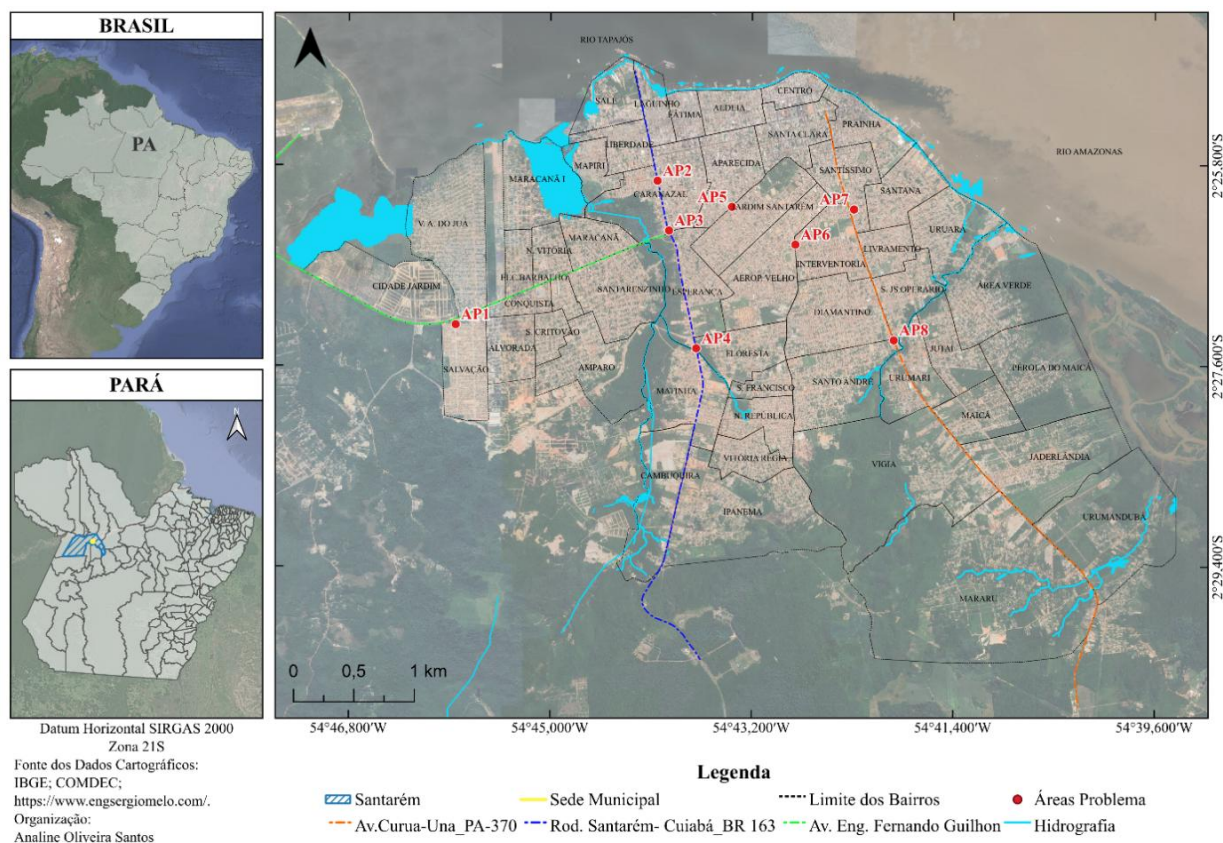


Figura 1 – Áreas-Problema de alagamentos na zona urbana do município de Santarém (PA).

Fonte: Autores (2026).

O mapeamento das oito AP incidentes em alagamentos urbanos, associado à sobreposição dos limites dos bairros, evidenciou que três delas (AP2, AP3 e AP4) estão situadas ao longo da BR-163, rodovia estratégica para o transporte de mercadorias e o desenvolvimento econômico nacional. De forma semelhante, a AP8 encontra-se na PA-370, fundamental para o escoamento da produção no oeste do Pará e para a integração regional.

Nas áreas com recorrência de alagamentos urbanos, as vistorias técnicas identificaram como principais agravantes a ausência de áreas permeáveis, sobretudo em propriedades privadas, a degradação e obstrução dos elementos do sistema de drenagem, o descarte inadequado de resíduos sólidos e águas residuais, bem como o carreamento de sedimentos oriundos de vias não pavimentadas, especialmente nas regiões da AP4, AP6 e AP8. Constatou-se, adicionalmente, a carência de sensibilização e educação ambiental tanto entre a população quanto na esfera da gestão pública.

Manifestação dos IFS

Com vistas a viabilizar um diagnóstico preciso e a formulação de estratégias políticas e práticas alinhadas aos princípios da sustentabilidade, procedeu-se à aplicação dos IFS, conforme exposto na Tabela 3, e observou-se que a AP4 se destaca com o maior número de fragilidades na microdrenagem.

Tabela 3 – Valores dos Indicadores de Fragilidades do Sistema atribuídos para as 8 AP do município de Santarém (PA).

Natureza do Indicador	Indicadores de Fragilidades do Sistema (IFS)	Valores (pesos) atribuídos							
		AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	AP7	AP8
AMBIENTAL	1. Ocorrência de alagamentos	4	3	4	5	4	3	5	5
	2. Ausência/ ineficiência de dispositivos de armazenamento e de áreas para a infiltração da água pluvial nos lotes	3	3	3	4	4	3	4	4
	3. Favorecimento da produção de sedimentos	3	1	1	5	3	4	3	5
	4. Possível erosão da pavimentação das vias de acesso ocasionada pelo escoamento superficial	2	2	2	5	3	4	5	4
	5. Disposição de resíduos sólidos e deposição de sedimentos em vias públicas	2	3	2	5	3	3	5	3
	6. Interação inadequada com esgoto nos equipamentos de drenagem	1	3	3	4	4	4	4	3
	7. Interferência no trânsito de veículos	5	4	3	5	4	3	5	4
	8. Interferência no movimento de pedestres na ocorrência de alagamentos	5	5	4	5	4	3	5	4
	9. Ocupações ribeirinhas na calha do corpo receptor	0	1	1	2	1	1	1	2
	10. Assoreamento do corpo receptor	2	2	2	5	2	2	2	5
	11. Canalização e revestimento da seção hidráulica do corpo receptor	2	2	2	5	2	2	2	5
	12. Restrição à implantação de áreas de inundação	1	4	4	3	4	3	4	4
Índice de Fragilidade- Ambiental		30	33	31	53	38	35	45	48
TECNOLÓGICA	13. Deterioração física dos equipamentos de drenagem	1	3	4	4	3	4	4	3
	14. Ineficiência do escoamento nas vias	1	4	2	5	3	2	3	4
	15. Inexistência de diretrizes para a execução das estruturas de drenagem urbana	2	3	3	5	3	3	3	2
	16. Ineficiência dos dispositivos de coleta	3	4	4	5	3	3	3	2
	17. Ineficiência da capacidade de transporte pelos condutos	2	4	3	5	3	3	4	5
	18. Redução da vida útil das estruturas de drenagem	2	3	3	5	4	3	4	3
	19. Redução da vida útil dos pavimentos	3	4	3	5	3	3	5	4
	20. Passeios e/ou calçadas totalmente impermeabilizadas	5	5	5	1	5	5	5	5
	21. Interferência no escoamento das águas pluviais no corpo receptor	3	0	2	4	2	2	2	3
Índice de Fragilidade- Tecnológica		22	30	29	39	29	28	33	31
INSTITUCIONAL	22. Elevação dos gastos com manutenção e conservação	2	3	3	5	3	3	4	3
	23. Encarecimento das soluções técnicas	4	4	3	4	4	4	5	4
	24. Perda de credibilidade da administração pública	4	4	3	5	4	3	5	4
	25. Ausência de manutenção regular do sistema de drenagem urbana	2	3	2	4	3	3	4	4
Índice de Fragilidade- Institucional		12	14	11	18	14	13	18	15
ÍNDICE GERAL DE FRAGILIDADE - IGF		64	77	71	110	81	76	96	94
ESCALONAMENTO DE PRIORIDADES		8º	5º	7º	1º	4º	6º	2º	3º

Fonte: Autores (2026).

Na abordagem investigativa, ao aplicar os IFS nas AP analisadas, destacaram-se os indicadores de número 1, 2, 7 e 8 (natureza ambiental), 16 e 19 (natureza tecnológica), além dos indicadores 23 e 24 (caráter institucional). Tais resultados refletem as constatações obtidas nas vistorias de campo, evidenciando a ineficiência dos dispositivos de coleta e a redução da vida útil dos pavimentos.

No âmbito institucional, ressalta-se a necessidade de investimentos financeiros destinados à correção das falhas em obras já existentes ou à execução de novas intervenções voltadas à readequação da infraestrutura de drenagem das áreas críticas, com possibilidade de adoção de técnicas compensatórias. Ademais, observa-se a perda de credibilidade da administração pública, manifestada pela insatisfação e desconfiança da população em relação aos órgãos responsáveis pela manutenção e gestão das estruturas de drenagem, especialmente nas áreas da AP4 (Figura 2) e AP7 (Figura 3).



Figura 2 – Condições do montante (a) e jusante (b) do Igarapé do Urumari com a BR 163; (c) Registro de alagamento na AP4 (Rod. Santarém-Cuiabá / Av. Moaçara) em 26/05/2024.

Fonte: Autores (2026).



Figura 3 – (a) e (b) Condições da microdrenagem; (c) e (d) Registro de alagamento em 04/03/2024 na Tv. José Agostinho com a Av. Santos Dumont (AP7).

Fonte: Autores (2026) e G1 Santarém (2024).

Os dados provenientes do Índice Geral de Fragilidade (IGF) evidenciam que a vulnerabilidade das AP se encontra acima da média, com valores que variam entre 64 (AP1) e 110 (AP4), conforme

ilustrado na Figura 4. Observa-se que a AP4 apresentou sistema de microdrenagem com índice de fragilidade muito forte, enquanto as AP5, AP7 e AP8 apresentaram índices de fragilidade forte, e as AP1, AP2, AP3 e AP6, índices de fragilidade média.

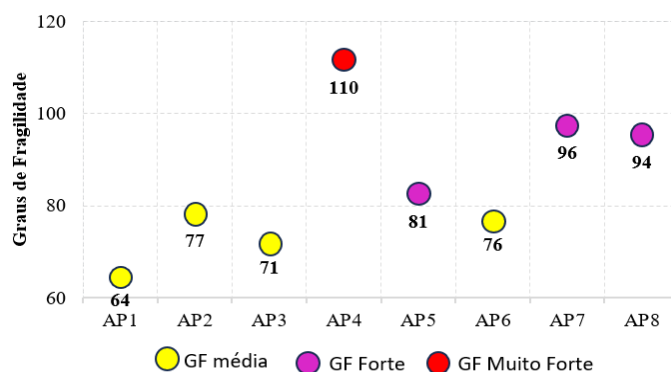


Figura 4 – Gráfico com valores dos IGF nas 8 AP do município de Santarém (PA).

Fonte: Autores (2026).

Matriz de Ações para a Redução das Fragilidades nas AP

O Quadro 3 indica as 12 ações sugeridas distribuídas entre as 8 AP, com vistas a melhorar os IFS e os IGF observados na Tabela 3 e Figura 4, respectivamente, constituindo-se em instrumento fundamental para o planejamento de políticas públicas e estratégias de gestão urbana e ambiental.

Quadro 3 – Matriz de ações recomendadas para cada AP.

Ações	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	AP7	AP8
1. Desenvolver projetos básico e executivo; ou estudos preliminares				X	X		X	X
2. Implantação de obras de microdrenagem			X	X	X	X		
3. Execução de obras de macrodrenagem				X				
4. Desobstrução e limpeza dos dispositivos hidráulicos		X	X	X	X	X	X	X
5. Recuperação e adequação dos dispositivos existentes		X	X	X	X	X	X	X
6. Limpeza e remoção do assoreamento no corpo receptor				X				X
7. Reparo na pavimentação		X		X	X	X	X	X
8. Controle de sedimentos e prevenção de erosão	X			X	X	X	X	X
9. Considerar/elaborar dispositivos legais e normativos para padronização dos dispositivos		X	X	X	X	X	X	
10. Ação conjunta entre os componentes do saneamento ambiental	X	X	X	X	X	X	X	X
11. Campanhas de incentivo social sobre consciência ecológica	X	X	X	X	X	X	X	X
12. Monitoramento e fiscalização regular				X	X		X	X

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação dos IFS permitiu identificar as falhas ambientais, tecnológicas e institucionais nos pontos críticos da microdrenagem urbana de Santarém (PA). Os resultados evidenciaram problemas como impermeabilização do solo, degradação de dispositivos de microdrenagem (bocas de lobo, sarjetas e galerias), descarte inadequado de resíduos e acúmulo de sedimentos, além da ineficiência na coleta e condução das águas pluviais e da redução da vida útil dos pavimentos.

Os níveis de fragilidade do sistema de microdrenagem das 8 AP variaram de “Média” a “Muito Forte”, com destaque para a AP4 (no cruzamento da Rodovia Santarém-Cuiabá com a Av. Moaçara), indicando a necessidade de intervenções estruturais e não estruturais. Evidenciou-se, ainda, a baixa sensibilização ambiental da população e limitações na gestão pública, bem como a necessidade de investimentos para a manutenção e ampliação dos dispositivos de microdrenagem.

De modo geral, a metodologia mostrou-se eficaz para subsidiar a definição de prioridades e aprimorar a gestão da microdrenagem urbana.

REFERÊNCIAS

- BRITO, W. D. L. de (2020). “*Avaliação do sistema de drenagem urbana utilizando os indicadores de fragilidade: estudo de caso na estrada do Pimenta no bairro do Alto do Calhau em São Luís- MA*”. São Luís: UNDB, 2020.
- COMDEC (2024). “*Relatórios de vistorias realizados em pontos de alagamentos de Santarém*”. Material disponibilizado por e-mail em: 20 mar. 2024.
- CPRM, Serviço Geológico do Brasil (2022). “*Setorização de áreas de risco geológico: Santarém, Pará*”. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22704>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- G1 Santarém (2024). “*Chuvvas causaram alagamentos no fim de semana em Santarém e região*”. <https://globoplay.globo.com/v/12407190/>. Acesso em: 01 de mai. 2026.
- HAYDEN, D. A.; SILVA, A. H. P. M. (2019). “*Diagnóstico Ambiental: Indicadores de fragilidade em um sistema de drenagem urbana e depósitos irregulares de lixo em Belém/PA- Amazônia*”. Revista GeoAmazônia, v.7, n.14, p.21-48.
- IBGE (2022). “*IBGE Cidades: Panorama de Santarém-PA*”. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santarem/panorama>. Acesso em: 30 de abril de 2026.
- KEMERICH, P. D. C.; MARTINS, S. R.; KOBİYAMA, M.; BURIOL, G. A.; BORBA, W. F.; RITTER, L. G. (2013). “*Avaliação da Sustentabilidade Ambiental em bacias hidrográficas mediante a aplicação do modelo P-E-R*”. Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v.10, n.10, p. 2140-2150, jan./abr. 2013.
- RODRIGUES, J. W. S.; SILVA JUNIOR, M. A. B.; LIMA, M. C. A. (2024). “*Indicadores de fragilidade de sistemas de drenagem urbana como suporte à avaliação do desempenho: uma revisão sistemática da literature*”. Contribuciones a Las Ciencias Sociales, v. 17, n. 8, e9133.
- RODRIGUES, J. W. S.; SILVA JUNIOR, M. A. B. (2025). “*Análise dos indicadores de fragilidade do sistema de drenagem urbana aplicados em microbacia da região amazônica*”. Meio Ambiente (Brasil), v. 7, n. 2, p. 29-47.
- SANTOS, A. O.; SILVA JUNIOR, M. A. B. (2024). “*A Gestão da Drenagem Urbana na Cidade de Santarém-PA*”. In: XV Encontro Nacional de Águas Urbanas, 2024, Recife-PE. Anais do XV Encontro Nacional de Águas Urbanas.
- SANTOS, L. P. S. (2022). “*Indicadores socioambientais para avaliação de sistemas de drenagem urbana*”. 2022. 113 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- SANTOS, L. P. S.; FORMIGA, K. T. M.; FERREIRA, N. C. (2020). “*Construção de um indicador socioambiental e a relação com o sistema de drenagem urbana*”. RBCIAMB, v.55, n.2, p. 171-191.
- SILVA, A. H. P. M. da; PINHEIRO, A. V. R. (2019). “*Indicadores de fragilidade de sistema de drenagem urbana: estudo de caso da bacia hidrográfica do Una/PA*”.
- SILVA, B. J.; PEREIRA, O. S.; ASSIS, W. A. V.; MORAES, L. R. S. (2004). “*O componente drenagem urbana no Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas, Bahia*”.
- SILVA JUNIOR, M. A. B.; SILVA, A. K. B.; FONSECA NETO, G. C.; CABRAL, J. J. S. P. (2018). “*Avaliação dos indicadores de fragilidade do sistema de drenagem urbana de um bairro em Olinda-PE*”. In: XII Encontro Nacional de Águas Urbanas, 2018, Maceió-AL. Anais do XII Encontro Nacional de Águas Urbanas.