



ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INUNDAÇÃO NO ALTO CURSO DO RIO PACIÊNCIA, SÃO LUÍS - MA (BRASIL)

ANALYSIS OF FLOOD RISK EXPOSURE IN THE UPPER COURSE OF THE PACIÊNCIA RIVER, SÃO LUÍS - MA (BRAZIL)

ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN AL RIESGO DE INUNDACIONES EN EL CURSO SUPERIOR DEL RÍO PACIÊNCIA, SÃO LUÍS - MA (BRASIL)

Karina Vieira de Govêa¹

¹Mestranda em Geografia - Universidade Estadual do Maranhão, e-mail: kvieira532@gmail.com

 <http://orcid.org/https://orcid.org/0000-0003-3970-944X>

Brenda Graziela Pereira Madeira²

²Doutoranda em Geografia Física - Universidade de São Paulo, e-mail: brendagraziela15@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-6649-8388>

Izani Gonçalves dos Santos Pereira³

³ Dotoranda em Geografia - Universidade do Oeste do Paraná, e-mail: izani.gds@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-0809-3902>

Andreza dos Santos Louzeiro⁴

⁴ Professora Doutora - Universidade Estadual do Maranhão, e-mail: andreza_louzeiro@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-9652-3241>

Luiz Carlos Araújo dos Santos⁵

⁵ Professor Doutor - Universidade Estadual do Maranhão, e-mail: luizcarlosuema@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-5713-0269>

Quésia Duarte de Silva⁶

⁶ Professora Doutora – Universidade Estadual do Maranhão, e-mail: quesiasilva@professor.uema.br

 <http://orcid.org/0000-0003-4496-3426>

RESUMO

A crescente urbanização e a ocupação desordenada do solo têm intensificado os problemas relacionados a inundações, especialmente em áreas próximas a corpos d'água. O bairro Jardim São Cristóvão, localizado em São Luís (MA), enfrenta tais desafios, dado seu posicionamento próximo ao alto curso do Rio Paciência. Este estudo analisa a suscetibilidade à inundação no bairro, a partir da setorização de quatro áreas, com o objetivo de identificar as zonas mais vulneráveis e fornecer subsídios para políticas de mitigação. A pesquisa adota uma abordagem quanti-qualitativa e exploratória, utilizando a metodologia de Guerra *et al.* (2009), adaptada por Gomes (2020), para avaliar variáveis ambientais e sociais. A análise é complementada por um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e pela técnica DELPHI, que atribui pesos às variáveis investigadas. Os resultados indicam que o Setor 4 é o mais suscetível a inundações, com um índice de 1, enquanto o Setor 1 apresenta a menor suscetibilidade, com índice



de 0. A delimitação das áreas mais vulneráveis serve como um alerta para a implementação de medidas preventivas e mitigadoras, visando à redução dos impactos das inundações nesta região.

Palavras-chave: Exposição Física Ao Risco. Inundação. Ambiente Urbano. Socioambiental.

ABSTRACT

Increasing urbanization and disorderly land use have intensified flood-related problems, especially in areas close to bodies of water. The Jardim São Cristóvão neighborhood, located in São Luís (MA), faces such challenges, given its location near the upper course of the Paciência River. This study analyzes the susceptibility to flooding in the neighborhood, based on the sectorization of four areas, to identify the most vulnerable zones and provide subsidies for mitigation policies. The research adopts a quantitative-qualitative and exploratory approach, using the methodology of Guerra et al. (2009), adapted by Gomes (2020), to evaluate environmental variables such as natural drainage, waterproofing, and silting. The analysis is complemented by a Geographic Information System (GIS) and the “DELPHI” technique, which assigns weights to the investigated variables. The results indicate that Sector 4 is the most susceptible to flooding, with an index of 0.2753, while Sector 1 has the lowest susceptibility, with an index of 0.072. The delimitation of the most vulnerable areas serves as a warning for the implementation of preventive and mitigating measures, aiming to reduce the impacts of flooding in this region.

Keywords: Physical Hazard Exposure. Flooding. Urban Environment. Socio-Environmental.

RESUMEN

La creciente urbanización y la ocupación desordenada del territorio han intensificado los problemas relacionados con las inundaciones, especialmente en zonas cercanas a cuerpos de agua. El barrio Jardim São Cristóvão, ubicado en São Luís (MA), enfrenta tales desafíos, dada su posición cercana al curso superior del río Paciência. Este estudio analiza la susceptibilidad a inundaciones en el barrio, a partir de la sectorización de cuatro áreas, con el objetivo de identificar las zonas más vulnerables y otorgar subsidios para políticas de mitigación. La investigación adopta un enfoque cuantitativo-cualitativo y exploratorio, utilizando la metodología de Guerra et al. (2009), adaptado por Gomes (2020), para evaluar variables ambientales como drenaje natural, impermeabilización y sedimentación. El análisis se complementa con un Sistema de Información Geográfica (SIG) y la técnica DELPHI, que asigna pesos a las variables investigadas. Los resultados indican que el Sector 4 es el más susceptible a inundaciones, con un índice de 1, mientras que el Sector 1 tiene la menor susceptibilidad, con un índice de 0. La delimitación de las zonas más vulnerables sirve como alerta para la implementación de medidas preventivas y mitigantes, buscando reducir los impactos de las inundaciones en esta región.

Palabras clave: Exposición Física Al Riesgo. Inundaciones. Ambiente Urbano. Socioambiental.

INTRODUÇÃO

As inundações são fenômenos naturais que, quando associadas a fatores sociais, podem causar impactos significativos à população. Nesse contexto, a expansão urbana desordenada e a ocupação inadequada das cidades evidenciam um processo histórico de urbanização desvinculado do planejamento territorial e das características ambientais locais. Diante desse cenário, a identificação das áreas mais suscetíveis a inundações torna-se fundamental para orientar ações de gestão, prevenção e mitigação dos impactos, especialmente nas regiões já ocupadas.

Conforme a morfologia fluvial, a dinâmica climática e outras características físicas de determinada região, é possível identificar áreas e períodos naturalmente mais suscetíveis à ocorrência de inundações. Entre essas áreas, destacam-se as planícies de inundação e as várzeas, especialmente em períodos de elevados índices pluviométricos.

No ambiente urbano, a ocorrência de precipitações intensas e a impermeabilização do solo favorecem o aumento do escoamento superficial, potencializando as cheias e as inundações (Farias; Mendonça, 2022; Campo *et al.*, 2015). Entretanto, a presença desses eventos não é suficiente para caracterizar, por si só, uma situação de risco. A magnitude dos impactos depende também das condições de exposição das populações e de sua vulnerabilidade social, fatores que influenciam a capacidade de enfrentamento e resposta aos eventos.

Nessa perspectiva, Louzeiro (2022) afirma que o risco deve ser compreendido como o resultado da interação entre os perigos de natureza físico-ambiental e os processos sociais que condicionam a ocupação do território, a exposição das populações e seus diferentes níveis de vulnerabilidade.

Em São Luís, capital do Estado do Maranhão, o processo de expansão urbana ocorreu de forma tardia e acelerada, sobretudo nas décadas de 1960 e 1970, impulsionado pela implantação de sistemas viários, construção de pontes e instalação de grandes projetos industriais. Como resultado, a cidade expandiu-se de maneira dispersa, incorporando áreas periféricas em relação ao núcleo urbano central (Corrêa, 2013).

Nesse contexto, o crescimento do setor de prestação de serviços contribuiu para a urbanização do bairro Jardim São Cristóvão (Corrêa, 2013). O bairro, que compreende a área de estudo desta pesquisa, passou por um intenso processo de ocupação, marcado pela expansão de áreas residenciais e comerciais. Essa dinâmica favoreceu a ocupação de áreas próximas ao canal principal do alto curso do rio Paciência, caracterizadas por elevada densidade construtiva e suscetíveis à ocorrência de inundações, sobretudo durante o período chuvoso, quando os índices pluviométricos são mais elevados no primeiro semestre do ano (Pinheiro, 2018).

Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo analisar o nível de suscetibilidade à inundação em uma área específica do bairro Jardim São Cristóvão. Para tanto, a área de estudo foi subdividida em quatro setores, possibilitando uma análise mais detalhada da suscetibilidade à inundação, com base na metodologia proposta por Guerra *et al.* (2009) e adaptada por Gomes (2020). A aplicação dessa abordagem permitiu identificar os setores mais suscetíveis ao fenômeno, gerando informações que poderão subsidiar futuras ações de planejamento, prevenção e mitigação dos impactos associados às inundações.

SUSCETIBILIDADE, INUNDAÇÃO E IMPACTOS PROVOCADOS PELA INUNDAÇÃO

Os riscos e desastres hidrológicos, como as inundações, estão entre os fenômenos naturais mais frequentes e impactantes nos espaços urbanos brasileiros, especialmente em áreas onde o processo de ocupação ocorre sem considerar as características naturais dos corpos hídricos e do território.

Segundo Tominaga, Santoro e Amaral (2009), o risco de desastre resulta da interação entre três elementos principais: perigo, exposição e vulnerabilidade. Dessa forma, a ocorrência de um fenômeno natural, como chuvas intensas, não determina isoladamente a existência de um desastre, pois seus impactos estão associados às condições sociais, ambientais e espaciais das áreas atingidas.

Nesse sentido, os desastres hidrológicos destacam-se entre os eventos de origem natural com maior ocorrência no Brasil, provocando danos relacionados à infraestrutura, aos bens materiais e à população exposta (Sulaiman, 2021). Conforme o Relatório de Sendai (2015), esses eventos fazem parte da dinâmica natural do planeta, mas tornam-se desastres quando interagem com sociedades vulneráveis e áreas ocupadas.

Os desastres ambientais representam um desafio crescente para as sociedades, em razão dos elevados impactos sociais, econômicos e ambientais associados a esses eventos. Conforme o Relatório de Sendai (2015), as perdas decorrentes dos desastres estão relacionadas não apenas à ocorrência de fenômenos naturais, mas também ao aumento da exposição de populações e bens em áreas suscetíveis, além das condições de vulnerabilidade existentes. Dessa forma, os impactos dos desastres não são distribuídos de maneira uniforme, atingindo de forma mais intensa grupos e comunidades com menor capacidade de prevenção, adaptação e resposta.

Considerando que a ocorrência e os impactos dos desastres hidrológicos estão relacionados às características dos eventos e às condições de exposição e vulnerabilidade do território, a adoção de medidas de prevenção, preparação e resposta constitui uma estratégia importante para a redução dos danos associados a esses eventos. Entre essas medidas, destacam-se a implementação de sistemas de alerta precoce, o fortalecimento das infraestruturas de proteção e

a disseminação de informações à população sobre ações de prevenção e mitigação, especialmente em áreas de maior vulnerabilidade (Kobiyama, 2015).

Nesse contexto, a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) estabelece uma classificação dos desastres em diferentes grupos, incluindo os de natureza biológica, geológica, climatológica, hidrológica e meteorológica. Os desastres hidrológicos são classificados em três categorias: inundações, enxurradas e alagamentos, cujas definições são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Tipos de desastres hidrológicos.

Grupo	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
2. Hidrológico	Inundações	0	0	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.	1.2.1.0.0	
	Enxurradas	0	0	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.	1.2.1.0.0	
	Alagamentos	0	0	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.	1.2.1.0.0	

Fonte: Adaptado de COBRADE (2021).

Sobre esse fenômeno, Gomes (2020) esclarece que o desastre não é causado apenas pela elevação do nível da água, mas pelo contexto de vulnerabilidade social e ambiental associado à ocupação e ao uso inadequados do território. A oscilação do nível de um corpo hídrico constitui um fenômeno natural e faz parte da dinâmica ambiental, podendo ocorrer, por exemplo, em função de chuvas sazonais e de ciclos hidrológicos regulares. Entretanto, a transformação desse fenômeno natural em desastre está relacionada, sobretudo, à forma como a sociedade intervém e ocupa o ambiente. Isso ocorre, principalmente, quando as margens dos rios, que constituem áreas suscetíveis à ocorrência de inundações, são ocupadas sem infraestrutura adequada, expondo a população e os bens materiais à possibilidade de danos.

No contexto de São Luís, os desastres hidrológicos também constituem uma problemática relevante, especialmente em áreas sujeitas à ocorrência de inundações e alagamentos. Esses eventos resultam da interação entre fatores climáticos, características do território e condições de ocupação e infraestrutura urbana, podendo produzir impactos de diferentes naturezas. Entre eles, destacam-se o deslocamento de famílias em decorrência do alagamento de residências próximas a corpos hídricos, as perdas de bens materiais, os danos à infraestrutura urbana, os agravos à saúde física e psicossocial, além de processos de contaminação e degradação ambiental. Nesse sentido, Gomes (2020) destaca que a suscetibilidade aos desastres hidrológicos está relacionada às características da infraestrutura e às condições urbanas existentes.

Essa relação entre exposição física e vulnerabilidade social também é evidenciada na área de estudo, que apresenta características semelhantes às discutidas por Louzeiro (2022), especialmente no que se refere à presença de problemas relacionados ao saneamento básico, ao

abastecimento de água e à drenagem pluvial, além de desigualdades sociais e ocupações em áreas suscetíveis, como encostas e margens de rios. Nesse contexto:

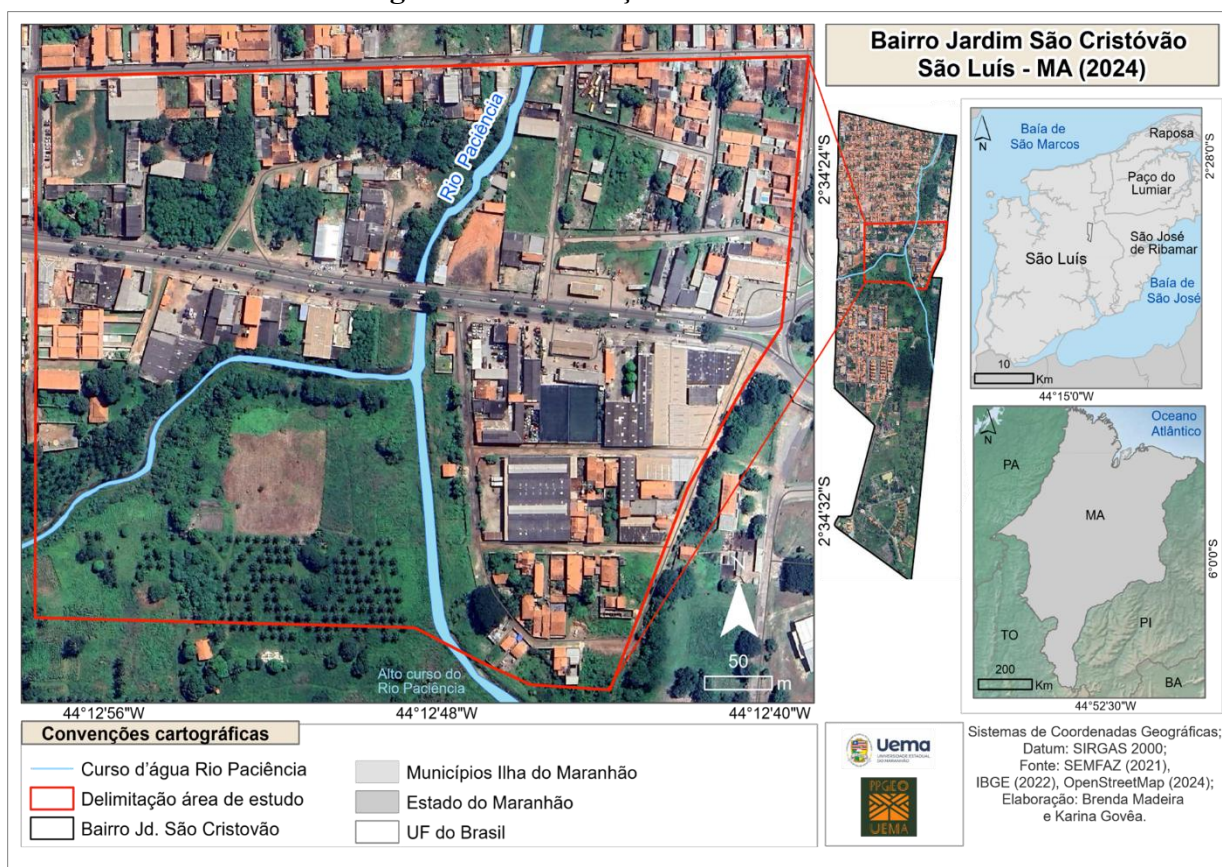
[...] onde são encontrados problemas relacionados a sistemas de saneamento básico, abastecimento de água, drenagem pluvial, desigualdade social, ocupações de encostas e margens de rios, etc. Então, a sobreposição da exposição física (fatores naturais e estruturais da área) com a vulnerabilidade social (alta suscetibilidade, baixa capacidade de lidar e de adaptação) constitui-se territórios de risco (Louzeiro, 2020, p. 22).

Dessa forma, a compreensão da relação entre exposição física e vulnerabilidade social constitui uma etapa fundamental para a identificação das áreas suscetíveis à ocorrência de inundações. A partir dessa perspectiva, torna-se necessário analisar as características do território que podem favorecer ou intensificar a exposição a esses eventos, considerando as especificidades do recorte espacial estudado

METODOLOGIA

A presente pesquisa possui abordagem quanti-qualitativa e caráter exploratório, tendo como objetivo analisar quatro setores suscetíveis à inundação no alto curso do rio Paciência, no bairro Jardim São Cristóvão, em São Luís (MA). A área de estudo compreende aproximadamente 0,50 km², conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Localização da área de estudo.



Fonte: IBGE, 2022.

Procedimentos metodológicos para análise da suscetibilidade à inundação

Para a análise da suscetibilidade à inundação, foi utilizada a adaptação da metodologia proposta por Guerra *et al.* (2009) aplicada por Gomes (2020), denominada “Ficha de análise de fatores de suscetibilidade à inundação”.

A partir dessa metodologia, foram avaliadas diferentes variáveis relacionadas às condições ambientais, estruturais e socioespaciais que podem influenciar a ocorrência e a intensidade das inundações urbanas.

Considerando as características da área de estudo e a ocorrência recorrente de inundações no trecho analisado, foram delimitados quatro setores específicos em áreas urbanizadas presentes no alto curso do rio estudado. A delimitação considerou a configuração do arruamento local e a disposição do curso d’água, resultando em dois setores na margem esquerda e dois na margem direita da principal via de acesso do bairro, como ilustrado na figura 1.

Foi aplicada uma ficha de análise para cada setor delimitado. As variáveis avaliadas foram: influência dos canais, lançamento de lixo e entulho, cobertura vegetal, impermeabilização, assoreamento, drenagem do rio principal, drenagem pluvial, qualidade das moradias e acesso para pedestres.

Cada variável foi avaliada em campo e classificada em uma escala de 1 a 5, sendo o valor 1 associado à menor condição de suscetibilidade e o valor 5 à maior. Para cada setor analisado, foi preenchida uma ficha de avaliação, cujos resultados foram posteriormente organizados em planilha eletrônica elaborada por Louzeiro (2022) (Tabela 1).

Na etapa seguinte, aplicou-se o método *Delphi*, conforme empregado por Gomes (2020), para estabelecer a importância relativa dos níveis determinados para cada variável. Esses pesos, definidos por meio desse método, foram expressos em uma escala de 0 a 1 para sua ponderação.

Após a ponderação, realizou-se a soma dos resultados correspondentes às variáveis avaliadas e, posteriormente, a divisão desse valor pelo número de variáveis analisadas, obtendo-se o valor médio de suscetibilidade. Na sequência, os valores médios obtidos foram multiplicados pelo número de domicílios existentes em cada setor e, posteriormente, pelo número total de domicílios da área de estudo.

Os resultados obtidos para os quatro setores foram somados e relacionados ao número total de domicílios existentes na área de estudo, permitindo a obtenção do resultado geral. A organização dos dados e a sequência dos cálculos realizados são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Organização dos dados e cálculo da ponderação das variáveis de suscetibilidade à inundação.

VARIÁVEIS DE INUNDAÇÃO											
Variável	Nível (Resultado do campo)	Delphi	Ponderação (Nível*Delphi)	Soma (Σponderação)	Divisão (Σponderação/9)	Equação por setor	Equação área total				
1	Influência dos canais	5	1	5	34,25	3,425	154,125				
2	Lançamento de lixo/entulho	5	1	5	<table><tr><td>Domicílios por setor</td><td>45</td></tr><tr><td>Domicílios total</td><td>181</td></tr></table>			Domicílios por setor	45	Domicílios total	181
Domicílios por setor	45										
Domicílios total	181										
3	Cobertura Vegetal	5	1	5							
4	Impermeabilização	5	1	5							
5	Assoreamento	5	1	5							
6	Drenagem - rio principal	4	0,75	3							
7	Drenagem pluvial	2	0,25	0,75							
8	Qualidade das moradias	4	0,75	0,5							
9	Acesso para pedestres	5	1	5							

Fonte: Autores (2026).

Para a normalização, o menor valor obtido entre os setores foi utilizado como referência mínima e o maior valor como referência máxima. Dessa forma, o menor resultado recebeu o valor normalizado igual a zero, enquanto o maior recebeu o valor igual a um. Os demais valores foram posicionados proporcionalmente entre esses dois extremos, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Tabela do Excel para cálculo de normalização.

Equação de normalização (1+ (N -M) * (1/ (M -m)))	
0,07217	0
0,18288	0,5449936
0,20977	0,6773654
0,27531	1

Fonte: Autores (2026).

A partir dos valores normalizados, foi realizada a classificação dos setores quanto aos níveis de suscetibilidade à inundação, possibilitando a comparação entre os resultados e a posterior representação espacial das áreas analisadas.

Ambiente do Sistema de Informação Geográfica SIG

Os dados obtidos a partir da aplicação das fichas e dos cálculos realizados em planilha eletrônica foram espacializados no ambiente do Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o *software* QGIS 3.34. Para a elaboração do mapa de suscetibilidade   inundação, foram utilizados os setores previamente delimitados na área de estudo e seus respectivos valores normalizados.

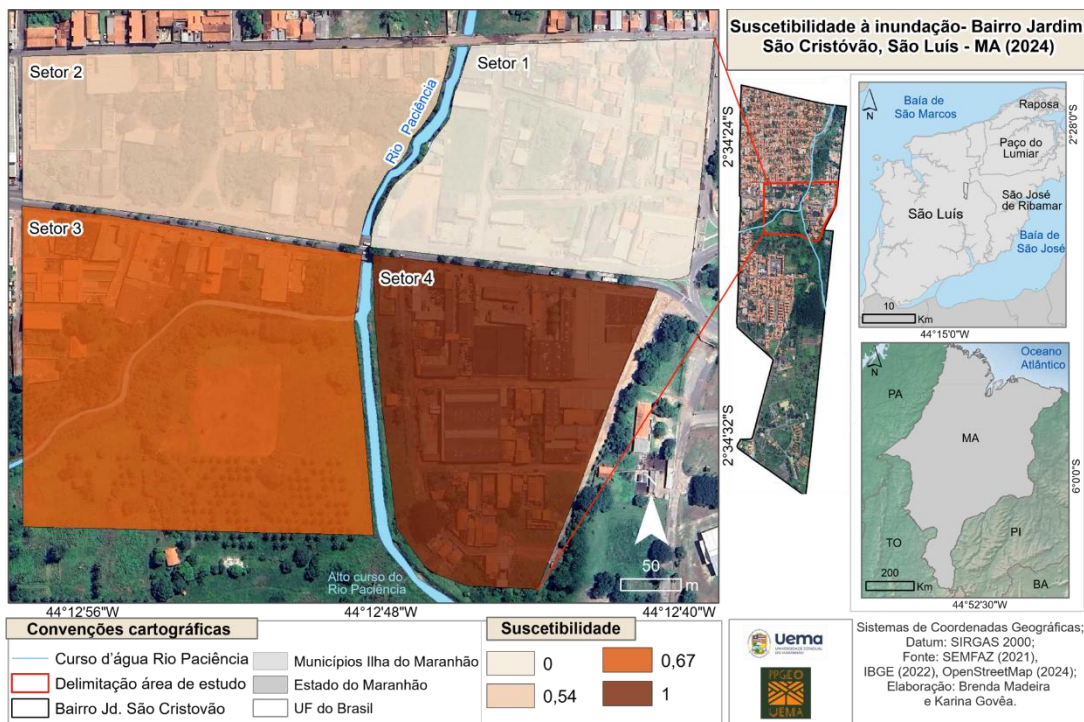
A representação cartográfica dos resultados foi realizada por meio da técnica coropl tica, na qual os valores atribuídos às unidades espaciais são representados por diferentes tonalidades, permitindo a visualização da variação espacial do fenômeno analisado.

Para a composição do produto cartográfico, foi utilizada como base a imagem de s t lite disponibilizada pela ferramenta *Basemap* do QGIS, com apoio de imagens do *Google Satellite*. O mapa foi elaborado na escala de 1:3.700.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A investigação das áreas suscetíveis   inundação demonstrou que os setores 1, 2, 3 e 4 possuem, respectivamente, cerca de 0; 0,5449936; 0,677365364 e 1, sendo o setor 1 menos suscetível e o setor 4 mais suscetível   inundação (Figura 2).

Figura 2 - Exposição Física à inundação em áreas urbanas localizadas no alto curso do rio Paciência, bairro Jardim São Cristóvão, São Luís- MA



Fonte: IBGE, 2022.

Setor I

Embora o Setor 1 tenha apresentado a menor exposição física ao risco de inundação em comparação aos demais setores analisados, isso não significa que esteja isento de riscos, mas apresenta um nível muito baixo de suscetibilidade. Trata-se, na verdade, de um setor relativamente menos impactado, mas ainda exposto a condições preocupantes. Apesar da presença de vegetação, esta é característica de áreas degradadas. Conforme apontam Santos *et al.* (2025), diagnósticos de solos com presença de mamoneiras são indícios de degradação. Como se observa na Figura 3:

Figura 3 - Setor 1 presença de resíduos sólidos, assoreamento e impermeabilização



Fonte: Autores (2026).

Além do exposto, destaca-se que o setor apresenta condições de assoreamento, bem como acúmulo de resíduos sólidos e partículas em suspensão. Observou-se que parte dos resíduos dispostos nas vias é carregada pela água da chuva para o rio, contribuindo para o seu acúmulo nos bueiros e para a obstrução da drenagem. Essa condição pode intensificar a ocorrência de episódios de inundação (Figura 4).

Figura 4 - Rede de águas pluviais com presença de resíduos.



Fonte: Autores (2026).

Setor II

O setor II apresentou nível médio de suscetibilidade à inundação. De acordo com a análise das variáveis, a drenagem natural ocorre por meio de um canal de drenagem, condição que, segundo a ponderação pelo método *Delphi*, recebeu valor 1, indicando alta relevância para a suscetibilidade à inundação. Quanto ao lançamento de detritos, observou-se uma quantidade significativa de resíduos depositados no interior do canal fluvial e em suas margens, conforme apresentado na Figura 5. Para essa variável, também foi atribuído valor 1 pelo método *Delphi*, indicando elevada relevância na composição da suscetibilidade do setor.

Figura 5 - Resíduos nas margens do setor II.



Fonte: Autores (2026).

Neste setor, constatou-se também que as margens se encontram quase totalmente expostas, em decorrência da significativa retirada da cobertura vegetal. Essa condição favorece a erosão das margens e o consequente transporte de sedimentos para o canal, contribuindo para o processo de assoreamento.

A impermeabilização das margens é superior a 81%, o que reduz a infiltração da água no solo e favorece o escoamento superficial. Essa condição pode intensificar o volume e a velocidade desse processo durante episódios de chuvas intensas, contribuindo para o agravamento dos processos de inundação.

O canal apresenta grau avançado de assoreamento e baixa profundidade, condição que reduz sua capacidade de condução e armazenamento de água. Esse processo está associado, entre outros fatores, à desproteção das margens decorrente da retirada da cobertura vegetal.

Em relação à drenagem em direção ao canal principal, constatou-se que as ruas são predominantemente asfaltadas e impermeabilizadas, direcionando o escoamento das águas pluviais para o rio. Embora existam canaletas e bueiros no setor (Figura 6), esses dispositivos encontram-se mal distribuídos ou danificados e, em alguns pontos, mostram-se insuficientes para conduzir o volume de água durante episódios de chuva intensa. Essas condições comprometem a eficiência da drenagem e podem favorecer o acúmulo de água e a intensificação dos episódios de inundação.

Figura 6 - Canaleta entupida.



Fonte: Autores (2026).

As moradias do setor são construídas em alvenaria, com revestimento e fundações aparentemente estáveis, embora apresentem deficiências estruturais para as condições da área. Essa variável apresentou baixa relevância na análise. Quanto ao acesso para pedestres, as ruas são totalmente pavimentadas, facilitando a circulação de pessoas e veículos, não sendo identificadas dificuldades significativas de acesso.

O lançamento de esgoto no canal ocorre sem tratamento prévio (Figura 7), disposto a céu aberto. Essa condição representa um fator de elevada relevância para a análise da suscetibilidade à inundação.

Figura 7 - Esgoto direcionado diretamente ao rio.



Fonte: Autores (2026).

Setor III

O setor III apresentou aumento da suscetibilidade à inundação em relação aos setores anteriormente analisados. A drenagem natural ocorre por meio de um canal de primeira ordem, condição que contribui para a suscetibilidade do setor. Associado a isso, observou-se a presença significativa de resíduos sólidos lançados no interior do canal e em suas margens, contribuindo para a poluição e a degradação do corpo hídrico, além de favorecer o processo de assoreamento.

As margens também se encontram significativamente expostas em razão da retirada da cobertura vegetal. Essa condição favorece a erosão e o transporte de sedimentos para o canal, podendo alterar o fluxo da água e reduzir a capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo (Figura 8). Também foi identificada uma estrutura de contenção composta por sacos de areia sobrepostos. Apesar disso, o canal apresenta grau elevado de assoreamento, associado às atividades e à ocupação humanas, condição que pode contribuir para a intensificação dos processos de inundação.

Por outro lado, a impermeabilização das margens situa-se entre 41% e 60%, apresentando menor influência relativa na composição da suscetibilidade do setor quando comparada às condições de assoreamento e exposição das margens.

Figura 8 - Margem do setor III com solo exposto.



Fonte: Autores (2026).

Em relação à drenagem em direção ao canal principal, constatou-se que, assim como nos demais setores, as ruas são totalmente asfaltadas e impermeabilizadas, direcionando o escoamento das águas pluviais para o rio principal. Embora existam bueiros e canaletas, esses dispositivos apresentam condições inadequadas para o atendimento de grandes vazões durante períodos chuvosos, o que pode comprometer a eficiência da drenagem e favorecer o acúmulo de água.

O setor também apresenta vias pavimentadas destinadas à circulação de pedestres. As moradias são construídas em alvenaria, com revestimento e fundações aparentemente estáveis, embora apresentem deficiências estruturais considerando as características da área.

Por fim, destaca-se o lançamento de esgoto sem tratamento diretamente no canal, associado à presença de valas a céu aberto (Figura 9). Durante períodos chuvosos, o transbordamento do canal pode favorecer o contato da população com águas contaminadas, aumentando a exposição

a riscos à saúde e a ocorrência de doenças relacionadas à veiculação hídrica. Essa condição constitui um dos fatores de maior relevância para a suscetibilidade observada no setor.

Figura 9 - Lançamento de esgoto in natura no rio.



Fonte: Autores (2026).

Setor IV

Este setor apresentou nível muito alto de suscetibilidade à inundação. A análise das variáveis permite compreender as condições que contribuíram para esse resultado. Em relação à drenagem natural, o setor encontra-se inserido na área de influência de um canal de primeira ordem, ocupando sua margem direita, ao sul. Essa condição contribui para a elevada suscetibilidade observada.

Quanto ao lançamento de detritos, observou-se que o descarte de resíduos ocorre tanto no interior quanto nas margens dos canais, conforme apresentado na Figura 10. A deposição desses materiais pode favorecer a obstrução da drenagem, o assoreamento e a redução da capacidade de escoamento do canal, contribuindo para a intensificação dos processos de inundação.

Figura 10 - Resíduos na margem do setor IV.



Fonte: Autores (2026).

Em relação à cobertura vegetal, verificou-se que as margens se encontram totalmente expostas, devido à ausência ou à significativa redução da vegetação no setor analisado. Essa condição favorece a erosão e o transporte de sedimentos para o canal, contribuindo para o seu assoreamento. O canal apresenta grau extremamente elevado de assoreamento, o que pode reduzir sua capacidade de escoamento.

A impermeabilização das ruas, devido à ocupação por moradias e à redução da infiltração das águas, contribui para o aumento do volume de água que chega ao canal.



A ocupação por moradias e a impermeabilização reduz a infiltração das águas, contribuindo para o aumento do volume de água que chega ao canal.

Fonte: Autores (2026).

A drenagem em direção ao rio principal apresenta elevada relevância na análise, uma vez que as ruas são totalmente asfaltadas e, consequentemente, impermeabilizadas, direcionando as águas pluviais para o rio principal. Em relação à rede de drenagem pluvial, o setor apresenta bueiros e canaletas mal distribuídos e frequentemente entupidos, dificultando o escoamento das águas.

Quanto à qualidade estrutural das moradias, as casas são construídas em alvenaria e apresentam material consolidado, embora possuam estrutura deficiente e estejam localizadas muito próximas às margens. Em relação ao acesso para pedestres, o setor apresenta ruas ainda não pavimentadas, dificultando o acesso de pessoas e veículos.

Por fim, observou-se a presença de valas a céu aberto e o direcionamento do esgoto para o canal principal, constituindo uma condição de elevada relevância para a análise.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das condições sociais, ambientais e estruturais no bairro Jardim São Cristóvão evidenciou a sobreposição de fatores que contribuem para a formação de áreas críticas de risco de inundação. O mapeamento da suscetibilidade à inundação permitiu identificar variações significativas entre os setores analisados, evidenciando diferentes níveis de exposição às condições que favorecem a ocorrência desses eventos.

Os setores I e II apresentaram menor suscetibilidade à inundação, enquanto os setores III e IV se destacaram pelos níveis mais elevados. Essa maior suscetibilidade está relacionada principalmente ao assoreamento dos canais, à elevada impermeabilização do solo e das margens, à degradação da cobertura vegetal, às deficiências na drenagem e à inadequação da infraestrutura urbana. Somam-se a esses fatores o descarte irregular de resíduos sólidos e o lançamento de esgoto sem tratamento diretamente no ambiente, condições que contribuem para a degradação dos canais e podem intensificar os impactos associados às chuvas intensas.



GOVÊA, K. V. de; MADEIRA, B. G. P; PEREIRA, I. G. dos. S; LOUZEIRO, A. dos. S; SANTOS, L. C. A dos; SILVA, O. D. de.
ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INUNDAÇÃO NO ALTO CURSO DO RIO PACIÊNCIA, SÃO LUÍS - MA (BRASIL)

Os resultados reforçam a necessidade de políticas públicas que considerem de forma integrada as condições ambientais, estruturais e sociais presentes na área analisada. Nesse sentido, tornam-se necessárias ações voltadas à recuperação ambiental, à melhoria da infraestrutura urbana e da drenagem, ao controle do descarte irregular de resíduos e do lançamento de esgoto, bem como à conscientização da população. A articulação dessas medidas pode contribuir para a redução da exposição da população aos impactos das inundações e para o fortalecimento da capacidade de enfrentamento dos problemas identificados.

REFERÊNCIAS

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres** (Cobrade). Defesa Civil do Rio Grande do Sul. 2021. Disponível em: <
<https://www.defesacivil.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/04095316cobrade-classificacao-e-codificacao-brasileira-de-desastres.pdf>> Acesso em: 14 Dez. 2024.

CORREA, M.de J. Análise Geoespacial da Cidade Operária: da dinâmica de ocupação como um dos eixos de expansão urbana do Município de São Luís – Ma. RBPD – **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 2, n. 2, p. 69-79, jul./dez. 2013.

FARIAS, A ; MENDONÇA, F. (2022). Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Sociedade & Natureza**. 34. 10.14393/SN-v34-2022-63717.

GOMES, E. J. S. **Risco de inundação na sede municipal de Touros/RN**. 2020. 174f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

GUERRA, A; GUERRA, T; MENDONÇA, M; BATISTA, P; LOPES, M; LIMA, F; MARIA, S; OLIVEIRA, C; BRUNO, J; MENDES, R. **Criação de um sistema de previsão e alerta de riscos a deslizamentos e enchentes, visando minimizar os impactos socioambientais no bairro Quitandinha, bacia do rio Piabanha (afluente do Paraíba do Sul), município de Petrópolis-RJ**. Anais. II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade. Taubaté, Brasil. IPABHi. 2009. 2009.

LOUZEIRO, A. S. **Avaliação de risco de movimento de massa: proposta de sistematização de indicadores de exposição física em análise microlocal aplicada ao bairro Vila Embratel, São Luís-MA (Brasil)**. Orientador: Lutiane Queiroz de Almeida. 2022. 240f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

PINHEIRO, J. M. **Clima urbano da cidade de São Luís do Maranhão**. 2018. 242 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

RELATÓRIO DE SENDAI. ONU. **Marco de Sendai para a redução do risco de resastres (2015-2030)**. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). 2015.

SANTOS, R. V.; SILVA, G. H.; Ó, K. S.; VITAL, A. F. M. Diagnóstico e desenvolvimento inicial de mamoneira em solos de áreas degradadas. **Revista Verde**





GOVÊA, K. V. de; MADEIRA, B. G. P; PEREIRA, I. G. dos. S; LOUZEIRO, A. dos. S;
SANTOS, L. C. A dos; SILVA, O. D. de.
ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO RISCO DE INUNDAÇÃO NO ALTO CURSO DO RIO
PACIÊNCIA, SÃO LUÍS - MA (BRASIL)

de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 10, n. 1, p. 208, 2015. DOI:
<https://doi.org/10.18378/rvads.v10i1.2809>.

SULAIMAN, S. N. **Caderno Técnico GIRD+ 10 Gestão Integrada de Riscos e Desastres. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD/Brasil.** Ministério do Desenvolvimento Regional - Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC. Brasília-DF. 2021.

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

