



Uema
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO MARANHÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE GEOGRAFIA LICENCIATURA

ÁDRYA ALESSANDRA BRITO LIMA

**ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO FÍSICA À INUNDAÇÃO NO BAIRRO MATADOURO –
PEDREIRAS, MA**

São Luís
2025

ÁDRYA ALESSANDRA BRITO LIMA

**ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO FÍSICA À INUNDAÇÃO NO BAIRRO MATADOURO –
PEDREIRAS, MA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Geografia da Universidade
Estadual do Maranhão para a obtenção do grau
de licenciatura em Geografia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Quésia Duarte da Silva.

São Luís
2025

Lima, Ádrya Alessandra Brito

Índice de exposição física à inundação no bairro Matadouro, Pedreiras - MA. /
Ádrya Alessandra Brito Lima. – São Luís, MA, 2025.

77f

Monografia (Graduação em Geografia Licenciatura) - Universidade Estadual do
Maranhão, 2025.

Orientador: Profa. Dra. Quésia Duarte da Silva

1.Risco. 2.Desastres. 3.Urbanização. I.Título.

CDU: 556.166(812.1)

ÁDRYA ALESSANDRA BRITO LIMA

**ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO FÍSICA À INUNDAÇÃO NO BAIRRO MATADOURO –
PEDREIRAS, MA**

Monografia apresentada junto ao curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, para obtenção de grau de Licenciatura em Geografia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Quésia Duarte da Silva

Aprovado em: 25 / 06 / 2025.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **QUESIA DUARTE DA SILVA**
Data: 01/08/2025 12:31:05-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Quésia Duarte da Silva (Orientadora)
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

Documento assinado digitalmente
 **RICARDO GONCALVES SANTANA**
Data: 01/08/2025 14:10:11-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Mestre Ricardo Gonçalves Santana
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA / Instituto Maranhense de Estudos
Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC

Documento assinado digitalmente
 **DANYELLA VALE BARROS FRANÇA**
Data: 01/08/2025 14:17:19-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof.^a Mestre Danyella Vale Barros França
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA / Instituto Maranhense de Estudos
Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC

*Dedico este trabalho a Deus, meu alicerce, e à
minha mainha, Suelda Brito, cuja força e
dedicação incansáveis sempre me
proporcionaram as melhores condições para
seguir em frente.*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho está comigo desde muito cedo, e foi a Geografia que despertou em mim um olhar mais crítico e sensível para o mundo ao meu redor. Foi ela que me instigou a aprofundar cada vez mais meus conhecimentos sobre o tema. A Geografia, de fato, foi uma grande descoberta e uma chave importante na minha trajetória.

Entrar na UEMA, no ano de 2020.1, foi um dos maiores desafios e testes de resiliência que já enfrentei. Passar apenas 15 dias juntos de forma presencial e, depois, ser bombardeada por uma pandemia global trouxe diversas consequências negativas e dolorosas: o medo de perder aqueles que amamos, o medo de ser eu a não voltar mais, o desespero em não saber quando tudo aquilo iria passar e o constante pensamento se eu estava no lugar certo e se conseguiria atravessar todos os desafios daquele momento tão incerto.

E é por estar aqui hoje, com saúde, rodeada de pessoas que amo e finalizando esse ciclo — que não foi fácil — que agradeço, primeiramente, a Deus, à Nossa Senhora e a todos os meus anjos e ancestrais por me guardarem e guiarem em todos os momentos até aqui.

À minha mãe, Suelda, que é minha fortaleza todos os dias e, na maior parte das vezes, acreditou em mim quando nem eu mesma acreditava. Que luta, todos os dias, para que eu e meu irmão tenhamos o melhor em todas as áreas da nossa vida. Eu lhe amo muito, minha mãe. Espero, um dia, ser metade do ser humano indescritível que a senhora é.

Ao meu pai, minha gratidão pela vida.

Agradeço aos meus avós, que são grandes exemplos de força, resiliência e amor. Cuidaram de mim e nunca soltaram a minha mão. Obrigada, vovó e vovô, por nunca me deixarem faltar amor, carinho e cuidado.

Ao meu irmão, Pedro Sawã, por quem eu não pegaria um copo de água, mas daria parte de mim, se preciso fosse. Obrigada, meu irmão. Construimos uma relação muito bonita, e hoje não consigo imaginar a Ádrya sem ser irmã do Sawã.

Ao querido Alfredo, que tem sido um pai há muitos anos e nunca nos deixou faltar carinho, educação, amor e cuidado.

Ao Lucas Thallisson, por ser tão companheiro e não medir esforços para me levantar e não me deixar desistir do processo. Por todos os abraços de conforto e ombros que sustentaram tanto choro e medo do que vinha pela frente.

A todos os meus familiares, que fazem parte da minha vida e, com toda certeza, se orgulham e torcem por mim nessa jornada — em especial, Suelma, Silvio, Lara e Layla.

Ao meu primo e irmão de alma, Denis Brito, que, além de uma companhia maravilhosa, me auxiliou no processo de coleta de dados para o desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço também a todos os amigos, em especial, Leandro, Mayza, Nicole e Sabrina, que, ao longo da vida, se tornaram família e sempre estiveram presentes no meu caminho.

Aos meus amigos da Geografia, que viveram intensamente cada etapa desse processo ao meu lado. Amo cada um de vocês e sou grata por todos os momentos que compartilhamos.

À minha professora e orientadora, Quésia Duarte da Silva, obrigada por todas as orientações de monografia e de vida, que me permitiram chegar até aqui.

Aos meus amigos de trabalho, que me auxiliaram muito durante essa etapa com motivação, conselhos, momentos leves e por me fazerem sentir acolhida e parte daquele lugar. Obrigada, Cristiane, Danyella, Dayana e Ricardo.

À minha banca, minha sincera gratidão. Obrigada, Danyella França e Ricardo Santana, por aceitarem fazer parte desse momento tão especial e por contribuírem com suas valiosas sugestões.

Agradeço à Universidade Estadual do Maranhão por todas as oportunidades de estudo, bem como ao corpo docente e à equipe profissional que nos acompanhou, sobretudo à Juliany, que se tornou uma amiga do peito.

Este trabalho de conclusão de curso é resultado de um sonho construído a muitas mãos. Ele reflete não só a minha trajetória, mas também o apoio de todas as pessoas que estiveram ao meu lado nesses quase cinco anos de graduação.

Toda a minha gratidão a cada um que, direta ou indiretamente, fez parte dessa conquista.

Obrigada!

“Gosto de dizer ainda que a escrita é para mim o movimento de dança-canto que o meu corpo não executou, é a senha pela qual eu acesso o mundo. ”
(Conceição Evaristo)

RESUMO

A urbanização acelerada tem causado cada vez mais impactos na dinâmica natural, e com o fenômeno de inundação não é diferente. Este caracteriza-se por ser um fenômeno natural da dinâmica dos rios, mas em ambientes urbanizados, pode atingir níveis desastrosos. Com a saturação dos novos centros urbanos, a população busca meios de sobreviver em áreas consideradas frágeis, tanto nos aspectos ambientais quanto sociais. Desse modo, é no período chuvoso que os efeitos das ações antrópicas sobre o meio ficam mais perceptíveis e impactam diretamente a vida dos moradores ao entorno. Esse fenômeno geomorfológico tem se apresentado de forma cada vez mais frequente no Brasil, e é nesse contexto que surge a necessidade de compreender quais são os fatores que expõem uma determinada área ao perigo natural, no caso dessa pesquisa, as inundações, sendo o primeiro passo para uma análise detalhada de risco. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar o índice de exposição física à inundação no bairro Matadouro, Pedreiras - MA, considerando a estruturação do Índice de Exposição Física à Inundação - InEx. Para alcançar os objetivos propostos, realizaram-se as seguintes etapas metodológicas: levantamento bibliográfico e cartográfico; caracterização geoambiental; delimitação e setorização da área de estudo, trabalho de campo e formulação do Índice de Exposição Física - InEx. As características geoambientais da área indicam um potencial significativo para a ocorrência de inundações e as modificações urbanas revelam como os compartimentos geomorfológicos têm se comportado frente a essas ações antrópicas. Na análise, os setores 1 e 6 foram diagnosticados com índice de exposição física à inundações muito alto, e os setores 2, 4, 8 e 9 apresentaram alto nível de exposição. Já os setores 3, 5 e 7 foram classificados com média exposição.

Palavras-chave: Risco; Desastres; Urbanização.

ABSTRACT

Rapid urbanization has had an increasing impact on natural dynamics, and flooding is no exception. Flooding is a natural phenomenon associated with river dynamics, but in urbanized environments, it can reach disastrous levels. With the saturation of new urban centers, the population seeks ways to survive in areas considered fragile, both environmentally and socially. Thus, it is during the rainy season that the effects of anthropic actions on the environment become more noticeable and directly impact the lives of surrounding residents. This geomorphological phenomenon has been occurring with increasing frequency in Brazil, and it is in this context that the need arises to understand the factors that expose a given area to natural hazards, in the case of this research, floods, as the first step towards a detailed risk analysis. Therefore, the present study aims to analyze the index of physical exposure to flooding in the Matadouro neighborhood, Pedreiras - MA, considering the structure of the Index of Physical Exposure to Flooding - InEx. To achieve the proposed objectives, the following methodological steps were carried out: bibliographic and cartographic survey; geo-environmental characterization; delimitation and sectorization of the study area, fieldwork, and formulation of the Physical Exposure Index (InEx). The geo-environmental characteristics of the area indicate a significant potential for flooding, and urban changes reveal how geomorphological compartments have behaved in the face of these anthropogenic actions. In the analysis, sectors 1 and 6 were diagnosed with a very high physical exposure index to flooding, and sectors 2, 4, 8, and 9 presented a high level of exposure. Sectors 3, 5, and 7 were classified as having medium exposure.

Keywords: Risk; Disasters; Urbanization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do bairro Matadouro, Pedreiras – MA	16
Figura 2 - Perfil esquemático do processo de enchente, inundação e alagamento	23
Figura 3 - Etapas dos procedimentos metodológicos	30
Figura 4 - Setorização do bairro Matadouro, Pedreiras - MA	33
Figura 5 - Discussão e análise da Ficha de Exposição Física (FExp)	35
Figura 6 - Atividade de Campo no Bairro Matadouro, Pedreiras – MA	36
Figura 7 - Equação para cálculo da exposição por fatores mediante a atribuição de pesos	39
Figura 8 - Equação para cálculo dos fatores de exposição física por setor	39
Figura 9 - Equação para calcular o índice de exposição física à inundação.....	39
Figura 10 - Inundações no bairro Matadouro, Pedreiras - MA	42
Figura 11 - Aspectos geológicos do bairro Matadouro, Pedreiras – MA	43
Figura 12 - Aspectos geomorfológicos do bairro Matadouro, Pedreiras – MA	44
Figura 13 - Aspectos hipsométricos do bairro Matadouro, Pedreiras – MA.....	45
Figura 14 - Declividade do bairro Matadouro, Pedreiras – MA.....	46
Figura 15 - Aspectos de solos do bairro Matadouro, Pedreiras – MA	47
Figura 16 - Ocupação irregular em área de APP com registro de inundação em Pedreiras – MA	48
Figura 17 - Índice de Exposição Física à Inundações no bairro Matadouro, Pedreiras - MA	Erro! Indicador não definido.
Figura 18 - Setor 1 do bairro Matadouro, Pedreiras – MA.....	50
Figura 19 - Setor 2 do bairro Matadouro, Pedreiras – MA.....	51
Figura 20 - Setor 3 do bairro Matadouro, Pedreiras - MA	52
Figura 21 - Setor 4 do bairro Matadouro, Pedreiras - MA	53
Figura 22 - Setor 5 do bairro Matadouro, Pedreiras – MA.....	54
Figura 23 - Marcas das cheias nas fachadas das residências	56
Figura 24 - Marcas das inundações em fachada de residência	56
Figura 25 - Setor 6 do bairro Matadouro, Pedreiras – MA.....	57
Figura 26 - Setor 7 do bairro Matadouro, Pedreiras - MA	58
Figura 27 - Comparativo de um trecho do canal do setor 6 nos meses de março e maio.....	59
Figura 28 - Setor 8 do bairro Matadouro, Pedreiras - MA	60
Figura 29 - Setor 9 do bairro Matadouro, Pedreiras - MA	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos desastres considerando o fator intensidade	21
Quadro 2 - Definições de enchentes encontradas na literatura científica.....	24
Quadro 3 - Definições de inundações encontradas na literatura científica.....	26
Quadro 4 - Fatores de Exposição Física a Inundações – FExp	37
Quadro 5 - Principais características ambientais dos setores quanto à exposição física à Inundação no bairro Matadouro, Pedreiras - MA.....	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição percentual dos eventos de inundação nas diferentes regiões brasileiras	28
Gráfico 2 - Número de ocorrências de inundações por ano no território brasileiro	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	A PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO E SUA RELAÇÃO COM OS DESASTRES	17
3.1	Enchentes e Inundações: uma discussão conceitual	23
4	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS-OPERACIONAIS	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	Breve Análise do Processo Histórico de Ocupação dos Municípios de Pedreiras e Trizidela do Vale	40
5.2	Aspectos Geoambientais da Área de Estudo	42
5.3	Delimitação das Áreas de Preservação Permanente	48
5.4	Índice de Exposição Física (InEx) à Inundações no bairro Matadouro, em Pedreiras – MA	50
	CONCLUSÃO.....	64
	REFERÊNCIAS.....	66
	ANEXO A - MODELO DE PROTOCOLO LOBO (2011).....	72
	ANEXO B- MODELO DE PROTOCOLO CARVALHO (2010).....	74

1 INTRODUÇÃO

As inundações sempre ocorreram, pois fazem parte da dinâmica fluvial das bacias hidrográficas. No entanto, a ocupação das margens dos rios, proveniente do crescimento populacional, tornou esses fenômenos ainda mais evidentes.

À medida que os avanços técnico-científicos-informacionais evoluíram, e, consequentemente, o modo de produção capitalista se consolidou, a natureza passou a ser vista como um bem, isto é, uma fonte de recursos a ser explorada para satisfazer às necessidades humanas (Cunha e Guerra, 2012). Como resultado desse processo, intensificaram-se os problemas que envolvem o ambiente e a humanidade, sendo um exemplo a formação de áreas de risco, caracterizadas pela construção de moradias em locais ambientalmente frágeis para esse fim, onde grupos sociais com baixas condições socioeconômicas construíram suas casas em compartimentos geomorfológicos propensos à ocorrência de enchentes, inundações, erosões, movimentos de massa e outros fenômenos.

Dentre esses fenômenos, destaca-se nesta pesquisa a inundação, um evento global que afeta os países em desenvolvimento (ditos emergentes) e os desenvolvidos (Zou et al., 2012; Spitalar et al., 2014), provocando significativos danos econômicos e vítimas humanas (Mata-Lima et al., 2016). De acordo com os dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN (2016), a inundação é o processo em que ocorre a 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 em áreas de planície, geralmente ocasionado por chuvas distribuídas e alto volume acumulado na bacia de contribuição.

Sob essa ótica, os estudos sobre riscos de inundações ganharam cada vez mais evidência, visto que, esse fenômeno resulta da complexa interação entre fatores naturais e ações antrópicas, especialmente em áreas urbanas. O Caderno Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres refere-se ao risco como à potencialidade de ocorrer algo nocivo e danoso para a sociedade. Já Marandola e Hogan (2004) afirmam que o risco “é a probabilidade de realização de um perigo ou evento, ou seja, é uma situação não realizada, que está no futuro e que traz a incerteza e a insegurança” (p. 100).

Tominaga (2009), por sua vez, afirma que o risco se refere à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer em um determinado local e em um período específico. Nessa perspectiva, gerir riscos significava propor ações antecipatórias

que possam reduzir a possibilidade de danos e perdas, ou pelo menos amenizar suas consequências.

Segundo o *The Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC (2007), fatores como o crescimento populacional desordenado e as mudanças climáticas contribuem para o aumento do número de desastres relacionados às inundações. Menegat (2016) afirma que a ausência de um processo adequado de ordenação do solo e de políticas habitacionais eficazes leva a uma variedade de problemas aos habitantes da cidade, incluindo déficit de moradia, desemprego, qualidade de vida ruim, exclusão e segregação espacial e social. Em suma, a gestão do risco às inundações para fins de controle e mitigação mostrou-se necessária como apoio à tomada de decisões.

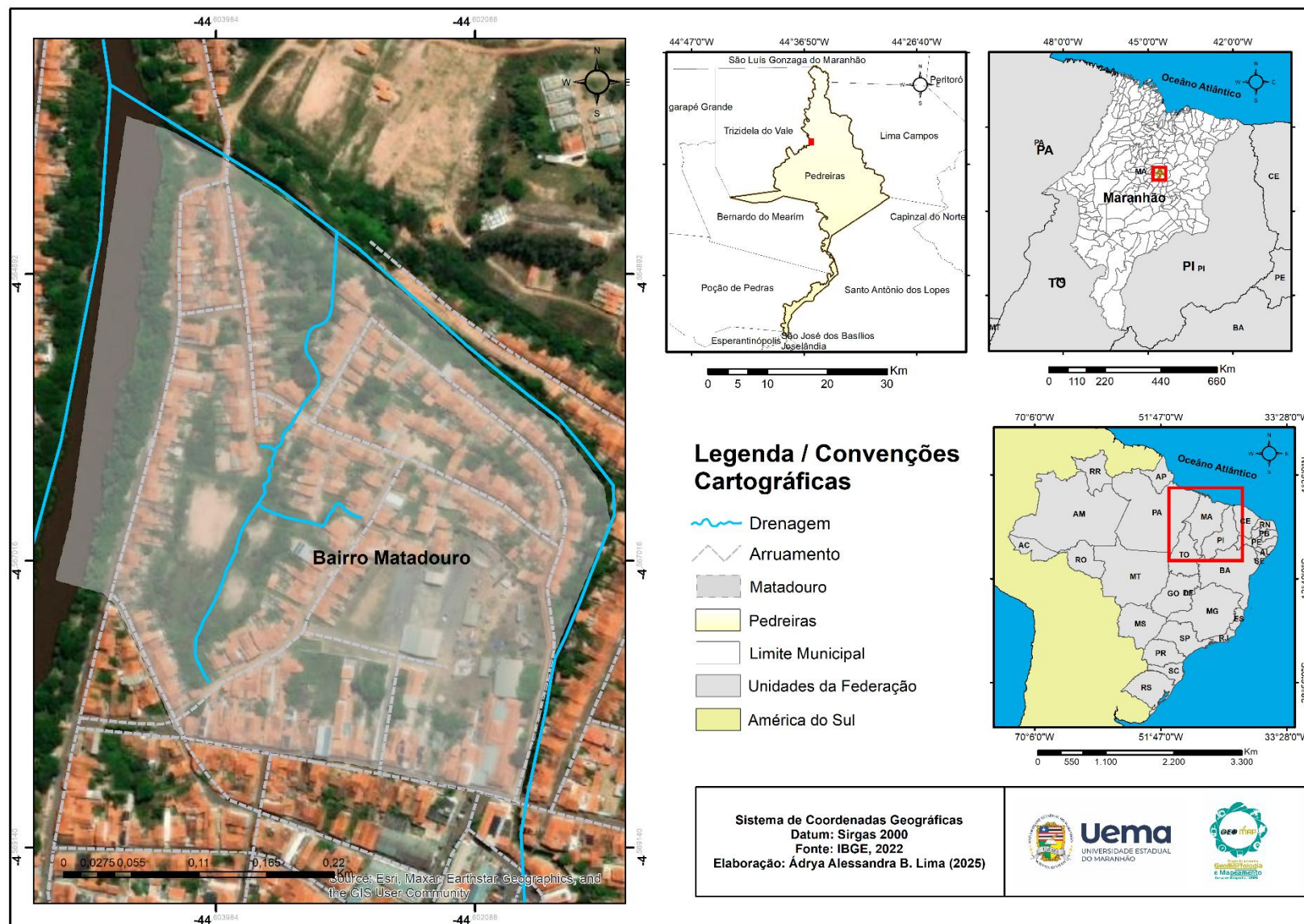
Diversos campos da ciência pesquisam sobre o risco de inundação, devido aos seus efeitos sobre pessoas e bens, bem como ao seu impacto nas atividades econômicas, na comunicação e na vida social das populações atingidas (Paiva, 2005, 2006). Estudar o risco exige analisar todas as etapas desse processo, sendo uma delas relacionada ao ambiente físico e à questão social, vinculada à concepção de risco da população atingida.

Conforme Louzeiro (2022, p.18), “a noção de risco está associada diretamente à integridade física, psicológica e material de um indivíduo ou de uma sociedade, não necessariamente com os três fatores juntos”. Por isso, para que o risco se manifeste, é necessária a presença de um agente causador, considerado também como o perigo. No caso das inundações, um perigo natural.

De acordo com a literatura especializada, como perigo entende-se a ameaça potencial para os seres humanos e seu bem-estar (Smith, 1992). Nesse aspecto, para realizar os estudos relacionados às áreas de risco, faz-se necessário cumprir uma série de etapas. A primeira delas consiste em compreender os fatores que determinam a exposição ao perigo natural, sendo essa uma etapa fundamental para a realização de estudos detalhados sobre o risco.

Considerando que no Brasil diversas pesquisas foram realizadas sobre a análise de áreas de risco, utilizando diferentes metodologias, optou-se, nesta pesquisa, por enfatizar a primeira etapa da análise de risco conforme a metodologia proposta por Gomes (2022), a qual está relacionada a identificação dos níveis de exposição física à inundação, apontando como área de estudo o bairro Matadouro, no município de Pedreiras – MA (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização do bairro Matadouro, Pedreiras – MA



Fonte: Própria pesquisa (2025).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- ❖ Analisar o nível de exposição física à inundação no bairro Matadouro – Pedreiras (MA).

2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Caracterizar os aspectos geoambientais da área de estudo;
- ❖ Construir o índice de exposição física, para a área afetada;
- ❖ Identificar os níveis de exposição física à inundação no bairro Matadouro.

3 A PRODUÇÃO DO ESPAÇO URBANO E SUA RELAÇÃO COM OS DESASTRES

Com base nos estudos de Cavalcante e Silva (2011), a Revolução Industrial, ocorrida na Inglaterra, durante o século XVIII foi um grande motor para o desenvolvimento do capitalismo, que nesse período evoluía de sua fase comercial para industrial. Esse processo modificou o modo de vida e a organização social não só da época em que aconteceu, mas também nos dias atuais.

Uma dessas modificações pode ser vista na formação do espaço da cidade capitalista, o chamado Espaço Urbano, conceituado por Corrêa (1989) como fragmentado e articulado, que representa a expressão espacial dos processos sociais e consequentemente um reflexo da sociedade. Nesse contexto, essa dinâmica apresenta forte segregação espacial, refletindo diretamente na estrutura de classes da sociedade capitalista.

De acordo com Tabarin (2017), o Espaço Urbano da sociedade capitalista é o campo onde as relações sociais e a reprodução da sociedade se concretizam, ou seja, serve como palco para a produção, circulação e o consumo, nos mais variados âmbitos da sociedade, como o econômico, político e cultural. Por ser um espaço fragmentado, apresenta um conjunto de diferentes usos da terra, divididos em centro da cidade, local de concentração comercial, dos serviços, gestão, indústrias, lazer, de distintas áreas residenciais e reservas para expansão futura da mancha urbana (Corrêa, 1989, p. 7).

O Espaço Urbano é resultado da atuação de diversos agentes sociais, que, por meio de estratégias e ações, fazem e refazem a cidade. Entre esses, estão os proprietários dos meios

de produção, especialmente os grandes industriais, os proprietários fundiários, os promotores imobiliários, o Estado e os grupos excluídos (Corrêa, 1989).

Esses agentes se destacam por concretizarem a expansão da cidade e conseqüentemente da paisagem. Suas ações ocorrem conforme interesses refletidos na produção do espaço urbano gerando fenômenos como a segregação socioespacial, a valorização desigual do solo urbano e a carência de infraestrutura (Tabarini, 2017).

A produção do espaço urbano ocorre em interação com as características do relevo e a cidade é o resultado da dinâmica social por meio da produção (Pedro, 2008). Segundo Lefebvre (1972), essa produção é um ato exclusivamente humano, no qual a sociedade expressa sua ação por meio da criação de produtos. Esse processo envolve apropriação, transformação e modelagem do espaço, resultando em um ambiente construído para o consumo. Essa produção “perpassa por várias esferas de análise: político, econômico, cultural, social e ambiental. Sua base física está estruturada a partir de um relevo, que é apropriado de forma desigual e combinada” (Nunes e Silva Neto, 2002, p. 61).

Nesse contexto, os compartimentos geomorfológicos deixam de ser utilizados apenas para subsistência e passam a ser explorados com fins lucrativos. Segundo Barros (2019), os agentes produtores do espaço urbano se apropriam das diferentes morfologias territoriais e direcionam a instalação de determinados serviços de forma a agregar valor a certas áreas, o que resulta na valorização excessiva de alguns espaços em detrimento de outros.

Nesse sentido, os compartimentos geomorfológicos deixam de ter um uso exclusivamente voltado à subsistência e passam a ser explorados com objetivos econômicos. Conforme Barros (2019), os agentes responsáveis pela produção do espaço urbano se apropriam dos compartimentos geomorfológicos, e a instalação de determinados serviços nesses compartimentos contribui para a valorização desigual de algumas áreas em relação a outras.

Seguindo a lógica da sociedade capitalista e, conseqüentemente, da expansão do Espaço Urbano, a demanda de terras e habitações dependem do aparecimento de novas camadas sociais, que tenham rendas suficientes para ingressar no mercado de terras e habitações (Corrêa, 1989). Essa lógica age de modo que as áreas estrategicamente localizadas são frequentemente valorizadas pelos seus elementos naturais, como mar, lagoas, luz solar e vegetação, e influenciam a infraestrutura de implementação nacional. Estes investimentos aumentam o valor do terreno, enquanto as campanhas publicitárias destacam a atratividade da área, fazendo com que o seu preço suba.

Nesse processo de segregação socioespacial, o acesso à terra e a moradia é determinado pelo mercado, e a maior porção populacional, que possui menor poder aquisitivo, geralmente se restringe aos compartimentos geomorfológicos com menos infraestruturas, serviços públicos e maior exposição a perigos naturais. Pedro (2008) afirma que o valor que um compartimento geomorfológico recebe equivale à sua utilidade. A sua importância para a sociedade e a produção do espaço urbano é o processo que influencia na valorização destes compartimentos.

Esse fato não se dá apenas como uma consequência involuntária do mercado, mas também se caracteriza como um reflexo das políticas urbanas que ao longo da história priorizam interesses privados em detrimento à garantia da dignidade e equidade de todos.

Como resultado desse processo complexo e fragmentado, que empurra a população com menor poder aquisitivo para os compartimentos mais frágeis da cidade, intensifica-se o processo de exposição física aos riscos ambientais o que consequentemente gera um aumento nas ocorrências de desastres.

A cidade revela as maneiras pelas quais a sociedade se organiza no território, constituindo-se na maior modificação do ambiente natural. Como essa alteração tem sido mais veloz do que a dinâmica dos processos físicos, ela contribui fortemente para criar e ampliar os riscos que, em numerosas situações, se transformam em desastres (Nunes, 2015, p. 15).

Conforme o Glossário da Defesa Civil Nacional (2002), um desastre resulta de eventos adversos, naturais ou provocados pelo ser humano, que causam impacto em um ecossistema, causando danos humanos, materiais e ambientais, além de prejuízos econômicos e sociais. Na mesma perspectiva, Quarantelli (1998) afirma esse é um evento concentrado no tempo e no espaço, no qual uma comunidade experimenta severo perigo e destruição de seus serviços essenciais, acompanhado por dispersão humana, perdas materiais e ambientais, que frequentemente excedem a capacidade dessa comunidade em lidar com as consequências do desastre sem assistência externa.

A palavra desastre pode se referir tanto a um evento, quando a uma série deles e “tem sido empregada para a caracterização de todo tipo de infortúnio súbito, inesperado ou extraordinário (Mattedi & Butzke, 2001). Estes são vetores de mudanças na rotina e na funcionalidade da sociedade e a natureza que evidencia sua construção social.

Sendo assim, com base no Relatório de Estatísticas Anual do *Emergency Disasters Data Base* - EM-DAT sobre desastre em 2007, para que determinado fenômeno ou acontecimento seja considerado como um desastre faz-se necessário que este atenda a alguns critérios que serão citados a seguir, com base em Scheuren *et. al.* (2008):

- 10 ou mais óbitos;
- 100 ou mais pessoas afetadas;
- Declaração de estado de emergência;
- Pedido de auxílio internacional.

Esse tema vem crescendo e se estabelecendo de forma cada vez mais intensa no cotidiano das pessoas e também em políticas e academias, apesar de ser um termo geralmente associado a terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas, ciclones e furacões, os desastres podem ocorrer tanto naturalmente quanto através da intensificação das ações antrópicas na natureza (Tominaga 2009a).

Os desastres podem ser classificados de acordo com sua origem e intensidade, conforme destacado por Alcântara (2002). Marcelino (2008) defende que os desastres podem ser categorizados como naturais ou antropogênicos (provocados pelo ser humano).

Os naturais referem-se a eventos e desequilíbrios da natureza e são, geralmente, fenômenos de grande intensidade que podem ou não ser intensificados pela ação humana. Exemplos disso incluem chuvas torrenciais, que provocam inundações, erosão e deslizamentos, assim como ventos fortes, que resultam em vendavais, tornados e furacões (Marcelino, 2008).

Em contrapartida, os desastres humanos, também conhecidos como antropogênicos, são decorrentes de ações ou omissões humanas e estão ligados às atividades que o ser humano realiza sobre o ambiente, seja como agente ou autor, tais como acidentes de trânsito, incêndios urbanos, poluição de rios, ruptura de barragens e outros (Alcântara-Ayala, 2002).

Quando se trata da classificação dos desastres por intensidade, destaca-se sua importância, por facilitar tanto o processo de resposta quanto a recuperação das áreas afetadas. Para medir a intensidade dos desastres, utilizam-se quatro níveis distintos, conforme apresentado no quadro 1, que considera o Produto Interno Bruto (PIB) e apresenta uma escala crescente de impactos e prejuízos, do nível I ao IV (Tominaga, 2009a).

Quadro 1 - Classificação dos desastres considerando o fator intensidade

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastres de pequeno porte, também chamados de <u>acidentes</u> , onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo menor que 5% do PIB municipal).	Facilmente superável com os recursos do município.
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (Prejuízo entre 5% e 10% do PIB municipal)	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
III	De grande intensidade com danos importantes e prejuízos vultosos. (Prejuízos entre 10% e 30% do PIB municipal)	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que completados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência – SE)
IV	De muito grande intensidade, com impactos muito significativos e vultosos. (Prejuízos maiores que 30% do PIB municipal)	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública – ECP)

Fonte: Tominaga (2009).

No contexto global, nota-se um crescimento tanto na frequência de desastres naturais quanto nos danos causados à sociedade. O novo relatório da Organização Meteorológica Mundial – OMM e do Escritório da Organização das Nações Unidas - ONU (2021), para a Redução do Risco de Desastres aponta que mudanças climáticas e ventos extremos causaram um aumento no índice de desastres naturais nos últimos 50 anos.

Ainda de acordo com o relatório, entre 1970 a 2019, os desastres naturais equivaleram a 50% de todos os desastres, representando 45% de todas as mortes reportadas no período e 74% de todas as perdas econômicas. Proporcionalmente a esse aumento, as perdas econômicas aumentaram sete vezes nesse período, indo de uma média de 49 milhões de dólares a estarrecedores 383 milhões por dia globalmente.

Os perigos naturais, em teoria, representam uma ameaça para todas as pessoas de forma igual. No entanto, na prática, eles afetam principalmente os mais desfavorecidos, que vivem em moradias precárias, situadas em áreas densamente povoadas e em terrenos mais suscetíveis a esses riscos (Tominaga, 2009a).

As áreas urbanas podem ser afetadas por diferentes tipos de desastres como, por exemplo, movimentos de massa (deslizamentos de terra e escorregamentos), erosões, alagamentos, enchentes e inundações. Os movimentos de massa, em particular, são processos dinâmicos que ocorrem, geralmente, em encostas e podem ser desencadeados pela interação de múltiplos fatores, como a composição do solo e das rochas, a forma do relevo, além de elementos climáticos e antrópicos, entre outros (Fernandes e Amaral, 1996). No Brasil, a maior parte dos deslizamentos de terra está associada com tempestades intensas de verão, especialmente em regiões íngremes (Fernandes *et al.*, 2004).

O processo erosivo causado pela erosividade da chuva e erodibilidade do solo ocorre em maior parte da superfície terrestre, principalmente naquelas de clima tropical, onde as chuvas atingem índices pluviométricos elevados. Nesse aspecto esse fenômeno pode ser compreendido como o processo de “degradação e remoção das partículas do solo ou de fragmentos de partículas de rocha pela ação combinada da gravidade com água, vento, gelo, e/ou organismos da fauna e flora” (IPT, 1986).

O alagamento, por sua vez, ocorre principalmente em áreas urbanas devido à ausência de vegetação, que facilitaria o escoamento superficial da água em períodos de chuvas intensas. Como consequência, a água se acumula em infraestruturas urbanas, calçadas e praças, que são superfícies impermeáveis, resultando na sobrecarga dos sistemas de drenagem e na limitação de sua capacidade de escoamento (Braga, 2016).

As enchentes e inundações são fenômenos naturais e periódicos na dinâmica dos cursos d’água, geralmente causados por chuvas intensas e prolongadas. No entanto, quando agravados pela ação humana, podem alterar o ciclo hidrológico dos rios e resultar em graves desastres.

Desse modo, entende-se que as enchentes e inundações são fenômenos diretamente relacionados à intensidade das precipitações e a fatores ambientais. No entanto, o constante avanço da urbanização, tem intensificado esses eventos, transformando fenômenos naturais em verdadeiros desastres ambientais. A impermeabilização do solo, o desmatamento e a ocupação irregular de áreas geomorfologicamente frágeis agravam os impactos negativos, tornando as inundações um dos principais desafios socioambientais do país.

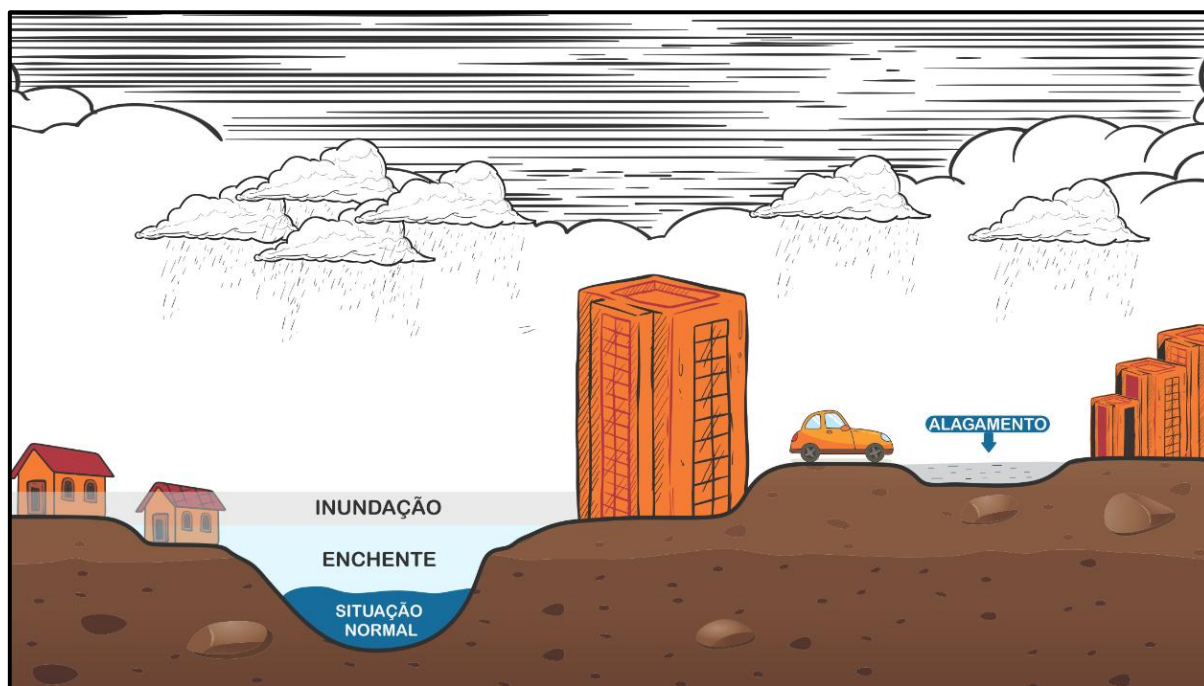
3.1 Enchentes e Inundações: uma discussão conceitual

Os fenômenos de enchentes e inundações são eventos naturais que ocorrem quando a lâmina d'água excede a capacidade de drenagem de um determinado canal. No Brasil, estes se tornaram uma das principais preocupações socioambientais, principalmente devido ao crescimento acelerado e desordenado das cidades.

Situações como a impermeabilização do solo, a ocupação irregular de áreas suscetíveis a desastres e a ausência de infraestrutura adequada de drenagem contribuem para transformar esses eventos em desastres de grande impacto.

Os fenômenos em questão são naturais do sistema fluvial e possuem dinâmicas específicas. Mesmo que os termos sejam utilizados como sinônimos, são eventos distintos. A inundação representa o transbordamento das águas de um corpo hídrico, atingindo a planície de inundação ou várzea, enquanto a enchente consiste na elevação na lâmina d'água do canal de drenagem devido ao aumento da vazão, chegando até a cota máxima do canal, sem que haja um extravasamento, conforme apresentado na figura 2. (Castro *et al*, 2005; Carvalho *et al*, 2007; IPT, 2007; Amaral e Ribeiro, 2009).

Figura 2 - Perfil esquemático do processo de enchente, inundação e alagamento



Fonte: Elaboração própria (2025).

O banco de dados *Emergency Database* - EM-DAT (OFDA/CRED, 2009) é um conjunto de dados e informações sobre a ocorrência de desastres, obtidos de diversas fontes,

como, por exemplo, agências das Nações Unidas, organizações não governamentais, institutos de pesquisa, entre outros. Nesse banco, o Brasil é classificado como um dos países mais afetados por inundações e enchentes no mundo, com mais de 60 desastres cadastrados no período de 1974 a 2003.

Conforme o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT (2007) e Castro (2002), os conceitos de inundação e enchentes devem ser diferenciados. Desse modo, Tominaga (2009) afirma que as enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.

As enchentes no Brasil são um problema crônico e afetam principalmente as comunidades de baixa renda por causa da localização de suas residências. No Brasil há segregação social e consequentemente segregação de infraestrutura, populações de baixa renda tem pouco acesso a saneamento no sentido amplo (Parkinson *et al.*, p. 5).

Nesse processo de cheias dos rios, as vazões atingem, geralmente, um nível alto, capaz de superar a capacidade existente de descarga da calha do curso d'água, fazendo com que haja o transbordamento para as áreas marginais normalmente não ocupadas pelas águas. Com isso, a percepção em torno desse fenômeno ao longo dos anos foi amplamente utilizada em diversos estudos e por diferentes autores, como apresentado no quadro 2.

Quadro 2 - Definições de enchentes encontradas na literatura científica

Fenômeno	Autor	Definição
Enchentes	Christofolletti (1980)	As enchentes ocorrem na área denominada leito maior dos canais fluviais, podendo alcançar os equipamentos instalados neste setor.
	Tucci (1993)	As enchentes ocorrem quando a precipitação é imensa e a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio pode ser superior à sua capacidade de drenagem, ou sejam a da sua calha normal.
	Guerra (1993)	São as grandes cheias que ocorrem nos rios. Geralmente causam verdadeiros desastres, provocando perdas na agricultura, pecuária, cidades próximas, etc. O que caracteriza as enchentes é a sua irregularidade, não ocorrendo todos os anos.
	Ross (1995)	Fenômenos produzidos por chuvas torrenciais agravadas pela impermeabilização do solo urbano. Levam ao colapso da rede de escoamento, produzindo extravasamento e danos em extensas áreas.

	Carvalho <i>et al.</i> (2007)	As enchentes ou cheias caracterizam-se pela elevação do nível de água no canal de drenagem, em virtude do aumento da vazão chegando a atingir a cota máxima do canal, porém não há extravasamento.
	Tominaga (2009)	Enchente é definida pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.
	Almeida (2010)	É o fenômeno que ocorre quando há aumento do nível de água de um rio em razão de fortes precipitações periódicas, mas sem transbordamento do seu leito menor ou leito de cheia.
	Amaral e Gutjahr (2011)	As enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água do rio, devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar. Quando extravasam, as enchentes passam a ser chamadas de inundações e podem atingir as moradias construídas sobre as margens do rio e se transformar em um desastre natural.
	Barros (2014)	As enchentes ou cheias são fenômenos naturais e saudáveis dos rios, ocasionados pela grande quantidade de chuva no local.

Fonte: Elaboração própria (2025).

Analisando as literaturas que abordam o conceito sobre enchentes e suas ocorrências, entende-se que nesse processo de cheia dos rios, as vazões atingem, geralmente, um nível alto, capaz de superar a capacidade existente de descarga da calha do curso d'água, fazendo com que haja o transbordamento para as áreas marginais normalmente não ocupadas pelas águas.

A partir disso, tem-se a ocorrência das inundações, quando esses extravasamentos da lâmina d'água se estende para além dos limites do canal. Também se caracteriza como um processo natural da dinâmica hidrológica, visto que ocorre quando a vazão é superior à capacidade da descarga do canal (Polivanov e Barroso, 2011).

Esse fenômeno se destaca por ser um evento global que afeta tanto os países em desenvolvimento ou emergentes, quanto os desenvolvidos (Zou *et al.*, 2012), podendo provocar significativos danos econômicos e danos à vida humana (Mata-Lima *et al.*, 2016). Com base

nos dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN (2016), a inundação é o processo em que ocorre a 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 em áreas de planície, geralmente ocasionado por chuvas distribuídas e alto volume acumulado na bacia de contribuição.

Por isso, a dinâmica das inundações tem sido objeto de interesse recorrente na produção científica, sendo analisada sob múltiplas abordagens teóricas e por diferentes autores ao longo do tempo, conforme sistematizado no quadro 3.

Quadro 3 - Definições de inundações encontradas na literatura científica

Fenômeno	Autores	Definição
Inundações	Christofolletti (1980)	Está relacionada ao transbordamento das águas fluviais, atingindo a planície de inundação, comumente denominada de várzea. Em geral, estes fenômenos são intensificados em função do uso e ocupação do solo nas planícies de inundação e impermeabilizações ao longo das vertentes.
	Guerra (1993)	Área inundada logo após a enchente.
	Oliveira (1998)	Inundações são fenômenos que fazem parte da dinâmica fluvial, atingindo periodicamente as várzeas, também denominadas planícies de inundação. Correspondem ao extravasamento das águas de um curso de água para as áreas marginais, quando a vazão é superior à capacidade de descarga da calha.
	Castro (2002)	Transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. Em função da magnitude, as inundações são classificadas como: excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude.
	Tucci (2003)	Ocorrem quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupam áreas onde a população utiliza para moradia, transporte, recreação, comércio, indústria, entre outros.
	Riccomini <i>et al.</i> (2008)	As inundações consistem e mais destrutivos fenômenos. Este ocorre quando a descarga do rio se torna elevada e excede a

		capacidade do canal, extravasando suas margens e alagando as planícies adjacentes.
	Tominaga (2009)	Inundação Representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea.
	Almeida (2010)	Se dá quando há o transbordamento d'água para além do leito de cheia e há a ocupação do leito maior ou planície fluvial.
	Costa (2018)	As inundações são caracterizadas como desastres naturais, apesar disto, cabe salientar que mesmo as inundações sendo processos naturais da dinâmica hidrológica, e associarem-se diretamente as chuvas concentradas, os desastres relacionados às inundações estão atrelados na maioria das vezes, à ocupação de áreas de planície de inundação e impermeabilização devido à urbanização.

Fonte: Elaboração própria (2025).

Dentre os diversos autores citados na tabela anteriormente apresentada, cujas contribuições oferecem diferentes abordagens sobre o fenômeno das inundações, o conceito adotado como base para esta pesquisa foi o de Guerra (1993). A definição proposta pelo autor foi considerada mais adequada para o estudo, por ser aquela que mais se alinha à metodologia utilizada, também proposta pelo mesmo autor, o que assegura coerência teórica e metodológica à análise realizada.

As inundações representam uma preocupação no Brasil que, ao longo das últimas décadas apresentou um crescimento significativo da população urbana, resultado na formação das chamadas regiões metropolitanas. A taxa da população urbana brasileira corresponde a 80%, isso se intensificou após o acelerado processo de urbanização que ocorreu depois da década de 60, produzindo uma população urbana praticamente sem infraestrutura, sobretudo, na década de 80, quando os investimentos foram reduzidos, por consequência da crise econômica que o país atravessava (Tucci, 1993).

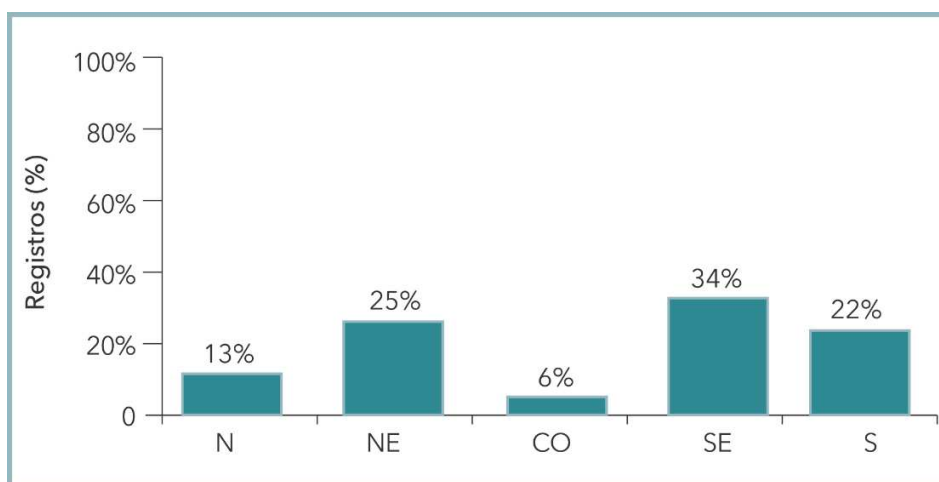
Os efeitos desse evento podem ser sentidos por todas as esferas da sociedade e do aparelhamento urbano relativo a recursos hídricos, como: abastecimento de água, transporte e tratamento de esgotos cloacais e drenagem pluvial. As consequências desse processo são importantes. Por exemplo, o acesso à água e ao saneamento reduz, em média, 55% da mortalidade infantil (WRI, 1992).

Os desastres decorrentes do avanço da urbanização em direção ao canal fluvial atingem principalmente a parcela da sociedade que habita em declives e planícies de inundação. A ocupação desses espaços, na maior parte dos casos, diminui a capacidade de infiltração do solo devido à retirada da cobertura vegetal. Nesse contexto, fica evidente que a ocupação de áreas urbanas de risco está frequentemente ligada à ausência de planejamento urbano adequado e à situação socioeconômica dos moradores.

Essa dinâmica de ocupação desordenada e vulnerabilidade social está refletida nos dados sobre desastres naturais no país. Segundo dados do EM-DAT, o Brasil está entre os países mais impactados por inundações em nível global, com um total de 94 desastres registrados entre os anos de 1960 e 2008, resultando em 5.720 mortes e mais de 15 milhões de pessoas afetadas, entre desabrigados e desalojados. Considerando apenas os desastres hidrológicos — que incluem inundações, enchentes e deslizamentos de massa —, o país ocupou, em 2008, a décima posição mundial em número de vítimas de desastres naturais, com aproximadamente 1,8 milhão de pessoas atingidas (OFDA/CRED, 2009).

De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais os municípios Brasileiros mais afetados por esse fenômeno situam-se, em sua grande maioria, na região Sudeste do país, com 34% do total dos eventos. Em seguida tem-se a Região Nordeste com 25%, a Sul com 22%, a Norte com 13% e, por último, a Centro-oeste, com 6% (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Distribuição percentual dos eventos de inundação nas diferentes regiões brasileiras



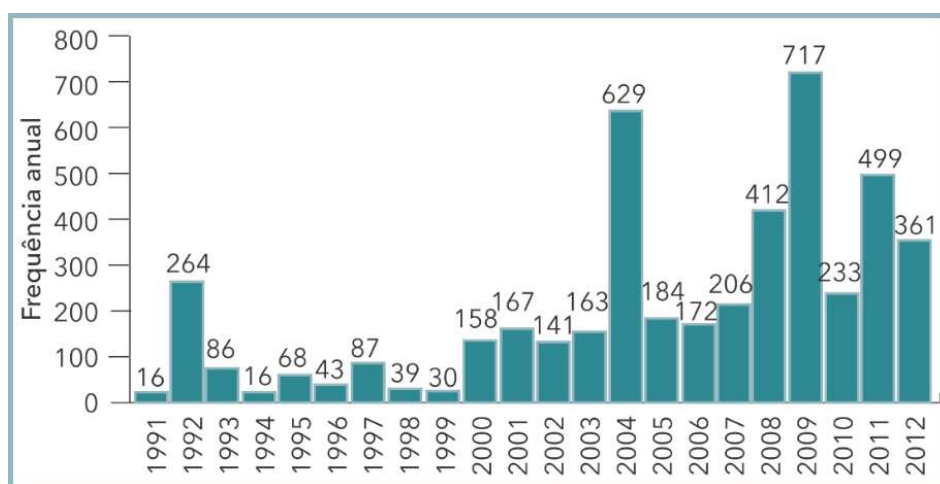
Fonte: Brasil (2013).

A figura evidencia disparidades significativas na ocorrência desse evento hidrológico ao longo do território nacional, na qual a região sudeste lidera o número de

registros. Esse fato pode ser atribuído tanto à elevada densidade populacional, quando ao processo de urbanização acelerada que se dá nessa região do país. Em seguida, aparecem a Região Nordeste (25%) e a Região Sul (22%), indicando que essas áreas também apresentam exposição a eventos de inundação, ainda que em menor escala. Os referidos dados fortalecem a importância de particularizar as especificidades regionais quando se realiza a análise dos desastres naturais do Brasil, sobretudo quando se refere a capacidade de respostas diante dos eventos em questão.

Quando se refere a frequência anual das ocorrências de inundações severas no Brasil, tem-se os registros do período de 1991 a 2012, conforme apresenta o Ministério da Integração Nacional (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Número de ocorrências de inundações por ano no território brasileiro



Fonte: Brasil (2013).

Os anos de 2004 e 2009 se destacaram pelos maiores números de desastres registrados anualmente, com 629 e 717 ocorrências, respectivamente. Em 2004, somente nos meses de janeiro e fevereiro, foram contabilizados 484 casos de inundações. O volume excessivo de chuvas em janeiro foi influenciado, entre outros aspectos, pelo fortalecimento da oscilação intrassazonal sobre a América do Sul, o que favoreceu a atuação atípica de sistemas frontais que permaneceram quase estacionários nas regiões Sudeste e no sul do Nordeste do país (MIDR, 2013).

Esses dados são especialmente relevantes, pois evidenciam que as inundações podem ser agravadas não apenas por fatores naturais, como eventos climáticos extremos, mas também por ações humanas, como a ocupação desordenada do solo e a precariedade da

infraestrutura urbana. Diante disso, é fundamental aprofundar a discussão sobre a formação das áreas de risco e os fatores de exposição física da população, que aumentam significativamente a vulnerabilidade diante desses desastres.

4 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS-OPERACIONAIS

Os caminhos metodológicos a serem seguidos são fundamentais no processo de desenvolvimento de uma pesquisa, pois é através deles que os objetivos estabelecidos podem ser alcançados. Desse modo, para o desenvolvimento desta pesquisa, que apresenta caráter descritivo quanto aos objetivos e abordagem quali-quantitativa na relação sujeito/pesquisador/sujeito, conforme fundamentação em Minayo (2000), foi adotado o seguinte percurso metodológico: Levantamento cartográfico e bibliográficos; caracterização geoambiental do município e da área de estudo; delimitação e setorização da área de estudo; aplicação das fichas de campo, aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida - PAR; realização de trabalhos de campo e construção do Índice de Exposição Física à Inundações - INEX (Figura 3). As etapas metodológicas serão apresentadas e discutidas nos tópicos subsequentes.

Figura 3 - Etapas dos procedimentos metodológicos



Fonte: Elaboração própria (2025)

a) Levantamento bibliográfico e cartográfico

A revisão de literatura consistiu no levantamento e análise de fontes bibliográficas, entre elas livros, artigos científicos, dissertações e teses relacionados ao tema principal da pesquisa. No que tange ao estado do Maranhão as principais referências consultadas para esta análise foram: Silva (2012); Barros *et al.* (2014); Costa *et al.* (2014); Costa (2015); Teixeira *et al.* (2015); Costa *et al.* (2017); Santana (2017); Gomes (2020); Sousa (2021); Louzeiro (2022).

O ambiente de trabalho foi organizado a partir da criação de um banco de dados relacionado ao *software ArcGIS for Desktop Advanced* (licença EFL999703439) pertencente ao Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento - GEOMAP. Este programa foi utilizado devido à sua interface amigável e sua estrutura em três subaplicações, capaz de executar tarefas simples ou complexas, incluindo a gestão de dados geográficos, construção de mapas, análise espacial, edição avançada de dados ou ligação à base de dados externos.

Esta etapa foi realizada com base na literatura especializada, base de dados cartográficos disponíveis e nos dados gerados durante o desenvolvimento deste trabalho relacionados aos aspectos geológicos, hipsométricos, de declividade, geomorfológicos, hidrográficos e de solos. Os dados utilizados foram obtidos a partir de fontes oficiais, destacando-se o Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2013), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022) e o TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (2025).

b) Caracterização dos aspectos geoambientais da área de estudo

A caracterização dos aspectos geoambientais da área em análise foi realizada com base em literatura especializada, complementada pelos dados apresentados no livro Geodiversidade do Estado do Maranhão, publicado pela CPRM (2013). Para a elaboração dos mapas, diferentes fontes cartográficas e bases de dados oficiais foram utilizadas. Os mapas referentes aos aspectos geológicos, geomorfológicos e de solos foram construídos a partir dos dados de geodiversidade do Maranhão, da CPRM (2013).

Essas representações cartográficas não apenas subsidiam o entendimento físico-natural da área, como também possibilitam análises mais detalhadas sobre o relevo e suas implicações ambientais.

Para a elaboração tanto do mapa de hipsométrico quanto de declive, foi utilizado o *software ArcGIS for Desktop Advanced* (licença EFL999703439) um Modelo Digital de Elevação – MDE, obtidos através do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA. No ArcGIS foi realizada a extração das curvas de nível e atribuído uma rampa de cores para as diferentes faixas de altitude seguindo a convenção de cores hipsométricas: verde para altitudes mais baixas, laranja para altitudes intermediárias e marrom para altitudes mais altas.

Nesse contexto, as análises hipsométricas se destacam por fornecerem ao pesquisador e ao leitor dos mapas uma compreensão mais aprofundada das formas do relevo e dos fenômenos que ocorrem na superfície. Segundo Nunes (2013), tais análises são essenciais, pois permitem, por exemplo, a identificação de áreas potencialmente sujeitas a inundações, favorecendo o reconhecimento e a interpretação de zonas com diferentes características altimétricas.

c) Delimitação e Setorização da área de estudo

A delimitação da área de estudo foi realizada através dos setores censitários definidos pelo IBGE, correspondente ao bairro Matadouro, Pedreiras - MA. Foram selecionados dois setores censitários cobrindo parcialmente o bairro, sendo eles, 210820705000005 e 210820705000046, conforme os dados extraídos do Censo Demográfico de 2022.

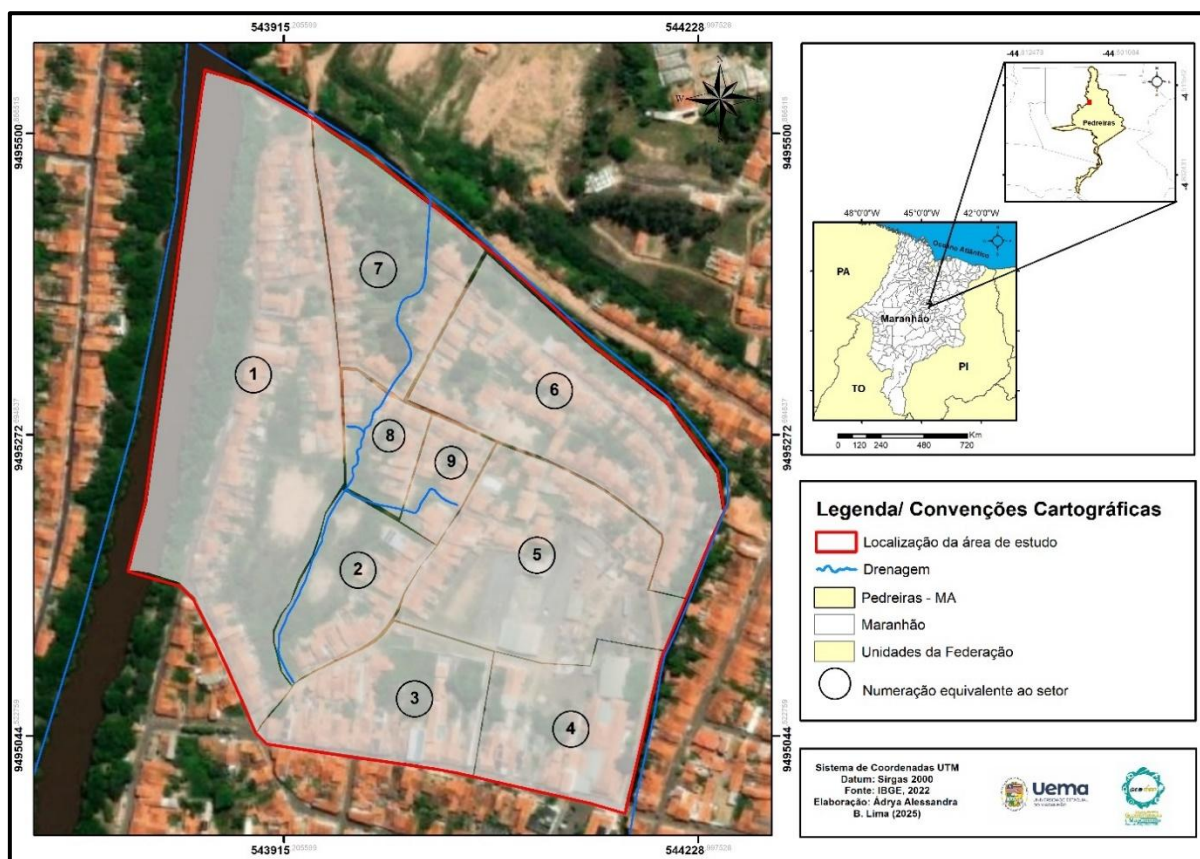
De acordo com o IBGE, em diversas situações a geometria dos setores censitários não se adere à área efetivamente ocupada por domicílios circunscrita a seus limites. Isso acontece porque a criação dessa malha precisa atender tanto às necessidades estatísticas quanto a limites político-administrativos e outras exigências temáticas.

Nas zonas urbanas, especialmente, a presença de áreas sem domicílios dentro dos setores influencia diretamente no cálculo da densidade demográfica. Para superar essa limitação, foram identificadas as áreas de fato ocupadas com moradias usando uma grade regular com células de 250 metros, baseada nas coordenadas dos domicílios registrados no Censo 2022. Essas informações foram divulgadas apenas para áreas urbanas, especialmente para regiões de transição entre o urbano e o rural, onde a aplicação desses dados é mais relevante.

A escolha do bairro Matadouro como área de estudo se deu devido à sua relevância na dinâmica urbana do município de Pedreiras – MA. Trata-se de uma região em processo de transformação urbana, marcada pela presença de ocupações irregulares, infraestrutura deficiente e fragilidades ambientais. Essas fragilidades tornam-se ainda mais evidentes diante dos recorrentes episódios de inundação, agravados pelo fato de o bairro estar inserido em uma Área de Preservação Ambiental (APA) do rio Mearim.

Desse modo, levando em consideração os aspectos naturais e as peculiaridades da mancha urbana analisada, houve a necessidade de estabelecer uma setorização delimitando a área de estudo (Figura 4). Esta considera os aspectos ambientais e engloba tanto os aspectos físicos naturais quanto de infraestrutura da área urbana.

Figura 4 - Setorização do bairro Matadouro, Pedreiras - MA



Fonte: Elaboração própria (2025).

Para a aplicação da Ficha de Identificação de Exposição Física (FExp), a área de estudo foi previamente setorizada. Dividiu-se o espaço em nove setores, numerados de 1 a 9, com base na análise das imagens do *Google Earth*®. A delimitação considerou as

características geoambientais do terreno e a infraestrutura urbana, destacando-se as vias de acesso e a influência do sistema de drenagem, que funcionaram como zonas de transição entre os setores.

d) Análise de Áreas de Preservação Permanente

No presente trabalho foram mapeadas as Áreas de Preservação Permanente (APP) conforme estabelece a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 do Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), que prevê uma faixa de distância em metros, que corresponde a área de proteção ao longo de cursos d'água.

Na área a drenagem foi compartimentada, analisada individualmente conforme suas características e o meio ao redor. Portanto, os canais fluviais foram individualizados para análise conforme a largura. Foram caracterizados canais menores que 10 metros, canais com 44, 109 e 800 metros, nestes foi aplicado um buffer de 30, 50, 100, e 500 respectivamente, considerando as margens dos canais como referência para a delimitação.

c) Aplicação das fichas de campo

A partir da setorização realizada, foi organizada e aplicada a Ficha de Exposição Física (FExp), esta foi proposta por Guerra *et al.* (2009), posteriormente adaptada por Oliveira (2018) e Gomes (2020). Para aplicação da ficha, foi considerado o conhecimento prévio de quatro pesquisadores de campo, um graduado, dois doutorandos e um doutor, todos com formação na área ambiental. O grupo discutiu e avaliou o grau de caracterização de cada setor conforme as variáveis estabelecidas (Figura 5).

Além da aplicação da FExp, também foi utilizado o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PARS), uma ferramenta destinada à análise das alterações antrópicas em bacias hidrográficas urbanas. Essas bacias, passam por maiores pressões e modificações em seus sistemas naturais, o que pode intensificar a ocorrência de fenômenos como as inundações.

Na área de estudo, foram aplicados dois modelos de PARS. O primeiro foi o proposto por Lobo (2011), que adaptou o modelo de Callisto *et al.* (2002), adequando-o às especificidades ambientais da região analisada (ANEXO A). Lobo (2011) explica que essa adaptação teve como objetivo ajustar o protocolo às condições locais, tornando-o mais eficiente, de fácil aplicação e apto a identificar os principais impactos nas bacias hidrográficas.

Figura 5 - Discussão e análise da Ficha de Exposição Física (FExp)



Fonte: Própria pesquisa (2025).

O segundo modelo de PARS aplicado foi desenvolvido por Carvalho (2010), que adaptou um protocolo baseado em quatro níveis de avaliação. O primeiro nível corresponde às características morfológicas do canal; o segundo, ao uso do solo nas margens do trecho analisado; o terceiro está relacionado ao uso do solo nos interflúvios; e o quarto nível refere-se à matriz de tipologias (ANEXO B).

d) Trabalho de campo

Durante o processo de pesquisa, foram realizados dois momentos distintos de atividades de campo. O primeiro ocorreu no dia 11 de julho de 2024, com o apoio da Defesa Civil Municipal, e teve como foco o Setor 1 da área de estudo. Já o segundo momento aconteceu nos dias 18 e 19 de maio de 2025, abrangendo toda a poligonal delimitada. Essa etapa permitiu aprofundar a análise das condições urbanas e ambientais da região, conhecer as dinâmicas territoriais e dimensionar os impactos provocados pelo fenômeno natural analisado. Além disso, viabilizou a aplicação da metodologia proposta por Guerra (2009) e adaptada por Gomes (2020) (Figura 6).

No decorrer da atividade, os níveis de exposição física foram registrados em ficha, conforme foram identificados pelos pesquisadores por meio da observação direta. Para isso, foram utilizados equipamentos como drone, câmera fotográfica e smartphones, que auxiliaram na documentação visual e no registro detalhado das condições do ambiente. A cada elemento observado foi atribuído um valor, de acordo com seu significado e sua configuração no ambiente, o que possibilitou a hierarquização das variáveis presentes.

Antes do cálculo do índice de exposição física, é necessário obter aos valores da FExp, para isso foi estabelecido uma média aritmética ponderada para determinar os níveis dos fatores de exposição física a inundações (FExp). Para isso, utilizou-se como referência os pesos atribuídos por especialistas que participaram de uma adaptação do método DELPHI. Esse método possibilita a coleta e a síntese de opiniões de um grupo de especialistas, separados geograficamente, sobre temáticas distintas. Tal característica favorece interpretações mais alinhadas com a realidade, contribuindo para uma compreensão mais precisa dos fenômenos, com base nas avaliações dos pesquisadores envolvidos (MARQUES; FREITAS, 2018).

Figura 6 - Atividade de Campo no Bairro Matadouro, Pedreiras – MA



Fonte: Própria pesquisa (2025).

e) Construção do Índice de Exposição Física à Inundações – INEX

Com base nas análises realizadas em gabinete e posteriormente validadas em campo, foi efetuado o cálculo do Índice de Exposição Física. Esse índice, calculado em gabinete, considera não apenas os níveis dos fatores analisados, mas também a quantidade de pessoas potencialmente expostas. A metodologia adotada segue as propostas de Guerra (2009) e Gomes (2020), que consistem na atribuição de valores conforme os diferentes graus de exposição ao perigo natural — neste caso, as inundações. Para isso, são consideradas variáveis como a capacidade de drenagem natural, a cobertura vegetal, o grau de impermeabilização do solo, o assoreamento, entre outros aspectos, conforme detalhado no Quadro 4.

Além das adaptações já realizadas na metodologia ao longo de estudos e pesquisas que a utilizaram como ferramenta de análise, este trabalho propôs uma modificação específica no item 9, relacionado à porcentagem de áreas não pavimentadas (como ruas, terrenos e acessos de pedestres). Essa alteração foi necessária para aumentar a precisão dos resultados, considerando que a permeabilidade do solo exerce uma influência significativa no processo de drenagem natural da área de estudo.

Quadro 4 - Fatores de Exposição Física a Inundações – FExp

VARIÁVEIS	Níveis				
	I	II	III	IV	V
1. Drenagem natural (quantidade de canais)	Fundo de vale que não recebe nenhuma contribuição de canais de drenagem	Local que recebe pouca contribuição de canais de drenagem	Local que recebe contribuição de canais de drenagem maior	Local situado nas margens de lagoas ou no flanco canais de drenagem	Local situado dentro do limite de vazão de uma lagoa, dentro de um talvegue ou canal de drenagem (canais de 1ª ordem)
2. Lançamento de detritos (lixo/entulho) dentro ou nas margens de rios ou lagoas	Ausência de lançamento de detritos	Presença de pequena quantidade de detritos	Presença razoável de quantidade de detritos	Presença de grande quantidade de detritos jogados a intervalos	Presença de grandes quantidades de detritos despejados frequentemente
3. Cobertura vegetal	Floresta densa e estabilizada	Árvores de médio porte e bem concentradas	Árvores de pequeno porte e bem espaçadas com capim	Capim	Solo Exposto

4. Impermeabilização das margens (% de ocupação das margens)	0 a 20%	21 a 41%	41 a 60%	61 a 80%	Acima de 81%
5. Grau de Assoreamento dos canais por sedimentos	Não assoreado	Pouco assoreado	Moderadamente assoreado	Muito assoreado	Extremamente assoreado
6. Drenagem em direção ao rio principal	Escoamento na direção contrária ao rio principal	Ruas pouco asfaltadas com fluxo de águas em direção ao rio principal	Ruas razoavelmente asfaltadas com drenagem em direção ao rio principal	Ruas muito asfaltadas ou de paralelepípedos com drenagem em direção ao rio principal	Ruas totalmente asfaltadas (impermeabilizadas) com direção ao rio principal
7. Rede de águas pluviais	Rede de águas pluviais com um grande número de bueiros/canaletas, com boa distribuição espacial e limpas	Rede de águas pluviais com quantidade razoável de bueiros/canaletas com distribuição espacial regular	Presença de bueiros/canaletas mal distribuídos que não são suficientes para a vazão da água	Presença de bueiros/canaletas mal distribuídos e frequentemente entupidos, e/ou canaletas quebradas	Ausência de bueiros/canaletas, canaletas quebradas e/ou canaletas com destino final nos rios ou lagoas
8. Qualidade estrutural das moradias	Casas revestidas com bom aspecto e utilização de materiais de construção (boa qualidade), fundação em material estável, longe da crista e base de taludes	Casas de alvenaria com ou sem revestimento, com fundação em material estável e estrutura deficiente	Casas de alvenaria com fundação e estrutura deficientes, com presença de rachaduras	Casas de alvenaria sem fundação, sem calha, estrutura deficiente, com presença de rachaduras	Casas de alvenaria sem fundação e sem estrutura, ou de madeira, ou outros materiais de baixa resistência, com rachaduras.
9. % de áreas não calçadas (ruas, terrenos e acesso de pedestres)	0 a 10%	11 a 25%	26 a 40%	41 a 50%	Acima 50%
10. Lançamento de esgoto	Rede de esgoto de boa qualidade e com tratamento	Rede de esgoto com problemas de vazamento	Presença de fossa e rede de esgoto com vazamento	80% fossa e/ou sumidouro/galerias	Presença de valas à céu aberto com destino ao rio/lago/mar

Fonte: Guerra et al (2009) adaptado por Gomes (2020).

Para a elaboração do Índice de Exposição Física - InEx na área de estudo, aplicaram-se fórmulas que permitiram identificar, inicialmente, a exposição por fator - EXf (Figura 7) e, em seguida, os fatores de exposição física por setor - FExp (Figura 8), culminando, assim, na obtenção do índice final de exposição física à inundação - InEx (Figura 9). Na tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos a partir das análises matemáticas para a construção do índice.

Figura 7 - Equação para cálculo da exposição por fatores mediante a atribuição de pesos

$$EXf = Nvf * P$$

Onde:
EXf - Exposição por fator;
Nvf - Nível do fator;
P - Peso.

Fonte: Gomes (2020).

Figura 8 - Equação para cálculo dos fatores de exposição física por setor

$$FExp = \frac{\sum EXf}{Qf}$$

Onde:
FExp - Fatores de Exposição Física;
EXf - Exposição por fator.

Fonte: Gomes (2020).

Figura 9 - Equação para calcular o índice de exposição física à inundação

$$InEx = \frac{FExp * RS}{Qr}$$

Onde:
FExp - Fatores de Exposição Física;
RS - Residências por setor.

Fonte: Gomes (2020).

Tabela 1 - Resultados das equações para a construção do InEx

Identificação do Setor	FExp	Quantidade de Residências	Quantidade média de Residências	InEx
Setor 1	0,763	107	49,2	1
Setor 2	0,763	17		0,263
Setor 3	0,756	39		0,599
Setor 4	0,806	12		0,196
Setor 5	0,744	52		0,786
Setor 6	0,825	125		1
Setor 7	0,831	49		0,827
Setor 8	0,863	23		0,403
Setor 9	0,850	19		0,322

Fonte: Elaboração própria (2025).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os principais resultados obtidos ao longo da pesquisa, articulando-os com referências teóricas e dados secundários relevantes. A partir da caracterização dos aspectos geoambientais da área de estudo, buscou-se compreender as dinâmicas que favorecem a ocorrência dos eventos de inundação, bem como discutir os impactos socioambientais decorrentes desses processos.

5.1 Breve Análise do Processo Histórico de Ocupação dos Municípios de Pedreiras e Trizidela do Vale

De acordo com a o IBGE, o local onde atualmente se encontra a cidade de Pedreiras já era habitado por cidadãos como o Cel. Joaquim Pinto Saldanha, João Emiliano da Luz e José Carlos de Almeida Saldanha, que ali estabeleceram suas moradias. Eles chegaram acompanhados de compatriotas e pessoas escravizadas, dedicando-se a atividades comerciais, industriais e agrícolas. Em razão do crescimento geral da região, o lugar passou a ser conhecido como “Povoação”.

Segundo a Prefeitura de Pedreiras, o município surgiu em territórios que anteriormente abrigavam fazendas escravistas e também eram habitados pelos povos indígenas Guajarás. Por volta da metade do século XX, destacou-se como um dos principais polos de produção de arroz, batata e macaxeira no interior do estado do Maranhão.

De acordo com o IBGE (2022), Pedreiras possui uma população de 37.050 habitantes. Em 2010, o município registrou um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

- IDHM de 0,682 e, em 2021, apresentou um PIB de R\$ 20.119,04. Sua principal atividade econômica é o comércio, que atende não apenas a população local, mas também cidades vizinhas, como Lima Campos, São Luís Gonzaga do Maranhão, Bernardo do Mearim, Igarapé Grande, entre outras.

Já o município de Trizidela do Vale, situado na região central do Maranhão, integra a mesorregião Centro Maranhense e a microrregião do Médio Mearim, localizando-se a apenas 3 km de Pedreiras. Em 2022, contava com 22.484 habitantes e apresentava densidade demográfica de 77,1 hab/km², ocupando a 79ª posição em população e a 12ª em densidade no estado, segundo dados do IBGE (BRASIL, 2023).

Originalmente pertencente a Pedreiras, foi emancipada em 10 de novembro de 1994. Atualmente, forma uma conurbação com Pedreiras, somando cerca de 60 mil habitantes, separados pelo rio Mearim e conectados pela ponte metálica Francisco Sá (TRIZIDELA DO VALE, 2023). Embora tenha raízes históricas ligadas a Pedreiras, Trizidela do Vale consolidou sua independência econômica, contando com serviços próprios como agência dos Correios, Banco do Brasil e a 13ª Companhia Independente de Bombeiros Militar do Maranhão. Além disso, integra a Região de Planejamento do Médio Mearim.

Considerando que a área urbana dos municípios de Pedreiras e Trizidela do Vale se desenvolveram na planície de inundação do rio Mearim, é natural que no período chuvoso as águas se elevam no processo de enchentes e inundações, atingindo assim a população.

Conforme dados de Gerenciamento de Desastres, disponibilizados pelo Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC (2023), relacionados à série histórica dos últimos dez anos, 2012 a 2022, tem-se Pedreiras como parte dos 82 municípios que apresentaram recorrência de Situação de Emergência nesse período. Assim, grande parte da área urbana é atingida pelos fenômenos, porém algumas localidades apresentam maior exposição física ao evento de inundação do que outras. Essa realidade pode ser observada na Figura 10.

Figura 10 - Inundações no bairro Matadouro, Pedreiras - MA



Fonte: Defesa civil, Pedreiras - MA (2024).

Desta forma, optou-se neste trabalho analisar o bairro Matadouro, considerando que a metodologia adotada é apropriada para análises locais e microlocais, em escalas grandes, ricas em detalhamento. Desta forma, será apresentada a caracterização geoambiental da área e a análise do nível de exposição física.

5.2 Aspectos Geoambientais da Área de Estudo

Entre os diversos aspectos fisiográficos da Terra, o estudo do clima destaca-se como elemento central e norteador para a compreensão dos demais, uma vez que exerce influência direta sobre os processos que ocorrem na biosfera, hidrosfera e litosfera. (FRANÇA, 2019).

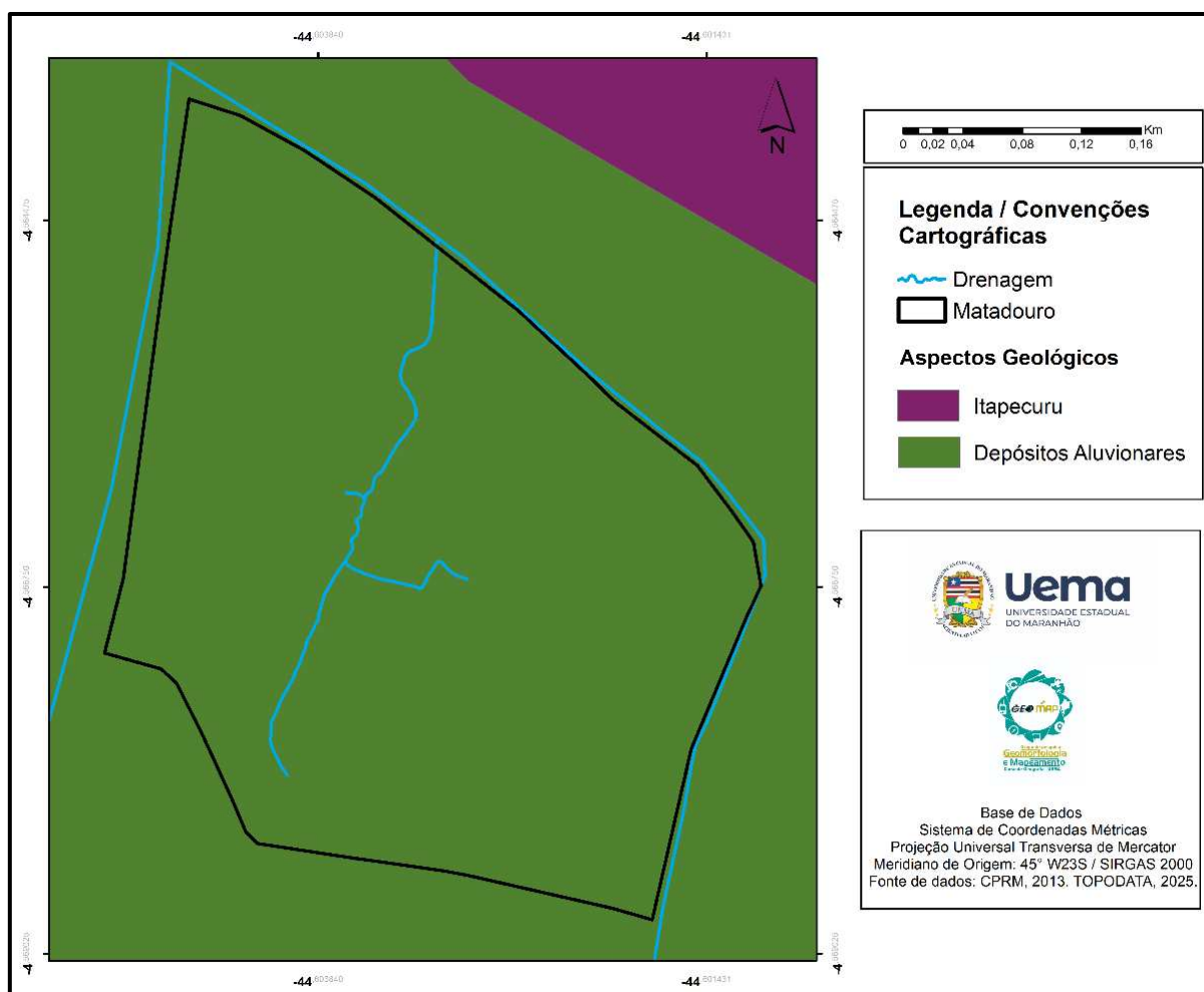
A região de Pedreiras, apresenta características climáticas representativas do clima tropical sazonal, com estação seca bem definida. Segundo estudos de Corrêa et al. (2023), que analisou dados de temperatura e precipitação de diversas estações meteorológicas do estado do

Maranhão, a estação do município de Bacabal, a mais próxima geograficamente de Pedreiras, foi classificada segundo Köppen como Aw' (clima tropical com chuvas concentradas no verão e estação seca no inverno), e segundo Thornthwaite como C2w2A'a'.

Esses dados indicam que a região de Pedreiras está sujeita a verões mais quentes e úmidos, com chuvas intensas de janeiro à abril e invernos marcados por forte déficit hídrico, especialmente entre os meses de julho e setembro.

Geologicamente o setor delimitado está inserido predominantemente em formações de Depósitos Aluvionares (Figura 11), compostos por areias e argilas transportadas e depositadas por rios e igarapés nos últimos 10 mil anos, conforme afirma CPRM (2013).

Figura 11 - Aspectos geológicos do bairro Matadouro, Pedreiras – MA



Fonte: Elaboração própria (2025).

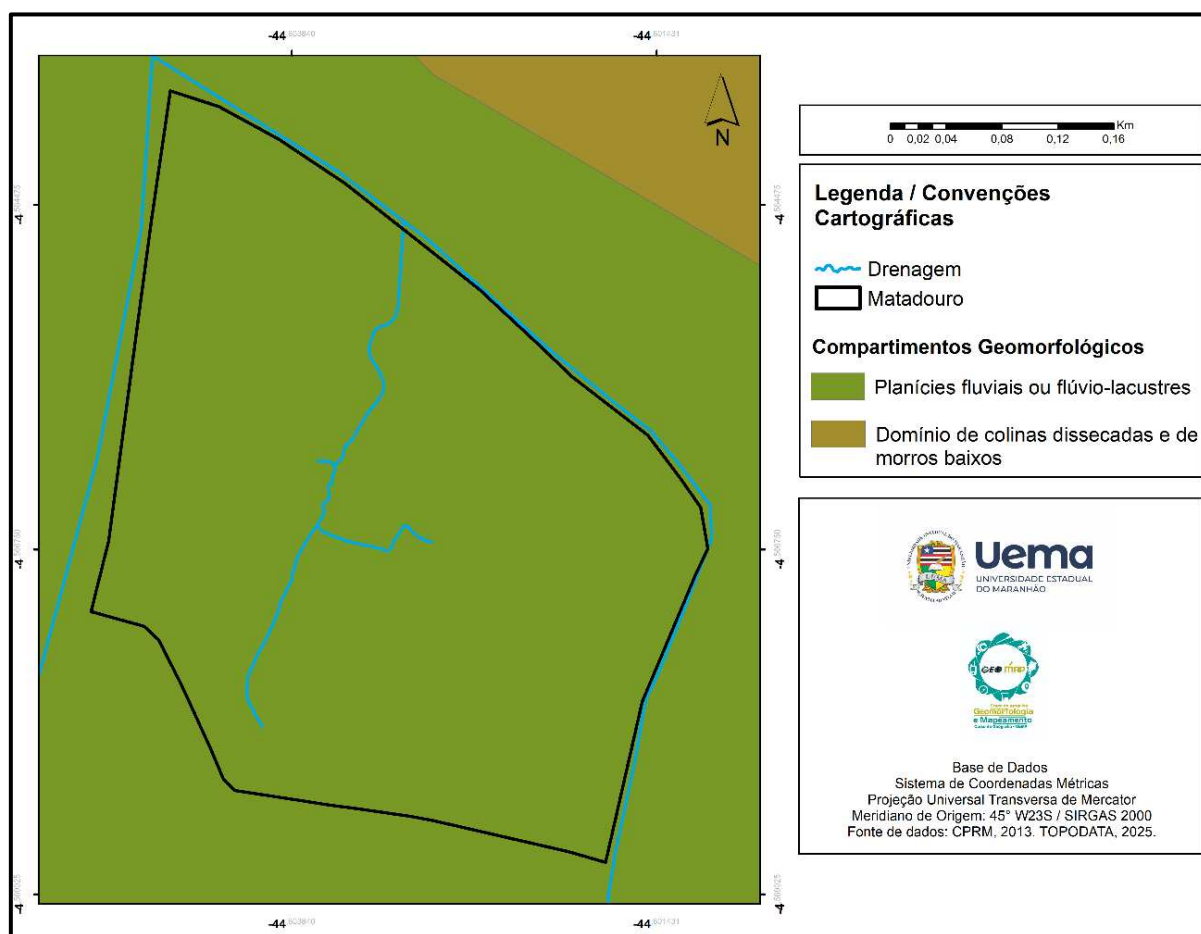
A predominância destes depósitos confere à região características que a tornam naturalmente suscetível a inundações, uma vez que essas formações são a base para o

desenvolvimento de planícies fluviais ou flúvio-lacustres, áreas frequentemente expostas ao transbordamento de rios e igarapés (Figura 12).

Segundo Florenzano (2008) as formas de relevo de origem fluvial são elaboradas a partir do escoamento concentrado da água em canais fluviais, os quais são chamados de vazão, cujo volume depende do regime hidrológico da bacia hidrográfica onde os canais estão inseridos.

Considerando o setor delimitado, de acordo com a CPRM (2013) a área apresenta as planícies fluviais ou flúvio-lacustres como principal forma de relevo, caracterizado por superfícies sub-horizontalizadas, pouco elevadas, acima do nível médio dos rios, riachos/igarapés e córregos, periodicamente inundadas em épocas de cheias (GUERRA; GUERRA, 2006).

Figura 12 - Aspectos geomorfológicos do bairro Matadouro, Pedreiras – MA



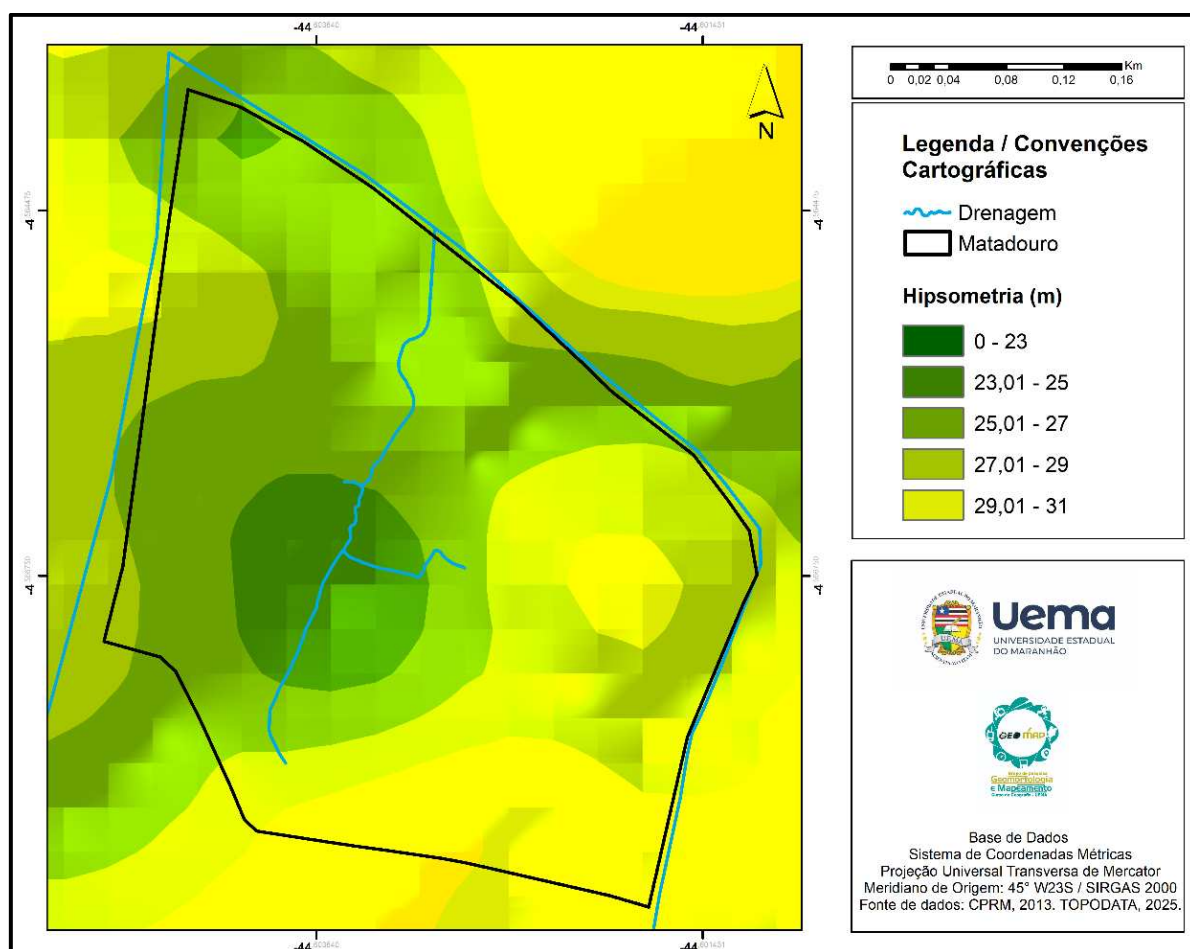
Fonte: Elaboração própria (2025).

Esses terrenos apresentam drenagens inacabadas, sendo periodicamente inundados, enquanto nos terraços apresentam boa drenagem. Também estão inseridas nessa unidade as suaves depressões em solos arenosos localizadas em áreas planas ou em baixos interflúvios, chamados de Áreas de Acumulação Inundáveis – AAI.

Estes são ambientes com alta probabilidade de ocorrência de inundações, já que são áreas de baixa elevação e próximas ao canal fluvial, de permeabilidade variável, já que há a disparidade entre solos arenosos e argilosos. Variando por apresentarem camadas arenosas, que permitem uma rápida infiltração, enquanto as argilosas podem reter a água e agrava em processos de inundações.

Dentro da análise do relevo, observa-se a altimetria e declividade da área que envolve o setor do bairro Matadouro, o qual está localizado, maioritariamente em altitudes de 23 a 31 metros, sendo uma área predominante baixa. As duas classes que mais se destacam são de 25 a 27 e 29 a 31m (Figura 13).

Figura 13 - Aspectos hipsométricos do bairro Matadouro, Pedreiras – MA

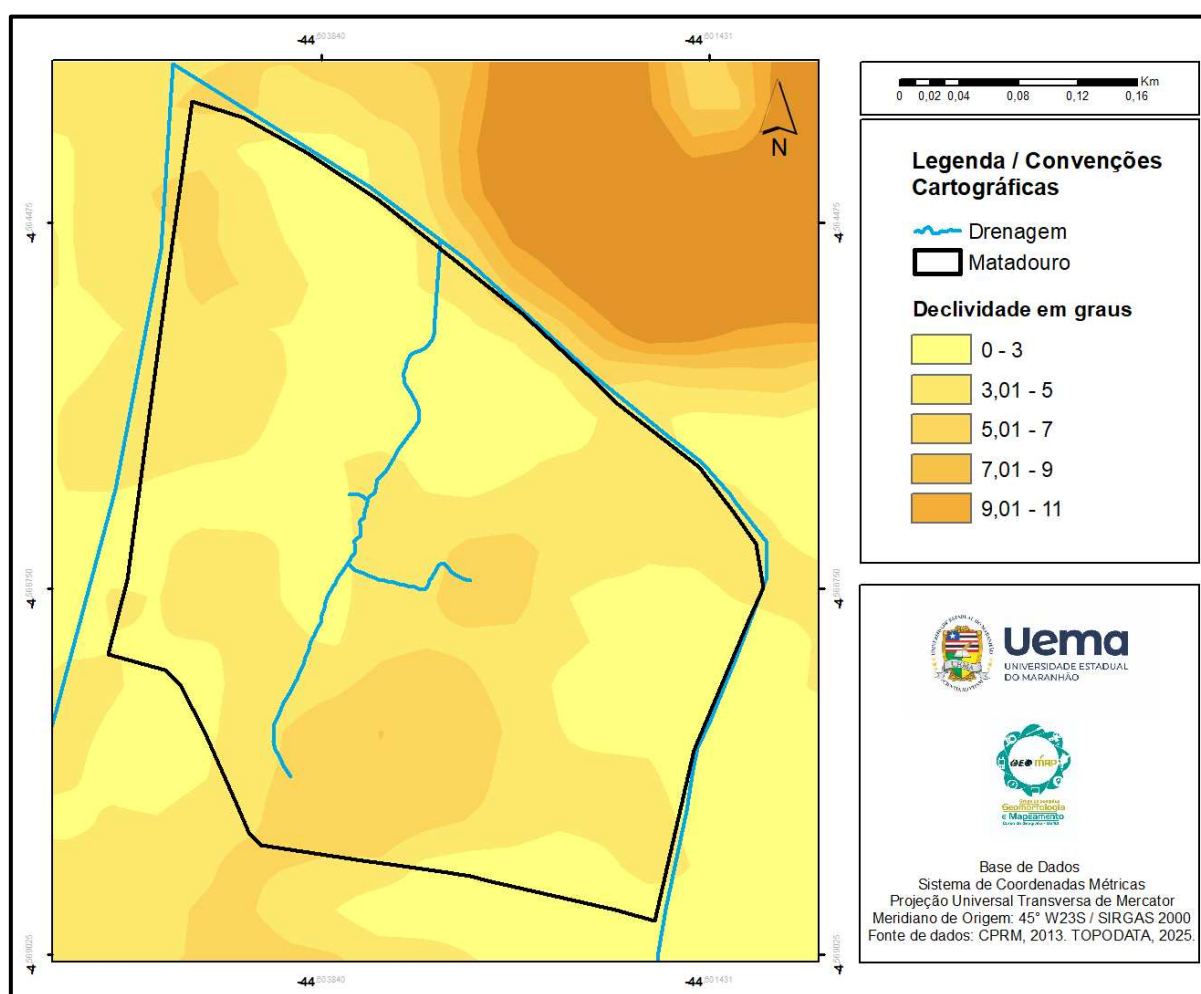


Fonte: Elaboração própria (2025).

Esse padrão altimétrico indica uma topografia predominantemente plana ou suavemente onduladas, podendo ser explicada por sua localização em uma área de acumulação, na planície fluvial.

No que tange a declividade, o setor delimitado varia entre 0 e 7 graus, conforme ilustrado na figura 14, sendo classificada como de baixa inclinação, principalmente em função das características geomorfológicas da área, à qual é caracterizada por ser uma superfície predominantemente plana ou levemente inclinada.

Figura 14 - Declividade do bairro Matadouro, Pedreiras – MA

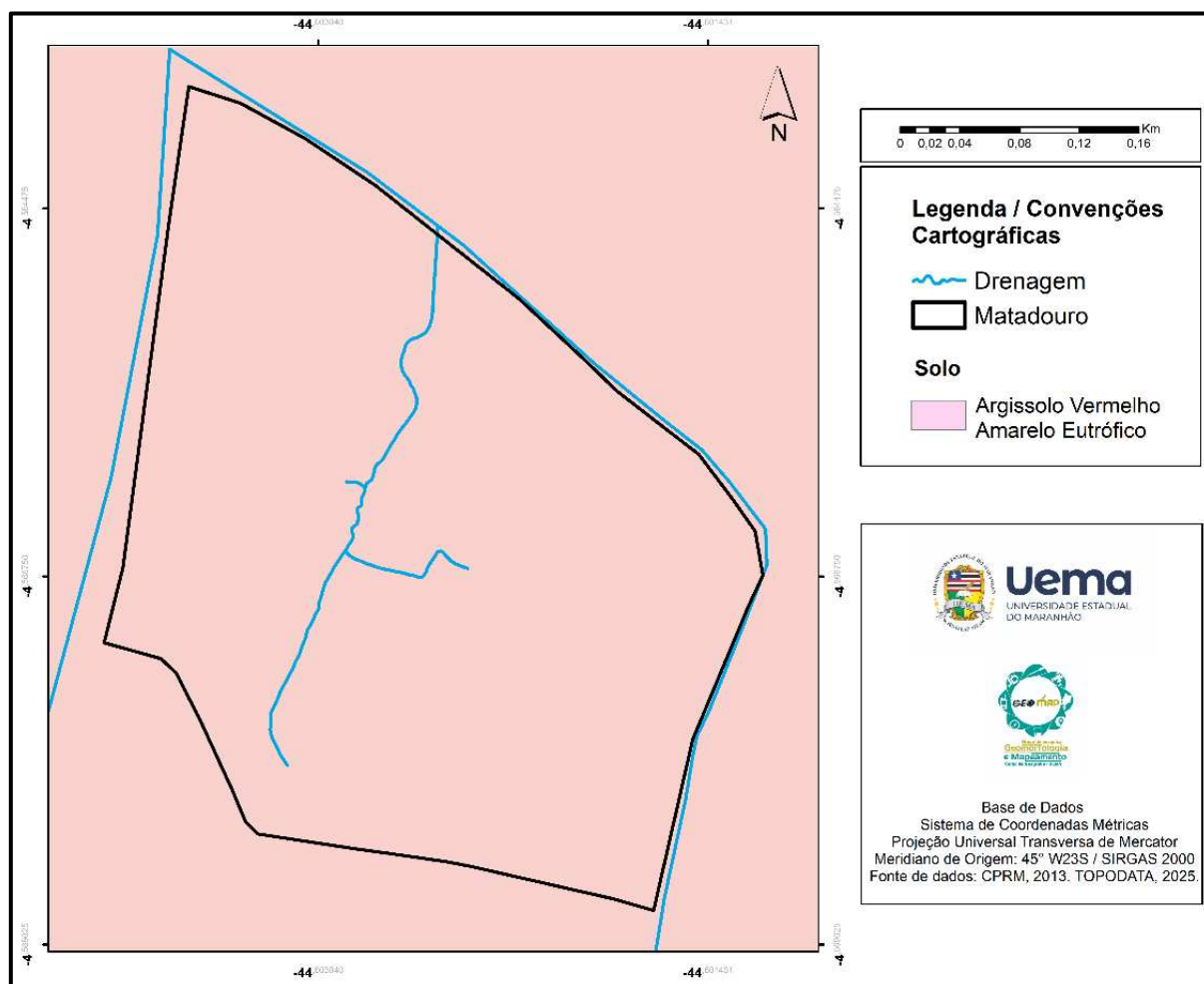


Fonte: Elaboração própria (2025).

Ainda nessa abordagem da caracterização geoambiental local e considerando a escala de mapeamento da CPRM (2013), na área de estudo foram identificados os Argissolos Vermelho-Amarelos. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2018), esses solos possuem coloração vermelho-amareladas e/ou amarelo-

avermelhadas, e não se enquadram nas classes nem dos Argissolos Amarelos, Argissolos Acinzentados, e Argissolos Bruno-Acinzentados (Figura 15).

Figura 15 - Aspectos de solos do bairro Matadouro, Pedreiras – MA



Fonte: Elaboração própria (2025).

Esses tipos de solo apresentam horizonte B textura, que são caracterizados por uma boa fertilidade natural (eutróficos) e suas cores que se dão devido à oxidação do ferro. Estes são comuns em diversas regiões do Brasil, especialmente em locais de relevo suave e ondulado, como é o caso da área aqui estudada.

Ao analisar os aspectos geoambientais da área de estudo, percebe-se que a interação entre geologia, geomorfologia e solos determina como a água da chuva se comporta em diferentes áreas. Os tipos de rochas, formas de terreno, declividade, altimetria, textura e estrutura dos solos, capacidade de retenção de água e compactação dos solos contribuem diretamente para a probabilidade de ocorrência dos eventos de inundação. Uma vez analisada

essas características, pode-se inferir o nível de exposição física dos moradores aos eventos estudados, considerando também o processo urbano. Essa análise está descrita a seguir.

5.3 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente

A delimitação das APPs ao longo da drenagem é essencial não apenas do ponto de vista ambiental, mas também como estratégia de mitigação dos impactos de eventos hidrológicos extremos, como evidenciado na figura 16.

Figura 16 - Ocupação irregular em área de APP com registro de inundação em Pedreiras – MA



Fonte: Defesa civil, Pedreiras - MA (2024).

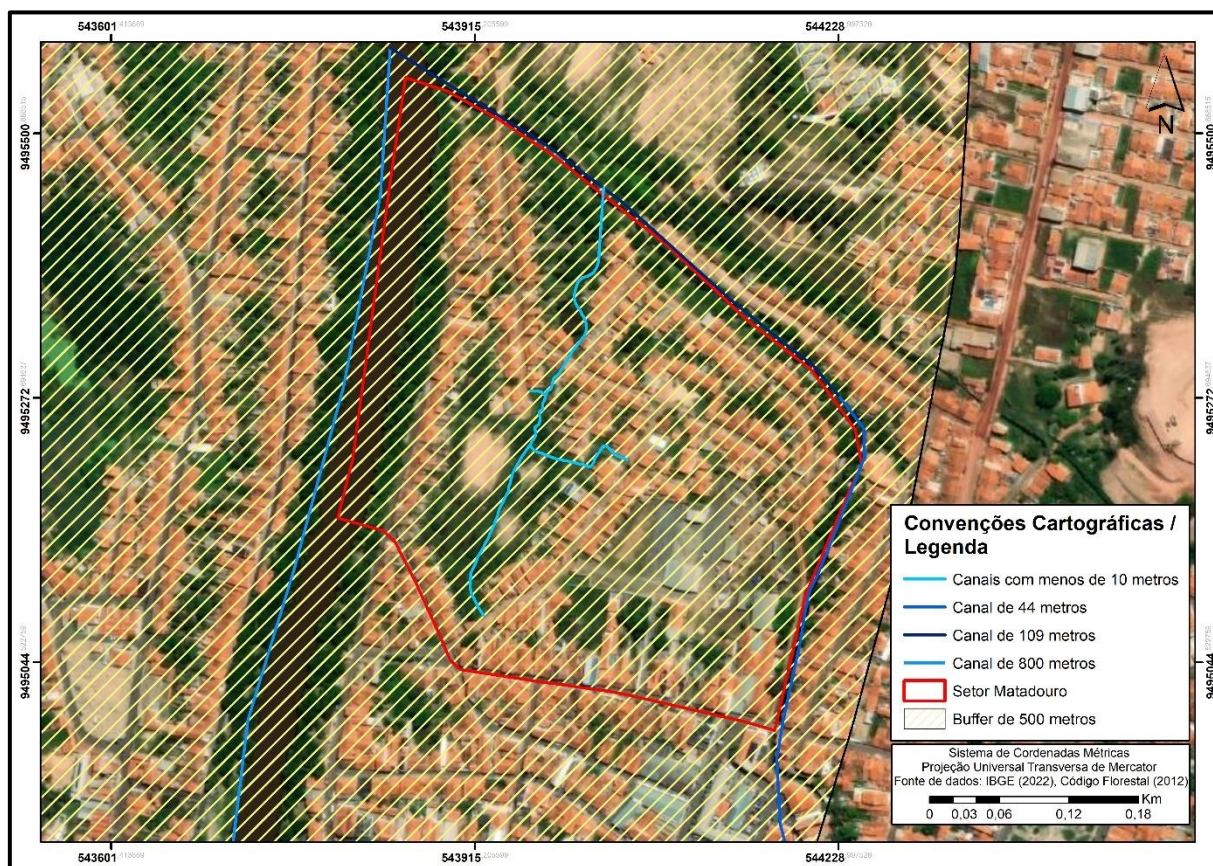
A partir do mapeamento da drenagem na área de estudo, foram delimitadas as Áreas de Preservação Permanente (APPs) com base nas faixas de proteção previstas na Lei nº 12.651/2012. Para isso, os cursos d'água foram individualizados de acordo com suas larguras, permitindo a aplicação de buffers proporcionais: 30 metros para canais com largura inferior a

10 m, 50 metros para canais com 44 m, 100 metros para canais com 109 m e 500 metros para o canal principal, que apresenta 800 m de largura

Na representação cartográfica, optou-se por destacar apenas o buffer de 500 metros, uma vez que sua abrangência já contempla as faixas de proteção associadas às demais drenagens mapeadas. Essa escolha visou evitar sobreposições visuais e permitir uma leitura mais clara e objetiva da área de influência direta dos cursos d'água. A delimitação das APPs foi essencial para compreender o grau de ocupação irregular nas margens dos canais e seu impacto na ampliação da suscetibilidade às inundações no bairro Matadouro.

A delimitação das APPs ao longo da drenagem é essencial não apenas do ponto de vista ambiental, mas também como estratégia de mitigação dos impactos de eventos hidrológicos extremos, como evidenciado na Figura 16.

Figura 17 - Buffer do bairro Matadouro, Pedreiras - MA



Fonte: Elaboração própria (2025).

No mapa, optou-se por destacar apenas a delimitação do buffer de 500 metros, uma vez que essa extensão já abrange de forma satisfatória todas as demais drenagens analisadas no

presente estudo, evitando, assim, sobreposições desnecessárias e proporcionando uma representação mais objetiva e precisa da área de influência direta.

5.4 Índice de Exposição Física (InEx) à Inundações no bairro Matadouro, em Pedreiras – MA

A partir da metodologia proposta por Guerra (2009) e adaptada por Gomes (2020), foi possível alcançar o Índice de Exposição Física à inundações no bairro Matadouro (Figura 18), considerando as condições naturais e antrópicas de cada setor individualizado.

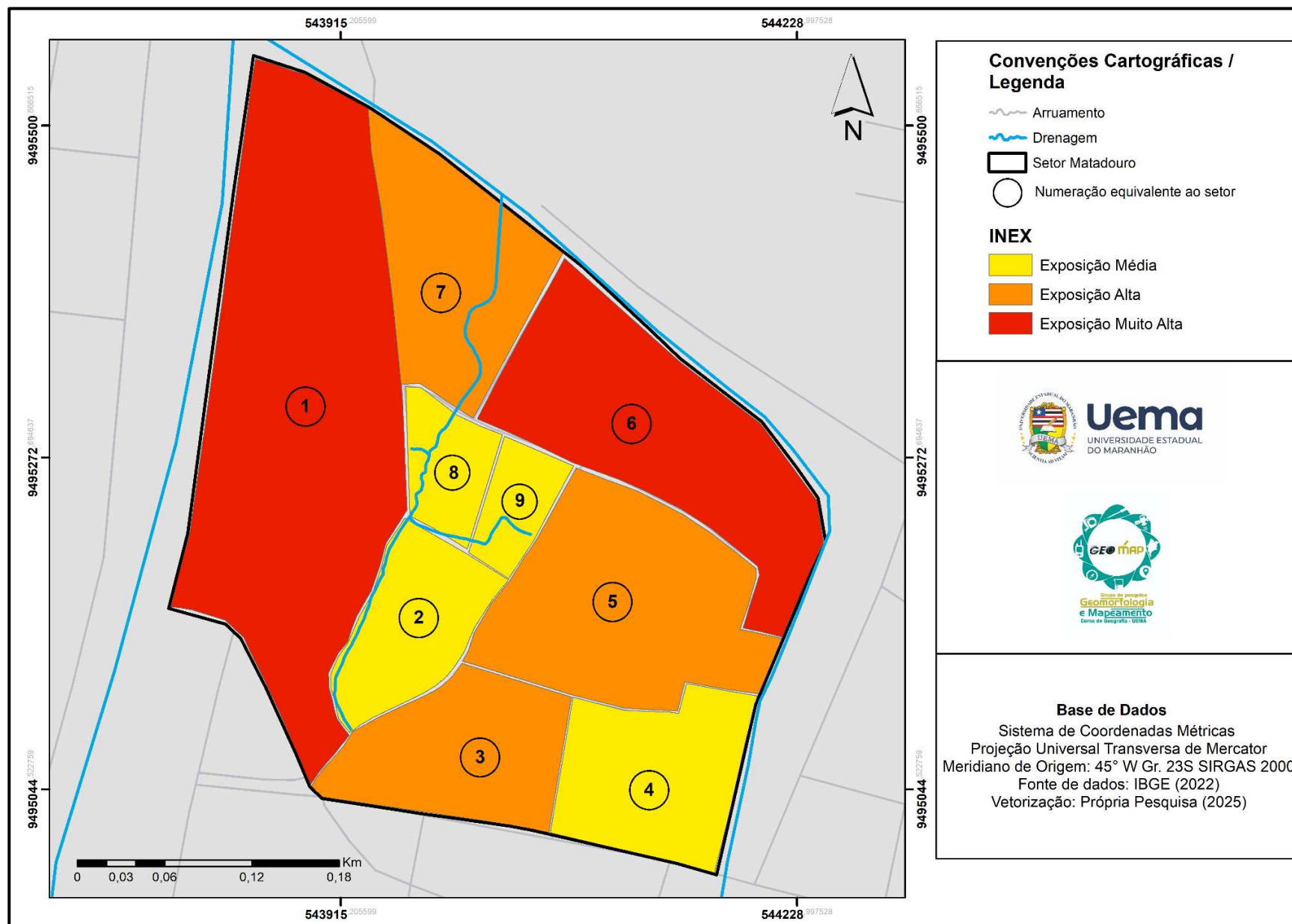
Cabe destacar que neste trabalho, não foram caracterizados setores de baixa exposição ao evento de inundação. Na área de estudo, o índice variou de médio a muito alto, principalmente porque a região está inserida em um ambiente naturalmente suscetível a esse tipo de evento, conforme identificado na análise dos aspectos geoambientais da área de estudo.

Nessa perspectiva, a análise setorial permitiu evidenciar áreas com mais ou menos problemas relacionados à exposição física ao perigo de inundação, permitindo uma avaliação espacial mais próxima à realidade local. Conforme Gomes (2020) o InEx é uma ferramenta que também permite ao pesquisador compreender o resultado obtido como um conjunto de diversos fatores, não somente os ambientais, mas, sobretudo, nas residências ou pessoas que podem ser atingidas pelo fenômeno em questão, caso haja a ocorrência.

Ainda nessa perspectiva, destaca-se que a avaliação dos níveis foi realizada por meio de comparações internas à área de estudo, ou seja, os níveis de exposição física dos setores do bairro Matadouro não devem ser comparados com os de outras regiões, uma vez que a localidade analisada é analisada de forma individual e particular.

Nesse contexto, o primeiro setor analisado, apresentou um alto Índice de exposição física à inundação, estando localizado à margem direita do trecho do Rio Mearim que divide as cidades de Pedreiras e Trizidela do Vale. Esta é uma área com elevado índice de ocupação às margens do canal, o que intensifica o processo de impermeabilização do solo, visto que a drenagem natural desse setor fica comprometida (Figura 19).

Figura 17 - Índice de Exposição Física à Inundações no bairro Matadouro, Pedreiras - MA



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 18 - Setor 1 do bairro Matadouro, Pedreiras – MA



Fonte: Elaboração própria (2025).

Nesta área identificou-se a existência de uma região que, anteriormente, correspondia a um lago, popularmente conhecido como Lago do Jacaré, mas que foi aterrado entre os anos de 2019 e 2020, durante a gestão do então prefeito Antônio França de Sousa. De acordo com os moradores locais, após o aterramento desse espaço natural, as inundações passaram a atingir com maior frequência o nível de suas residências.

Com base na análise dos Protocolos de Lobo (2011) e Carvalho (2010), o setor 1 apresenta um cenário de significativa degradação ambiental, fortemente influenciado por atividades humanas. A principal forma de ocupação das margens é residencial, o que contribui diretamente para os impactos acentuados tanto nas margens quanto no leito do curso d'água. Entre esses impactos, destacam-se a canalização e a presença de resíduos sólidos, evidenciando a ausência de controle ambiental e de infraestrutura sanitária adequada.

O setor conta com uma média de 107 residências e apresenta um grau de urbanização intermediário, tanto no uso do solo ao longo das margens do canal quanto nos interflúvios, conforme indicam os parâmetros do Protocolo de Análise Rápida. Apesar da degradação observada, a área ainda é utilizada pela população local como espaço de lazer, o

que ressalta sua importância social e a necessidade de medidas voltadas à recuperação ambiental e requalificação urbana.

O Setor 2 composto por uma média de 17 residências, apresentou um índice médio de exposição física a inundações (Figura 20), diferenciando-se do Setor 1 principalmente pela presença de uma cobertura vegetal mais densa e por áreas mais permeáveis. Estima-se que entre 50% e 70% do setor seja coberto por vegetação ripária nativa, intercalada com trechos de solo exposto ou áreas onde a vegetação foi eliminada. Esse cenário favorece uma drenagem natural mais eficaz, especialmente devido à concentração da vegetação na porção central do setor, que atua como moderadora do escoamento superficial.

Figura 19 - Setor 2 do bairro Matadouro, Pedreiras – MA



Fonte: Elaboração própria (2025).

Apesar desse aspecto positivo, o setor também apresenta impactos negativos, como a presença frequente de materiais tecnogênicos descartados de forma irregular e valas a céu aberto, que comprometem a qualidade ambiental e podem agravar os riscos sanitários locais.

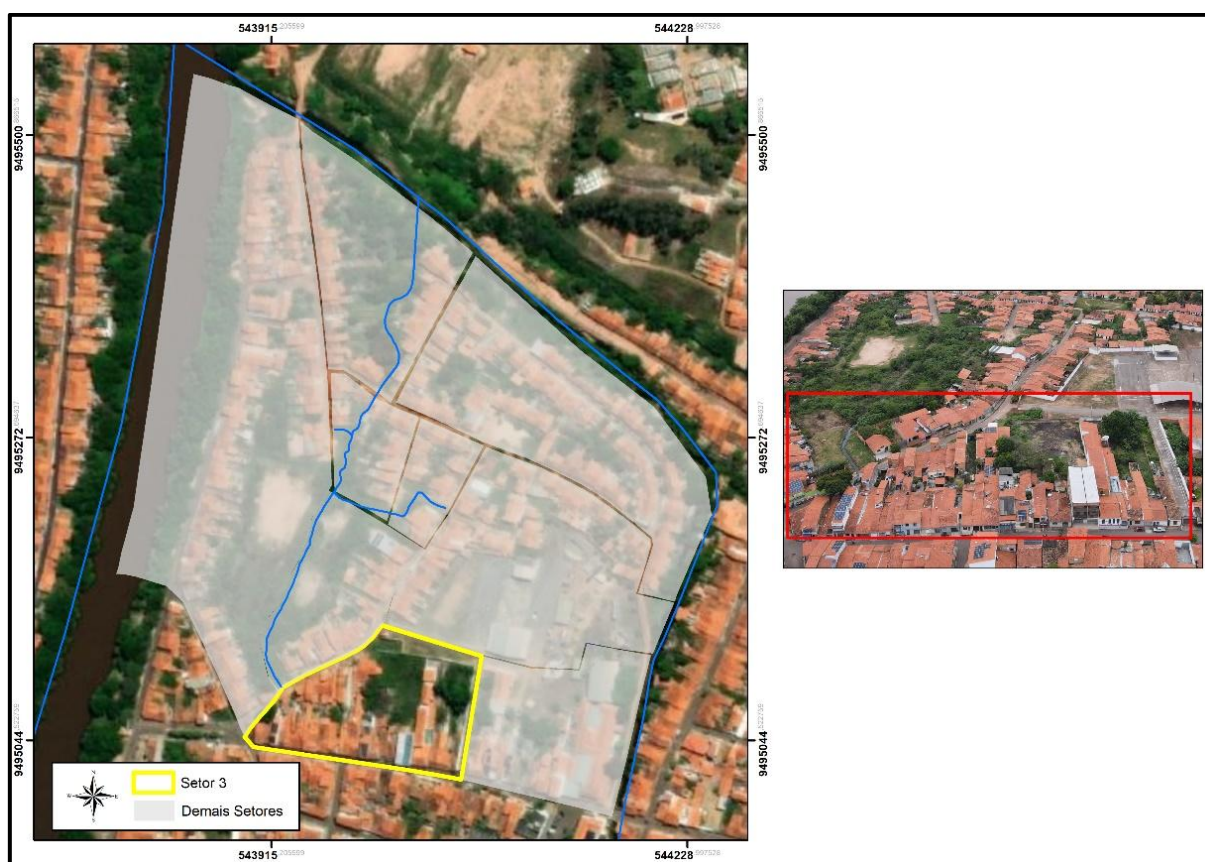
Com base no Protocolo de Avaliação Rápido o setor 2 é um ambiente afetado por interferências antrópicas, a ocupação das margens ainda é predominantemente residencial,

entretanto, a presença da vegetação ripária nativa entre 50% e 70% indica um nível médio de cobertura vegetal, isso é benéfico quando se trata do processo de infiltração da água e contribui para uma drenagem mais eficiente. Nesse contexto, a vegetação exerce um papel moderador importante no controle do escoamento superficial.

No entanto, os impactos ambientais ainda são visíveis. Foram registrados resíduos sólidos nas margens e no leito, bem como odor e oleosidade moderados, o que revela a existência de descargas irregulares e má gestão de resíduos. O canal apresenta mais de 75% do fundo coberto por lama, com 80% do rio modificado, menos de 50% da mata ciliar nativa e desflorestamento muito acentuado e com margens moderadamente instáveis.

O setor 3 apresentou um alto índice de exposição física à inundação (Figura 21). Esta área apresenta uma média de 39 residências e área correspondente aos quintais, observa-se uma quantidade moderada de vegetação, composta principalmente por árvores de pequeno porte.

Figura 20 - Setor 3 do bairro Matadouro, Pedreiras - MA

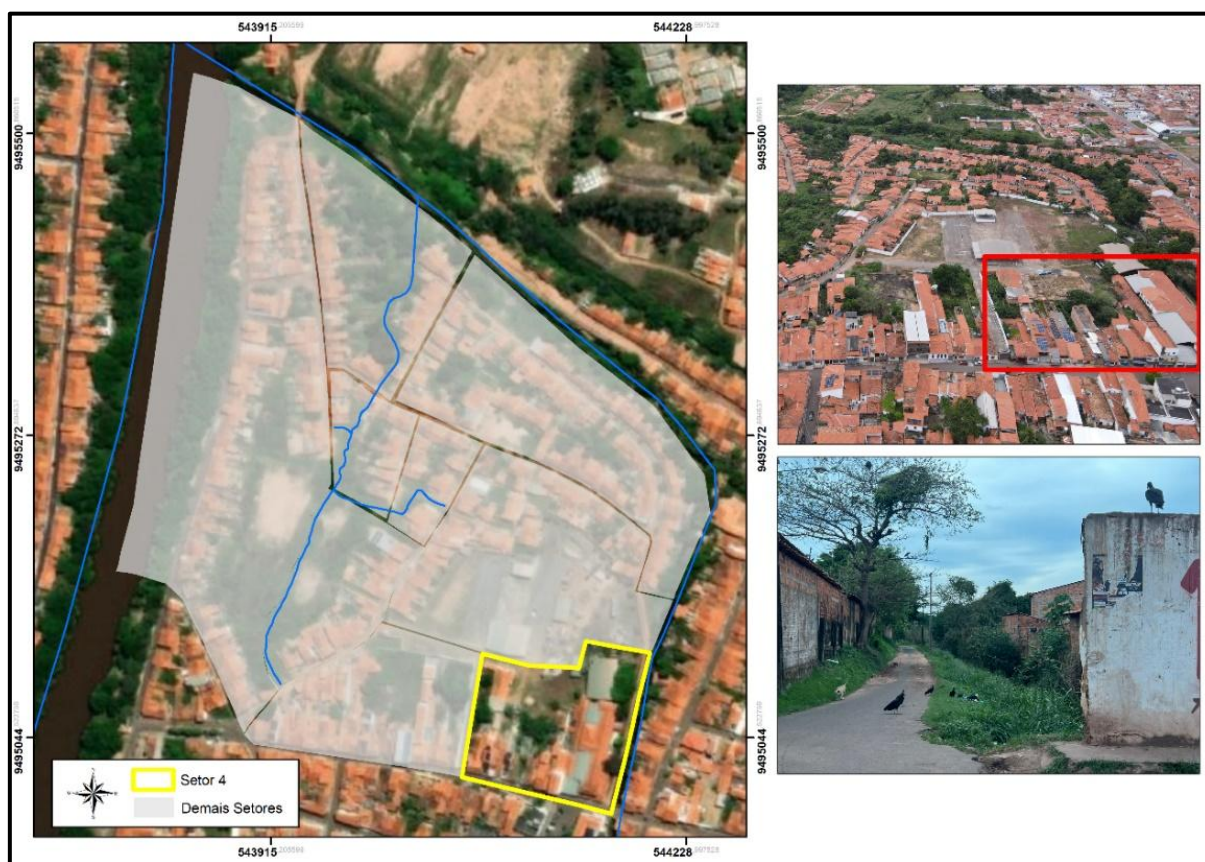


Fonte: Elaboração própria (2025).

O entorno é predominantemente impermeabilizado e ocupado por residências de padrão médio a baixo. Destaca-se que, neste setor, o canal está impermeabilizado, o que acarreta um elevado nível de fragilidade frente às inundações. Considerando esse aspecto, e conforme discutido no item sobre o grau de assoreamento dos canais por sedimentos, não há parâmetros adequados para classificar esse setor. Ademais, trata-se de um canal modificado e urbanizado.

No setor 4, que apresenta uma média de 12 residências, identificou-se um grau moderado de exposição física à inundação (Figura 22). O canal fluvial atravessa a lateral do setor, o que contribui para a redução do impacto das inundações sobre as residências locais. Nesse trecho, o canal encontra-se retificado, ou seja, passou por um processo de modificação artificial, no qual seu leito foi alterado por meio do aprofundamento e/ou alargamento da calha, bem como pela retirada de meandros. Essas alterações modificam, sobretudo, o perfil longitudinal do canal, interferindo diretamente em todo o sistema fluvial da bacia.

Figura 21 - Setor 4 do bairro Matadouro, Pedreiras - MA



Fonte: Elaboração própria (2025).

Ainda neste setor, foi observada uma coloração escura da água, popularmente conhecida como “língua preta”, acompanhada de um odor acentuado e da presença de urubus.

Esses indícios evidenciam que o canal está sendo utilizado como uma rede de lançamento de esgoto *in natura*.

Conforme as análises do PARS, esse setor, apresenta um cenário crítico de degradação ambiental tanto nas margens quanto no leito do corpo hídrico. Neste há presença de canalização, esgoto a céu aberto e presença de resíduos sólidos, além de apresentar um odor acentuado e presença de oleosidade, o que intensifica o indício de contaminação do canal por esgoto doméstico. A vegetação aquática é ausente e a diversidade de habitats é muito baixa, com menos de 10% da área contendo estruturas naturais, o que compromete a biodiversidade local.

O setor 5 apresentou um alto índice de exposição física à inundação (Figura 23). O setor apresenta uma média de 52 residências e no trecho, o canal fluvial também se restringe à parte lateral do setor; contudo, ele recebe adicionalmente a influência de uma drenagem proveniente do setor 7, localizado à frente.

Figura 22 - Setor 5 do bairro Matadouro, Pedreiras – MA



Fonte: Elaboração própria (2025).

A área apresenta uma porção significativa de solo exposto, além de ruas totalmente asfaltadas e impermeabilizadas. O setor apresenta uma média de 52 residências e no trecho, o canal fluvial também se restringe à parte lateral do setor; contudo, ele recebe adicionalmente a influência de uma drenagem proveniente do setor 7, localizado à frente. A área apresenta uma porção significativa de solo exposto, além de ruas totalmente asfaltadas e impermeabilizadas.

A partir da análise do PARS, compreende-se que o setor em questão configura-se como um cenário crítico. Conforme o Protocolo de Lobo (2011), trata-se de uma área intensamente urbanizada, predominantemente residencial, que apresenta impactos antrópicos significativos, como o lançamento de resíduos e a alteração expressiva da vegetação ciliar. O canal possui leito parcialmente obstruído por resíduos, e o fundo é composto majoritariamente por lama, com acúmulo superior a 75%. Além disso, a calha do canal exibe margens modificadas e canalização artificial, o que agrava ainda mais o quadro de degradação.

Já segundo o Protocolo de Carvalho (2010), embora o canal seja classificado como “não alterado” em termos morfológicos, observa-se forte influência antrópica no uso e ocupação do solo em suas margens.

Dessa forma, a análise integrada dos dois protocolos permite caracterizar o setor como um ecossistema fluvial altamente comprometido pelas intervenções humanas, com baixa resiliência ambiental e elevado grau de transformação.

De acordo com os moradores locais, os impactos causados pelas inundações são não apenas naturais, mas também materiais, uma vez que frequentemente há perda de utensílios e eletrodomésticos. Durante o período chuvoso, o transbordamento do curso d'água ocorre com frequência e rapidez, invadindo ruas e afetando diretamente as residências, muitas das quais se encontram em áreas com cotas mais baixas e margens mais íntaveis.

As evidências do nível elevado da lâmina d'água são visíveis nas paredes das casas, onde se observam manchas escuras nas janelas e nas fachadas, indicando a altura alcançada pela água durante os eventos de cheia, como apresentado na figura 24 e 25. Tais marcas apresentam não apenas o rastro material do desastre, mas também a sua repetição histórica, demonstrando que esse é um fenômeno recorrente e não pontual.

Figura 23 - Marcas das cheias nas fachadas das residências



Fonte: Própria pesquisa (2025).

Figura 24 - Marcas das inundações em fachada de residência



Fonte: Própria pesquisa (2025).

O setor 6, assim como o 1 apresentou um índice muito alto de exposição física a inundação (Figura 26). A vegetação se restringe às margens do canal fluvial, que está localizada ao norte do setor. As demais porções estão totalmente impermeabilizadas com asfalto, comprometendo a infiltração da água e interferindo no escoamento superficial da área no período de chuvas intensas.

O setor analisado apresenta ausência de bueiros e predominância de residências de pequeno porte, construídas em alvenaria e, em sua maioria, sem fundação adequada. As construções demonstram fragilidade estrutural, evidenciada pela presença de rachaduras. Além disso, observa-se que apenas entre 11% e 25% da área é não calçada, o que indica uma baixa taxa de permeabilidade do solo. Considerando que o setor abriga cerca de 125 residências, esse percentual é insuficiente para garantir uma drenagem eficiente, contribuindo para o agravamento de problemas urbanos, como alagamentos e erosões.

Figura 25 - Setor 6 do bairro Matadouro, Pedreiras – MA



Fonte: Elaboração Própria (2025)

Conforme as análises realizadas a partir do Protocolo de Avaliação Rápida, esse setor apresenta um cenário de intensa degradação ambiental e urbanização desordenada. A caracterização do canal revela que ele se encontra modificado e canalizado, com uso intenso de sono tanto nas margens quanto nos interflúvios, evidenciando forte influência antrópica. No que diz respeito à presença de vegetação, esta é praticamente ausente tanto nas margens quanto no leito do corpo hídrico, resultando em baixa diversidade de habitats e ausência de plantas aquáticas. O fundo do canal é predominantemente cimentado, o que reduz ainda mais a permeabilidade do solo e contribui para o aumento do escoamento superficial. Além disso, o odor da água e a oleosidade refletem a intensa poluição orgânica e química presente no local.

O setor 7 apresenta um alto índice de exposição física à inundações (Figura 27). Trata-se de uma área localizada dentro do limite de vazão de um canal de drenagem, ou seja, um espaço naturalmente sujeito a processos hidrológicos intensos.

Figura 26 - Setor 7 do bairro Matadouro, Pedreiras - MA



Fonte: Elaboração própria (2025).

No setor em questão, o canal de drenagem encontra-se visivelmente comprometido: há acúmulo frequente de detritos, forte assoreamento, retificação artificial e margens impermeabilizadas em 61 a 80% de sua extensão. Além disso, ao longo do canal, observam-se residências de alvenaria construídas sem fundação adequada e com rachaduras aparentes, o que aumenta o risco de desastres. No ano de 2025, houve um aumento significativo na lâmina d'água, elevando o nível do rio, como ilustrado na figura 28.

Figura 27 - Comparativo de um trecho do canal do setor 6 nos meses de março e maio

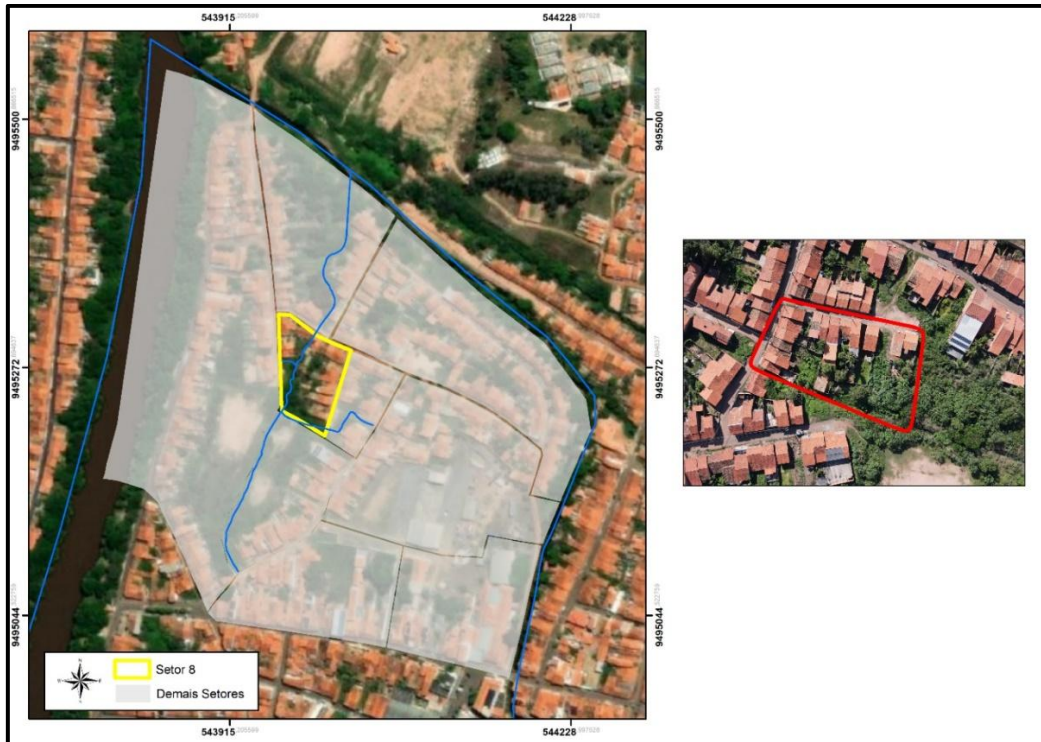


Fonte: Própria pesquisa (2025).

Com base no protocolo PARS, o canal que atravessa o setor apresenta-se retificado e artificialmente canalizado, comprometendo sua morfologia natural e capacidade de autodepuração. Há presença acentuada de impactos antrópicos, como lixo, entulho, esgoto e odor desagradável. A coloração da água mostra-se turva, com presença de lama e ausência de fauna aquática visível, evidenciando um ecossistema degradado.

O setor 8 e 9 apresentam um médio índice de exposição física à inundações (Figura 29 e 30). Os dois setores estão localizados no centro da poligonal estudada e são transeccionados pela drenagem. Ambos apresentam uma grande quantidade de detritos despejados de forma frequente, estão extremamente assoreados e são circundados por ruas totalmente asfaltadas. Outra característica que também é comum entre os setores é a presença de valas a céu aberto com destino ao rio.

Figura 28 - Setor 8 do bairro Matadouro, Pedreiras - MA



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 29 - Setor 9 do bairro Matadouro, Pedreiras - MA



Fonte: Própria pesquisa (2025).

De acordo com o PARS a análise comparativa dos pontos 8 e 9 revela uma condição ambiental crítica em ambos os trechos avaliados, com destaque para um elevado grau de degradação ambiental. Em ambos os locais, o uso do solo nas margens é predominantemente urbano-industrial, com impactos antrópicos acentuados, como canalização, presença de resíduos e ausência de vegetação natural. A presença de lama, odor e oleosidade na água confirma a poluição significativa do corpo hídrico.

A diversidade de habitats é extremamente baixa nos dois pontos, com menos de 10% de variação nos microambientes aquáticos, o que compromete a biodiversidade local. Além disso, há alterações estruturais acentuadas no curso do rio, com canalização e margens completamente modificadas. A presença de mata ciliar é inferior a 50%, com fortes evidências de desmatamento e substituição por estruturas urbanas. Por isso, tanto o ponto 8 quanto o ponto 9 apresentam um quadro de urbanização intensa e profunda alteração dos parâmetros ecológicos, resultando em um ambiente degradado, com alto comprometimento da qualidade ambiental.

De modo geral, a análise dos setores evidencia que se trata de uma área potencialmente exposta ao fenômeno das inundações, devido a diversos fatores como a topografia local, a deficiência na infraestrutura de drenagem e a ocupação desordenada do solo. Esses elementos contribuem significativamente para prejuízos à população residente.

Quadro 5 - Principais características ambientais dos setores quanto à exposição física à Inundação no bairro Matadouro, Pedreiras - MA

SETOR	CARACTERÍSTICAS	QUANTIDADE DE RESIDÊNCIAS POR SETOR	INEX
1	• Situado dentro do limite do canal de drenagem; • Presença razoável de quantidade de detritos; • Mais de 81% das margens impermeabilizadas; • Presença de valas à céu aberto com destino ao rio; • Árvores de pequeno porte e bem espaçadas com capim.	107	Exposição Muito Alta

2	• Situado dentro do limite do canal de drenagem; • Presença de grandes quantidades de detritos; • Árvores de médio porte e bem concentradas; • Extremamente assoreado; • Ruas totalmente asfaltadas.	17	Exposição Média
3	• Situado dentro do limite do canal de drenagem; • Presença razoável de quantidade de detritos; • Árvores de pequeno porte e bem espaçadas com capim; • Extremamente assoreado • Presença de valas à céu aberto com destino ao rio. • 11 a 25% das áreas não são calçadas.	39	Exposição Alta
4	• Situado dentro do limite do canal de drenagem; • Presença de grandes quantidades de detritos despejados; • Extremamente assoreado; • Mais de 81% das margens impermeabilizadas; • Ruas totalmente asfaltadas; • Presença de valas à céu aberto com destino ao rio.	12	Exposição Média
5	• Situado dentro do limite do canal de drenagem; • Presença razoável de quantidade de detritos; • Solo Exposto; • 0 a 20% das margens impermeabilizadas • Extremamente assoreado; • Presença de valas à céu aberto com destino ao rio.	52	Exposição Alta
6	• Situado dentro do limite do canal de drenagem; • Presença razoável de quantidade de detritos; • Árvores de pequeno porte; • Mais de 81% das margens impermeabilizadas; • Extremamente assoreado; • Ruas totalmente asfaltadas.	125	Exposição Muito Alta
7	• Situado dentro do limite do canal de drenagem; • Presença de grande quantidade de detritos despejados frequentemente; • De 61 a 80% das margens impermeabilizadas	49	Exposição Alta

	• Extremamente assoreado; • Casas com estruturas deficientes e presença de rachaduras; • Presença de valas à céu aberto com destino ao rio.		
8	• Situado dentro do limite do canal de drenagem; • Presença de grande quantidade de detritos despejados frequentemente; • Árvores de pequeno porte; • Mais de 81% das margens impermeabilizadas; • Extremamente assoreado; • Casas com estrutura deficientes e presença de rachaduras; • Presença de valas à céu aberto com destino ao rio.	23	Exposição Média
9	• Situado dentro do limite do canal de drenagem; • Presença de grande quantidade de detritos despejados frequentemente; • Solo Exposto; • Mais de 81% das margens impermeabilizadas; • Extremamente assoreado; • Ruas totalmente asfaltadas; • Presença de valas a céu aberto com destino ao rio.	19	Exposição Média

Fonte: Elaboração própria (2025).

Vale ressaltar que o Índice de Exposição Física (InEx) de cada setor reflete não apenas os fatores físicos presentes na área, como a ausência de infraestrutura adequada, o tipo de edificação e a permeabilidade do solo, mas também considera a densidade populacional local. Esses elementos, em conjunto, ampliam o grau de fragilidade: quanto maior a concentração de pessoas em áreas com condições estruturais precárias ou expostas a riscos naturais, maior será o impacto potencial de um evento adverso. Dessa forma, as variáveis analisadas influenciam diretamente a magnitude da exposição física e contribuem para a identificação das áreas mais suscetíveis a danos.

CONCLUSÃO

O bairro Matadouro está situado à margem esquerda do rio Mearim, na cidade de Pedreiras – MA. Inserido em uma área de planície fluvial, o terreno apresenta um conjunto de características geoambientais que o tornam naturalmente suscetível a inundações. Esses aspectos, aliados à intensa urbanização e a outras ações antrópicas, contribuem significativamente para a alteração das condições naturais do meio.

Com o constante crescimento populacional e o consequente processo de expansão urbana, observa-se uma tendência da população de classe média baixa a ocupar áreas mais periféricas e de menor valor imobiliário, justamente aquelas mais expostas a riscos ambientais. Esse processo de ocupação desordenada agrava os impactos decorrentes da fragilidade natural do terreno.

Fenômenos geomorfológicos, como enchentes, inundações, erosões e movimentos de massa, fazem parte da dinâmica natural do ambiente. No entanto, quando associados ao avanço urbano sem planejamento, esses eventos tendem a se intensificar, culminando em desastres que afetam diretamente a população local.

Diante desse contexto, o bairro Matadouro, selecionado como área objeto de estudo nesta pesquisa, evidencia uma condição de fragilidade ambiental. A localização em uma planície flúvio-lacustre favorece a ocorrência natural de inundações, e as transformações provocadas pela ocupação humana ampliam sua exposição, tornando-o uma área de risco significativa no município de Pedreiras.

A partir das análises realizadas em gabinete, em campo e com base na metodologia adotada, foi possível constatar que as características físicas da área evidenciam seu potencial natural para a ocorrência de inundações. Nas avaliações realizadas, não foram consideradas as classificações de exposição física ao risco nos níveis “muito baixo” e “baixo”, adotando-se apenas as categorias “médio”, “alto” e “muito alto”. Essa escolha se justifica pelo fato de a área estudada estar inserida em um ambiente naturalmente propenso a inundações, além de apresentar, com frequência, registros anuais de remoção de moradores e prejuízos materiais associados a esses eventos.

Os setores 1 e 6 apresentaram exposição física muito alta ao fenômeno analisado. Essas áreas estão localizadas mais próximas às margens do rio e concentram os principais problemas relacionados à infraestrutura urbana do bairro, o que contribui significativamente para o aumento da vulnerabilidade frente aos eventos de inundação. Por sua vez, os setores 3,

5 e 7 foram classificados com índice de exposição (InEx) médio, enquanto os setores 2, 4, 8 e 9 apresentaram InEx alto, refletindo diferentes graus de exposição e infraestrutura em relação aos riscos hidrológicos presentes na área estudada.

Portanto, considera-se que o objetivo proposto na pesquisa foi alcançado, uma vez que a metodologia adotada se mostrou eficaz e adequada para a classificação dos níveis de exposição física ao fenômeno das inundações na área estudada. Além de gerar análises e resultados condizentes com a realidade local, a aplicação da metodologia também se destaca como um instrumento valioso para subsidiar estudos futuros e a formulação de políticas públicas que realmente atendam às necessidades da população afetada por esses eventos.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA – AYALA, I. 2002. **Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries**. Geomorphology 47 (2002) p. 107-124.

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades Socioambientais e rios Urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza – Ceará**. 2010. f. 278. Tese (Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas), Rio Claro, 2010.

AMARAL, R.; GUTJAHR, M. R. **Desastres Naturais**. Instituto Geológico/Secretaria de Meio Ambiente – Série Cadernos de Educação Ambiental, São Paulo, 2011.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R. 2009. Inundação e Enchentes. In: L.K. Tominaga, J. Santoro, R. Amaral (Org.) **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo, Instituto Geológico, 1ª ed., p. 39-52.

BRAGA, Júlia Oliveira. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de santa maria - DF**. Universidade de Brasília Instituto de Ciências Humanas Departamento de Geografia - Brasília 2016.

BRASIL. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)**. Brasília: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), 2012. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centraisde-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/DOCU_cobrade2.pdf/. Acesso em: 12 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Banco de dados e registros de desastres: sistema integrado de informações sobre desastres - S2ID**. 2013. Disponível em: <<http://s2id.integracao.gov.br/>>. Acesso em: 04 abr. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Lei nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166- 67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**. . Disponível em: <https://prespublica.jusbrasil.com.br/legislacao/91627/codigo>. Acesso em: 30 mai. 2025.

BARROS, D. V.; SILVA, Q. D.; GARRITO, A. C.; COSTA, C. M.; ARAUJO, R. P. S. Análise morfométrica aplicada na identificação de enchentes e inundações na bacia hidrográfica do prata, Ilha do Maranhão. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 78-83, 2014.

BARROS, J. D. A. **Os conceitos de modo de produção e determinismo – revisitando as diversas discussões no âmbito do materialismo histórico**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/321025524>. Acesso em 22 de agos de 2019.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W.R.; MORENO, P.; GOULART, M. & PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnológica Brasileira*, 34: 91-97,2002.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (Org.). Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Brasília: Ministério das Cidades; **Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT**, 2007.

CARVALHO, L. E. P.; BITOUN, J.; CORRÊA, A. C. B. Canais fluviais urbanos: proposta de tipologias para a região metropolitana do Recife (RMR). **Revista de Geografia**. Recife: UFPE - DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, Set. 2010.

CASTRO, A. L. C. de (org.). **Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 5ª Ed. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil, Ministério da Integração Nacional, 2002.

CASTRO, C. M. et al. **Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas** Environmental Risks and Geography: Conceptualizations, Approaches and Scales. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ ISSN 0101-9759 Vol. 28-2 / 2005.

CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M.L.S. **A importância da Revolução Industrial no mundo da tecnologia**. In.: VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, 2011, Maringá. Anais [...] Maringá: Editora CESUMAR, 2011.

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Inundação. Texto atualizado em 06.05.2016. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/inundacao/> - Acesso em: 09 jun. 2025.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. NASCIMENTO, I. C. (org.). Teresina: CPRM, 2013.

CORRÊA, R. L. **O Espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1989.

CORRÊA, W. C. et al. **Atualização da classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado do Maranhão**. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 32, p. 517–538, jan./jun. 2023.

COSTA, C. M.; SILVA, Q. D.; GARRITO, A. C.; BARROS, D. V.; SANTOS ARAÚJO, R. P. Inundações urbanas: estudo de caso do alto curso da bacia hidrográfica do Paciência - Ilha do Maranhão. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 222-227, 2014.

COSTA, C. M. **Inundações urbanas: estudo de caso do alto curso do rio Paciência - Ilha do Maranhão**. 2015. 113f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís. 2015.

COSTA, C. M.; SILVA, Q. D.; COSTA, I. R. S.; BARROS, D. V.; TEIXEIRA, E. C. Suscetibilidade a inundações a partir das variáveis morfométricas na região hidrográfica Eliezer Silva - alto curso do rio Paciência. **Revista Entorno Geográfico**, v. 13, p. 68-80, 2017.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Significância da Teoria de Sistemas em Geografia Física. *Bol. Geografia Teórica*, v. 16-17, n. 31-34, p. 119-128, 1987.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. A Questão ambiental: diferentes abordagens. [S. l.: s. n.], 2012

EM-DAT Emergency Database. OFDA/CRED – The Office of US Foreign Disaster Assistance/Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Disponível em: <http://www.emdat.be/> Database. Acesso em: 04 abr. 2025.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. Disponível em: <http://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos> >. Acesso em: 14 mar. 2025.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. **Movimentos de massa: uma abordagem geológica geomorfológica**. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (coord.). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 123-194.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. **Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro**: field evidence and modeling. Catena, v.55, n.2, p. 63-181, 2004.

FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (org.). 144 **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008, p. 105 128.

GOMES, E. J. S. **Risco de inundação na sede municipal de Touros/RN**. 2020. 174 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes – Natal, RN.

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 464 p. ISBN 85-240-0458-4.

GUERRA, A. T. GUERRA, A. J. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p.649.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, M. B.; LOPES, P. BP. M.; LIMA, F. S.; JORGE, M. C. O.; MENDES, B. R. **Criação de um Sistema de Previsão e Alerta de Riscos a 215 deslizamentos e enchentes, visando minimizar os impactos sócioambientais 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. Taubaté, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Município de Pedreiras/MA**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/pedreiras.html>. Acesso em: 15 ago. 2024.

IMESC. Gerenciamento de desastres naturais no estado do Maranhão: jan. - jul. 2023 [recurso eletrônico]. / Danyella Vale Barros França; Cristiane Mouzinho Costa Avelar; Ricardo Gonçalves Santana (Elaboração). São Luís: IMESC, 2023.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. 1986. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe – Paranapanema**. São Paulo. 6 V. (IPT. Relatório, 24 739). (CP; ME).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios**. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo, Agostinho Tadashi Ogura (org.). Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION – ISDR – UN. Secretariat. United Nations documents related to disaster reduction 2000 - 2007: Advance copy. Geneva, UN. **International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)**. Secretariat, 2007.

IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Geneva, Switzerland. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf. Acesso em: 08 jul. 2024.

LEFEBVRE, H. **O Pensamento marxista e a cidade**. Lisboa: Ulisseia, 1972.

LOBO, A. E; VOOS, J. G; ABREU JUNIOR, E. F. Utilização de um protocolo de avaliação rápida de impacto ambiental em sistemas lóticos do sul do Brasil. Caderno de Pesquisa, Série Biologia, v. 23, n. 1, p. 18-32 jan/abr, 2011.

LOUZEIRO, Andreza dos Santos. **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.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. O risco em perspectiva: tendências e abordagens. Geosul, Florianópolis, v. 19, n.3, p. 315-338, set./dez. 2004. Disponível em: <<http://morrodobau.ufsc.br/files/2011/03/O-risco-em-perspectiva-tend%C3%A2ncias-e-abordagens.pdf>>. Acesso em: 18 MAIO. 2025.

MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: CRS/INPE, 2008.

MARQUES, J. B. V.; FREITAS, D. de. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação. **Pro-Posições**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 389-415, Aug. 2018.

MATA-LIMA, H.; ALVINO-BORBA, A.; AGUIAR, R.; DRUMOND, J. Factors affecting flood disaster in Small Island Development State and potential adaptation measures: The case of Funchal city, Portugal. **Environmental Quality Management**, 2016, 25(3). doi: 10.1002/tqem.21458.

MATTEDI, M. A., & Butzke, I. C. (2001). **A Relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e de desastres.** Ambiente & Sociedade, (9), 10-21. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2001000900006>.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: teoria método e criatividade.** 16ª ed. Petrópolis: Vozes, 2000.

NUNES, J. O. R., NETO, J. L. S. **A Produção do Espaço Urbano e o Destino dos Resíduos Sólidos.** Caderno Prudentino de Geografia (CPG), Presidente Prudente, n 24, 2002

NUNES, J. F. **Análise comparativa do relevo de duas bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão, considerando os índices de dissecação.** Relatório de Iniciação Científica. (Pesquisa em Geografia). São Luís, p.105, 2013.7

NUNES, L.H. **Urbanização e desastres naturais, abrangência América do Sul.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OLIVEIRA, F. L. S. **Indicadores de Vulnerabilidade e Risco Local: o caso do município de Pacoti.** 2018. 223 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual do Ceará. – Fortaleza, CE.

OLIVEIRA, L. M. **Guia de prevenção de acidentes geológicos urbanos.** Curitiba: Mineropar, 1998.

ONU. **Desastres naturais foram responsáveis por 45% de todas as mortes nos últimos 50 anos, mostra OMM.** ONU News, Nova York, 1 set. 2021. Disponível em: <https://11nq.com/Uuyxp>. Acesso em: 30 mar. 2025.

PAIVA, I. **Risco de inundação em Coimbra. Factores físicos e acção antrópica. As inundações urbanas e as cheias do Mondego (1950/51 - 2003/ 04).** Cadernos de Geografia, Coimbra, n. 24/25, p. 145-147, 2005-2006. Disponível em: 148 <http://www.uc.pt/fluc/depgeo/Cadernos_Geografia/Numeros_publicados/CadGeo24_25/artigo19>. Acesso em: 30 mar. 2025.

PARKINSON, J., et al. **Drenagem Urbana Sustentável no Brasil.** Relatório do workshop em Goiânia – GO. 7 de Maio de 2003. Goiânia: CREAA, 2003, p. 1-14.

PEDRO. L. C. **Ambiente e apropriação dos compartimentos geomorfológicos do Conjunto Habitacional Jardim Humberto Salvador e Condomínio Fechado Damha – Presidente Prudente/SP.** 2008. 153 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

POLIVANOV, H. e BARROSO, E. V. **Geotecnia Urbana.**In: GUERRA, A. T. (org). **Geomorfologia Urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 147 – 188.

QUARANTELLI, E. L. (ed.) **What is a disaster?** Londres e Nova York: Routledge, 1998.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Rios e processos aluviais. In: TEIXEIRA, W. et al.(org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

SMITH, K. **Environmental hazards: Assessing risk and reducing disaster**. New York: Routledge (1992).

SOUSA, A. **Impactos Socioambientais Provocados Pelas Inundações do Rio Mearim no Município de Pedreiras, Maranhão**. 2021. 45 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2021.

SILVA, Q. D. **Mapeamento Geomorfológico da Ilha do Maranhão**. 2012. 249f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

TABARINI, C. S. **Agentes produtores do espaço urbano e dinâmica urbana no município de São João da Boa Vista (SP)**. Revista Paisagem, Imagens e Imaginários, Universidade Estadual de Goiás, v. 7, n. 2, 2017.

TEIXEIRA, E. C.; SILVA, Q. D.; COSTA, I. R.; COSTA, C. M.; RODRIGUES, T. O.; BARROS, D. V.; SANTANA, R. G. **Enchentes e inundações no alto curso da bacia hidrográfica do Anil, Ilha do Maranhão**. São Luís: UEMA, 2016 (Resumo expandido).

TOMINAGA, L. K. **Desastres naturais: por que ocorrem?** In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009a, p. 11-23.

TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. 2003a, cap. 3. p.45-129.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2ª ed., Porto Alegre: Editora da Universidade, 1993.

WRI, 1992. **World Resources 1992-1993**. New York: Oxford University Press. 385p.

ZOU, Q.; ZHOU, J.; ZHOU, C.; SONG, L.; GUO, J.; LIU, Y. The practical research on flood risk analysis based on IIOSM and fuzzy -cut technique. **Applied Mathematical Modelling**, 36, 3271-3282, 2012.

ANEXO A - MODELO DE PROTOCOLO LOBO (2011)

Código do ponto de coleta:			
Local:			
Data:			
Corpo Hídrico:			
Bacia Hidrográfica:			
Coordenadas UTM:			
Altitude (m):			
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTOS
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ Agricultura/Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/Comercial/ Industrial
2. Impactos antrópicos na margem	Ausente	Moderada	Acentuada (fábricas, siderúrgicas, canalização, retilização de curso do rio, esgoto, lixo)
3. Impactos antrópicos no leito	Ausente (livre de qualquer material em suspensão/lixo)	Moderada	Acentuada
4. Odor da água e/ou do sedimento	Ausente	Moderada	Acentuada (ovo podre, óleo/industrial)
5. Oleosidade da água e/ou do sedimento	Ausente	Moderada	Acentuada
6. Presença de plantas aquáticas	Parcial	Total	Ausente
7. Tipo de fundo	Pedras/ Cascalho/Areia	Lama/areia	Cimento/canalização

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTOS
8. Diversidade de habitats	Mais de 50% com habitats diversificados (pedaços de troncos submersos, cascalho, remansos, folhiço ou outros habitats estáveis).	30 a 50% de habitats diversificados.	10 a 30% de habitats diversificados.	Menos que 10% de habitats diversificados.
9. Deposição da lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.

10. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.
11. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento.	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente, mas não afetando o desenvolvimento da vegetação.	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; Desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada.	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
12. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; Muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem. Canalização.

ANEXO B- MODELO DE PROTOCOLO CARVALHO (2010)

Matriz de Tipologias.

Trecho Canal	Características Morfológicas do Canal			Referência
Canal	Não Alterado			NA (100)
	Alterado	Aberto	Retificado	AL (200)
			Retificado e Canalizado	MA (300)
		Fechado		MA (300)

Trecho Canal	Uso do solo nas Margens	Referência
Canal	Vegetação preservada	BAIXO (10)
	Vegetação residual	BAIXO (10)
	Urbanização fraca	MÉDIO (20)
	Urbanização média	ALTO (30)
	Urbanização intensa	ALTO (30)

Trecho Canal	Uso do solo nos Interflúvios	Referência
Canal	Vegetação preservada	BAIXO (1)
	Vegetação residual	BAIXO (1)
	Urbanização fraca	MÉDIO (2)
	Urbanização média	ALTO (3)
	Urbanização intensa	ALTO (3)