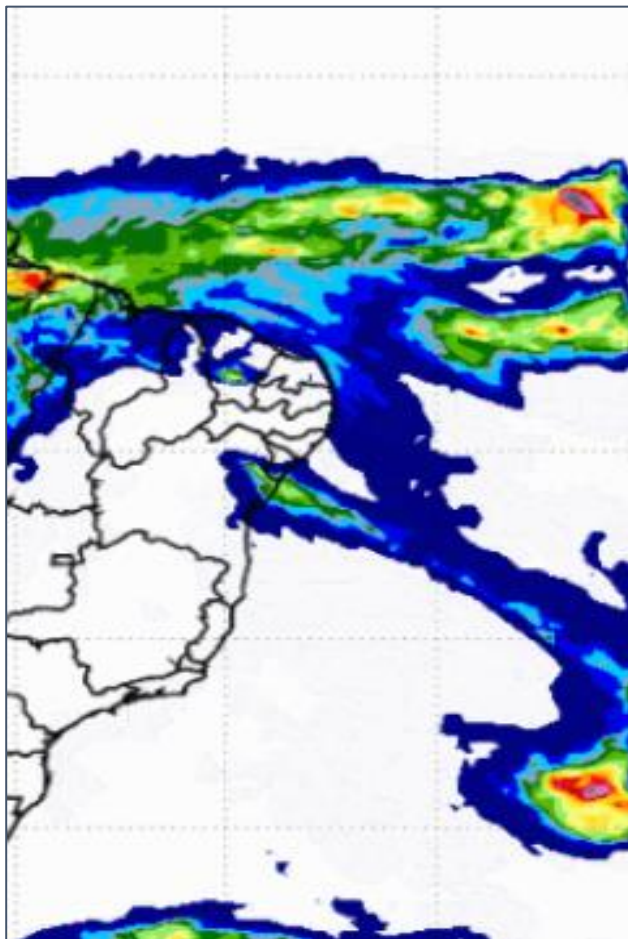
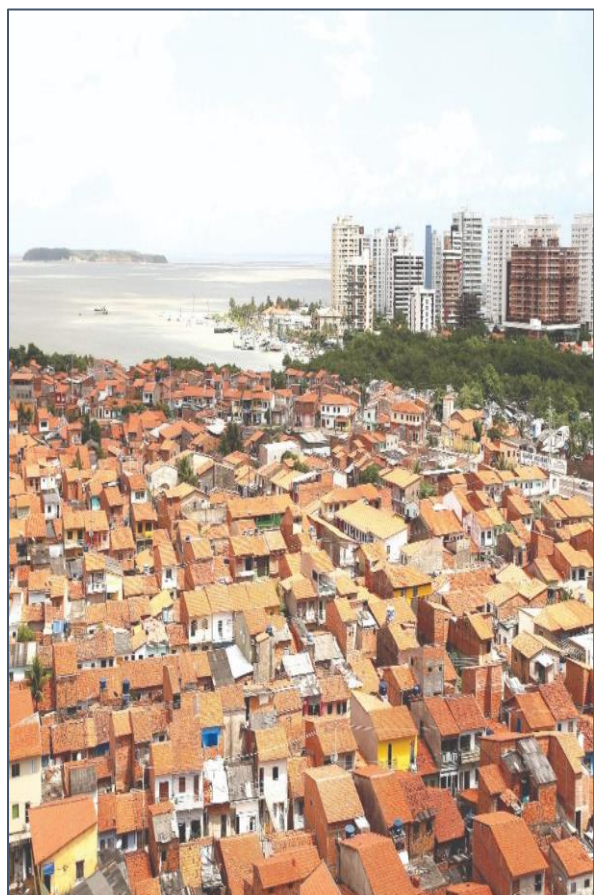




RISCO HIDROMETEOROLÓGICOS EM ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS - MA: VULNERABILIDADE, PERIGO E SUSCETIBILIDADE ASSOCIADOS





UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGE

JOSIRENE FRANÇA DA SILVA

**RISCO HIDROMETEOROLÓGICOS EM ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO
LUÍS - MA: VULNERABILIDADE, PERIGO E SUSCETIBILIDADE ASSOCIADOS**

São Luís, MA

2022

JOSIRENE FRANÇA DA SILVA

**RISCO HIDROMETEOROLÓGICOS EM ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO
LUÍS - MA: VULNERABILIDADE, PERIGO E SUSCETIBILIDADE ASSOCIADOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Maranhão – Campus Dom Delgado, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Ambiente e Análise Espacial.

Orientador: Prof. Dr. José Aquino Junior.

Coorientador: Prof. Dr. André Luís Silva dos Santos.

São Luís - MA

2022

JOSIRENE FRANÇA DA SILVA

**RISCO HIDROMETEOROLÓGICOS EM ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO
LUÍS - MA: VULNERABILIDADE, PERIGO E SUSCETIBILIDADE ASSOCIADOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal
do Maranhão – Campus Dom Delgado, como requisito
para obtenção do título de Mestre em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Aquino Junior (PPGEO/UFMA)
Orientador

Prof. Dr. André Luís Silva dos Santos (PPGEO/UFMA)
Coorientador

Profa. Dra. Taíssa Caroline Silva Rodrigues (PPGEO/UFMA/CCHSL/UEMASUL)
Examinador Interno ao Programa

Prof. Dr. Ronaldo Rodrigues Araújo (DGEO/UFMA)
Examinador Externo ao Programa

Prof. Dr. Juarez Mota Pinheiro (DGEO/UFMA)
Examinador Externo ao Programa

Profº Dr. Elaiz Aparecida Mensch Buffon (FAMA)
Examinador Externo a Instituição

São Luís, 08 de março de 2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Silva-França, Josirene.

Risco hidrometeorológicos em área urbana do município de São Luís - MA: vulnerabilidade, perigo e suscetibilidade associados / Josirene Silva-França. - 2022.

190 f.

Coorientador(a): André Luís Silva dos Santos.

Orientador(a): José Aquino Junior.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

1. Alagamentos. 2. Inundações. 3. Riscos hidrometeorológicos. 4. Variabilidade e Extremos pluviais. I. Aquino Junior, José. II. Silva dos Santos, André Luís. III. Título.

A Deus, amor da minha vida, por Sua infinita misericórdia, bondade ...
A minha amada família, aos meus pais e as minhas irmãs pelo amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho. Agradeço em especial.

Em primeiro lugar a Deus, pela vida, pela sabedoria, pelas suas misericórdias e por nunca ter desistido de mim, mesmo com todas as minhas falhas e defeitos, a Deus toda honra e glória em minha vida.

À minha querida família, sobretudo aos meus pais, José Ribamar e Maria dos Reis, e às minhas irmãs Nirany e Lidiane, pela ajuda, pelo incentivo, por estarem comigo sempre, mesmo nos momentos difíceis de forma incondicional.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Aquino Junior, pelo incentivo na execução dessa dissertação, um amigo nessa jornada. Agradeço a meu coorientador André Luís Silva dos Santos, por estar sempre disposto a ajudar.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO/UFMA), a todos os seus professores. Em especial, destaco a prof.^a Dra. Zulimar Marita Ribeiro Rodrigues, pelo carinho, compreensão e sensibilidade, minha gratidão por tudo.

Agradeço ao Prof Dr. Juarez Mota Pinheiro, por sua paciência, disponibilidade e dedicação em me auxiliar, o seu vasto conhecimento contribuiu de modo significativo para a construção desta dissertação.

Aos amigos do Mestrado, primeira turma do Mestrado de Geografia da UFMA!! Não esquecerei de vocês, Igor, Thomas, Amanda, Suena, Jamile, Régia, Veruska, Leandro, Rafael e Carlos, brigada pelo companheirismo e convívio nessa etapa desafiadora.

Agradeço ao Rodrigo Conceição dos Santos, querido amigo, não esqueço sua dedicação em ajudar-me com as aulas de inglês, você foi fundamental para o início da concretização desse sonho.

Agradeço aos meus amigos, presente de Deus em minha caminhada, em especial, Anabelly, Carla, Beatriz, Edma e Meire pelo companheirismo e constante apoio, amigas generosas e lindas!

Agradeço à Priscilla Coelho Ribeiro e Juliana Sales dos Santos, queridas companheiras de jornada, nossas histórias se cruzaram, vocês têm sido sempre auxílio nas horas incertas, obrigada pelo conhecimento compartilhado.

Agradeço à Defesa Civil Municipal de São Luís, na pessoa da Elitania Marcia Barros, Alexssandro Nogueira Costa, Lima Filho, Francisca Fortes Diniz, Nelson e a todos os agentes

da Defesa Civil que foram suporte na realização da pesquisa, vocês são incríveis, sou muita grata pela parceria.

Agradeço a Karine Jéssica Costa Figueredo, Ricardo Chaib Silva e aos demais estagiários de Engenharia Civil que auxiliaram na aplicação dos formulários de campo.

Agradeço ao seu Gilmar, representante da União de Moradores do Barreto, o seu despojamento e engajamento com a comunidade foi um grande aprendizado em minha vida.

Agradeço a todos do Ministério de Intercessão da RCCBRASIL, minha família intercessora, da qual que tenho recebido tanto amor e cuidado, amo vocês, agradeço pela vida de cada um, presente de Deus em minha vida.

Agradeço a toda família da RCCBRASIL, pessoas que Deus colocou em meu caminho, temos uma história maravilhosa!

Aos amigos da SEMFAZ, em especial ao Jefferson, com quem aprendo constantemente, carinha gente boa, sua disposição em ajudar é inspiradora, sou grata de coração por me socorrer sempre que precisei, tudo fica mais leve com o seu despojamento e generosidade, você mora em meu coração. Agradeço a Amanda Damasceno, por seu caderninho da cinderela com as anotações do ArcGis, ajudou muito com as dicas. Agradeço a Débora pela compreensão e constante disponibilidade em sanar as dúvidas no uso do ArcGis.

Agradeço à Elaiz Buffon e Andreza dos Santos Louzeiro, pelo conhecimento científico compartilhado, nos momentos que fiquei sem norte, vocês foram setas que apontaram o caminho.

E por fim, agradeço a todos que de uma forma ou de outra me ajudaram nessa caminhada e contribuíam para minha formação. Minha gratidão a todos!

***“Porque a Deus nenhuma coisa é impossível.”
(Lucas 1, 37)***

As mudanças do clima poderão ser “catastróficas” para a humanidade, especialmente para a população mais pobre ao redor do mundo.

Papa Francisco

RESUMO

O conhecimento da relação do clima e atividades humanas tem sido foco constante de estudo da ciência geográfica. Ressalta-se essa relação, principalmente, na análise dos impactos socioeconômicos provocados pelos episódios extremos de precipitação, sobretudo aos riscos hidrometeorológicos em que a sociedade se encontra cada vez mais exposta. Levando em consideração os cenários brasileiros de episódios pluviais extremos (inundações, enchentes e alagamentos), propõe-se colocar em evidência o município de São Luís-MA, por meio de um estudo que permite evidenciar estes episódios pluviais extremos, seus riscos e consequências socioambientais com foco no ambiente urbano. Como abordagem teórica, se fez necessário compreender o risco em sua dimensão híbrida, abordando os seguintes aspectos: vulnerabilidade, perigo e suscetibilidade de populações em área de risco. A partir desse contexto, a presente dissertação teve como objetivo geral analisar os riscos hidrometeorológicos, associados aos extremos pluviais. Para tanto, as análises desenvolvidas sustentam-se nos pressupostos da Climatologia Geográfica, pautando-se no Sistema Clima Urbano (SCU) e Sistema Ambiental Urbano (SAU), os quais, em análise integrada serviram como suporte para o entendimento da variabilidade dos extremos pluviais. Os eventos pluviométricos foram caracterizados como extremos por meio da técnica do Quantil; para identificação de tendência utilizou-se o Teste Mann-Kendall; algumas análises foram realizadas com base na série histórica de precipitação pluvial no período de 1991 a 2020; a suscetibilidade das áreas de estudo foram avaliadas por meio da análise multicritério entre declividade, hipsometria, uso da terra e solo; e a vulnerabilidade avaliada por meio das atividades de campo em área de risco identificadas pela Defesa Civil, nas quais realizou-se levantamento de variáveis ligadas à dimensão físico-ambiental e socioeconômica. Também foi realizado coleta de dados em mídias digitais sobre os impactos deflagrados pelos episódios pluviais extremos sobre a cidade e as populações. Os resultados possibilitaram evidenciar os seguintes aspectos: I) os anos de extremos pluviais estão associados à ocorrência de La Niña, e a série pluviométrica em estudo apresentou tendência não significativa decrescente; II) quanto aos riscos híbridos: sobreposição entre riscos, suscetibilidade, vulnerabilidade e perigo nas áreas de risco, com destaque para as populações da Vila Marinho, Vila Socó e Veranil/Matança; III) No levantamento dos dados qualitativos, coletados em campo, evidenciou-se alguns padrões de vulnerabilidade físico-ambiental e socioeconômica nas áreas de risco em São Luís; IV) quanto aos episódios extremos: os impactos no município de São Luís, ficaram mais evidentes nos últimos cinco anos com chuvas acima dos 20 mm em 24h conforme levantamento da Mídia Digital; V) O mapeamento da suscetibilidade constatou-se que 70% das áreas estudadas foram identificadas de alta suscetibilidade, sobretudo, pela ocupação habitacional próxima aos rios e córregos. Contudo, as referidas análises visaram contribuir como subsídios para a gestão de riscos climáticos em ambiente urbano.

Palavras-chave: Alagamentos, Inundações, Variabilidade e Extremos pluviais; Riscos hidrometeorológicos; Área Urbana; São Luís-MA.

ABSTRACT

The knowledge of the relationship between climate and human activities has been a constant focus of the study of geographic science. This relationship is highlighted, mainly, in the analysis of the socioeconomic impacts caused by extreme episodes of precipitation, especially the hydrometeorological risks to which society is increasingly exposed. Taking into consideration the Brazilian scenarios of extreme rainfall episodes (floods and inundations), it is proposed to identify the municipality of São Luís-MA, through a study that allows emphasizing these extreme rainfall episodes, their risks, and socio-environmental consequences. It focused on the urban environment. As a theoretical approach, it was necessary to understand the risk in its hybrid dimension, addressing the following aspects: vulnerability, danger, and susceptibility of populations in risk areas. From this context, the present dissertation aimed to analyze the hydrometeorological risks associated with pluvial extremes. To this end, the analyses developed are based on the assumptions of Geographic Climatology, based on the Urban Climate System (UCS) and Urban Environmental System (UES), which, in an integrated analysis, served as support for the understanding of the variability of pluvial extremes. The Rainfall events were characterized as extreme using the Quantil technique; the Mann-Kendall test was used to identify the trends; some analyses were performed based on the historical series of rainfall in the period 1991 to 2020; the susceptibility of the study areas was assessed by means of multicriteria analysis between declivity, hypsometry, land and soil use; and vulnerability assessed by means of field activities in risk areas identified by Civil Defense, in which variables related to the physical-environmental and socioeconomic dimensions were surveyed. The data were also collected in digital media about the impacts of extreme storm episodes on the city and its populations. The results made, it possible to highlight the following aspects: I) the extreme years of rain are associated with the occurrence of La Niña, and the series of rains under study showed a non-significant decreasing trend; II) in relation to hybrid risks: risk overlap, susceptibility, vulnerability and danger to risk areas, especially the populations of Vila Marinho, Vila Socó and Veranil/Matança; III) In the survey of qualitative data collected in the field, some patterns of physical vulnerability were evidenced-environmental and socioeconomic impacts in areas at risk in São Luís; IV) regarding extreme episodes: the impacts in the municipality of São Luís were more evident in the last five years with rainfall above 20 mm in 24h according to the digital media survey; V) The susceptibility mapping found that 70% of the studied areas were identified with high susceptibility, especially by housing occupation close to rivers and streams. However, these analyses aimed to contribute as subsidies to the management of climate risks in the urban environment.

Keywords: Flooding, Floods, Variability and Pluvial Extremes; Hydrometeorological Risks; Urban Area; São Luís-MA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo	23
Figura 2 - Localização e identificação dos bairros do município de São Luís.....	24
Figura 3 - Configuração espacial associado a ZCIT sobre o Atlântico	27
Figura 4 - Áreas do El Niño	30
Figura 5 - Planta da cidade de São Luís em 1640	33
Figura 6 - Eixos da expansão urbana de São Luís.....	35
Figura 7 - Imagens da evolução urbana do município de São Luís.....	35
Figura 8 - Cálculo do volume de água de chuva	39
Figura 9 - Representação da ocorrência de enchente, inundação, alagamento e enxurrada no ambiente urbano	43
Figura 10 - Planície de inundação	47
Figura 11 - Componentes do sistema de drenagem urbana	49
Figura 12 - Representação do sistema de drenagem urbana	50
Figura 13 - Delimitação, caracterização e contextualização dos riscos híbridos no âmbito dos riscos hidrometeorológicos.....	52
Figura 14 - Diagrama de análise da relação entre Perigo, Exposição e Vulnerabilidade com elementos de interseção do desastre	54
Figura 15 - Parâmetros que envolvem análise de risco	57
Figura 16 - SAU – SISTEMA AMBIENTAL URBANO.....	62
Figura 17 - Fluxograma das atividades desenvolvidas na pesquisa	65
Figura 18 - Identificação das ordens quantílicas	70
Figura 19 - Gráfico da precipitação total acumulada mensal e anual (mm) no período de 1991-2020 no município de São Luís	95
Figura 20 - Gráfico da Normal Climatológica (1991-2020) da precipitação acumulada mensal e anual (mm) no município de São Luís.....	95
Figura 21 - Gráfico das médias anuais do volume de chuva em São Luís no período de 1991-2020	96
Figura 22 - Gráfico dos anos normais de chuvas mensal e anual de em São Luís.....	99
Figura 23 - Gráfico dos anos extremamente chuvosos em São Luís.....	100
Figura 24 - Áreas de risco em zona urbana do município de São Luís	101
Figura 25 - Localização dos postos pluviométricos	101
Figura 26 - Precipitação anual em área urbana do município de São Luís (2016 - 2020)	102
Figura 27 - Mapa síntese da distribuição das chuvas na área urbana do município de São Luís (2016 - 2020).....	103
Figura 28 - Gráfico dos dados gerados com o Teste MK.....	105
Figura 29 - Resultado Teste MK	105
Figura 30 - Ações da Defesa Civil em São Luís	116
Figura 31 - Imagem de Satélite Goes 16	117
Figura 32 - Condições atmosféricas regional em 24/03/2019	118
Figura 33 - Notícias veiculadas na Mídia Digital sobre a chuva em 24/03/2019 em São Luís	120

Figura 34 - Casas de alvenaria representando o padrão construtivo	121
Figura 35 - Registros de danos nas edificações	125
Figura 36 - Obras de contenção feitas pelos moradores	126
Figura 37 - Resíduos descartados de forma irregular	127
Figura 38 - Infraestrutura precárias	129
Figura 39 - Obras de drenagem não concluídas	130
Figura 40 - Idosos e crianças que residem nas áreas em estudo.....	131
Figura 41 - Características do ordenamento urbano das áreas de estudo	135
Figura 42 - Igreja apontada como estrutura de suporte na Vila Marinho.....	136
Figura 43 - Representante da União dos Moradores do Barreto acompanhando o trabalho de campo	138
Figura 44 - Mapa de vulnerabilidade das áreas de risco.....	142
Figura 45 - Medição da altura de água máxima alcançada na área/edificações	144
Figura 46 - Medições das distâncias das residências aos corpos hídricos realizadas nas áreas de estudo	145
Figura 47 - Mapa de suscetibilidade do município de São Luís - MA.....	147
Figura 48 - Mapa de suscetibilidade das áreas de risco do município de São Luís.....	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Identificação dos bairros apresentados na Figura 2 de localização.....	25
Quadro 2 - Definição dos conceitos de inundação, enchente, alagamento e enxurrada.....	45
Quadro 3 - Descrição dos mapas de inventário, suscetibilidade e risco.....	59
Quadro 4 - Planilha de registro de notícias.....	90
Quadro 5 - Grau de vulnerabilidade da dimensão físico-ambiental	139
Quadro 6 - Grau de vulnerabilidade da dimensão socioeconômica	139
Quadro 7 - Grau de perigo das áreas de estudo	143
Quadro 8 - Síntese dos resultados da pesquisa	158

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução da população urbana de São Luís	22
Tabela 2 - Classificação da intensidade de precipitação de acordo com o intervalo de classe	39
Tabela 3 - Tipos de inundações e suas causas	46
Tabela 4 - Descrição da definição dos conceitos	55
Tabela 5 - Descrição geoespaciais dos dados utilizados na pesquisa	67
Tabela 6 - Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo	69
Tabela 7 - Série temporal do INMET utilizada no estudo (1991-2020)	71
Tabela 8 - Ordem crescente dos valores	72
Tabela 9 - Limites de classe para definição dos anos-padrão	72
Tabela 10 - Descrição da representação do teste Mann-Kendall	75
Tabela 11 - Vulnerabilidade físico-ambiental: indicadores e pesos atribuídos	76
Tabela 12 - Vulnerabilidade socioeconômica: indicadores e pesos atribuídos	77
Tabela 13 - Definição dos fatores para o grau de vulnerabilidade físico-ambiental	78
Tabela 14 - Definição dos fatores para o grau de vulnerabilidade socioeconômica	79
Tabela 15 - Representação das classes para classificação do grau final de vulnerabilidade ...	81
Tabela 16 - Representação das classes para classificação do perigo	82
Tabela 17 - Atribuição de notas para as classes de declividade	84
Tabela 18 - Atribuição de notas para as classes de uso da terra	85
Tabela 19 - Atribuição de notas para as classes de tipos de solo	86
Tabela 20 - Atribuição de notas para as classes de hipsometria	87
Tabela 21 - Escala de comparadores	88
Tabela 22 - Matriz de comparação pareada	88
Tabela 23 - Caracterização dos trabalhos de campo	91
Tabela 24 - Classificação de anos-padrão da série em estudo	97
Tabela 25 - Comparativo pluviométrico INMET e NuGeo/UEMA	98
Tabela 26 - Registro da Mídia Digital sobre o volume e impactos das chuvas em de São Luís, MA	107
Tabela 27 - Registro de locais e impactos provocados pelas chuvas em São Luís (2011-2020)	110
Tabela 28 - Normais Climatológicas das capitais brasileiras	114
Tabela 29 - Identificação das áreas de estudo e seus processos atuantes	122
Tabela 30 - Classificação do grau de vulnerabilidade das áreas de estudo	140
Tabela 31 - Grau de suscetibilidade das áreas em estudo	146
Tabela 32 - Medidas não estruturais	152

LISTA DE SIGLAS

APP - Áreas de Preservação Permanente

ASF - Alaska Satellite Facility

BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos do INMET

CGLU - Comitê Gestor de Limpeza Urbana

COBRADE - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

COVID-19 - Coronavirus Disease 2019

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDW - Ponderação do Inverso da Distância

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISDR - Estratégia Internacional para Redução de Desastres

MMA - Ministério do Meio Ambiente

ONU - Organização das Nações Unidas

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

PDDU - Plano Diretor de Drenagem Urbana

PNPDEC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

SCU - Sistema Clima Urbano

SEMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais Instituto da Cidade

INCID - Instituto da Cidade, Pesquisa e Planejamento Urbano e Rural

SEMCAS - Secretaria Municipal da Criança e Assistência Social

SEMFAZ - Secretaria Municipal da Fazenda

SEMOSP - Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos

SEMURH - Secretaria Municipal de Urbanismo e Habitação

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SHP - Shapefile

TGS - Teoria Geral dos Sistemas

UNDP - Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	OBJETIVO GERAL.....	20
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.3	SISTEMATIZAÇÃO DOS CAPÍTULO.....	20
2	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
2.1	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS	26
2.2	ASPECTOS CLIMÁTICOS E DINÂMICA ATMOSFÉRICA REGIONAL	26
2.3	OCUPAÇÃO E ORDENAMENTO URBANO EM SÃO LUÍS: UMA ANÁLISE SOBRE O TERRITÓRIO	32
3	EXTREMOS PLUVIAIS E RISCOS ASSOCIADOS.....	37
3.1	EPISÓDIOS E EVENTOS PLUVIAIS EXTREMOS	37
3.1.1	Excepcionalidades das chuvas	37
3.1.2	Desastre deflagrado por fenômeno naturais e impactos ligados à pluviosidade ..	40
3.2	RISCO HÍBRIDOS	50
3.2.1	Risco hidrometeorológicos	50
3.2.2	O ambiente urbano, suscetibilidades, perigo e vulnerabilidades	53
3.2.3	Gerenciamento das áreas de risco	56
4	MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA.....	60
4.1	PROCEDIMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS	60
4.2.1	Planejamento.....	66
4.2.2	Aquisição de dados geoespaciais preexistente.....	67
4.2.3	Coleta e organização dos dados pluviométricos.....	68
4.2.4	Identificação de anos-padrão de precipitação	70
4.2.5	Tratamento Geoestatístico de tendência temporal pluviométrica	73
4.2.6	Levantamento dos fatores de vulnerabilidade, perigo e suscetibilidade	76
4.2.7	Pesquisa e análise das notícias da Mídia Digital sobre impactos das chuvas.....	89
4.2.8	Trabalho de campo.....	90
4.2.9	Propostas de intervenção em áreas de risco hidrometeorológicos	92
4.2.10	Geração dos produtos.....	93
5	RESULTADOS IDENTIFICADOS.....	94
5.1	ANÁLISE DA VARIABILIDADE E TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO	94

5.1.1	Variabilidade pluviométrica	94
5.1.2	Análise de Tendência – Teste Mann-Kendall	104
5.2	IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS PLUVIAIS EXTREMOS	106
5.3	O EPISÓDIO PLUVIOMÉTRICO DO DIA 24/03/2019 E OS IMPACTOS CAUSADOS NA CIDADE DE SÃO LUÍS	117
5.4	ANÁLISES DOS INDICADORES DE VULNERABILIDADE	120
5.4.1	Dimensão físico-ambiental	121
5.4.2	Dimensão socioeconômica	130
5.4.3	Grau de Vulnerabilidade Final	140
5.4.4	Análise do grau de perigo	143
5.5	MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE AOS EPISÓDIOS PLUVIAIS	146
5.6	AÇÕES EM ÁREAS DE RISCO – MEDIDAS NÃOESTRUTURAIS	151
6	DISCUSSÕES PARA A GESTÃO INTEGRADA	158
7	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	166
	REFERÊNCIAS	172
	APÊNDICE A - FORMULÁRIO DE ATIVIDADE DE CAMPO	183
	ANEXO A- FICHA DE CADASTRO DA DEFESA CIVIL MUNICIPAL DE SÃO LUÍS	185
	ANEXO B - PRINCIPAIS ÁREAS DE RISCO SÃO LUÍS, MA	186

INTRODUÇÃO 1

INTRODUÇÃO

O Relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), “Perspectivas da Urbanização Mundial” (*World Urbanization Prospects*) produzido pela Divisão das Nações Unidas para a População do Departamento dos Assuntos Econômicos e Sociais (DESA), revela que a população mundial está cada vez mais urbanizada, “atualmente 55% da população mundial vive em áreas urbanas e a expectativa é de que esta proporção aumente para 70% até 2050.” (ONU, 2019).

O Brasil apresentou acelerada urbanização após a década de 1960, de acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2015, a maior parte da população brasileira, 84,72%, vive em áreas urbanas, e apenas 15,28% dos brasileiros vivem em áreas rurais (IBGE, 2016).

Ainda que um grande contingente populacional seja crescente nos centros urbanos, isso não representa garantia de oferta de serviços básicos para toda população, como água, transporte, moradia entre outros, situação que faz das cidades um local em que as populações estão mais vulneráveis, principalmente diante de eventos extremos do clima, que podem desencadear vários tipos de desastres, como os ocorridos por inundações que representam 33% dos desastres em escala mundial, entre 1994 a 2003 (INPE, 2019).

Para que as populações não sejam afetadas por desastres deflagrados por fenômenos naturais, as cidades têm um papel relevante a desempenhar a partir do planejamento urbano, para enfrentar desafios relativos à mudança climática, recursos hídricos, diminuição da desigualdade social, acessibilidade, implantação de sistema de saneamento básico de qualidade, destinação dos resíduos sólidos, entre outros. Dessa forma, um cuidadoso planejamento urbano pode evitar inúmeros problemas para as populações que residem nas cidades, em particular nas áreas de risco, citam-se, por exemplo, os relativos alagamentos e inundações, que podem trazer uma diversidade de danos às pessoas, como transmissão de doenças de veiculação hídrica, interferir na circulação de pessoas e transporte, além de acarretar prejuízos socioeconômico.

As consequências dos alagamentos e inundações urbanas são visíveis e amplamente divulgadas por meio da mídia, como exemplos, mencionam-se os problemas recorrentes no período chuvoso em grandes cidades como São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro e também em cidades de pequeno porte no interior dos estados. Em síntese, nem sempre os alagamentos

e inundações são consequências diretas da urbanização, mas boa parte desses problemas acontece pela ausência de infraestrutura urbana, que provoca uma série de problemas de ordem ambiental e social (AGRA, 2001).

Assim o crescimento significativo dos centros urbanos não acompanhado de infraestrutura urbana adequada às populações, geram transtornos são visíveis para a sociedade e os impactos ambientais são contínuos. Com a urbanização, o ambiente natural é alterado para implantação de estruturas artificiais como a pavimentação impermeáveis, provocando alterações no ambiente, com destaque para a redução da infiltração no solo, ressalta-se ainda que a retirada da cobertura vegetal provoca vários efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural (TUCCI, 1997; 2008).

Em São Luís, capital do Maranhão, esse cenário de urbanização sem planejamento se repete, desde da década de 1960, conforme Burnett (2008), o processo de expansão urbana produziu a construção do desenvolvimento desigual, manifestado pela ocupação da elite nas faixas litorâneas da Ilha, nas chamadas “áreas nobres” e pela ocupação ao Sul e a Leste, e às margens do eixo do Rio Bacanga por camadas mais pobres da população, destinadas a espaços periféricos, contribuindo para o surgimento de ocupações espontâneas, palafitas sobre os manguezais, agregando grande aglomeração de pessoas desprovidas de infraestrutura na cidade.

Assim, a ausência ou ineficácia do poder público corrobora com a desigualdade espacial, visto que existem áreas em São Luís que estão mais expostas a riscos socioambientais, que resultaram da ocupação do solo de forma desordenada, sendo competência dos gestores públicos a avaliação, fiscalização e delimitação de zonas de risco da cidade.

Nesse sentido, esta pesquisa coloca em evidência os riscos hidrometeorológicos em particular os impactos provocados por alagamentos e inundações urbanas sobre populações que residem em áreas de risco na cidade de São Luís. O estudo se justifica pela necessidade de análise de risco inerentes a esses locais e pelos possíveis prejuízos socioeconômicos que as fortes chuvas podem ocasionar. Ainda, este estudo poderá servir de base ao poder público para propor melhores medidas e ações que visem à redução de riscos, a fim de evitar danos e atuar na prevenção de desastres.

Para isso, esta pesquisa se desenvolve a partir de um objetivo geral sustentado por objetivos específicos, ambos expostos a seguir:

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os eventos pluviais extremos que causam episódios de inundações e alagamentos na cidade de São Luís - MA, bem como mapear a vulnerabilidade, o perigo e a suscetibilidade que configuram o risco híbrido.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar a variabilidade e tendência da precipitação pluvial anual no município de São Luís no período de 1991 a 2020;
- b) Identificar os principais impactos pluviais em São Luís;
- c) Apresentar mapeamento síntese pluviométrico para análise espacial da distribuição das chuvas na zona urbana de São Luís;
- d) Mapear a vulnerabilidade, o perigo e a suscetibilidade das áreas de risco identificadas com ocorrência de inundação e alagamento na cidade de São Luís, visando auxiliar gestores públicos no monitoramento e gerenciamento integral dos riscos;
- e) Propor medidas de intervenção não estruturais em áreas de risco.

1.3 SISTEMATIZAÇÃO DOS CAPÍTULO

Esta dissertação está dividida em 7 capítulos, de acordo com a seguinte distribuição do conteúdo:

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO: Introduz o assunto escolhido para o desenvolvimento da pesquisa, ressaltando a relevância espacial e temporal da temática, apresentando os objetivos a serem alcançados.

CAPÍTULO 2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: Delimita a localização do espaço urbano do município de São Luís, para identificação da área de estudo e possibilita conhecer os aspectos ambientais, climáticos e a dinâmica atmosférica regional e ainda apresenta abordagem sobre território como categoria de análise da Geografia.

CAPÍTULO 3. EXTREMOS PLUVIAIS E RISCOS ASSOCIADOS: Abrange a revisão bibliográfica, apresentando conceitos de episódios e eventos pluviais extremos, destacando a importância de estudos sobre a excepcionalidades das chuvas e desastre deflagrados por

fenômenos naturais ligados à pluviosidade, como inundações e alagamentos e os fatores condicionantes. Dessa forma, é apresentado um referencial sobre riscos híbridos em área urbana, bem como o gerenciamento de risco.

CAPÍTULO 4. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA: Discorre sobre os procedimentos teórico-metodológicos fundamentados no método hipotético-dedutivo com abordagem nos pressupostos do Sistema Clima Urbano (SCU) e Sistema Ambiental Urbano (SAU), no âmbito da ciência Geográfica. Para isso, utilizou-se métodos e técnicas específicas para cada investigação em estudo que auxiliaram na execução desta pesquisa.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS IDENTIFICADOS: Descreve e discute os resultados obtidos no desenvolvimento da pesquisa tais como a variabilidade e tendência da precipitação, a análise das variáveis de vulnerabilidade, o estudo da suscetibilidade, a identificação dos impactos pluviais extremos, a análise do episódio pluviométrico do dia 24/03/2019 e os impactos causados na cidade de São Luís, bem como o mapeamento de risco e ações que devem ser desenvolvidas em área de risco.

CAPÍTULO 6. DISCUSSÕES PARA GESTÃO INTEGRADA: Apresenta um resumo expandido dos resultados da pesquisa, uma forma de evidenciar para os gestores públicos a importância de ações de proteção das populações em área de risco no espaço urbano de São Luís.

CAPÍTULO 7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS: Apresenta as conclusões obtidas na pesquisa, visando sintetizar os principais resultados alcançados e as perspectivas futuras. Nesse sentido, os resultados apontam contribuição na gestão de riscos referentes a inundações e alagamentos em área urbana de São Luís. Pelo exposto, visam direcionar a gestão de risco e por sua vez promova melhores condições de vida para a sociedade.

CAPÍTULO 2

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no município de São Luís, mais precisamente na área urbana que apresenta perímetro de 283 km², localizado ao Norte do estado do Maranhão, na região Nordeste do Brasil (Figura 1). O município de São Luís, possui área territorial de 583, 063 km² (IBGE, 2021), ocupa mais da metade (57%) da Ilha do Maranhão, está compreendido entre as coordenadas 31° 00' 00" de latitude S e 49° 20' 00" de longitude W, que tem o Oceano Atlântico ao Norte, o Estreito dos Mosquitos a Sul, Baía de São Marcos a Oeste e a Baía do Arraial a Leste.

A evolução da população urbana de São Luís apresentada na Tabela 1, indica alta taxa de urbanização a estimativa é de 90% residindo no espaço urbano (IBGE, 2019), com o crescimento populacional intenso, São Luís é a 13^a capital com mais habitantes do Brasil (IBGE, 2021).

Tabela 1 - Evolução da população urbana de São Luís

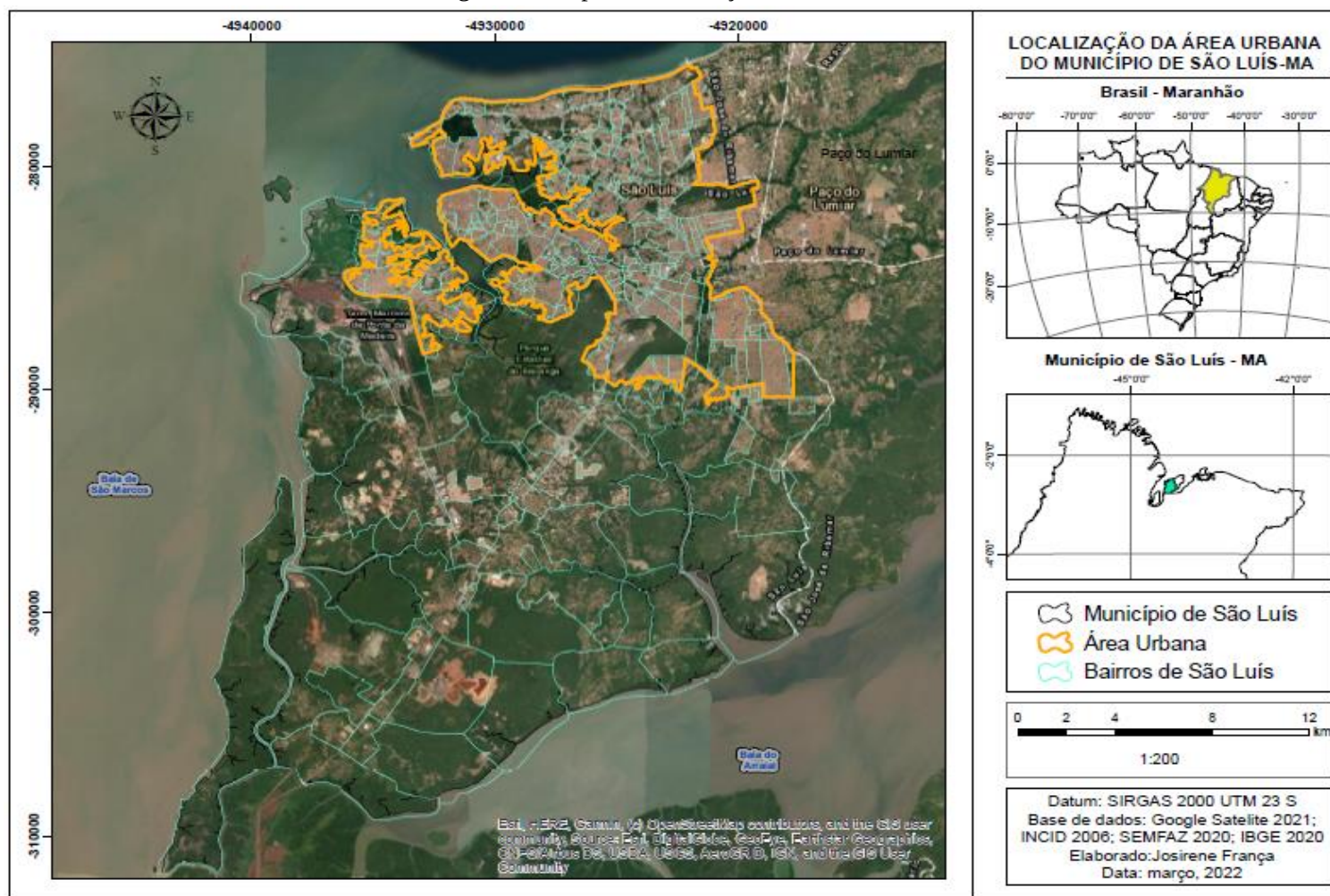
População	Ano	
	2000	2010
População urbana	837.584	958.522
Densidade demográfica	870.028 hab/km ²	1.215,69 hab/km ²
População estimada 2021		
1.115.932 habitantes		

Fonte: IBGE (2022). Elaborado por Silva-França (2022)

São Luís insere-se no contexto da falta de leis de delimitação dos bairros, situação que dificulta atender a necessidade de políticas públicas estruturais de forma igualitária para população ludovicense, a Figura 2 e Quadro 1 apresenta os 328 bairros no município nos quais se encontram diferentes padrões de ocupação do território. Ressalta-se que na definição da área urbana, adotou-se o estabelecido no Plano Direto de São Luís (Lei Ordinária nº 4.669/2006).

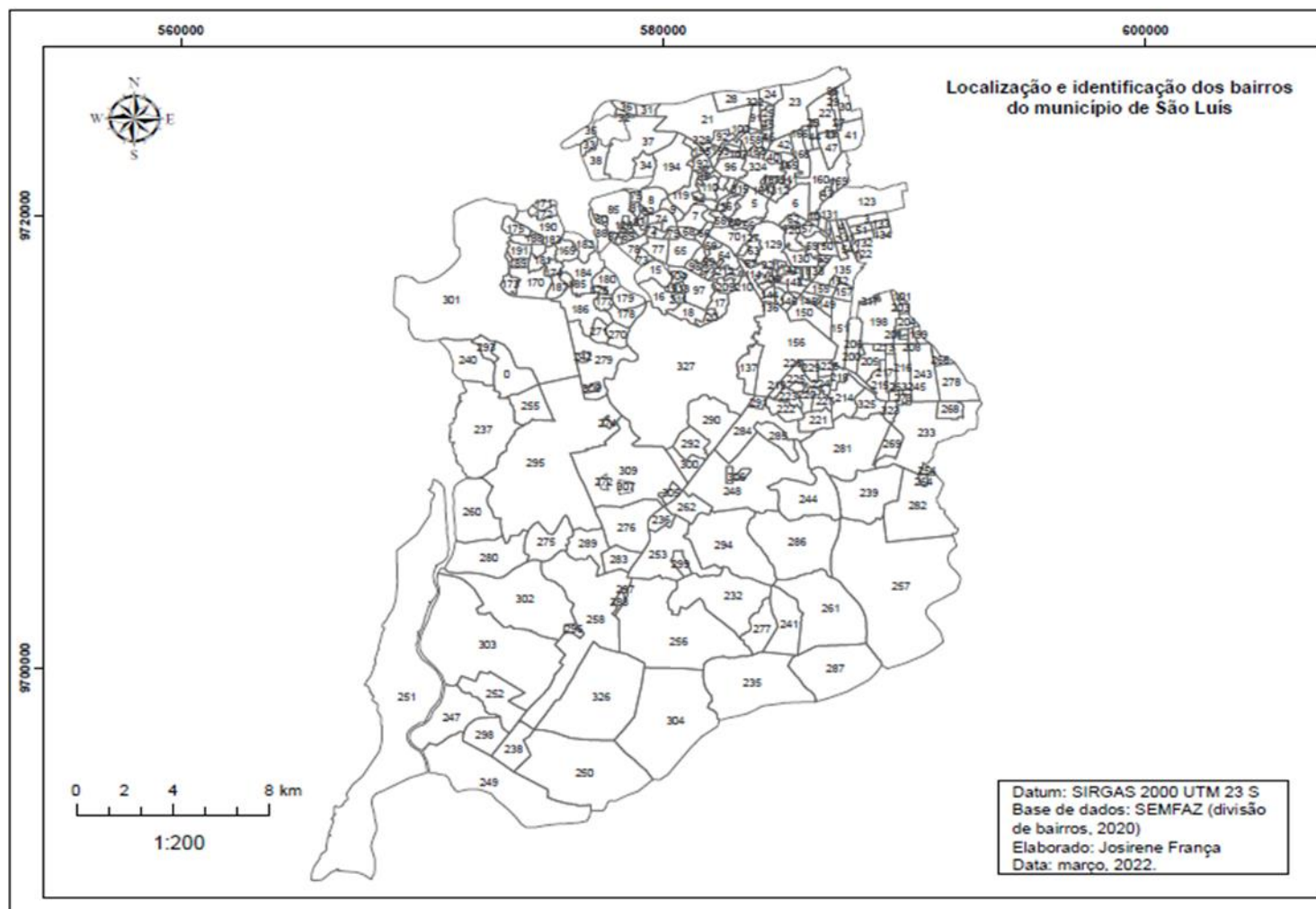
Fica estabelecido com área urbana, corresponde à parte do território municipal em que predominam as atividades econômico-industriais e de serviços, existindo uma legislação urbanística que disciplina o uso, o parcelamento e a ocupação do solo; área caracterizada, ainda, pela maior densidade populacional e viária, pela maior fragmentação das propriedades imobiliárias, e onde os serviços e equipamentos estão consolidados e contínuos. (Lei nº 4.669/2006, art. 2º, V).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Elaborado por Silva-França (2022)

Figura 2 - Localização e identificação dos bairros do município de São Luís



Fonte: SEMFAZ (2020). Elaborado por Silva-França (2022)

Quadro 1 - Identificação dos bairros apresentados na Figura 2 de localização

Bairro do município de São Luís											
0 Conceição do Bacanga	30 Vila Luizão	60 Japão	90 Goiabal	120 Novo Angelim - Pequizeiro	150 Jardim São Cristóvão I	180 Sa Viana	208 Vila Jeniparana	242 Cidade Nova - Gapara	279 São Raimundo Gapara	309 Maracanã	
1 Cohab Anil II	31 São Marcos	61 Maranhão Novo	91 Lot Alferosa - Calhau	121 Parque Aurora - Cohatrac	151 Jardim São Cristóvão II	181 São Raimundo - Bacanga	209 Salina do Sacavem	243 Cidade Olímpica	280 Tahin	310 Vendas da Concordeia - TURU	
2 Cohab Anil IV	32 Conjunto São Marcos	62 Novo Angelim	92 Altos do Calhau	122 Jardim das Margaridas	152 Parque dos Sabiás	182 Tamancio	210 Cohebo do Sacavem	244 Cinturão Verde	281 Tajacaba	311 Residencial Primavera - TURU	
3 Cohatrac IV	33 Ilhinha	63 Santa Cruz	93 Belo Horizonte - Recanto Vinhais	123 Itapiracó	153 Parque Universitário	183 Vila Aniri	211 Bom Jesus	245 Conjunto Alexandra Tavares	282 Tajipurú	312 Residencial Pinheiros - TURU	
4 Planalto Anil II	34 Jaracati	64 Outeiro da Cruz	94 Boa Morada - Recanto Vinhais	124 Coreia	154 Residencial Canaã - Tirirical	184 Vila Bacanga	212 Sacavem	246 Conjunto Maria Aragão	283 Ananandiba	313 Conjunto Manoel Backman	
5 Bequimão	35 Ponta d'Areia	65 João Paulo	95 Brisa do Mar	125 Apicum	155 São Bernardo	185 Vila Dom Luis	213 Jardim América	247 Coqueiro	284 Tibiri	314 Parque Guanabara - Aurora	
6 Angelim	36 Ponta do Farol	66 Vila Ivar Saldanha	96 Conjunto Habitacional Vinhais	126 Vila Bessa	156 São Cristóvão / Tirirical	186 Vila Embratel	214 Santa Barbara	248 Ribeira	285 Tibirizinho	315 Vinhais IV	
7 Alemanha	37 Renascença	67 Cutim Anil	97 Coroadinho	127 Radional	157 Vila Brasil	187 Vila Isabel	215 Santa Clara	249 Estiva	286 Tinai	316 Parque Angela - Vinhais	
8 Liberdade	38 São Francisco	68 Caratitua	98 Corado	128 Tunel do Sacavem	158 Parque Athenas	188 Vila Mauro Fecury I	216 Vila Janaina	250 Igarau	287 Povoado Tindiba	317 Residencial Nova Esperança	
9 Fé em Deus	39 Vendas do Turu	69 Barreto	99 Filipinho	129 Anil	159 Igem Turu	189 Vila Mauro Fecury II	217 Vila Riod	251 Ilha de Tauá Mirim	288 Vila Cabral Miranda	318 Residencial Pirapemas	
10 Cond Itapiracó	40 Vicente Fialho	70 Vila Palmeira	100 Jardim Coelho Neto	130 Aurora	160 Turu	190 Vila Nova	218 Cruzado de Santa Barbara	252 Inhauma	289 Vila Colier	319 Parque Sielandia - Anil	
11 Parque Aurora	41 Santa Rosa	71 Sítio Leal	101 Jardim Lisboa	131 Cohab Anil I	161 Cantinho do Céu	191 Vila São Luis	219 Loteamento Valeen	253 Itapera	290 Vila Esperança	320 Conjunto Juaguarema - Anil	
12 Vila Cristalina	42 Jrd das Oliveiras-Cohajoli (Turu)	72 Retiro Natal	102 Jordoa	132 Cohatrac I	162 Vila 7 de Setembro	192 Cohafuma	220 Loteamento Canaã	258 Pedrinhas	291 Vila Funil	321 Conjunto Santos Dumont - Anil	
13 Conjunto Dom Sebastião	43 Matões Turu	73 Parque Amazonas	103 Loteamento Vinhais	133 Cohatrac III	163 Cohaserma	193 Vinhais II	221 Nova Betel	260 Porto Grande	292 Vila Industrial	322 Smithland - Olho D'água	
14 Parque Timbiras	44 Habitacional Turu	74 Monte Castelo	104 Parque dos Nobres	134 Conjunto Primavera	164 Vila Cruzado	194 Santa Eulália	222 Rio do Meio - Tibiri	261 Quebra Pote	293 Vila Madureira	323 Vila Magril	
15 Parque Pindorama	45 Primavera II - Cohajap	75 Camba	105 Parque Olinda - Cohafuma	135 Forquilha	165 Recanto Fialho	195 Quintandinha	254 Jardim Providencia	262 Residencial 2000	294 Povoado São Benedito	324 Cohama	
16 Primavera	46 Primavera I - Cohajap	76 Bom Milagre	106 Sítio Pirapora	136 Vila Roseana Sarney	166 Jardim Atlântico - TURU	223 Vila Ailton Sena	255 Povoado São Benedito	263 Residencial do Careca	295 Vila Maranhão	325 Vila Vitoria	
17 Vila Conceição - Coroadinho	47 Chácara Brasil	77 Bairro de Fátima	107 Planalto Vinhais I	137 Vila Itamar	167 Residencial Esperança - COHAMA	224 Jardim São Raimundo	256 Meta de Itapera	264 Residencial Francisco Lima	296 Vila Muruaí	326 Área Pertencente a ALUMAR	
18 Vila dos Frades	48 Planalto Turu II	78 Areinha	108 Planalto Vinhais II	138 Planalto Aurora (Loteamento Planalto)	168 TURU - Jardim Elorado	225 Conjunto São Raimundo	227 Cajupe	266 Residencial José Reinaldo Tavares	297 Vila Progresso	327 UPA POE Bacanga	
19 Vila dos Nobres	49 Bela Vista	79 Apeadouro	109 Recanto dos Nobres	139 Planalto Anil (Loteamento Planalto)	169 Alto da Esperança	197 Planalto Vinhais II	228 Vila Alexandra Tavares	268 Residencial Nestor	298 Vila Samara	328 Vinhais I	
20 Vila São Sebastião	50 Cohab Anil III	80 Desterro	110 Recanto Vinhais	140 Residencial Tuquesa (Lot. Planalto)	170 Anjo da Guarda	198 Cidade Operária	229 Pontal da Ilha	269 Residencial Nova Vida	299 Vila Santana		
21 Calhau	51 Cohatrac II	81 Diamante	111 Redenção - Filipinho	141 Jardim São José (Loteamento Planalto)	171 Sol Nascente	199 Conjunto Residencial Jeniparana	232 Anajatuba	270 Residencial Parque das Palmeiras	300 Vila Sarney		
22 Divinéia	52 Jardim de Fátima	82 Fabril	112 Residencial João Alberto	142 Vila Conceição	172 Bom Fim	200 Habitacional Nice Lobão (Conj. Habita	233 Andiroba	271 Residencial Resende	301 Itaquí		
23 Olho D'água	53 Planalto Anil I	83 Vila Passos	113 Residencial Vinhais III	143 João de Deus	173 Fumacê	201 Jardim América Central	235 Arraial	272 Residencial Santo Antonio	302 Juçaraí		
24 Parque Atlântico	54 Planalto Anil III	84 Codozinho	114 Santo Antonio	144 Alameda dos Sonhos / Tirirical	174 Gancharia	202 Recanto dos Passaros	236 Bacabalzinho	273 Residencial Tiradentes	303 Alumar		
25 Parque Shalon	55 Planalto Anil IV	85 Centro	115 Vila 25 de Maio	145 Jardim São Cristóvão - Cohapan	175 Ilha da Paz	203 Recanto dos Signos	237 Cajueiro	274 Residencial Vila Maranhão	304 Povoado Aracal		
26 Planalto Turu I	56 Conjunto Rio Anil	86 Belira	116 Vila Lobão	146 Conjunto Juçara - Tirirical	176 Jambéiro	204 Santa Efigenia	238 Cajueiro Povoado	275 Rio dos Cachorros	305 Vila Nova República		
27 Planalto Turu III	57 Cruzeiro do Anil	87 Madre Deus	117 Vila Roseana - Cohafuma	147 Conjunto Penalva - Tirirical	177 Piancó	205 Vila Apaco	239 Cajupari	276 Rio Grande	306 Residencial Ribeira		
28 Quintas do Calhau	58 Ipase	88 Aterro do Bacanga	118 Vinhais III	148 Ilha Bela - São Cristóvão	178 Vila Embratel - Residencial Paraiso	206 Cidade Universitaria Paulo VI	240 Camba dos Frades	277 Santa Helena	307 Residencial Amendoeira		
29 Sol e Mar	59 Vila Isabel Cafeteira	89 Lira	119 Vinhais Velho	149 Conjunto Igem São Cristóvão	179 Residencial Piancó	207 Vila América	214 Povoado Cassaco	278 Paraíso Verde - Santana	308 Residencial Luiz Bacelar		

Fonte: SEMFAZ (2020). Elaborado por Silva-França (2022)

2.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS

Para melhor compreender a dinâmica do espaço urbano de São Luís, é necessária a caracterização dos aspectos físicos da Ilha do Maranhão, que apresentam domínio Geoambiental do Golfão Maranhense, formado pelas baías de São Marcos e São José, interligadas pelo Estreito dos Mosquitos, onde se encontra emerso a Ilha de *Upaon Açuou* ou Ilha do Maranhão (TEIXEIRA et al., 2009).

Por conta dessa formação, as características geológicas e geomorfológicas do município de São Luís são resultados da dinâmica da formação do Golfão Maranhense, que possui como principais formações geológicas a formação Itapecuru do cretáceo (sedimentos inconsolidados) e holocênicas (depósitos fluviais e fluviomarinhos), com topografia plana, formas tabulares suavizadas, pequenas ondulações associadas a tesos, superfície residual de forma tabular e subtabular, com colinas de baixa declividade onde os sítios urbanos estão dispostos (FEITOSA, 2007; CPRM, 2011).

Assim, por ser um território insular, os aspectos naturais da capital do Maranhão são considerados peculiares, diversificados e frágeis; com presença de praias, um extenso ecossistema de manguezal e com grande quantitativo de canais de drenagem fluvial, sendo os principais cursos de d'água os rios: Anil, Bacanga, Paciência, Maracanã, Tibiri, Calhau, Pimenta, Coqueiro e Cachorros. A malha hídrica percorre mais de 90% dos bairros, e apresentam nível diferenciado de impacto ambiental, ocorrido em função do crescimento urbano da cidade. Atualmente, as Bacias do Anil e Bacanga são as que possuem maior degradação ambiental, por estar intensamente antropizada (MARANHÃO, 1998; 2019).

2.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS E DINÂMICA ATMOSFÉRICA REGIONAL

Quanto às características climáticas do município de São Luís, estas se inserem em estudos mais amplos que compreendem as Regiões Nordeste e Norte do Brasil, onde a formação da estação chuvosa depende, principalmente de condições ideais de temperatura do Oceano Atlântico Tropical. Com a convergência das massas de ar Equatorial Atlântica e Equatorial Continental, produz a chamada Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), essa Zona é oriunda da convergência dos ventos alísios dos Hemisférios Norte e Sul, portanto por meio dos deslocamentos da ZCIT entende-se a dinâmica climática da Ilha do Maranhão, e compreende-

se a intensidade e frequência dos fatores meteorológicos. (FEITOSA, 1989; ARAÚJO, 2014; NUGEO, 2020).

A ZCIT pode ser definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre (Figura 3). A ZCIT é considerada o sistema meteorológico mais importante gerador de precipitação sobre a região equatorial dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, assim como sobre áreas continentais adjacentes. A ZCIT migra sazonalmente, em anos considerados normais: de agosto a setembro atinge sua posição mais ao norte (14° N) e no período de março a abril atinge sua posição mais ao sul (2° S). No Brasil, o fortalecimento dos alísios de nordeste e sudeste aumenta a área de atuação da ZCIT (5° S) e proporciona elevados totais de precipitação (CPETEC, 2020).

Figura 3 - Configuração espacial associado a ZCIT sobre o Atlântico



Fonte: CPETEC (2017)

A ZCIT é o fator mais relevante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no norte do Nordeste do Brasil. Os estados da região nordeste que mais recebem maior influência da ZCIT são Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Sertões da Paraíba e Sertões de Pernambuco. A respeito da variabilidade Interanual, os anos mais chuvosos que o normal no nordeste brasileiro estão relacionados ao deslocamento da ZCIT mais ao sul de sua climatologia durante o verão e o outono no Hemisfério Sul. E os anos mais secos que o normal no nordeste brasileiro estão relacionados ao deslocamento da ZCIT para posições mais ao norte de sua climatologia durante o verão e o outono no Hemisfério Sul. (FERREIRA; MELO, 2005).

Cabe destacar que outros sistemas atmosféricos são relevantes para a pluviosidade em São Luís como: os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL - ondas de leste), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), a Zona

de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Linhas de Instabilidades (LI), Brisas marítimas e terrestres, as frentes frias, El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Atlântico.

Os VCANs são sistemas com núcleo frio que se desenvolvem na média e alta troposfera e que podem causar alterações nas condições atmosféricas em superfície. Os VCANs que atingem a região Nordeste do Brasil, formam-se no Oceano Atlântico com maior frequência nos meses de janeiro e fevereiro, sua trajetória normalmente é de leste a oeste. Os VCANs estão associados à formação de bandas de nebulosidade e no centro há movimentos de ar de cima para baixo, a atuação dos VCANs está relacionada ao tempo seco enquanto que as áreas periféricas a tempo chuvoso (LOPES; BARBIERI; SANTOS, 2006).

Os DOLs são perturbações no campo de vento e pressão que atuam na faixa tropical do globo terrestre, em área de influência dos ventos alísios, que se deslocam desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Os DOLs possuem grande relevância na determinação do período chuvoso do leste do nordeste brasileiro, sua atuação se dá sobretudo nos meses de maio e junho no estado do Maranhão (COUTINHO; FISCH, 2007).

Os CCMs são definidos como sendo conjunto de nuvens frias e espessas de forma circular e crescimento vertical, que se formam em razão das condições locais favoráveis (temperatura, relevo, pressão e outros). Os CCMs são caracterizados, normalmente, por chuvas intensas em poucas horas, este fenômeno meteorológico ocorre de forma isolada. (BARBIERI, 2014).

A ZCAS caracteriza-se por uma persistente banda de nuvens, orientação noroeste-sudeste, estendendo-se desde o Norte ao Sudeste do Brasil. Na ocorrência do evento, as nuvens carregadas de água ficam concentradas em uma única região e, sem conseguir seguir o seu trajeto, chocam-se com frentes frias, causando nebulosidade, umidade e chuvas intensas (PEZZI et al, 2022).

As LI são caracterizadas como uma banda de nebulosidade, possuindo comprimento horizontal entre 20 km a 100 km e tempo de formação em torno de 6 horas a 1 dia que se formam principalmente nos meses de verão no hemisfério sul (dezembro a março). Sua formação ocorre pelo desenvolvimento das nuvens cumulus. As LI encontram-se ao sul da Linha do Equador influenciando a uma quantidade considerável de chuvas no litoral norte do Nordeste (GARCÊS JÚNIOR, 2022).

Brisas marítimas e terrestres, estes fenômenos são resultantes das diferenças térmicas entre o continente e o oceano. Durante o dia, o ar sobre a superfície da terra fica mais quente do que sobre a superfície do mar, portanto a brisa sopra do mar para a terra e é chamada de brisa marítima. Durante a noite, o mar fica mais quente do que a terra, faz o vento soprar da terra para o mar, gerando a brisa terrestre ou vento terral. A consequência das brisas marítimas e terrestres são chuvas de curta duração e de intensidade fraca a moderada. Além disso, as brisas podem influenciar na formação ou intensificação de outros sistemas atmosféricos como as LIs e os DOLs (GARCÊS JÚNIOR, 2022).

As frentes frias são importante mecanismo formador de chuvas no Nordeste do Brasil está associado as latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro. O sistema de frentes frias ocorre em regiões de grande contraste térmico, quando uma massa de ar frio avança em direção a uma massa de ar quente, deslocando-se dos Polos em direção ao Equador, para o Hemisfério Sul. As frentes frias estão ligadas ao aumento de nebulosidade, chuvas, que podem vir na forma de temporais (chuva forte, raios, granizo e ventania), mudanças na direção do vento e queda acentuada da temperatura.

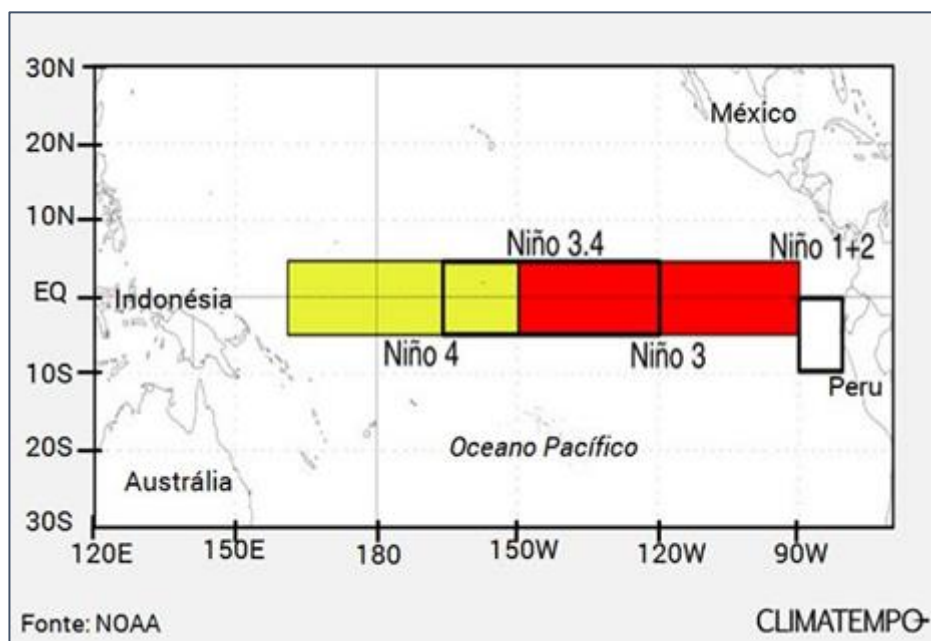
El Niño Oscilação Sul (ENOS), diversos estudos identificam padrões atmosféricas associados ao ciclo do ENOS apresentando duas fases distintas conhecidas como El Niño e La Niña. O ENOS é caracterizado por anomalia de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Tropical, com a presença da fase positiva (El Niño) quando as anomalias estão acima de $0,5^{\circ}\text{C}$, e a ocorrência da fase negativa (La Niña), quando as anomalias estão abaixo de $-0,5^{\circ}\text{C}$. Os estudos apontam que a ocorrência de ENOS está relacionado a uma mudança periódica do sistema oceano-atmosfera no Pacífico tropical que provoca impacto no clima em todo o mundo, está associada a inundações, secas e outros distúrbios em esfera global (ARAÚJO et al, 2013; YEH et al, 2009;).

Se ocorre o El Niño, os ventos alísios de nordeste ficam fracos, com menor fluxo de umidade vinda dos oceanos. Assim, durante anos de EL Niño, a ZCIT sofre um deslocamento para uma posição mais ao norte do que sua posição normal (posição climatológica sobre o Atlântico Tropical). Por esse motivo, os períodos de El Niño são secos quando a estação deveria ser chuvosa entres os meses de janeiro a março, nas regiões norte e nordeste. Em ano de La Niña, toda a Região Nordeste apresenta anomalias positivas de chuva, ou seja, são verificados aumentos na intensidade das estações chuvosas (CPETEC, 2020; OLIVEIRA 2021).

Conforme Pegorim (2017) quando analisado se há ou não El Niño, existem quatro áreas de interesse conforme apresentado na Figura 4:

- Niño 1+2: uma área pequena entre a costa do Peru e do Equador;
- Niño 3: uma região equatorial sobre o Oceano Pacífico leste;
- Niño 4: a região equatorial na porção mais oeste do Oceano Pacífico;
- Niño 3.4: uma região próxima à linha do Equador no Pacífico Central. Esta área recebe este nome, pois inclui parte da região do Niño 3 e parte da região do Niño 4.

Figura 4 - Áreas do El Niño



Fonte: NOAA/CLIMATEMPO (2018)

Destaca-se que os componentes que indicam ocorrência de anomalias que caracteriza o ENOS é analisada por meio do cálculo de alguns índices, como o Índice Oceânico Niño (Oceanic Niño Index – ONI) definido pela média móvel trimestral da anomalia de temperatura da superfície do mar (ATSM) para a região do Niño 3.4, por no mínimo, cinco meses consecutivos, onde a anomalia maior que 0,5°C está associado a El Niño e inferior a -0,5°C está associado a La Niña. E o componente do Índice de Oscilação Sul (Southern Oscillation Index – SOI) que representa a diferença na pressão média do ar ao nível do mar, medida no Taiti e Darwin, Austrália, que pode indicar o status do acoplamento entre o Oceano Pacífico e a Atmosfera. (CLIMA TEMPO, 2018).

A Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Atlântico também denominada como Dipolo do Atlântico ou Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura de superfície do Mar. A TSM no Oceano Atlântico Tropical é considerada uma significativa variável que influencia nas condições climáticas em várias áreas do globo (CASTRO, 2020; PEZZI, 2022).

O fenômeno apresenta diferentes intensidades de anomalias na temperatura sobre a superfície água do mar no Oceano Atlântico Tropical, implica que quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias existem movimentos descendentes transportando ar frio e seco dos altos níveis da atmosfera sobre a região setentrional, central e sertão do Nordeste inibindo a formação de nuvens e diminuindo a precipitação, podendo causar secas, esta anomalia é relacionada a Fase Positiva do Dipolo. De outra forma, quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes existem aumento nos movimentos ascendentes sobre estas regiões, intensificando a formação de nuvens e aumentando os totais pluviométricos, condição que evidencia a Fase Negativa do Dipolo. Esse padrão de anomalias favorece acumulados acima de média, favorecendo a alteração da distribuição sazonal de precipitação pluviométrica sobre o Atlântico Equatorial, parte norte do Nordeste do Brasil, até a parte central da Amazônia (NOBREGA; SANTIAGO, 2014).

No Brasil, existem várias classificações climáticas, entre elas, destaca-se as propostas por Köppen. Segundo a classificação climática de Köppen, a cidade de São Luís apresenta clima do tipo Aw' tropical quente e semiúmido com duas "estações" bem definidas e distintas ao longo do ano, uma caracterizada pelo período chuvoso nos meses de janeiro a junho e outra seca, no semestre que se estende de julho a dezembro. As temperaturas médias ficam em torno dos 27°C, com média pluviométrica total anual de 1.886 mm e ventos predominantes de nordeste, principalmente nos meses de outubro e novembro (ARAÚJO, 2001; PINHEIRO, 2018).

Um fator condicionante do clima em São Luís é a sua posição geográfica situada em uma zona de transição que recebe influências do semiárido nordestino e tropical úmido da Amazônia, sendo considerado dessa forma uma área com clima tropical úmido (NASCIMENTO; BRAGA, 2016).

2.3 OCUPAÇÃO E ORDENAMENTO URBANO EM SÃO LUÍS: UMA ANÁLISE SOBRE O TERRITÓRIO

Cabe destacar uma breve abordagem sobre a importância do estudo do território como categoria de análise da dinâmica espacial. O conceito de território tem sido discutido e desenvolvido por meio de diferentes abordagens onde cada autor define sua linha de pesquisa conforme seus métodos e concepções de interpretação da realidade.

Nesse prisma, é importante destacar que o território não é apenas uma área delimitada, o território nasce com a civilização, é constituído pelas relações de poder entre indivíduos e expande-se como novos arranjos socioespaciais.

Nessa perspectiva, Machado (1997, p. 6) salienta que:

Analisar concretamente o território significa entendê-lo como um produto da história da sociedade e que, portanto, está em constante modificação. Ele é o resultado de um processo de ocupação de um grupo social e do quadro de funcionamento da sociedade, comportamento, assim, ao mesmo tempo, uma dimensão material e cultural dadas historicamente.

Dessa forma, o conceito de território é utilizado nesse estudo como escala de análise da organização espacial da cidade. Segundo Milton Santos (1998, p. 16,) “o território são formas, mas o território usado são objetos e ações, sinônimo de espaço humano, espaço habitado”.

Assim, o território reflete a dinâmica espacial da cidade e a condição social das populações, por meio de diferentes atores, que se apropria do espaço, portanto a partir da realidade e da funcionalidade do território que se propõe conhecer o processo de uso e ocupação do espaço urbano de São Luís.

Primeiramente, cabe destacar que a cidade de São Luís, capital do Maranhão, formou-se na península que avança sobre o estuário dos rios Anil e Bacanga. Fundada em 8 de setembro de 1612, pelos franceses Daniel de La Touche e François de Rasilly, posteriormente foi invadida por holandeses e por fim colonizada pelos portugueses (SÃO LUÍS, 2010).

No ordenamento urbano de São Luís, o engenheiro militar português Frias de Mesquita adotou as resoluções das Ordenações Filipinas, um Código de Lei que determinava o traço para o desenvolvimento de núcleos urbanos sob o domínio da Coroa Portuguesa. A partir desse código urbanístico, São Luís iniciou seu desenvolvimento físico, com arruamento de simetria organizada, com traço urbano ortogonal, esse registro é revelado na planta do núcleo urbano do

Centro Histórico de 1640 (Figura 5), essa planta urbanística é considerada a mais antiga da cidade, onde observa-se a Fortaleza de São Luís e o arruamento planífico (BURNETT, 2008).

Figura 5 - Planta da cidade de São Luís em 1640



Fonte: Iconografia de Frans Post in Barleus, 1640.
Disponível em: <https://jpturismo.com.br/a-heranca-arqueologica-de-sao-luis/>

A partir do plano de remodelação da cidade, em 1936, os gestores públicos se propuseram a renovar os instrumentos de política urbana do município de São Luís, essa iniciativa permitiu a elaboração do primeiro zoneamento de dimensão territorial em São Luís. Dois anos depois, em 1938, foi elaborado o segundo zoneamento da cidade, com característica funcionalista, isto é, separando a cidade por funções e determinando o número de pavimentos para cada zona (COELHO, 2002).

Durante a década de 1940, São Luís começou sua expansão que ultrapassava os limites do antigo núcleo urbano, sendo possível a partir da implantação dos bondes elétricos até o bairro do Anil, e da abertura de novas avenidas, como a Getúlio Vargas e a João Pessoa, facilitando o deslocamento das pessoas, por meio do transporte público, esse possibilitou a ocupação de locais mais distantes do Centro, onde estavam situados chácaras e sítios (LOPES, 2004).

Com a construção da ponte do Caratatiua, abriu-se passagem para o litoral e para outras áreas, permitindo a construção de conjuntos residências na cidade. Dessa maneira, a expansão urbana de São Luís, não foi consequência apenas da construção de avenidas ou pontes, mas pela necessidade de circulação e deslocamento da elite local (BURNETT, 2008).

O crescimento urbano de São Luís se dinamizou na década de 1960 com incentivos governamentais de conjuntos habitacionais e políticas de desenvolvimento industrial, e com a construção da barragem do Bacanga.

Durante a década de 40 até o fim do regime ditatorial, durante a década de 1980, a cidade de São Luís traçava seus principais eixos de crescimento, que iriam fazer com que ela se expandisse para além do seu centro original - compreendido entre os estuários dos rios Anil e Bacanga. A nova malha viária ditaria o crescimento da cidade e os conjuntos habitacionais, acabam sendo indicativos desses vetores de crescimento, pois vão tendo o papel decisivo ao se consolidar e povoar essas novas áreas. (VASCONCELOS, 2009, p. 1).

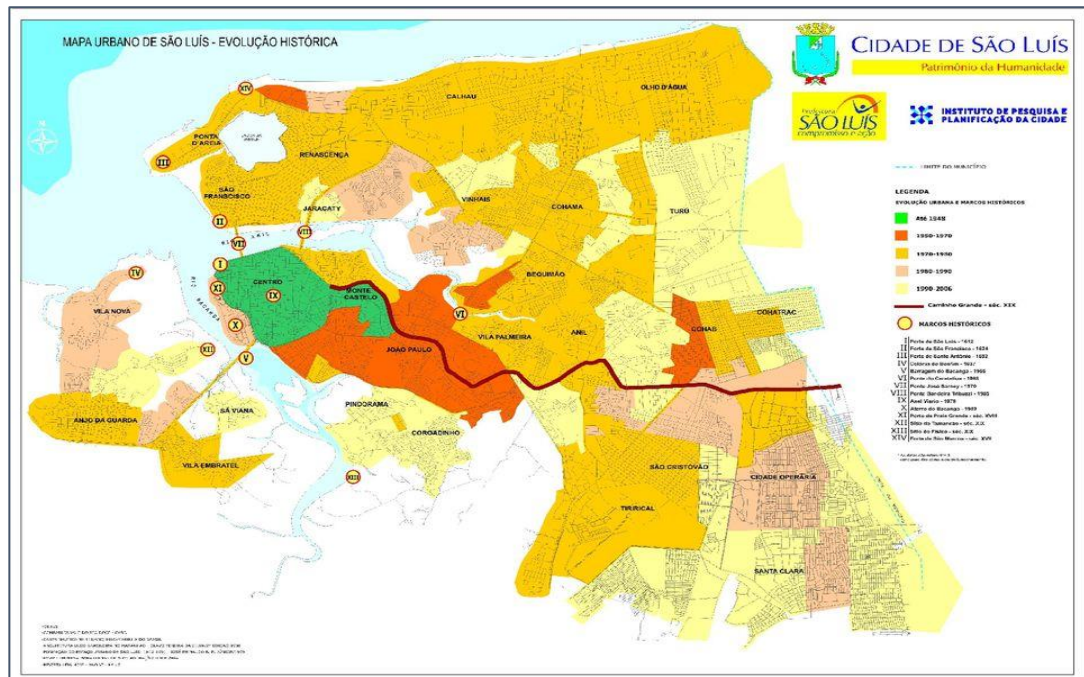
Com a instalação, na década de 1970, dos grandes projetos minero-metalúrgicos no Maranhão, como o ALUMAR (Alumínio do Maranhão S.A) e a VALE (antiga Companhia Vale do Rio Doce - CVRD), ocorreu grande atração de mão de obra para a capital maranhense, influenciando na ocupação do eixo centro a parte sul da ilha e intensificando o processo de migração para a capital (SILVA, 1990).

Com o estabelecimento desses empreendimentos, a capital maranhense começou a exercer uma grande capacidade de atração de pessoas do interior do estado, em busca de oportunidade de emprego, fato que ocasiona uma demanda local por moradia, favorecendo o surgimento de assentamentos precários, contribuindo para o inchaço urbano que acelerou o crescimento horizontal da cidade, ampliando-se para áreas de mangue e de preservação ambiental, bem como trouxe o processo de verticalização urbana, com a intensificação e concentração de bairros, totalmente, preenchidos por edifícios comerciais e residenciais, tanto um como outro, sem um ordenamento territorial que acompanhasse este crescimento, produzindo segregação urbana (DINIZ, 2017).

De fato, o principal fator que impulsionou a expansão de São Luís foi decorrente da migração do homem do interior do estado para a cidade em busca de emprego gerado pela industrialização.

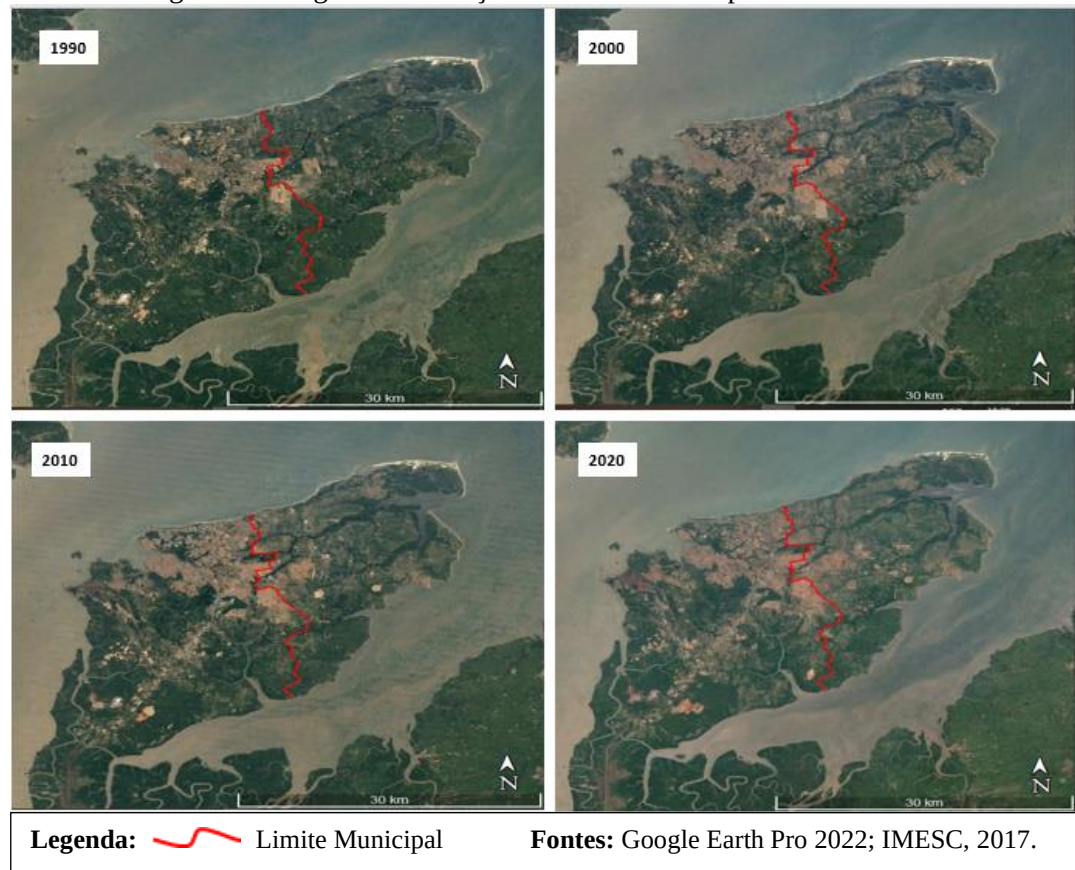
Assim a expansão da cidade para além do núcleo original de povoamento ocorreu de forma não planejada, e com a finalidade de atender diferentes interesses de apropriação do território. A Figura 6 apresenta historicamente os eixos da expansão física do espaço urbano de São Luís, e na Figura 7 observa-se a evolução do processo de urbanização durante quatro décadas (1990, 2000, 2010 e 2020) que determinou uma nova configuração social e espacial da cidade, nesse contexto, os mais desfavorecidos habitam áreas com maior precariedade urbana.

Figura 6 - Eixos da expansão urbana de São Luís



Fonte: São Luís (2006).

Figura 7 - Imagens da evolução urbana do município de São Luís



Organizado por Silva-França (2022).

Com a forte especulação imobiliária e fundiária em decorrência da expansão urbana em São Luís, associada às diversas deficiências de infraestruturas, surgem, nesse contexto, a periferização da população, decorrente da necessidade de moradia, e que habitará espaços menos valorizados e dispersos na área urbana.

Hoje, esse cenário se reflete de forma calamitosa, segundo o IBGE (2020), São Luís é a quinta capital brasileira com o maior percentual de domicílios em aglomerados subnormais, esses locais são classificados como ocupação irregular, invasão, palafitas entre outros, geralmente localizadas em área urbana que apresentam restrição de ocupação, com várias inadequações e intensa pressões antrópicas ligadas às formas de uso do solo.

Nesse sentido, o processo de expansão do espaço urbano em São Luís, continua construindo um desenvolvimento desigual, expressando-se por meio de diferenças no padrão dos espaços residenciais e na qualidade vida da população. Diante das inúmeras problemáticas do espaço urbano de São Luís, foram criados leis e instrumentos que regulam a ocupação desses espaços, mas os problemas não foram solucionados e permanecem.

Atualmente, a cidade é considerada caótica, sendo um dos seus maiores problemas a falta de ampliação e abertura de novas vias de circulação, falta de acessibilidade e mobilidade urbana, déficit habitacional e infraestrutura de serviços precários.

CAPÍTULO 3

EXTREMOS PLUVIAIS E RISCOS ASSOCIADOS

Este capítulo apresenta o referencial teórico metodológico da pesquisa, permeando os conceitos de eventos e episódios pluviais extremos, desastres, risco, suscetibilidade, vulnerabilidade e variabilidade climática. Para tanto, divide-se em dois itens, quais sejam:

3.1 Episódios e Eventos pluviais extremos, esse item é explorado nos seguintes subitens: 3.1.2 Excepcionalidades das chuvas e 3.1.3 Desastre deflagrados por fenômenos naturais e impactos ligados a pluviosidade.

3.2 Risco híbridos, esse item é explorado as seguintes bases teóricas e conceituais: 3.2.1 Risco hidrometeorológicos; 3.2.2 O ambiente urbano, vulnerabilidades e suscetibilidades e 3.2.3 Gerenciamento das áreas de risco.

Dessa forma, buscou-se por meio dos conceitos supracitados, conhecer a aplicabilidade dos mesmos na construção da presente dissertação.

3.1 EPISÓDIOS E EVENTOS PLUVIAIS EXTREMOS

3.1.1 Excepcionalidades das chuvas

A Climatologia, um dos ramos da Geografia Física, “trata dos padrões de comportamento da atmosfera, verificados durante um tempo.” (AYOADE, 1998, p. 3). Tradicionalmente, a Climatologia no estudo do “clima” e do “tempo” os tem apresentado de forma estática, sem dinamismo, sendo definido tempo o estado médio da atmosfera, uma combinação passageira, efêmera, de curta duração. Já o clima refere-se às características da atmosfera observadas e contínuas, um conjunto de tendências, que por serem mais estáveis, resulta em condições relativamente permanentes, durante um período de tempo mais extenso, mais duradouro em um determinado lugar durante um período aproximadamente de 30-35 anos (AYOADE, 1998).

Em contrapartida, a Climatologia Geográfica tem se voltado para a dinâmica atmosférica na interação com a dinâmica da paisagem, buscando conhecer a gênese dos fenômenos climáticos como sua repercussão e correlação espacial. Diante disso, a Climatologia

Geográfica, ao abordar o conceito de tempo, considera mais apropriada a noção de “tipos de tempo”, por ser mais abrangente, especificamente pelas combinações que se repetem, nem sempre idênticas, porém identificadas por ocasionar sensação semelhantes. Ademais, a partir dos conceitos de “tempo” e “tipos de tempo” pode-se, então, discutir o que vem a ser o clima, cujo estudo, requer práticas metódicas, para que possa ser compreendido na sua totalidade (ZAVATTINI, 2009).

Desse modo, considera-se que o estudo do clima não deve se limitar ao conhecimento das médias estáticas, mas ao estudo do dinamismo da totalidade do estado da atmosfera que, englobando todos os episódios desses estados, não exclui os tipos excepcionais. Portanto, essa abordagem considera a sucessão dos tipos de tempo, ou seja, o seu ritmo e a sua duração, tornando-o apropriado para os estudos em Climatologia Geográfica, já que o estudo da sucessão dos tipos de tempo permite explicar os mecanismos do clima (ZAVATTINI, 2013).

Assim, o mais importante nos estudos da Climatologia Geográfica é compreender a sucessão dos valores menos ocasionais, por ser um dos indicadores do ritmo próprio da atmosfera sobre um determinado lugar.

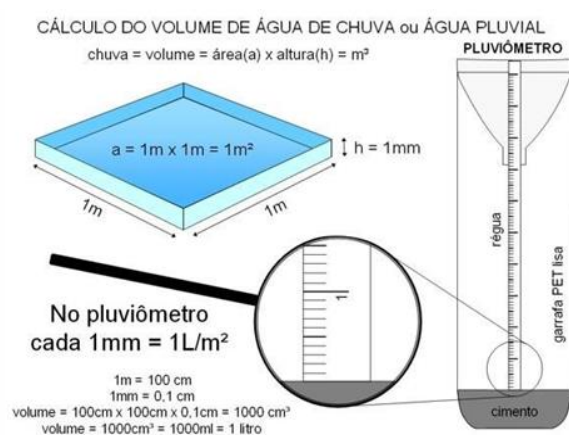
São inúmeras as aplicações que a Climatologia Geográfica oferece à melhor compreensão do clima. O livro “climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa”, apresenta algumas técnicas de pesquisa empregadas nos estudos climatológicos, sendo que o foco recaiu sobre as mais apropriadas à Climatologia Geográfica, e que tem sustentado por teoria pertinente, como a escolha dos “anos-padrão” e, por consequência, a análise rítmica em anos distintos (seco, chuvoso e habitual), inclusive do ponto de vista da dinâmica atmosférica.

Tendo visto que o clima é um elemento de alta relevância no cotidiano das sociedades, a chuva tem sido o elemento climático mais estudado em decorrência da sua importância para produção agropecuária; vida nas cidades; utilização de serviços e outros. Além disso, a chuva é o elemento que melhor representa a diversidade climática brasileira, decorrente da sua grande variabilidade temporal e espacial, dentre inúmeros outros aspectos geográficos que podem ser analisados como aspectos físicos, naturais e também as causas e consequências das chuvas sobre o meio social que são capazes de alterar o modo de vida na sociedade.

O estudo das precipitações possui aspectos significativos para obtenção de dados e avaliação dos seus impactos, primeiramente a medição das chuvas em uma localidade para poder classificar sua intensidade. De acordo com o Instituto de Pesquisas Espaciais (Inpe, 2021), “o índice pluviométrico refere-se à quantidade de chuva por metro quadrado em

determinada local e em determinado período. O índice é calculado em milímetros.”, ou seja, 1 mm de chuva registrado no pluviômetro é equivalente a 1 litro de água em uma área de 1 metro quadrado (m^2). A Figura 8 apresenta o pluviômetro manual para medição de chuva e a Tabela 2 apresenta a classificação da intensidade da chuva.

Figura 8 - Cálculo do volume de água de chuva



Fonte: CEMADEN (2021).

Tabela 2 - Classificação da intensidade de precipitação de acordo com o intervalo de classe

Intervalo de precipitação (mm)	Classificação da intensidade de precipitação
(0,1 - 5)	Muito fraca
(5 - 10)	Fraca
(10 - 15)	Moderadamente fraca
(15 - 20)	Moderada
(20 - 25)	Moderadamente forte
(25; 30]	Forte
> 30	Muito forte

Fonte: Soriano e Galdino (2002).

A cidade tem sido um dos ambientes, extremamente, impactado pelas chuvas, em razão da grande modificação do meio natural e o crescente processo de urbanização não acompanhado da implantação de infraestrutura, que dá origem a vários problemas de ordem socioambiental no espaço urbano. Nesse cenário, as fortes precipitações sobre a cidade ganham destaque cada vez mais nas pesquisas dada a sua relação intrínseca com desastres por enchentes e inundações (MAURA; MENDONÇA, 2019). O sexto relatório do Grupo de Trabalho I do IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2021), mostra os graves impactos na sociedade e no ambiente natural, oriundos de eventos e episódios extremos relacionados à precipitação pluvial.

O estudo das excepcionalidades das chuvas engloba duas perspectivas: a dos eventos extremos e a dos episódios extremos. E, nesse contexto, a literatura define os limiares pluviais de 20 mm em 24 h, para estabelecer a diferença entre os eventos extremos, ou seja, aqueles que ultrapassam os valores habituais meteorológicos; e os episódios, aqueles que causaram impactos (ARMOND, 2014).

Nessa perspectiva, ressalta-se que: “A variabilidade dos eventos extremos (condições discrepantes de um padrão habitual do clima), os episódios pluviais extremos (impactos

atrelados às inundações, enchentes e alagamentos) e a configuração dos riscos hidrometeorológicos” (ARMOND, 2014; GOUDARD, 2019; 2020).

Dessa forma, se faz necessário estudo sobre padrões de variabilidade dos extremos climáticos, que potencializam condições de perigo e riscos associados a essas dinâmicas.

3.1.2 Desastre deflagrado por fenômeno naturais e impactos ligados à pluviosidade

De acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres - COBRADE (2015), a origem dos desastres pode ser atribuída a fatores naturais, antropogênicos e mistos.

À vista disso, no presente estudo optou-se por utilizar o termo: desastres deflagrados por fenômenos da natureza, que são “resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excede a capacidade da comunidade ou da sociedade atingida em conviver com o impacto.” (MARCELINO, 2008).

Assim, nesta pesquisa entende-se desastre deflagrado por fenômeno natural como resultado do impacto dos eventos natural extremo ou intenso sobre a sociedade.

Os eventos extremos sempre existiram, mas o que a comunidade científica vem evidenciando é que a maior regularidade tem próxima relação com a ação humana. Nos últimos meses, as recentes inundações nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo vitimaram pelo menos 70 pessoas e deixaram dezenas de milhares de desalojados ou desabrigados. Moçambique, Reino Unido, Estados Unidos, Indonésia e Índia enfrentaram eventos similares, demonstrando também que há uma amplitude global dos fenômenos (UNICAMP, 2020).

E ainda, esse tipo de desastre decorridos por processos ou fenômenos naturais pode implicar em perdas humanas, danos à saúde, impactos ao meio ambiente e à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos. Tendo em vista que, os impactos deflagrados por fenômeno natural têm sido cada vez mais frequentes e significativos, consequentemente registra-se um aumento expressivo de pessoas afetadas, por danos e perdas, de caráter social, econômico e ambiental (BRASIL, 2015).

Nota-se que os desastres deflagrados por fenômenos naturais ameaçam, igualmente, todas as populações, mas na prática atingem, intensamente, os mais desfavorecidos com menor poder econômico, que se encontram em situação de risco em razão de uma conjuntura de fatores, tais como: um número muito maior de população de baixa renda, aumento dos

assentamentos precários, locais densamente povoados, localizados em áreas de maior suscetibilidade aos perigos (TOMINAGA, 2009).

Nesse sentido, um dos assuntos mais debatidos na atualidade é o clima do planeta e as mudanças climáticas. Ao longo deste século, estudos que identificam os fatores que influenciam a mudança e variabilidade climática tem sido realizado para compreender o aumento, a frequência e intensidade dos eventos extremos do clima, assim é, cada vez mais, urgente gerar informações mais detalhadas e consistentes sobre o que são eventos extremos, suas consequências e as medidas de prevenção.

No Brasil, a maioria dos desastres registrados, mais de 80%, está associada aos fenômenos conduzidos pelo clima e processos atmosféricos severos, que são responsáveis pelo desencadeamento de inundações, vendavais, tornados e escorregamentos (MARCELINO, 2008). Logo, há necessidade de estudos dos eventos climáticos extremos com a finalidade de fortalecer a resiliência e a capacidade de resposta da sociedade.

Nesse contexto, os riscos climáticos devem ser tratados com maior atenção no espaço urbano, no qual há maior contingente populacional e a sociedade encontra-se mais exposta ao se sobrepor áreas, ambientalmente, instáveis, com a presença de populações socialmente vulneráveis (ALMEIDA, 2012). Nesse sentido, as fortes chuvas podem desencadear desastres deflagrados por fenômenos naturais, sobretudo em áreas de risco com a presença de moradias precárias.

Tendo em vista que, é cada vez maior o número de pessoas atingidas por eventos extremos de chuvas nos centros urbanos, evidenciando alta exposição ao perigo diante dos fenômenos hidrológicos. Portanto, destaca-se a relevância de estudos voltados para se compreender esse fenômeno e os desastres provocados pelos alagamentos e inundações, a fim de se propor soluções efetivas para o planejamento territorial.

Dessa forma, Tominaga et al. (2009) ponderam que a probabilidade de ocorrência de alagamentos, inundações e enchentes é analisada pela combinação dos condicionantes naturais e antrópicos. Dentre os condicionantes naturais destacam-se:

- a) Formas do relevo;
- b) Características da rede de drenagem da bacia hidrográfica;
- c) Intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas;
- d) Características do solo e o teor de umidade;

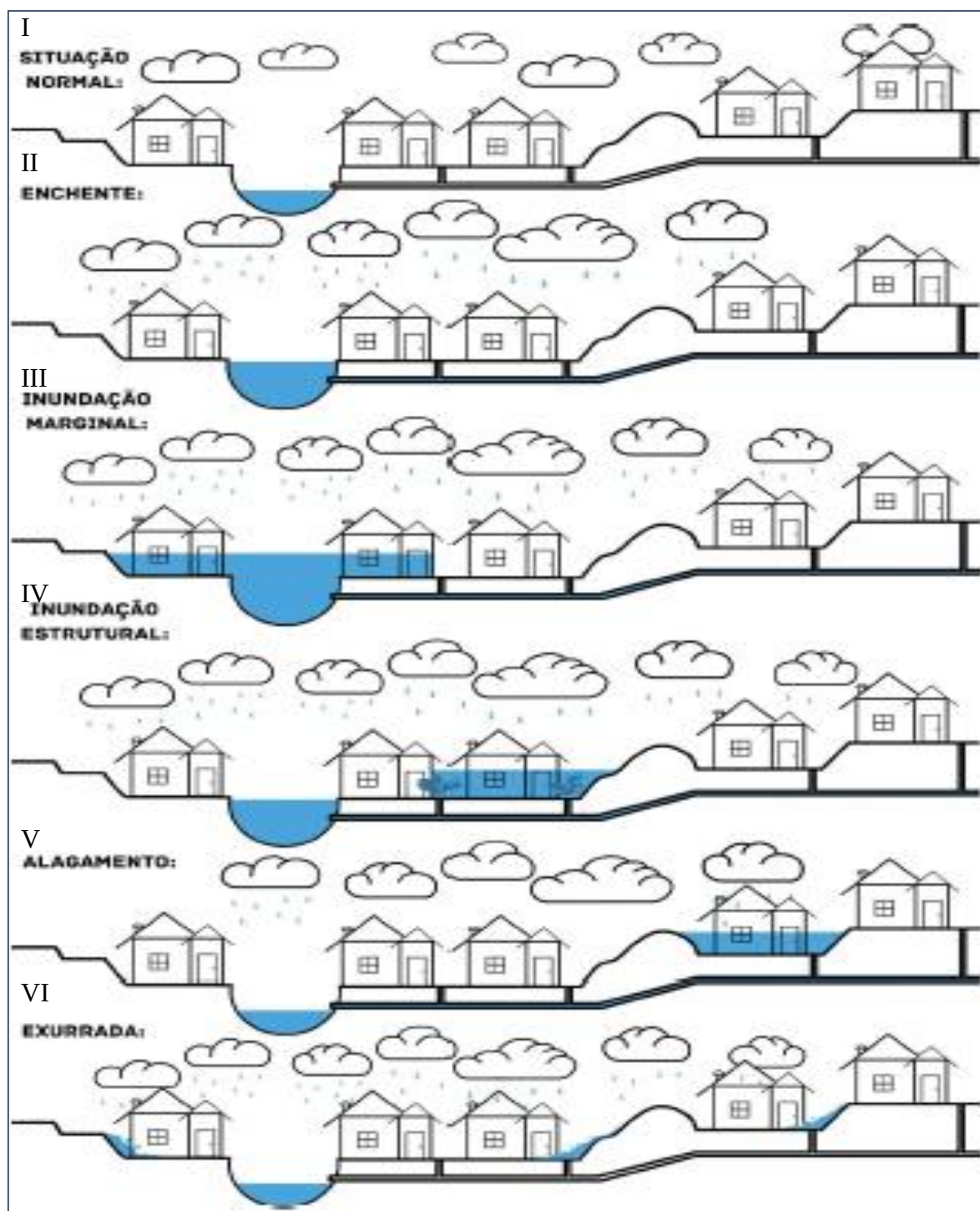
e) Presença ou ausência da cobertura vegetal.

A identificação dessas condicionantes permite compreender a dinâmica local nas ocorrências dos fenômenos hídricos que associados às condicionantes antrópicas como: a impermeabilização do solo, a disposição inadequada de lixo, à ocupação das margens dos cursos d'água, o desmatamento e a ineficiência do sistema de drenagem das cidades é possível prever situações de alagamentos e induções (BRASIL, 2007). Dessa forma, a conjugação das condicionantes naturais e antrópicas, aliadas à alta densidade populacional em áreas de risco, pode acarretar, por meio de eventos de chuvas intensas, impactos severos em relação às pessoas afetadas, provocando problemas sociais que se repetem.

O número de afetados relacionados aos processos de alagamento e inundação, geralmente é elevado, pois envolve efeitos diretos e indiretos. Dentre os efeitos diretos destacam-se a destruição de moradias e danos materiais. Dentre os efeitos indiretos citam-se as doenças de vinculação hídrica transmitidas por água contaminada, como a leptospirose, a febre tifoide, a hepatite e a cólera (BRASIL, 2007).

Os fenômenos de alagamento, inundação, enchentes e enxurradas são comumente confundidos, portanto faz-se necessário defini-los para melhor compreender o que se propõe discutir ao longo desta pesquisa (Figura 9 e Quadro 2), destaca-se que, enchentes e inundações estão diretamente relacionadas ao aumento do nível da água no leito do corpo hídrico decorrente de fortes pluviosidades. Enquanto os alagamentos e enxurradas correspondem ao acúmulo de água, estão relacionados às características do meio físico, mau funcionamento de obras de drenagem e escoamento e/ou precipitações pluviométricas de alta intensidade em áreas não associadas ao nível do leito fluvial (SOARES NETO et al, 2017; FRANÇA, 2019).

Figura 9 - Representação da ocorrência de enchente, inundação, alagamento e enxurrada no ambiente urbano



Fonte: Buffon (2019)

A Figura 9 ilustra a situação de fenômeno hidrometeorológicos, demonstrando a gênese e a configuração espacial dos conceitos de enchente, inundação, alagamento e enxurrada, conforme concepção de Buffon (2019):

- (I) Situação normal relativo ao nível da água do rio;
- (II) Situação de enchente sem transbordamento da água do leito do rio pelas margens;
- (III) Situação de inundação marginal com transbordamento da água do leito do rio pelas margens;
- (IV) Situação de inundação estrutural sem transbordamento da água do leito do rio pelas margens, mas com ocorrência de refluxo da água pelas galerias que provocam inundações nas ruas.

Inundação Estrutural: processo de refluxo das águas do rio pelas galerias pluviais com saída da água para a superfície (ruas, calçadas) pelas bocas de lobo, bueiros e sumidouros, quando a enchente atinge a cota acima do nível máximo da calha natural do rio. Devido as condições dinâmicas do sistema de drenagem, as inundações são aleatórias e dependem da eficiência do escoamento da água no sentido inverso dentro desse sistema (BUFFON, 2019, p. 60).

- (V) Situação de alagamento com o nível da água do rio em situação normal, mas com pontos específicos de acumulação de água na rua devido aos problemas de escoamento pelo sistema de drenagem urbana;
- (VI) Situação de enxurrada com o nível do rio em situação normal, mas com porções íngremes do relevo com alta velocidade de escoamento da água.

Desse modo, os conceitos explicativos desses fenômenos evidenciam a complexidade do reconhecimento de padrão espacial de ocorrência, embora tenha suas gênese em um elemento natural (chuvas), um outro desafio são as modelagens e o mapeamento, dessa forma o mapeamento é realizado a partir da análise da realidade apresentada que evidenciam a ocorrência do fenômeno.

Destaca-se que as áreas de risco por estarem mais associadas a vulnerabilidade social e ambiental, com precárias condições de habitação e infraestrutura, dificulta o reconhecimento da padronização dos fenômenos hidrometeorológicos apresentada de forma conceitual, desse modo adota-se metodologia com abordagem de análise de risco integrado.

Quadro 2 - Definição dos conceitos de inundação, enchente, alagamento e enxurrada

Inundação representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea.

As **enchentes ou cheias** são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem em razão do aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.

O **alagamento** é um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem.

A **enxurrada** é escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.

Fonte: Ministério das Cidades/IPT (2007). Organizado por Silva-França (2021)

Dentre os fenômenos hidrológicos, potencialmente, destrutivos ao meio urbano, no que se propõe esta pesquisa são abordados aqueles resultantes das inundações e alagamentos em área urbana de São Luís. Os problemas dos alagamentos e inundações, cada vez mais frequentes em áreas urbanas são decorrentes de fenômenos naturais de caráter hidrometeorológicos ou hidrológico (SANTOS, 2010).

Sendo assim, o principal elemento desencadeador dos alagamentos e inundações tem origem nas chuvas prolongadas, mas a suscetibilidade natural é o principal componente de risco em áreas inadequadas à ocupação da população, que pode causar consequências desastrosas de várias ordens (LOHMANN, 2013).

Ressalta-se que urbanização ocorrida de forma intensa e desorganizada também potencializa e aumenta os impactos sobre os recursos hídricos, altera alguns componentes do ciclo hidrológico e modifica o processo de infiltração da água no solo corroborando com as inundações e alagamentos urbanos, que pode originar inúmeros impactos socioambientais.

Ainda é imprescindível salientar que inundação é 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, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.” (COBRADE, 2015). Assim, as inundações são fenômenos naturais que fazem parte da dinâmica fluvial, que produzem o extravasamento do corpo hídrico para além dos limites dos canais fluviais principais, no entanto a ocorrência destas pode ser agravada ou causa interferência antrópica.

Nessa perspectiva, Tucci (2005) esclarece que as inundações e os impactos em área urbanas são consequências de dois processos que ocorrem separadamente ou de forma integrada: inundações naturais em áreas ribeirinhas, nas quais o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com eventos chuvosos extremos; inundações provocadas pela urbanização por meio da impermeabilização dos solos (e da sobrecarga dos sistemas de drenagem artificial das águas), diminuindo a infiltração da água das chuvas e aumentando o escoamento superficial. Castro (2003, p. 50) a respeito das inundações fluviais, diferencia as inundações graduais das bruscas:

Nas inundações graduais, as águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente. (p. 48). Já as inundações bruscas são provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos caudais, os quais escoam-se de forma rápida e intensa.

Nesse contexto, Ramos (2013, p. 11) elucida que as inundações podem ocorrer de vários tipos. Dependendo de suas causas, estas podem ser: inundações fluviais ou cheias, inundações de depressões topográficas, inundações costeiras e inundações urbanas (Tabela 3).

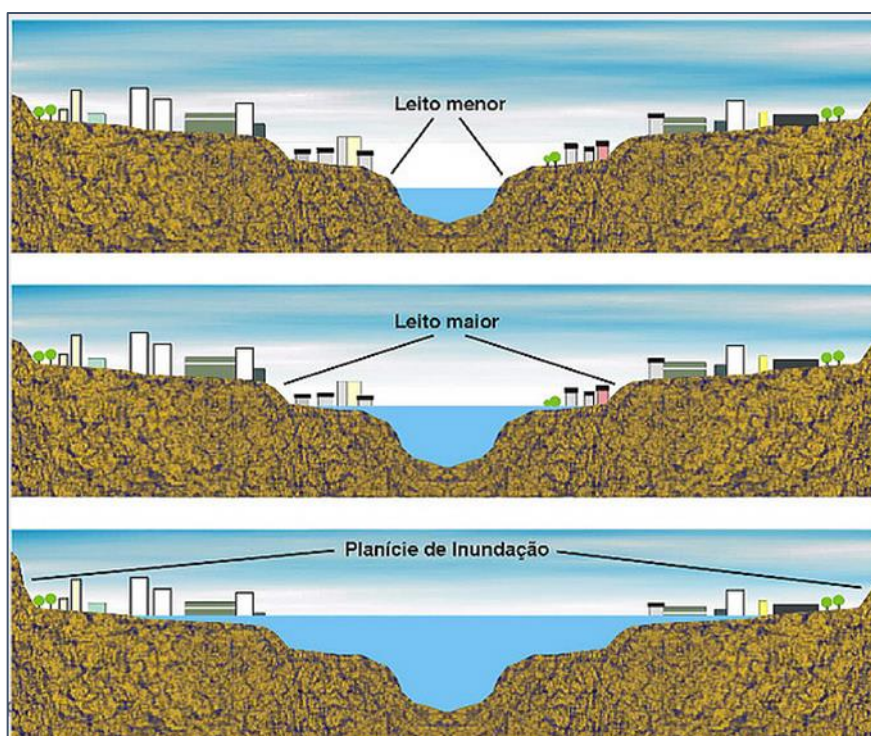
Tabela 3 - Tipos de inundações e suas causas

TIPO	CAUSA
Cheia (inundação fluvial)	-Chuvas abundantes e/ou intensas -Fusão de neve ou do gelo -Efeito combinado chuva + efeito das marés e/ou + <i>storm surge</i> -Obstáculos ao escoamento fluvial ou derrocada dos obstáculos
Inundação de depressão topográficas	-Súbita da toalha freática (natural ou artificial) -Retenção de água da precipitação por um solo ou substrato geológico de permeabilidade muito reduzida -Cheias
Inundação costeira	- <i>Storm surge</i> -Tsunami ou maremoto -Subida eustática do nível do mar -Sismos com fenômenos de subsidência tectônica
Inundação urbana	-Chuva intensas + sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais - Súbita da toalha freática (natural ou artificial) - Cheias

Fonte: Ramos (2013). Organizado por Silva-França (2021)

Nesse contexto sobre os tipos e as causas das inundações, vale ressaltar as ocorridas em área urbana, sobretudo em decorrência da expansão do uso e ocupação de planície de inundação, gerando impactos negativos como a impermeabilização desses espaços para a construção de moradias, situação cada vez mais preocupante diante de eventos pluviométricos extremos que somados a outros fatores corroboram para que sejam atingidos por inundações. As planícies de inundação ou planícies aluviais, compreendem o leito menor e leito maior das áreas que margeiam os cursos d'água que ficam inundadas durante as cheias, também são caracterizadas como unidades geomorfológicas formadas por deposições sedimentares desenvolvidas pela ação da água, possuem gradiente topográfico baixo, declividades brandas e solos aluviais (BORGES et al. 2019, p. 114). A Figura 10 apresenta a abrangência da planície de inundação (leito menor e leito maior) que são áreas propensas a sofrer com o fenômeno da inundação.

Figura 10 - Planície de inundação



Fonte: BIO e GEO (2020)

No que tange à ocorrência dos alagamentos estar associada com a ausência ou extrapolção da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas, ocasionando acúmulo de água em áreas rebaixadas, atingindo ruas, calçadas, residências, que ocorrendo em áreas impróprias à ocupação, aumenta o perigo e o risco a desastres naturais (BRASIL, 2012).

Ademais, os alagamentos constituem um problema que afeta toda área urbana, sendo que a precariedade ou a falta do sistema de drenagem nas cidades, tem se mostrado como um fator importante para a ocorrência dos alagamentos com inúmeras consequências socioeconômicas, segundo o Manual de Desastres (2003), “os alagamentos são frequentes nas cidades mal planejadas ou quando crescem explosivamente, dificultando a realização de obras de drenagem e de esgotamento de águas pluviais”, sendo, comumente, aliados às enxurradas. Assim, as principais consequências dos alagamentos são materiais e humanas.

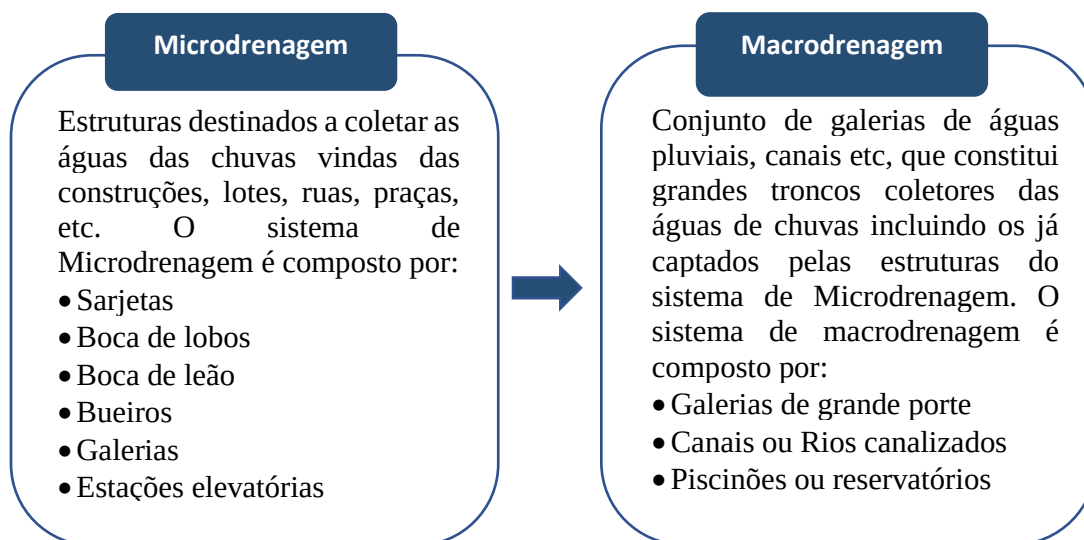
Essa realidade é, cada vez mais, visível nos estados do Brasil, principalmente em áreas de ocupação irregular, por apresentar principalmente, ausência ou precário sistema de saneamento, baixo padrão das construções das residências em locais que, geralmente, são impróprios para ocupação do solo em áreas urbana.

Nesse contexto, ressalta-se a importância da implantação do saneamento básico nas cidades, visto que se apresenta como um dos fatores de prevenção dos alagamentos. A Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico em todo o País, define que o saneamento básico é composto por quatro eixos principais: abastecimento de água; tratamento de esgoto; manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana e manejo de água pluviais.

A referida legislação federal também prevê o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) que é um instrumento de gestão das águas pluviais na cidade. Esse plano deve ser desenvolvido de forma integrada com os outros planos municipais, a saber: Plano de Saneamento Básico, Plano Diretor de Águas Pluviais e Plano Diretor Urbano, a fim de proporcionar maior benefício à população. Segundo Tucci (1997, p. 22), o plano diretor de drenagem urbana, tem o objetivo de “planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, controlar a ocupação das áreas de riscos de inundações e convivência com enchentes em áreas de baixo risco”.

O sistema de drenagem urbana é classificado de acordo com suas dimensões, engloba dois subsistemas: o Sistema de Microdrenagem e o Sistema de Macrodrenagem. As Figuras 11 e 12 apresentam os componentes do sistema de drenagem urbana.

Figura 11 - Componentes do sistema de drenagem urbana



Fonte: DRENAR (2010). Organizado por Silva-França (2021)

Portanto, faz-se necessário destacar que projetos de drenagem pluvial requerem o correto dimensionamento dos componentes do sistema de drenagem, estudo da dinâmica de ocupação, estudo da legislação vigente e também conhecimento das características hidrológicas, tendo em vista garantir as condições adequadas de coleta, transporte e lançamento das águas pluviais.

A Figura 12 apresenta os componentes da Microdrenagem urbana que compreende a rede de drenagem pluvial composto por diversos elementos, a destacar: boca de lobo, bueiro, sarjeta, galerias, bacias de amortecimento e poços de visita.

Figura 12 - Representação do sistema de drenagem urbano



Fonte: ÉPYO ENGENHARIA (2021)



Fonte: BENV360 (2021)

Vale destacar que em ambiente urbano, a rede de drenagem pluvial precisa ser eficaz, portanto, as residências devem ter ligação distinta da rede de água e rede esgoto, a fim de evitar risco para a população, especialmente durante o período de chuvas.

Portanto, entende-se que as soluções para os problemas de alagamentos e inundações podem ser melhor implementados por gestores públicos por meio da elaboração dos seus Planos Diretores de Drenagem Urbana. O Plano é o documento essencial para ações de prevenção e mitigação no manejo das águas pluviais, com o plano os gestores possuem condições de seguir com as prioridades estabelecidas frente os riscos hidrometeorológicos.

3.2 RISCO HÍBRIDOS

3.2.1 Risco hidrometeorológicos

Ao longo da história da origem dos povos e construção da sociedade, sempre foi evidente a exposição a algum tipo de risco. O risco possui diferentes origens e concepções, a compreensão do termo pode ser evidenciada sempre que se busca ultrapassar os limites do que temos como seguro, e expondo-se a um dado fenômeno/evento extremo, torna-se suscetível a sofrer os vários impactos decorrentes do perigo, originando a formação dos riscos (MENDONÇA, 2021).

Vale destacar que, nas últimas décadas, o espaço natural está cada vez mais ameaçado pelas atividades da sociedade, sendo necessário analisar os efeitos decorrentes das ações do homem sobre o meio físico-natural, tendo em vista o controle e atenção a situações que evidenciam fatores de risco.

Segundo o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (UNDP), “risco é a probabilidade de ocorrer consequências danosas ou perdas esperadas (mortos, feridos, edificações destruídas e danificadas e outros), como resultado de interações entre um perigo natural e as condições de vulnerabilidade local.” (UNDP, 2011).

Além do mais, risco pode ser definido como as consequências prejudiciais ou esperadas, resultantes da interação entre perigos naturais e, ou, induzidos pela ação do homem e as condições de vulnerabilidade (ONU/ISDR, 2004).

Uma das classificações de risco existente baseia-se no estágio de ocupação humana em determinada área, podendo ser: risco atual em área já ocupadas, nas quais existe o risco de consequências socioeconômicas; o risco potencial (susceptibilidades) em áreas ainda não ocupadas, nas quais há a possibilidade de ocorrência de processos geológicos que possam causar danos socioeconômicos. (Proin/Capes & Unesp/IGCE, 1999). O objetivo dessa caracterização é permitir que os problemas já instalados possam ser identificados e resolvidos (risco atual), bem como evitar que novas áreas de risco sejam ocupadas (risco potencial), mostrando que essas são suscetíveis à ocorrência de processo natural (CERRI E AMARAL, 1998).

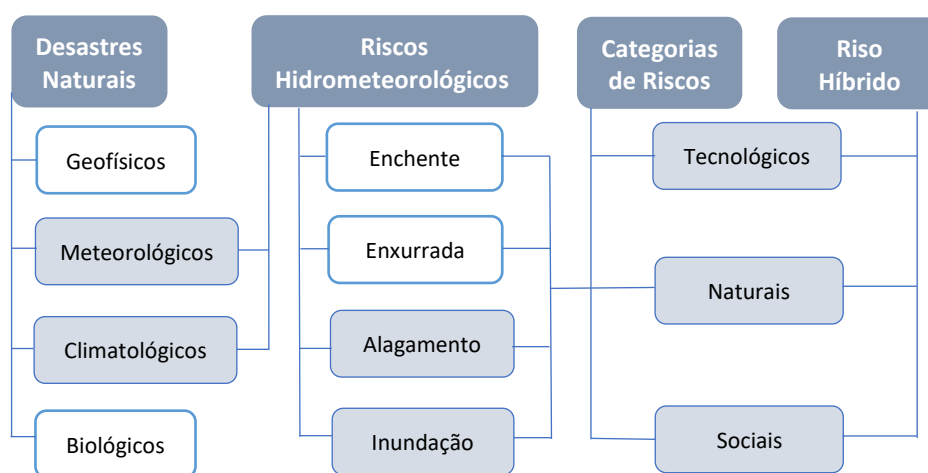
Nesse sentido o estudo sobre risco tem ganhado mais espaço, a temática tem sido pauta na esfera mundial, presente no âmbito da ciência, no contexto dos gestores públicos e na política ambiental, tendo em vista que se faz necessário o conhecimento das situações de risco que ameaçam cidades, grupos sociais e instituições. Dessa forma, a temática sobre risco requer cada vez mais estudos com diagnósticos e monitoramentos no intuito de que sejam implementadas medidas de prevenção e controle, conforme Mendonça:

Essa perspectiva marca com forte evidência a busca da sociedade e dos governantes comprometidos com a qualidade de vida da população pela superação de um contexto histórico de predomínio de ações remediativas para alcançar um futuro de ações preventivas ante os impactos derivados dos riscos sobre a sociedade. (MENDONÇA, 2021, p. 8).

Nesse contexto, é urgente a necessidade de tornar evidente as consequências das situações de riscos que expõe diretamente a humanidade, visto as desigualdades presentes na sociedade, a necessidade efetiva de abordar questões sobre planejamento urbano, políticas públicas e estruturação da Defesa Civil em observância às peculiaridades em cada município. À vista disso, se faz necessário o estudo do risco híbrido, os riscos têm origem natural, social e tecnológica, sendo que alguns riscos envolvem mais de uma dimensão e são denominados de híbridos (MENDONÇA, 2010).

Nessa conjuntura, Valencio (2021, p. 123,) declara que “riscos híbridos têm origem na associação entre dois ou mais riscos específicos (naturais, sociais, tecnológicos e outros), sendo intensificados pela imbricação de elementos e fatores diversos”. A Figura 13 apresenta a caracterização dos riscos híbridos.

Figura 13 - Delimitação, caracterização e contextualização dos riscos híbridos no âmbito dos riscos hidrometeorológicos



Fonte: Buffon (2021). Adaptado por Silva-França (2021)

Segundo Goudard G. (2019), riscos hidrometeorológicos:

São decorrentes das interações entre as dinâmicas atmosféricas (meteorologia dos extremos pluviais – tempestades, chuvas concentradas), suas repercussões em processos hidrológicos (episódios pluviais extremos – inundações, enchentes e alagamentos) e os impactos na sociedade (exposições das populações perante as condições de riscos).

Nessa perspectiva, o conceito de risco adotado neste estudo se volta ao conhecimento aos de origem hidrometeorológicos, especificamente ao que se propõe esta pesquisa, tais como: alagamentos e inundações relacionados ao espaço urbano.

3.2.2 O ambiente urbano, suscetibilidades, perigo e vulnerabilidades

Tendo em vista que as políticas públicas são efetivadas nos limites territoriais do município, vale ressaltar que a presente pesquisa é realizada com foco na área urbana do município de São Luís, logo parte do entendimento da função do município para com a cidade, ou seja, uma população. Nesse contexto, se faz necessário a compreensão de que área urbana compõe parte do município, denominada cidade. Por cidade, entende-se o espaço, o ambiente urbano de um município delimitado por um perímetro urbano. Município é definido como unidades autônomas, subdivisões de um estado, administrado por uma prefeitura. (IBGE, 2010). Assim, percebe-se que cidade e município são representações distintas para designar diferentes aspectos de um mesmo território.

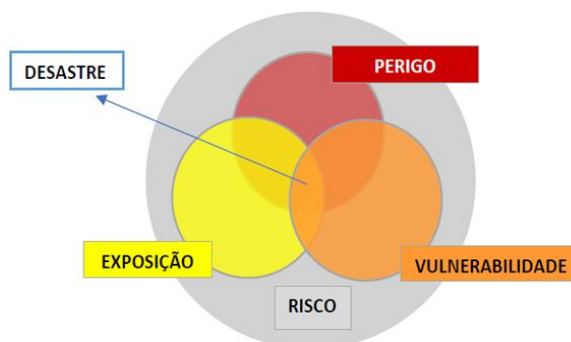
As cidades surgem na antiguidade, geralmente resultantes do crescimento de pequenos vilarejos, e com o acelerado desenvolvimento urbano ocorrido na segunda metade do século XX, que aconteceu sem planejamento prévio de ocupação territorial, a população passa a concentrar-se em espaços urbanos reduzidos, produzidos, modificados e com disputa pelos mesmos recursos naturais, como solo e água. Entende-se o espaço urbano como um sistema dinâmico, formado por um contingente cada vez maior de pessoas, com áreas de moradia, consumo e serviços, que sem planejamento pode levar ao caos (TUCCI, 2008).

Ao longo das últimas décadas, um crescimento significativo da população nos centros urbanos sem uma infraestrutura adequada, traz grandes transtornos e custos para a sociedade e impactos ambientais.

Nesse cenário, nota-se que, a expansão urbana desordenada originou ocupação de áreas de risco. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda, conhecidos como assentamento precários, constituindo um local crítico de exposição aos riscos, suscetibilidades, perigo e vulnerabilidades, que são potencializados pela probabilidade dos eventos climáticos, como as chuvas intensas (TOMINAGA, 2009).

Portanto, os riscos hidrometeorológicos são mais intensos onde a população está exposta às condições de vulnerabilidades e suscetibilidade, condição evidenciada por Roaf et al., (2009) ao afirmar que o risco é composto por 3 variáveis: vulnerabilidade, exposição e ameaça/perigo. Assim, por meio dessas variáveis pode-se avaliar os cenários que expõe os fatores de riscos propensos a culminar com situações potencial de desastres, conforme demonstrado na Figura 14.

Figura 14 - Diagrama de análise da relação entre Perigo, Exposição e Vulnerabilidade com elementos de interseção do desastre



Fonte: Licco e Seo (2013). Organizado por Silva-França (2021)

Dessa forma, o estudo sobre risco em ambiente urbano, destaca-se a relação entre os conceitos de risco, perigo, suscetibilidade e vulnerabilidade. Nesse contexto define-se risco, a probabilidade de realização de um perigo, e desastre é o resultado de um risco, com grande magnitude. Portanto, o perigo é tanto o fenômeno potencial (quando da existência do risco) quanto o fenômeno em si. Significa dizer que não há perigo sem risco, nem risco sem perigo. A existência de um perigo potencial tem embutido um risco, enquanto um risco só existe a partir de um fenômeno, seja potencial ou já instalado (MARANDOLA; HOGAN, 2004).

Considera-se suscetibilidade no âmbito das geociências, a predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico (CPRM, 2011), podendo ser expressa segundo classes de probabilidade de ocorrência. Na concepção de Cerri e Amaral (1998), a suscetibilidade de uma área caracteriza a possibilidade de ocorrência de um evento, enquanto que risco envolve a possibilidade de ocorrência de um fenômeno acompanhado de danos e perdas (acidente).

Na definição de vulnerabilidades, há vários conceitos nas diversas áreas de conhecimento, porém a abordagem para essa pesquisa é voltada para vulnerabilidade social, tendo em vista que a vulnerabilidade social deve ser compreendida como fator potencializador no processo de reconhecimento dos riscos. Cutter (2003) esclarece que a ciência da vulnerabilidade pode contribuir para o entendimento das circunstâncias que põem as pessoas em risco e das condições que reduzem a habilidade com que as pessoas e os lugares respondem às ameaças e fragilidades ambientais.

Para organizações como a Estratégia Internacional para Redução de Desastres (ISDR, 2011), vulnerabilidade social refere-se à propensão da população exposta para os perigos ou

baixo recursos econômicos com características de alta dependência sociais, políticas, econômicas e institucionais dos territórios afetados. Na visão de Oliveira (1995, p. 9) “os grupos sociais vulneráveis poderiam ser definidos como aqueles conjuntos ou subconjuntos da população brasileira situados na linha de pobreza”. Dessa forma, o conceito de vulnerabilidade, e de igual modo a noção de área de risco, ou mesmo a de suscetibilidade ambiental, tem sido frequentemente empregada com o propósito de ampliar o entendimento das situações sociais encontrados em áreas definidas como de pobreza, nas quais estão inseridas uma significativa parcela da população.

É importante considerar que alguns conceitos como o de risco e vulnerabilidade são utilizados em diversos campos da ciência e, portanto, não existe um só conceito, dessa forma, se faz necessário delimitar as definições utilizadas neste estudo, como apresentadas na Tabela 4, logo optou-se pelas definições utilizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para conceitos bastante mencionados nesta pesquisa, tais como: evento, perigo (*hazard*), vulnerabilidade, suscetibilidade, risco, área de risco e prevenção.

Tabela 4 - Descrição da definição dos conceitos

Evento	Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo.
Perigo (<i>hazard</i>)	Condição com potencial para causar uma consequência desagradável.
Vulnerabilidade	Grau de perda para um determinado elemento ou grupo dentro de uma área afetada por um processo.
Susceptibilidade	Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso do solo, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.
Risco	Probabilidade de ocorrer um efeito adverso de um processo sobre um elemento. Relação entre perigo e vulnerabilidade, pressupondo sempre a perda.
Área de Risco	Área passível de ser atingida por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos, a integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

Prevenção	Possibilidade de serem adotadas medidas preventivas visando, ou inibir a ocorrência dos processos, ou reduzir suas magnitudes, ou ainda minimizar seus impactos, agindo diretamente sobre edificações e/ou população.
------------------	---

Fonte: Ministério das Cidades, IPT (2004). Organizado por Silva-França (2021)

Vale destacar que as condições sociais como situação de moradia, renda média salarial, infraestrutura urbana e falta de acesso aos serviços de saneamento básico são fatores que aumentam os riscos de populações mais vulneráveis socialmente, além disso, quando expostas aos eventos extremos de chuva, somados à exposição da suscetibilidade natural de determinados locais, podem formar as áreas de risco urbano, sendo necessário, portanto, o gerenciamento de risco.

3.2.3 Gerenciamento das áreas de risco

Com a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres por meio da Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que rege a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), apresenta como uma das suas diretrizes definidos no art. 4º, inciso VIII, “monitorar os eventos meteorológicos, hidrológicos, geológicos, biológicos, nucleares, químicos e outros potencialmente causadores de desastres”. Desse modo, entende-se o eminente caráter de prevenção para a diminuição dos desastres de qualquer natureza. Ainda no art. 6º, inciso III, indica que cabe à União “promover estudos referentes às causas e possibilidades de ocorrência de desastres de qualquer origem, sua incidência, extensão e consequência”. Sendo que o inciso IV, desse mesmo artigo, estabelece que compete à União também “apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação”. Portanto, em consonância com a referida legislação, é imprescindível ações de prevenção de desastres articuladas em todas as esferas dos entes federativos.

Nesse contexto, o mapeamento é um dos instrumentos no gerenciamento da análise de risco que tem sido utilizado, amplamente, por sua eficiência, pois a partir da elaboração de mapas é possível identificar áreas com maior propensão aos riscos, elaborar medidas prevenção, mitigação, estabelecer condição de resposta e planejamento das situações emergenciais,

auxiliando ações junto ao poder público, com o objetivo de promover a defesa permanente contra os desastres deflagrados por fenômenos naturais (MARCELINO et al. 2006).

Assim, o gerenciamento das áreas de risco conforme Ministério das Cidades/IPT (2007), considera a prevenção e controle (eliminação ou redução do risco), que pode ser visto sob três enfoques, podendo ser simultâneos no controle de risco, cada um deles com custo – público e social a ser avaliados, conforme observado a seguir:

1- Eliminar/reduzir o risco

- Agindo sobre o processo;
- Agindo sobre a consequência.

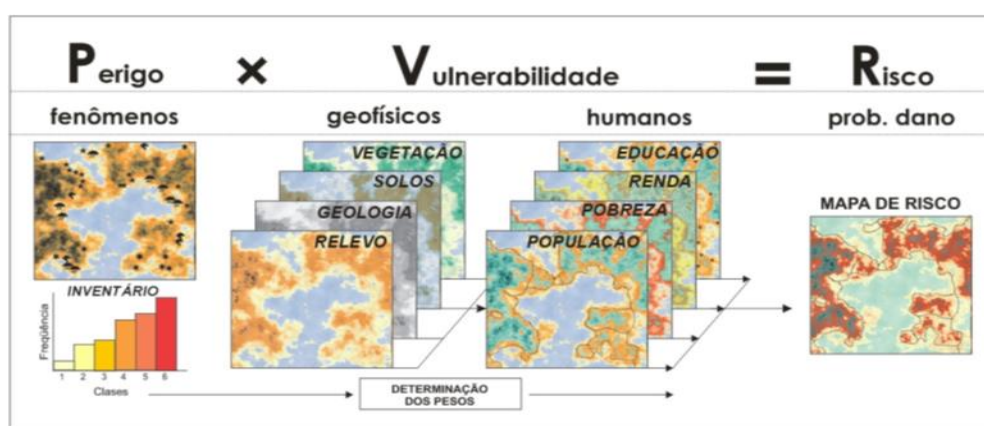
2- Evitar a formação de áreas de risco

- Controle efetivo do uso do solo.

3- Conviver com os problemas.

No gerenciamento de risco é indispensável a elaboração, identificação, avaliação e mapeamento de área de risco, sendo necessário reconhecimento da descrição de elementos, tais como: perigos naturais (P), o estudo da vulnerabilidade (V) e o mapeamento das áreas de risco (R), conforme Figura 15. Dessa forma, cada variável ao ser analisada possibilitará a caracterização do cenário com relação a área de risco que está inserido uma determinada população (MARCELINO, 2008).

Figura 15 - Parâmetros que envolvem análise de risco



Fonte: Marcelino (2008)

Segundo Luzeiro (2018), para análise e mapeamento de risco são indispensáveis a identificação dos fatores que compõem o risco, a saber:

1- Qual o tipo de evento?

- 2- Quem ou o que está vulnerável?
- 3- Que fatores acentuam esse evento?
- 4- O que faz ele ser um evento de risco?
- 5- Que elementos/variáveis são possíveis de serem mensuradas?
- 6- De que forma pretende espacializar essas informações?

Portanto, no gerenciamento das áreas de risco, torna-se notório o uso do Geoprocessamento, sendo uma valiosa ferramenta, que pode contribuir na espacialização de eventos e possibilitar uma melhor compreensão das ocorrências espaciais dos fenômenos, cooperando para disponibilizar informações que ajudam no processo de ordenamento e zoneamento das áreas de riscos de um território. Segundo Câmara (2004, p. 1), “o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica”. Então, por meio do conjunto de geotecnologia, o geoprocessamento torna acessível representações espaciais em ambiente computacional, a saber: localizações sistemáticas ou eventuais, níveis de proximidades geográficas, distribuição no espaço geográfico de fenômenos sociais, econômicos e ambientais, formas e padrões de distribuição espacial, elaboração de cenários prospectivos (XAVIER-DASILVA, 2009).

Dessa forma, os mapas se configuram em um instrumento relevante na prevenção, controle e gestão de áreas de risco de alagamentos e inundações, gerando melhor visualização dos pontos críticos. Logo, para elaboração do mapeamento de riscos é imprescindível adotar parâmetros que possam servir de base na identificação do tipo de risco, os perigos e suscetibilidades naturais inerentes a essas áreas.

Nesse sentido, o material elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) juntamente com o Ministério das Cidades (2007), é um importante auxílio na identificação dos tipos de mapas para reconhecimento de áreas de risco em ambiente urbano, que serve de base para definição dos tipos de mapas serão produzidos e suas características, a fim de diferenciá-los e aplicá-los corretamente, no presente estudo, conforme Quadro 3. A partir desse entendimento, percebeu-se que o mapa de risco é um produto que se apoia nos mapas de inventário e de suscetibilidade, e que devem integrar o zoneamento de risco de um território e na definição de planos de ação dos municípios.

Quadro 3 - Descrição dos mapas de inventário, suscetibilidade e risco

MAPAS DE INVENTÁRIO	MAPAS DE SUSCETIBILIDADE	MAPAS DE RISCO
• Distribuição espacial dos eventos; • Conteúdo: tipo, tamanho, forma e estado de atividade; • Informações de campo, fotos e imagens; • Base para mapas de suscetibilidade e de risco.	• Baseado no mapa de inventário; • Mapas de fatores que influenciam a ocorrência dos eventos; • Correlação entre fatores e eventos; • Classificação de unidades de paisagem em graus de suscetibilidade; • Uso na elaboração de medidas de prevenção e planejamento do uso e Ocupação.	• Baseado nos mapas de inventário e suscetibilidade; • Conteúdo: probabilidade temporal e espacial, tipologia e comportamento do fenômeno; • Vulnerabilidade dos elementos sob risco; • Custos dos danos; • Aplicabilidade temporal limitada.

Fonte: Ministério das Cidades, IPT. (2007). Organizado por Silva-França (2021)

Os mapas das vulnerabilidades e suscetibilidade podem ser utilizados para auxiliar a gestão do espaço em áreas de risco e aumentar a resiliência da população diante dos riscos. Desse modo, os mapas corroboram com estudos em diversas áreas, como o planejamento urbano e Climatologia, sendo um grande aliado no gerenciamento dos riscos, um instrumento de extrema relevância para obter informações e gerir de forma preventiva, dessa maneira, diminuir as consequências dos casos de eventos naturais como as chuvas.

CAPÍTULO 4

MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

Neste capítulo são apresentadas as abordagens metodológicas que constituem as bases de análises desenvolvidas na presente dissertação, tendo como referencial teórico metodológico o Sistema Clima Urbano e o Sistema Ambiental Urbano. Nesse sentido, o estudo foi desenvolvido por meio da análise de mais um procedimento metodológico sendo detalhado em dez etapas metodológicas, ilustradas com as respectivas técnicas utilizadas na pesquisa.

4.1 PROCEDIMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, adotou-se a pesquisa descritiva e analítica, de caráter hipotético-dedutivo, pois conforme Lakatos e Marconi (2003, p. 97) toda investigação nasce de algum problema, logo “o problema que vai desencadear a pesquisa. Toda investigação nasce de algum problema teórico/prático sentido. Este dirá o que é relevante ou irrelevante observar, os dados que devem ser selecionados”. Nesse sentido, esta dissertação estuda a hipótese que precipitações cada vez menos expressivas têm gerado impactos na área urbana de São Luís, bem como potencializado os riscos híbridos, os quais demandam análises mais detalhadas dos seus efeitos em escala local.

Nesse contexto, a pesquisa tem como principal referencial teórico-metodológico os pressupostos do Sistema Clima Urbano - SCU (MONTEIRO, 1976) e do Sistema Ambiental Urbano - SAU (MENDONÇA, 2004).

O Sistema Clima Urbano de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1976), foi elaborado a partir da Teoria Geral dos Sistemas, de Ludwig Von Bertalanffy. O pressuposto básico dos estudos do SCU consiste em analisar a interação existente entre atmosfera e ambiente urbano. Segundo Mendonça (1994 *apud* Pinheiro, 2012, p. 25), “o Sistema Clima Urbano é uma proposição de abordagem geográfica do clima e da cidade, ou seja, envolve tanto os elementos de ordem meteorológica da atmosfera quanto os elementos da paisagem urbana em sua dinâmica”.

A abordagem proposta por Monteiro (1976), quando propõe o SCU, possibilita o estudo do clima na cidade, a partir de três canais de percepção tratados dentro de uma abordagem

sistêmica: Subsistema Termodinâmico, no qual são enfatizados os estudos de ilhas de calor, conforto e desconforto térmico, inversões térmicas e outros. Subsistema Físico-Químico, que busca realizar uma análise da dinâmica do ar na sua interação com a cidade, destacando a poluição do ar, as chuvas ácidas e a relação com a estrutura urbana, entre outras, por fim o Subsistema Hidrometeorológico, engloba o estudo das precipitações urbanas e seus impactos, tais como: os processos de inundação das cidades.

O presente estudo teve por base o campo Hidrometeorológico, que corresponde aos impactos de caráter meteorológico: hídrico (chuva, neve, nevoeiros), mecânico (tornados) e elétrico (tempestades) que, assumindo determinada intensidade no sítio urbano, podem ocasionar elevados danos para a população e desordem de circulação e serviços (MONTEIRO, 1976).

A pesquisa abordou, especificamente, a perspectiva dos impactos provenientes dos eventos hídricos (chuva), com a finalidade de analisar a relação entre o espaço urbano e a ocorrência de impactos associados à eventos pluviométricos intensos na cidade de São Luís. A investigação não se limitou apenas ao estudo das precipitações, mas buscou-se entendê-las a partir de uma visão sistêmica de problemas socioambientais da cidade, na medida em que trata das ocorrências de alagamentos e inundações, ressaltando o planejamento urbano como um fator-chave para reduzir os possíveis impactos socioambientais.

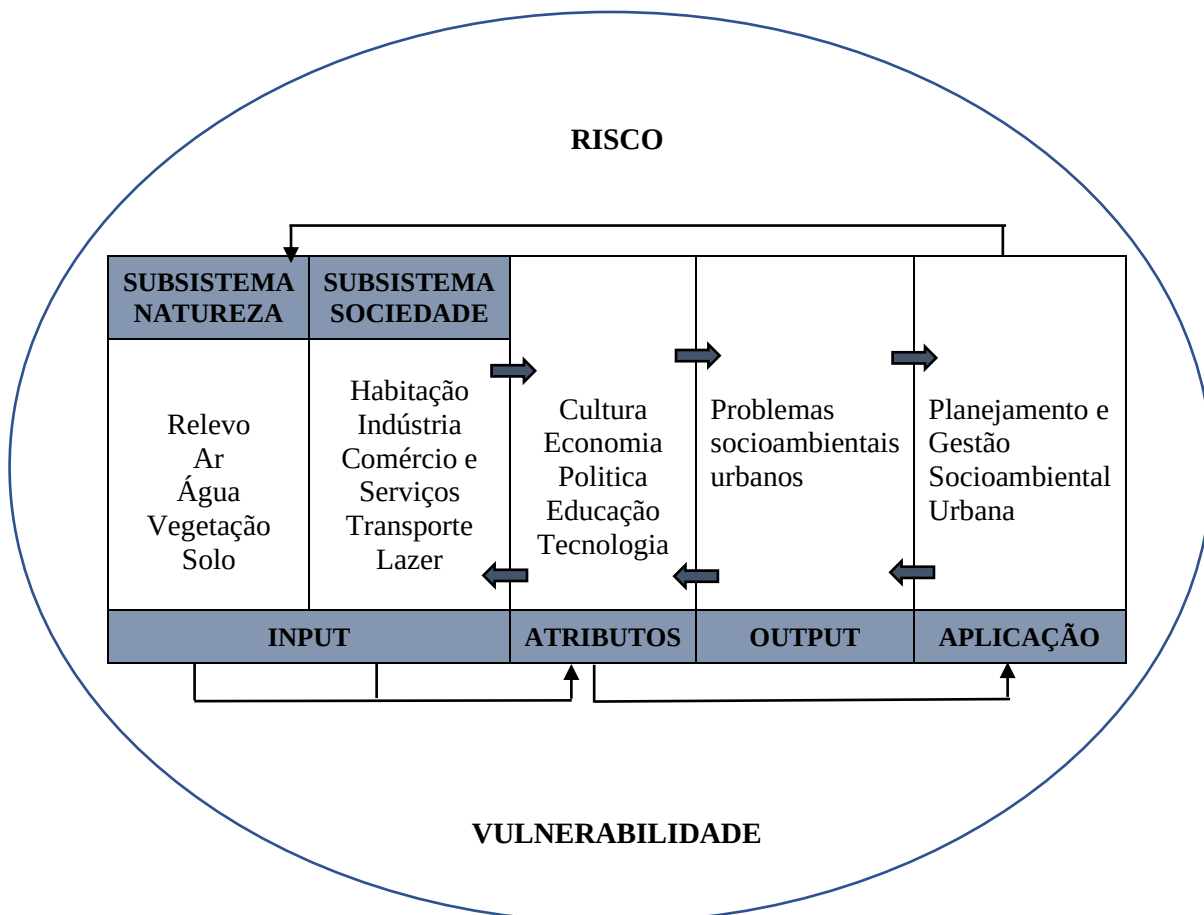
O Sistema Ambiental Urbano - SAU, proposto por Mendonça (2004), considerou para originar uma nova perspectiva metodológica, o SCU de Monteiro (1976) e o Sistema Ecológico Urbano - SEU de Castelar (PNUD/UNOPS, 1997). O SAU é uma metodologia aplicada no diagnóstico dos problemas socioambientais urbanos e coloca em evidência a necessidade de trabalhar os riscos provenientes da interação sociedade-natureza.

O SAU é um sistema composto pelo “Subsistema Natureza” e pelo “Subsistema Sociedade”, e apresenta 4 eixos: o Input, os Atributos, o Output e as Aplicações (Figura 16).

Segundo Mendonça (2010), **Input** são os fluxos de matéria e energia, tanto de ordem natural quanto derivados dos processos sociais. **Atributos** são as instâncias sociais (Subsistema Sociedade) que produzem a dinâmica, o movimento do sistema ambiental na cidade, representados pela cultura, economia, política, educação e tecnologia que caracterizam a estrutura da sociedade. **Output** é considerado o canal que aparecem os problemas resultantes da interação entre os vários subsistemas do SAU, e que demandam a atenção da população, dos governantes, da sociedade organizada e das instituições. **Aplicações**, nesse eixo devem ser estudadas e elaboradas as propostas para mitigar os problemas socioambientais urbanos. A

solução terá implicação direta na qualidade de vida das populações envolvidas, o que promoverá uma alteração do input, dos atributos e do output do SAU por intermédio de mecanismos de *feedback*.

Figura 16 - SAU – SISTEMA AMBIENTAL URBANO
(Simplificado)



Fonte: Mendonça (2010). Organizado por Silva-França (2021).

No âmbito dessa pesquisa, os elementos do Sistema Ambiental Urbano são identificados pelos seguintes fluxos:

1. **Input** no contexto desta dissertação, refere-se à variabilidade da pluviosidade (habitual e excepcional) e suscetibilidade dos aspectos físicos (hipsometria, declividade, solos e uso);
2. **Atributos** são os aspectos sociais da pesquisa (vulnerabilidades das populações urbana em área de risco);

3. **Output** corresponde aos riscos hidrometeorológicos, inundações, alagamentos e desastres;

4. **Aplicações** na gestão de risco no município de São Luís.

Assim, adotou-se um arcabouço teórico-metodológico de cunho, notadamente, geográfico que relacione a natureza (climatologia dos extremos pluviais e suscetibilidades) e a sociedade (vulnerabilidade e perigo). O “SCU e SAU, consiste numa das primeiras propostas teórico-metodológicas produzidas no Brasil que apontam a necessidade do tratamento integrado dos elementos constituintes do ambiente das cidades na perspectiva do planejamento urbano.” (MENDONÇA, 2010, p. 158).

Portanto, no intuito de promover uma análise integrada a partir dos pressupostos do arcabouço teórico-metodológicos, a pesquisa foi desenvolvida com anuência de vários métodos que coexistem para compreensão do risco no âmbito hidrometeorológicos e a interação entre vulnerabilidade, perigo e suscetibilidade.

Assim, os procedimentos consistem na aquisição dos dados secundários, adquiridos junto ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP-INMET), NuGeo/UEMA (Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão) e - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), sendo estes explorados na análise das precipitações pluviais; e os dados obtidos com a Defesa Civil Municipal, - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto da Cidade, Pesquisa e Planejamento Urbano e Rural (INCID), - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC), - Secretaria Municipal da Fazenda (SEMFAZ) e - Modelo Digital de Elevação (MDE) foram aplicados para o conhecimento dos aspectos socioespacial e fisiografia local.

A coleta de dados primários fora realizada a partir da pesquisa de campo nas áreas em estudo. Portanto, por meio de formulário, foram feitos levantamentos de informações físico-ambiental, socioeconômico e registros fotográficos. Também foi realizada a coleta de dados veiculados na mídia como em *sites* de notícias, a fim de buscar informações sobre os impactos das chuvas (alagamentos e inundações) em área urbana de São Luís.

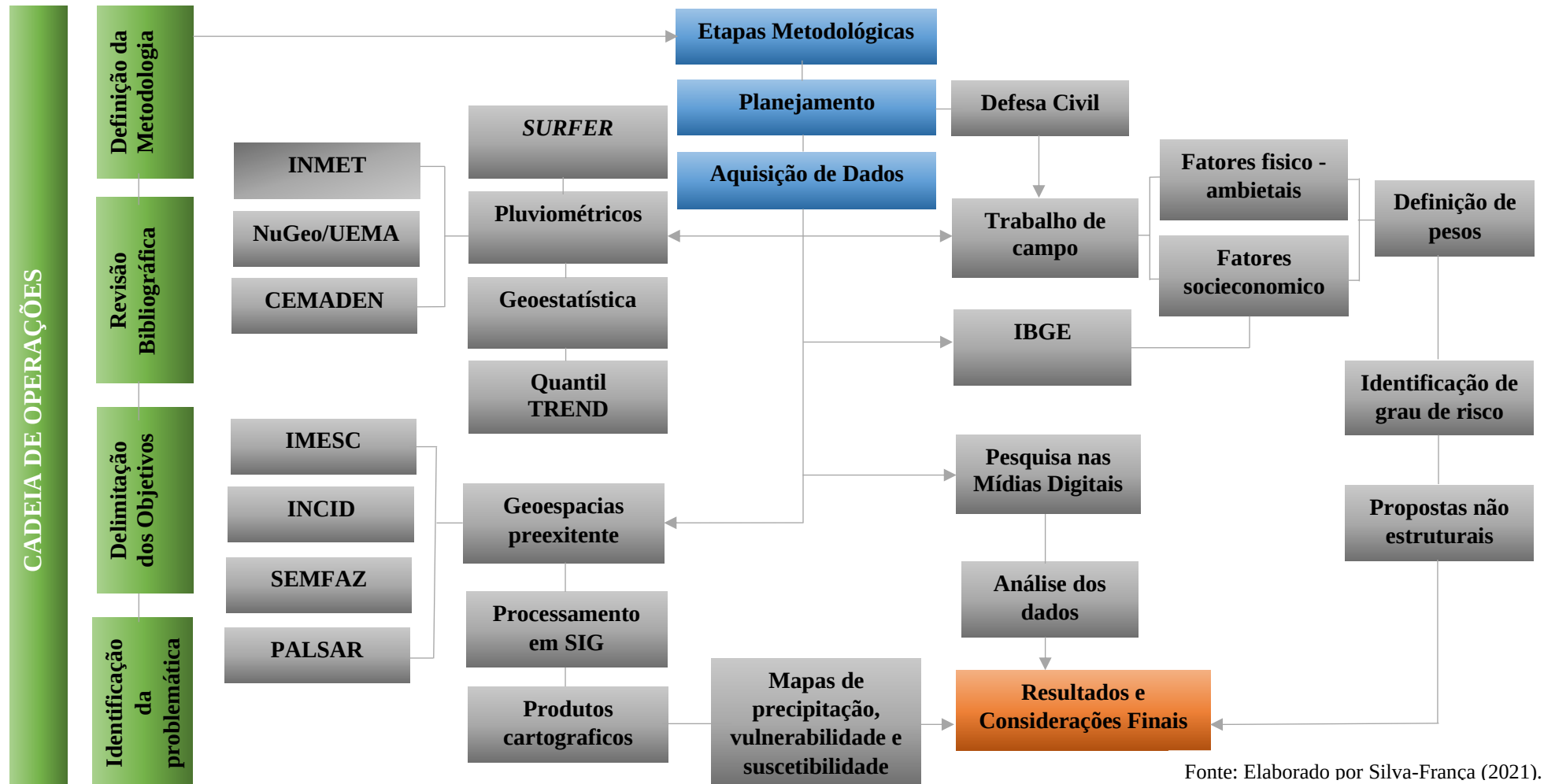
Dessa forma, para avaliação de vulnerabilidade, risco e perigo optou-se pela metodologia desenvolvida pelo Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas, Planícies e Desastres da Universidade Federal de Pernambuco (GEGEP/UFPE), tendo sido selecionada pela significativa experiência em mapeamento da vulnerabilidade, suscetibilidade e do risco

aos processos de inundações e movimento de massa aplicados na Região Metropolitana do Recife, sendo adotado nos estudos de (COUTINHO, 2014; MANTOVANI, 2016; FREITAS, 2016). Ressalta-se que foram necessárias adaptações na metodologia do GEGEP/UFPE, com a finalidade de conhecer de forma mais específica as propensões e características intrínsecas as áreas de riscos no ambiente urbano de São Luís.

No âmbito da análise das suscetibilidades, foi utilizado como base o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), proposto por Saaty (1977), cabe destacar que a referida metodologia foi utilizada recentemente, de maneira satisfatória, em estudos de Goudard (2019). Ajustou-se o método de análise tornando-se base para o presente estudo referente às condições de suscetibilidade perante aos eventos pluviais extremos no município de São Luís.

Portanto, os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa, foram distribuídos em etapas com atividade de campo e escritório, estão resumidos do fluxograma metodológico apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Fluxograma das atividades desenvolvidas na pesquisa



4.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

4.2.1 Planejamento

Para execução da pesquisa, *a priori* a proposta de mapeamento das áreas de risco foi apresentada à Defesa Civil Municipal de São Luís, estabelecendo-se uma parceria que auxiliou na identificação das áreas críticas do Município no que tange aos impactos provenientes das chuvas, tais como: inundações e alagamentos.

A Defesa Civil é o órgão responsável pelo monitoramento das áreas de risco na cidade, realiza preenchimento de uma ficha de cadastro (Anexo I) das famílias que residem em áreas de encosta, erosão, desabamento, inundação e alagamento, prestando serviço de assistência e conforme a necessidade encaminhar as situações identificadas para serem atendidas pelas secretarias correspondentes do município, como a Secretaria Municipal da Criança e Assistência Social (SEMCAS), Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos (SEMOSP) e Secretaria Municipal de Urbanismo e Habitação (SEMURH).

As atividades de coleta de informações em campo realizadas com a aplicação dos formulários, aconteceu com o apoio e o suporte da Defesa Civil. Portanto, o planejamento das rotas e ações em campo foram previamente definidas, assim com a definição de materiais para realização dos trabalhos como: SW Maps (aplicativo de georreferenciamento), formulários de campo, trena, pranchetas, entre outros.

Vale ressaltar que fez parte do planejamento da atividade de campo as medidas de proteção para contenção da pandemia da Covid-19, como: distanciamento mínimo de 1 metro, uso de máscara, uso de álcool em gel, diminuição do tempo de exposição do pesquisador durante a realização do trabalho de campo, visando minimizar os prejuízos e riscos para participantes da pesquisa.

Ressalta-se a necessidade do estudo em áreas consideradas de risco, visto que em São Luís, mesmo pequenos volumes pluviométricos são capazes de gerar caos na cidade, como os alagamentos e inundações, que constituem um sério problema com risco à população presente tanto nos bairros quanto nas principais vias públicas, como: Avenida Jerônimo de Albuquerque, próximo ao Terminal da Integração da Cohab; Avenida Colares Moreira, próximo ao Tropical Shopping; Avenida Casemiro Júnior, próximo ao Lítero-Anil; Avenida Guaxenduba, próximo ao mercado central e vários trechos da Avenida Guajajaras e Avenida dos Africanos. Ainda que provoque grandes transtornos à população, esses locais dispõem mesmo que de forma precária

serviço de manutenção e limpeza de canais, galerias e bueiros, prestados pelo Comitê Gestor de Limpeza Urbana (CGLU) e pela SEMOSP.

Entretanto, os locais onde se insere as áreas de estudo entende-se que foram resultados de uma expansão urbana desordenada, expressando uma produção do espaço urbano de forma desigual, por residirem em áreas que possuem condições mais suscetível a algum tipo de risco, próximos a curso d'água ou a encostas, e sendo estas a única alternativa para uma parcela da sociedade.

4.2.2 Aquisição de dados geoespaciais preexistente

Para construção do banco de dados foram coletadas informações preexistentes do município tendo em vista realizar análise espacial para obtenção de atributos imprescindível ao conhecimento das áreas de estudo, foi necessário a aquisição de diversos dados geoespaciais, que auxiliaram na confecção de mapas produzidos no ambiente SIG, utilizando o programa ArcMap 10.4 do ArcGIS - ESRI (2016).

Nesse sentido, estão elencados na Tabela 5, os mapas produzidos, os dados utilizados e seus respectivos formatos, fonte e ano de criação. A escala cartográfica utilizada para análise foi diferenciada de acordo com a base de dados.

Tabela 5 - Descrição geoespaciais dos dados utilizados na pesquisa

Mapas	Dados utilizados	Formato	Fonte/Ano
1. Localização da área urbana do município de São Luís.	Limites territoriais dos municípios e delimitação da zona urbana.	Vetorial e Raster	INCID, 2006 SEMFAZ, 2020 IBGE, 2020 GOOGLE, 2021
2. Localização das áreas de risco em estudo.	Limites da zona urbana de São Luís e áreas de risco.	Vetorial Raster	INCID, 2006 Defesa Civil, 2021 GOOGLE, 2021
3. Localização dos postos pluviométricos.	Limites da zona urbana de São Luís e postos pluviométricos.	Vetorial Raster	INCID, 2006 INMET, 2021 NuGeo, 2021 CEMADEN, 2021 GOOGLE, 2021
4. Distribuição de chuvas	Precipitação pluvial	xlsx	INMET, 2016 a 2020
5. Uso e ocupação da terra.	Classes de uso da terra de São Luís	Vetorial	IMESC, 2019

6.Tipo de solo.	Classes de tipos de solo de São Luís	Vetorial	IMESC, 2019
7.Hipsometria.	Classes de altitude	Raster	ASF,2016
8.Declividade.	Classes de declividade	Raster	ASF,2016
9.Suscetibilidade do município de São Luís aos extremos de chuvas.	Uso e ocupação do solo, tipos de solo, hipsometria e declividade.	Raster e Vetorial	IMESC, 2019 ASF,2016
10. Suscetibilidade das áreas de risco em estudo	Sobreposição do mapa de suscetibilidade, hidrografia e áreas de risco.	Vetorial e Raster	CAMPO, 2021 IMESC, 2019 ASF,2016 INCID, 2006
11. Vulnerabilidade	Indicadores de vulnerabilidade e áreas de risco	xlsx Vetorial	CAMPO, 2021 DEFESA CIVIL,2021

Organizado por Silva-França (2021)

Portanto, a aquisição dos dados geoespaciais empregados neste estudo, resultaram na obtenção de camadas de informação que corroboraram na análise da pesquisa com projeção, interpretação e caracterização do cenário urbano com relação aos riscos hidrometeorológicos.

4.2.3 Coleta e organização dos dados pluviométricos

Em decorrência da ausência de dados pluviométricos representativo das áreas específica de estudo, utilizou-se dados de estações meteorológicas para análise de precipitação pluvial em área urbana do município de São Luís, esses dados foram adquiridos junto ao Banco de Dados Meteorológico do NuGeo/UEMA, CEMADEN e INMET.

O NuGeo/UEMA elabora estudos e coleta de Dados Meteorológicos do estado do Maranhão, no município de São Luís possui uma estação automática. Os dados pluviométricos obtidos do NuGeo/UEMA são referentes ao período de 2002 a 2020, entretanto possuem falhas nos registros. As falhas não foram preenchidas e os anos que as possuem foram desconsiderados, por não ter estações vizinhas que possibilitem o preenchimento dessas falhas.

O CEMADEN monitora os municípios nas regiões brasileiras que têm histórico de registros de desastres decorrentes de movimentos de massa e processos hidrológicos (inundações, enxurradas, grandes alagamentos), com coleta de dados pluviométricos

disponíveis a partir de 2011, quando foi criado. No município de São Luís, a plataforma de coleta de dados foi instrumentalizada em fevereiro de 2014, estando localizados na FIEMA, ELETRONORTE, Sá Viana, Janaína, Alemanha, Calhau, Planalto Pingão, Tirirical e Pedrinhas, sendo que somente os pontos de coletas que estão nos limites urbanos da cidade foram utilizados no estudo. A série de dados pluviométricos do CEMADEN usados nesta pesquisa, tem um período de observação de 2016 a 2020.

O INMET, órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, criado para prover informações meteorológicas no âmbito do território brasileiro. A Estação convencional do INMET em São Luís, está localizada na Área de Proteção Ambiental do Itapiracó.

Os códigos das estações utilizadas no estudo, as coordenadas geográficas são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo

ESTAÇÃO	CÓDIGO	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)
1- INMET APA Itapiracó	82280	-2.526667	-44.213611
2- NuGeo/UEMA Cidade Operária	32003	-2.579722	-44.200000
3- CEMADEN FIEMA	211130002A	-2.52105	-44.24712
4- CEMADEN ELETRONORTE	211130003A	-2.56125	-44.25562
05- CEMADEN UEB Roseano de Jesus	211130005A	-2.5929	-44.19023
06- CEMADEN SEMUSC	211130006A	-2.53845	-44.27253
07- CEMADEN Academia de Polícia	211130007A	-2.4991	-44.28158
08- CEMADEN Seminário Evangélico	211130008A	-2.55189	-44.22408

Fonte: INMET; NuGeo; CEMADEN (2021). Organizado por Silva-França (2021)

Com a obtenção do Banco de Dados pluviométricos, estes foram reorganizados em planilha do *software Excel* no formato (.xlsx) sendo tratados por meio de técnica estatística descritiva com o objetivo de conhecer as características do regime pluviométrico em São Luís, sendo calculados os totais mensais e anuais e as médias utilizando o programa *Excel*. Após a

aplicação dessas técnicas estatísticas, foram elaborados gráficos e mapas que auxiliaram as análises sobre a variabilidade e tendências das chuvas em São Luís.

Foi definido o recorte espaço-temporal de 1991 a 2020 para os registros precipitação pluvial. Destaca-se que somente os dados do INMET apresentou disponibilidade completa de dados de precipitação para o período de estudo, dessa forma os demais Banco de Dados auxiliam na representação espacial sobre informações pontuais das chuvas em São Luís.

4.2.4 Identificação de anos-padrão de precipitação

A Climatologia Geográfica recomenda o uso de anos-padrão para análise de características, variabilidade e gênese do clima, assim o presente estudo identificou e definiu os anos-padrão de regime pluviométrico habitual e excepcional para estudo da variabilidade das chuvas no município de São Luís.

Isto posto, utilizando-se da indicação dos anos-padrão tidos como habitual/normal e muito chuvoso, é possível vislumbrar a variabilidade anual das precipitações e subsidiar a análise de impactos, portanto nesta dissertação, foi realizado a identificação de anos-padrão pautando-se no método dos Quantis, aplicados na série de precipitação pluviométrica do INMET.

Para análise dos Quantis utiliza-se os valores de percentis P15, P35, P65 e P85 para definir cinco classes distintas: muito seco (MS) para os 15% menores valores, seco (S) entre 15% e 35% das observações, normal (N) entre 35% e 65%, chuvoso (C) entre 65% a 85% e muito chuvoso (MC) para valores acima de 85%, conforme Xavier (1987; 2002). A Figura 18 ilustra a régua quantílica considerando a notação dos percentis.

Figura 18 - Identificação das ordens quantílicas

MS	S	N	C	MC	
15%	20%	30%	20%	15%	
Min	P15	P35	P65	P85	Max

Fonte: Xavier et al. (2002), adaptado por Silvestre et al. (2013).

Segundo Armond (2014, p. 41), no método dos Quantis “[...] a escolha por intervalos de classe de amplitude diferenciada entre si, ocorre pela necessidade de identificar os anos-padrão mais extremos. Por isso a escolha dos limiares de 15%, reconhecidos como os extremos chuvosos e extremos secos na série”.

Para o entendimento da utilização da técnica do Quantil na presente pesquisa, seguiu as seguintes etapas:

- **Etapa 1:** Realiza-se a soma dos valores mensais da precipitação para obtenção do total pluviométrico acumulado para cada ano (Tabela 7), o registro pluviométrico em milímetros (mm).

Tabela 7 - Série temporal do INMET utilizada no estudo (1991-2020)

Registro pluviométrico para o período em estudo (mm)														
Nº Reg.	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1	1991	280,1	168,9	587,9	428,0	341,4	244,1	94,2	19,3	0,3	3,4	0,0	0,0	2.167,6
2	1992	307,1	165,7	438,9	94,4	94,2	49,3	46,6	0,2	0,1	0,6	1,1	0,2	1.198,4
3	1993	102,7	264,1	406,7	189,8	199,6	96,4	102,6	12,2	0,0	0,0	0,6	262,8	1.637,5
4	1994	409,9	293,3	712,4	405,3	404,1	235,9	161,5	33,4	16,2	0,2	0,0	48,0	2.720,2
5	1995	51,3	415,4	367,2	605,0	457,0	312,3	142,9	6,5	0,0	2,9	81,4	28,2	2.470,1
6	1996	252,1	174,5	548,5	592,3	521,7	90,4	127,7	88,1	14,4	0,8	2,6	6,1	2.419,2
7	1997	107,1	113,4	403,2	422,0	267,4	16,1	20,7	0,0	0,0	0,3	41,4	29,6	1.421,2
8	1998	306,7	58,8	366,1	246,6	144,4	128,2	152,4	2,7	0,0	0,0	0,3	53,6	1.459,8
9	1999	135,7	375,0	660,8	474,4	241,9	171,0	131,0	44,1	0,1	1,1	0,0	131,1	2.366,2
10	2000	267,1	392,1	606,0	609,6	422,2	146,1	202,1	63,9	12,6	0,0	0,2	43,3	2.765,2
11	2001	336,2	445,4	370,7	590,1	201,8	327,2	150,2	0,5	7,4	0,0	6,1	44,0	2.479,6
12	2002	345,6	83,4	314,1	489,3	295,4	237,0	42,3	4,6	0,0	0,0	29,3	47,4	1.888,4
13	2003	359,1	491,1	570,2	428,8	207,7	148,0	64,6	34,4	5,9	0,2	4,7	55,8	2.370,5
14	2004	445,7	485,4	388,0	452,9	183,5	213,1	233,0	83,9	1,5	0,0	3,2	6,6	2.496,8
15	2005	33,1	230,8	350,4	371,4	219,6	256,5	166,4	12,8	0,0	0,2	4,0	158,1	1.803,3
16	2006	189,9	277,5	369,2	537,3	536,1	261,9	63,2	67,0	2,3	0,0	9,3	40,5	2.354,2
17	2007	16,3	545,1	457,4	348,6	286,1	61,4	136,3	0,2	2,2	1,0	2,4	42,0	1.899,0
18	2008	124,4	413,5	584,5	607,0	314,2	380,0	104,9	51,4	0,4	0,4	0,6	18,5	2.599,8
19	2009	375,8	367,2	565,4	767,1	467,7	207,6	71,8	12,3	0,0	0,0	2,6	10,3	2.847,8
20	2010	108,2	121,5	316,9	393,7	377,5	218,3	105,2	7,0	0,4	0,0	16,2	90,7	1.755,6
21	2011	490,3	457,4	430,9	621,7	310,8	166,8	128,0	38,7	0,0	61,6	6,5	0,6	2.713,3
22	2012	102,4	238,1	331,7	249,5	86,4	50,8	60,5	11,2	0,2	0,0	1,6	0,8	1.133,2
23	2013	60,0	279,4	319,1	267,8	186,3	203,4	203,7	15,0	4,4	0,8	13,8	40,5	1.594,2
24	2014	149,6	251,0	161,0	244,3	760,7	185,5	44,3	3,8	0,5	2,2	1,8	29,2	1.833,9
25	2015	30,2	90,7	425,9	366,5	399,7	106,7	75,9	0,0	0,0	0,0	0,3	11,3	1.507,2
26	2016	204,5	140,8	362,1	327,4	264,9	133,4	52,1	13,4	1,8	0,0	0,0	42,9	1.543,3
27	2017	380,0	355,4	442,8	362,1	329,9	120,6	201,4	4,8	0,0	1,2	0,6	63,2	2.262,0
28	2018	253,0	531,0	251,4	478,2	374,2	106,3	75,4	27,2	11,6	4,2	8,5	209,8	2.330,8
29	2019	327,9	521,6	818,2	433,7	226,7	218,3	107,4	3,4	4,9	2,1	16,0	72,8	2.753,0
30	2020	556,7	435,2	657,8	538,1	236,0	136,3	54,5	11,9	0,0	0,0	35,0	46,9	2.708,4

Fonte: INMET (2020). Organizado por Silva-França (2021)

- **Etapa 2:** Em seguida, os valores anuais foram organizados em ordem crescente, para a aplicação da técnica estatística e estabelecimento dos valores dos quantis (Tabela 8).

Tabela 8 - Ordem crescente dos valores

Ordem (j)	Precipitação (mm/ano)	Ordem (j)	Precipitação (mm/ano)	Ordem (j)	Precipitação (mm/ano)
1	1.133,2	11	1.833,9	21	2.470,1
2	1.198,4	12	1.888,4	22	2.479,6
3	1.421,2	13	1.899,0	23	2.496,8
4	1.459,8	14	2.167,6	24	2.599,8
5	1.507,2	15	2.262,0	25	2.708,4
6	1.543,3	16	2.330,8	26	2.713,3
7	1.594,2	17	2.354,2	27	2.720,2
8	1.637,5	18	2.366,2	28	2.753,0
9	1.755,6	19	2.370,5	29	2.765,2
10	1.803,3	20	2.419,2	30	2.847,8

Organizado por Silva-França (2021)

- **Etapa 3:** Por fim, aplica-se a fórmula e estabelece os valores dos Quantis.

$$Q_{(p)} = X_i + \frac{\{P - P_i\}}{P_{i+1} - P_i} * [X_{i+1} - X_i]$$

Onde:

$Q_{(p)}$ = Quantil.

X_i = precipitação do percentil.

X_{i+1} = precipitação do percentil + 1.

P = percentil.

P_i = valor da ordem do percentil.

P_{i+1} = valor da ordem do percentil + 1.

- **Etapa 4:** Para cada elemento determina-se a ordem quantílica que lhe corresponde, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Limites de classe para definição dos anos-padrão

CLASSES	LIMITES DAS CLASSES
Muito Seco	$X_i \leq Q(0,15)$
Seco	$Q(0,15) < X_i \leq Q(0,35)$
Normal	$Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$
Chuvoso	$Q(0,65) \leq X_i < Q(0,85)$
Muito Chuvoso	$X_i \geq Q(0,85)$

Fonte: Armond (2014). Organizado por Silva-França (2021)

Desse modo, por meio da aplicação do método quantis (percentis), obteve-se as classes com a determinação de anos-padrão, classificados em Muito Seco (MS), Seco (S), Normal (N), Chuvoso (C) e Muito Chuvoso (MC). Segundo o método de Xavier e Xavier (1999), são definidos intervalos representativos destas classes pelos seus respectivos quantis $Q(0,15)$, $Q(0,35)$, $Q(0,50)$, $Q(0,65)$ e $Q(0,85)$, onde Q significa o limite do quantil adotado para a realização dos cálculos para cada uma das séries históricas desta pesquisa.

Cabe ressaltar que, a escolha dos quantis pode variar de acordo com o objetivo da pesquisa. Neste estudo, foram utilizados o quantil de ordem 30 % (valores habituais para chuva acumulada em determinado ano) e o quantil de ordem 15 % (valores extremos para a chuva acumulada em determinado ano). Estes representam os totais acumulados da série histórica em estudo, para o Q (0,50), correspondem aos valores das normais de precipitação e os valores igual ou acima Q (0,85) representam os valores extremos de chuva (elevada pluviosidade).

4.2.5 Tratamento Geoestatístico de tendência temporal pluviométrica

A Geoestatística refere-se a um conjunto de observações que podem ser aplicadas para extração de informações a partir de dados geoespaciais. De acordo com Yamamoto e Landim (2013, p. 19) “a Geoestatística tem por objetivo a caracterização espacial de uma variável de interesse por meio do estudo de sua distribuição e variabilidade espaciais, com determinação das incertezas associadas.”

Destaca-se que a Geoestatística foi utilizada para identificar a possibilidade de existência de tendências na série pluviométrica em São Luís. A pesquisa buscou identificar a existência de tendência temporal significativa, ou não na série de dados histórica de precipitação total anual da estação do INMET (1991-2020), período de 30 anos de dados conforme indicação da Organização Meteorológica Mundial (OMM), para estudo das variações de precipitação em Climatologia. Dessa forma, ressalta-se que na pesquisa o tratamento Geoestatístico considerou a consistência dos dados da estação e o período de estudo.

O conhecimento da tendência temporal da precipitação é imprescindível, pois possibilita o dimensionamento seguro de sistemas de drenagens, além de propiciar o estudo do comportamento hidrológico local. Segundo Berigo e Thebaldi (2017, p. 15) “o estudo da tendência temporal da precipitação é fundamental, pois analisando as séries históricas, é possível verificar o comportamento da precipitação, auxiliando na gestão de recursos hídricos.”

A análise de tendência de dados climáticos é de grande relevância, uma vez que permite verificar se a série de valores estudada está acréscimo ou decréscimo ao longo dos anos (SOUZA; NASCIMENTO, 2020).

Existem diferentes métodos estatísticos para análise das tendências de eventos hidrometeorológicos, um dos mais utilizados na literatura é o teste não paramétrico de *Mann-Kendall* (MK), sendo desenvolvido por Mann (1945) e Kendall (1975), sendo recomendado pela OMM.

O teste MK consiste na comparação de cada valor da série histórica com os valores restantes, sempre em ordem sequencial. Nessa comparação, deve-se contar o número de vezes que os termos restantes são maiores do que o valor analisado.

A estatística do teste MK é representada por uma série ($X_1, X_2, \dots, X_n$), extraído de uma amostra de variáveis aleatórias, que são independentes e distribuídas de forma idêntica, calculada pela Equação 1. Onde X_i representa os valores da série, de maneira geral tomados em intervalos de tempo anuais, i e j correspondem aos índices de tempo, e n é o número de elementos da série. O termo sinal ($X_j - X_i$) é representado pela Equação 2. (WAGESHO et al., 2012; DELGADO; SOUZA, 2014).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1; & \text{se } x_j > x_i \\ 0; & \text{se } x_j = x_i \\ -1; & \text{se } x_j < x_i \end{cases} \quad (\text{Equação 2})$$

Conforme Mann (1945) e Kendall (1975), a estatística S é, normalmente, distribuída com média e variância. O cálculo da variância é dado pela Equação 3:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(i-1)(2i+5)}{18} \quad (\text{Equação 3})$$

Para verificar a significância do teste MK, o valor da estatística Z é dado pela Equação 4.

$$Z_{MK} = \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}; \text{ para } S > 0 \quad (\text{Equação 4})$$

$$Z_{MK} = 0; \text{ para } S = 0$$

$$Z_{MK} = \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}; \text{ para } S < 0$$

A análise de tendência com o teste MK é realizada observando-se o valor de Z. “O valor Z pode indicar a presença de tendências estatisticamente significantes, além de testar a hipótese nula de que nenhuma tendência existe. Valores positivos indicam uma tendência crescente e negativos tendências decrescentes” (SOUSA; NASCIMENTO, p. 2020, p. 206,). De acordo com a tabela de distribuição (Tabela 10), a tendência é significativa se $Z < -1,96$ para tendência decrescente dos dados, quando $Z > 1,96$ para tendência significativa crescente. Para o valor de $Z = 0$, não se verifica a existência de tendência.

Tabela 10 - Descrição da representação do teste Mann-Kendall

REPRESENTAÇÃO	SIMBOLOGIA	Z
Sem tendência	ST	0
Tendência significativa crescente	TSC	$> + 1,96$
Tendência significativa decrescente	TSD	$< - 1,69$
Tendência não significativa crescente	TNSC	$< + 1,96$
Tendência não significativa decrescente	TNSD	$> - 1,96$

Fonte: Alves et al. (2015).

Ressalta-se que para o tratamento estatístico do teste MK, utilizou-se o **TREND** versão 1.2.0, *Software* projetado para facilitar o teste estatístico de tendência, mudança e aleatoriedade em dados hidrológicos e outros dados da série temporal. O TREND é disponibilizado pelo *eWater Toolkit*, plataforma de modelagem hidrológica da Australia, criado para atender diversos cenários climáticos, geográficos, de política hídrica e de governança, tendo em vista apoiar estudos em Gestão de Recurso Hídricos em área urbana e bacias hidrográficas em todo país.

Utilizou-se também o **SURFER**, *Software* gráfico comercial desenvolvido pela *Golden Software* para o cálculo e a confecção de mapas variáveis a partir de dados regularmente distribuídos. Utilizou-se o SURFER versão 13 para gerar os mapas de contorno, com as isolinhas espacializadas em área urbana de São Luís que exibem o volume pluvial dos dados coletados nas estações meteorológicas.

4.2.6 Levantamento dos fatores de vulnerabilidade, perigo e suscetibilidade

A partir da estruturação dos dados e conforme metodologia adotada foi possível analisar fatores/indicadores de vulnerabilidade, perigo e suscetibilidade, possibilitando determinar o grau de risco por área.

A avaliação da vulnerabilidade envolveu identificação das dimensões físico-ambiental e socioeconômica, obtida por meio de amostragem em campo com aplicação dos formulários, conforme metodologia adotada pelo GEGEP/UFPE, tendo por base os indicadores elaborados por Coutinho (2015). Entretanto, no contexto desta dissertação, foi necessário ajustes dos indicadores, com a finalidade de melhor caracterizar as vulnerabilidades socioambientais associadas das áreas de risco.

As Tabelas 11 e 12 apresentam os indicadores selecionados para obtenção do grau de vulnerabilidade na dimensão físico-ambiental e socioeconômico, no total foram gerados 15 indicadores como peso atribuído a cada um deles. O somatório dos pesos de todos os indicadores de cada uma das dimensões é sempre igual a 1,0.

Com a dimensão físico-ambiental propõe-se analisar a vulnerabilidade de elementos expostos, aspectos físicos e infraestrutura local relacionado às edificações e entorno do bairro, sendo avaliado as características das edificações, ocorrência de inundação e/ou alagamento, danos nas edificações, presença de obras de contenção, lixo em logradouro, terrenos baldios, rio ou córregos e infraestrutura básica (malha viária, esgotamento sanitário, rede pluvial, abastecimento de água, coleta de lixo e luz elétrica) oferecido no local.

Tabela 11 - Vulnerabilidade físico-ambiental: indicadores e pesos atribuídos

INDICADOR	PESO ATRIBUÍDO
Características das edificações	0,20
Ocorrência de inundação / alagamento	0,30
Danos nas edificações	0,20
Obras de contenção	0,10
Lixo em logradouro, terrenos baldios, rio ou córregos	0,05
Infraestrutura básica: malha viária, esgotamento sanitário, rede pluvial, abastecimento de água, coleta de lixo e luz elétrica.	0,15

Fonte: Elaborado por Silva-França (2021), baseado em Coutinho (2015)

A dimensão socioeconômica envolve os indicadores associados aos aspectos social, econômico e cultural que torna a condição de indivíduos ou grupos mais expostos aos riscos. A análise da vulnerabilidade socioeconômica compõe averiguação dos indicadores relacionados com a quantidade de moradores do domicílio, renda domiciliar (buscou-se dados dos setores censitários do IBGE 2010 para a obtenção de renda *per capita*), capacidade de mobilidade/autonomia, grau de escolaridade, acesso aos meios de comunicação, tipo de ocupação, estrutura de suporte, organização e liderança comunitária e treinamento de moradores.

Tabela 12 - Vulnerabilidade socioeconômica: indicadores e pesos atribuídos

INDICADOR	PESO ATRIBUÍDO
Quantidade de moradores do domicílio	0,15
Renda domiciliar	0,08
Capacidade de mobilidade / autonomia	0,08
Grau de escolaridade	0,15
Acesso aos meios de comunicação	0,15
Tipo de ocupação urbana	0,08
Estrutura de suporte	0,08
Organização e liderança comunitária	0,08
Treinamento de moradores	0,15

Fonte: Elaborado por Silva-França (2021), baseado em Coutinho (2015)

Destaca-se que, no presente estudo não foi adotado todo o conjunto de parâmetros gerados para os indicadores, subindicadores, intervalos e seus respectivos graus e pesos, conforme o utilizado na metodologia do GEGEP/UFPE.

Verificou-se durante a elaboração do instrumento de coleta e registro, o formulário de campo, a necessidade de ajustes e aprimoramento da metodologia do GEGEP/UFPE, adaptando-a com a finalidade de caracterizar com mais objetividade os parâmetros do nível de vulnerabilidade em áreas de risco frente a ocorrência de alagamentos e inundações, assim para os indicadores e subindicadores foram atribuídos peso -1 (menos um) ou 0 (zero) considerando a presença ou ausência das características que compõe o conjunto dos elementos em análise, logo -1(menos um), é atribuído as variáveis que potencializam negativamente os episódios de inundação e alagamentos, portanto exibem maior vulnerabilidade, o 0(zero) é atribuído a

variáveis que representam menor impacto em casos de alagamentos e inundação, assim apresentam situação de menor vulnerabilidade, conforme apresentado nas Tabelas 13 e 14.

Além disso, para que todos os dados pudessem ser representativos de maneira equivalente, é necessário aplicar o formulário de campo em quantidade ímpar para evitar igualdade de valores na distribuição dos pesos atribuídos aos indicadores.

Tabela 13 - Definição dos fatores para o grau de vulnerabilidade físico-ambiental

INDICADOR	CARACTERÍSTICA	PESO ATRIBUÍDO
Danos nas edificações	Apresenta	-1
	Não apresenta	0
Obras de Contenção	Apresenta	0
	Não apresenta	-1
Ocorrência de inundação ou alagamento	Apresenta	-1
	Não apresenta	0
Lixo em logradouro, terrenos baldios, rio ou córregos	Apresenta	-1
	Não apresenta	0
INDICADOR: CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO		
Subindicador	Característica	Peso atribuído
Tipo de Moradia	Alvenaria	0
	Madeira/Taipa/Mista	-1
Piso	Cerâmica/Cimento	0
	Terra batida/Outro	-1
Padrão Construtivo	Alto	0
	Médio	-1
	Baixo	-1
INDICADOR: INFRAESTRUTURA BÁSICA		
Subindicador	Característica	Peso atribuído
Malha viária	Pavimentada	0
	Não pavimentada	-1
Esgoto	Canalizado	0
	Direto no ambiente	-1
Rede pluvial	Apresenta	0
	Não apresenta	-1

Abastecimento de água	Apresenta	0
	Não apresenta	-1
Coleta de lixo	Apresenta	0
	Não apresenta	-1
Luz elétrica	Apresenta	0
	Não apresenta	-1

Fonte: Elaborado por Silva-França (2021)

Tabela 14 - Definição dos fatores para o grau de vulnerabilidade socioeconômica

INDICADOR	CARACTERÍSTICA	PESO ATRIBUÍDO
Tipo de ocupação	Ordenada	0
	Desordenada	-1
Organização e liderança comunitária	Apresenta	0
	Não apresenta	-1
Treinamento de moradores	Apresenta	0
	Não apresenta	-1
Estrutura de suporte	Apresenta	0
	Não apresenta	-1
Capacidade de mobilidade	Apresenta	0
	Não apresenta	-1
Renda domiciliar	Menos de 1 salário	-1
	Até um salário mínimo	-1
	Acima de 2 salários	0
INDICADOR: MORADORES DO DOMICÍLIO		
Subindicador	Característica	Peso atribuído
Quantidade de moradores do domicílio	Até 4 pessoas	0
	Acima de 4 pessoas	-1
Idosos	Apresenta	-1
	Não apresenta	0
Crianças (0 a 10 anos)	Apresenta	-1
	Não apresenta	0
Portadores de necessidades especiais	Apresenta	-1
	Não apresenta	0
INDICADOR ESCOLARIDADE		
Grau de escolaridade	Sem escolaridade/Ensino fundamental	-1

	Ensino médio	0
	Ensino superior	0
INDICADOR: ACESSO AOS MEIOS DE COMUNICAÇÃO		
TV	Apresenta	0
	Não apresenta	-1
Rádio	Apresenta	0
	Não apresenta	-1
Celular	Apresenta	0
	Não apresenta	-1
Acesso à Internet	Apresenta	0
	Não apresenta	-1

Fonte: Elaborado por Silva-França (2021)

A determinação do grau de vulnerabilidade é identificada por meio do cálculo da soma dos pesos atribuídos a cada indicador e subindicadores. Segue as equações utilizadas nesta dissertação para obtenção do grau de vulnerabilidade físico-ambiental e socioeconômica.

A Equação 1 demonstra o modelo matemático para análise do grau de vulnerabilidade do indicador, obtido pelo somatório de cada subindicador, conforme a Equação 1. Os dados que não possuem subindicador, o valor do indicador é a amostragem da condição única necessária à avaliação do indicador.

$$GVind = \sum GVsub$$

(Equação 1)

GVind = Grau de vulnerabilidade do indicador;

GVSub = Grau de vulnerabilidade do subindicador.

O grau de vulnerabilidade de cada indicador permite chegar à vulnerabilidade de cada dimensão e por meio destas é que se chegará ao grau de vulnerabilidade final. As dimensões foram calculadas pela soma dos indicadores multiplicados pelos seus respectivos pesos, como representado na Equação 2:

$$GVD = \sum (GVind * Pi)$$

(Equação 2)

GVD = Grau de vulnerabilidade de cada dimensão (físico-ambiental e socioeconômica);

GVind = Grau de vulnerabilidade do indicador;

Pi = Peso atribuído a cada indicador.

Por fim, chega-se ao grau final de vulnerabilidade para cada área. O grau final de vulnerabilidade é determinado pela soma dos resultados obtidos para cada dimensão, de acordo com a Equação 3:

$$\frac{GVf = (D1 + D2)}{Pd1 + Pd2}$$

(Equação 3)

GVf = Grau de vulnerabilidade final;

D1, D2 = Vulnerabilidade da dimensão correspondente;

Pd1, Pd2 = Peso atribuído a cada uma das dimensões.

Para avaliar o grau da vulnerabilidade final obtido com a aplicação das equações, classificou-se o grau de vulnerabilidade em quatro faixas, sendo 1 (baixo), 2 (médio), 3 (alto), 4 (muito alto), destaca-se que em função de não ter sido adotado todo o conjunto de parâmetros gerados para os indicadores e subindicadores elaborados na metodologia do GEGEP/UFPE, foram ajustados os valores representativos das classes apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Representação das classes para classificação do grau final de vulnerabilidade

Grau	Classe
1 (Baixo)	$\leq 0,75$
2 (Médio)	$> 0,75 \text{ a } \leq 1,5$
3 (Alto)	$> 1,5 \text{ a } \leq 2,25$
4 (Muito Alto)	$> 2,25 \text{ a } \leq 3,0$

Fonte: Elaborado por Silva-França (2021), baseado em Coutinho (2015)

Na espacialização dos dados de vulnerabilidade foi utilizado o método da Ponderação do Inverso da Distância (IDW), para interpolação do resultado final das análises das variáveis de vulnerabilidade.

Neste estudo, a avaliação do perigo foi obtida com método elaborado pelo GEGEP/UFPE, que considera a altura de água máxima alcançada na área/edificações. No que se refere à identificação dos perigos/ameaças, expõe-se as condições que têm potencial de

contribuir para que o risco aconteça, sendo um relevante indicador na correlação da análise de vulnerabilidade, pois permite conhecer com mais clareza os danos e perdas das populações atingidas.

Os parâmetros adotados para a definição do grau de perigo estabelecidos conforme a altura máxima d'água nas edificações estão apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16 - Representação das classes para classificação do perigo

Grau	Classe
1 (Baixo)	$\leq 0,75$
2 (Médio)	$> 0,75$ a $\leq 1,5$
3 (Alto)	$> 1,5$ a $\leq 2,25$
4 (Muito Alto)	$> 2,25$ a $\leq 3,0$

Fonte: GESEP/UFPE (2016). Organizado por Silva-França (2021)

Além disso, com o propósito de analisar outros possíveis potencializadores dos perigos frente as fortes chuvas, foram coletados em campo informações referentes à presença de corpos hídricos; distância das construções de Rio/Córrego e estado da intervenção antrópica do Rio/Córrego.

Para o reconhecimento do estado da intervenção antrópica nos cursos d'água realizou-se com base na metodologia de Oliveira e Robaina (2004), sendo feitas adaptações para observar as seguintes condições: trechos canalizados, obstruídos pela quantidade de resíduos ou fechados pela intervenção antrópica. Foram identificados a partir dos seguintes aspectos:

- a) Com muito alto impacto (estágio máximo de descaracterização, rios/córregos fechados, retificados ou mistos);
- b) Com alto impacto (rios/córregos obstruídos pela deposição de lixo nos cursos d'água, com deposição de esgoto doméstico por não existir saneamento e registro de ocorrência de transbordamento pelo excesso de dejetos que acabam se acumulando nos canais quando ocorrem as chuvas.
- c) Com médio impacto (rios/córregos com vestígios de alterações, com trechos mistos e algumas nascentes já canalizadas ou fechadas e alguns trechos com baixa intervenção antrópica);

- d) Com baixo impacto (predominam atividades de subsistência, não há espaço urbano altamente construído).

O reconhecimento do estado de intervenção rios/córregos foi realizado com observação em campo, por meio do preenchimento de informações junto a um *check-list* aliado a registros fotográficos ao longo dos cursos d'água presentes no local. Foi possível também mensurar a distância das construções dos rios/córregos.

A suscetibilidade a eventos pluviais extremos foi analisada pelo método *Analytic Hierachy Process* (AHP), proposto por Saaty (1977). Dessa forma, o mapeamento de suscetibilidade ocorreu por meio da análise multicritério e álgebra de mapas, empregados na hierarquização dos fatores em estudo com atribuição de pesos previamente determinados considerando a relevância de cada fator no cenário em análise.

A base de dados para construção do mapeamento de suscetibilidade adotou os seguintes fatores: uso da terra, tipos de solos, declividade e hipsometria. Aos fatores atribui-se pesos de 0 a 10 para as classes, considerando 0 à menor e 10 à maior suscetibilidade, tendo sido ajustados os pesos em função dos parâmetros da fisiografia local. Posterior à seleção dos valores atribuídos, os fatores foram reclassificados, por meio da ferramenta *Reclassify* do ArcGIS com a finalidade de possibilitar o cruzamento das informações.

Ressalta-se que para os fatores declividade e altitude as classes foram geradas a partir de um o Modelo Digital de Elevação (MDE), oriundo do satélite ALOS e do seu sensor radar PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar) com resolução espacial de 12,5 m, disponível pela ASF (Alaska Satellite Facility) em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>.

Nesse sentido, destaca-se que a “declividade é a inclinação maior ou menor do relevo em relação ao horizonte” (GUERRA, 2005, p. 183). O relevo influencia o escoamento das águas de chuva em diferentes trajetórias sobre o terreno, dessa forma a declividade representa um dos principais fatores na análise de suscetibilidade aos extremos chuvosos. Sendo assim, imprescindível conhecer a inclinação do terreno.

Neste estudo, considerou-se o indicado na legislação Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano, na referida lei o seu art. 3º determina que “não será permitido o parcelamento do solo em terreno com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes”. Desse modo, estabeleceu parâmetros permitidos para o parcelamento destinados a zonas habitacionais.

A área urbana do município de São Luís está inserida, em sua maior parte, em locais de baixa a média declividade, apresentando entre 10 a 60% de declividade, segundo Crepani *et al.* (2001). Assim, optou-se por compartimentar o município em cinco classes, a saber, 0-5%, 5-10%, 10-15%, 15-30% e 30-60%. Na Tabela 17 podem ser verificadas as classes, os pesos atribuídos e as respectivas justificativas de declividade.

Tabela 17 - Atribuição de notas para as classes de declividade

Declividade			
Classe (%)	Descrição	Notas	Justificativa
0-5	Plano	10	De um modo geral, as áreas mais planas são mais suscetíveis às inundações graduais, bruscas e alagamentos.
5-10	Suavemente ondulado	7	Com o aumento da declividade, o risco de inundação diminui, portanto nessa classe a suscetibilidade é menor que na anterior, mas ainda podem ocorrer inundações, principalmente do tipo bruscas.
10-15	Ondulado	5	Menos suscetível que os anteriores, mas ainda podem ocorrer inundações, principalmente do tipo bruscas, porém com período de retorno maior.
15-30	Ondulado moderado	3	
30-60	Fortemente ondulado	1	

Fonte: PALSAR (2016). Adaptado por Silva-França (2021), baseado em Goudard (2019)

Tendo em vista o uso da terra e a ocupação do solo, o IBGE ressalta a necessidade do levantamento, análise e mapeamento, a fim de otimizar o estudo do uso e de ocupação do espaço urbano, sendo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão (IBGE, 2013). Na Tabela 17, podem ser verificadas as classes, os pesos atribuídos e respectivas justificativas de uso da terra.

Tabela 18 - Atribuição de notas para as classes de uso da terra

Uso da Terra		
Classe	Notas	Justificativa
Copos D'Água	10	Áreas que já se encontram alagadas.
Área de Mangue	10	Áreas que já se encontram alagadas.
Área Urbana de alta densidade	8	Áreas com alto grau de impermeabilização, com ausência ou pequena porcentagem de cobertura vegetal, culminando em infiltrações pequenas. Dessa forma, a conjunção destes processos favorece os escoamentos superficiais e as inundações no ambiente urbano.
Área Urbana de média densidade	7	Áreas com impermeabilização média, dificultando os processos de infiltração. Ademais, apresentam menor cobertura vegetal, influenciando diretamente em dinâmicas de interceptação da água.
Área urbana de baixa densidade	5	Baixa impermeabilização em detrimento das áreas urbanas mais urbanizadas. Desse modo, apresenta um peso menor.
Área Industrial	6	Áreas com impermeabilização média, dificultando os processos de infiltração.
Solo Exposto	4	Apresenta condições de infiltração um tanto quanto reduzidas em função de sua compactação. Além disso, cabe destacar que, as propriedades intrínsecas ao tipo de solo influenciam, sobremaneira, nos processos de infiltração de água.
Culturas Agrícolas	3	Áreas de cultivo tendem a apresentar boa capacidade de infiltração. No entanto, podem sofrer processos de compactação devido à mecanização, sobretudo, em contextos de culturas temporárias, em que o solo fica exposto durante determinados períodos.
Mata Secundária	3	Essas áreas apresentam grande capacidade de infiltração e baixo escoamento superficial, podem apresentar processos de inundação, mas este se configura como sendo natural, sem interferência antrópica. Além disso, são áreas que não se configuram como risco, pois não há presença humana.
Mata Secundária Fragmentada	2	Essas áreas apresentam grande capacidade de infiltração e baixo escoamento superficial, podem apresentar processos de inundação, mas este se configura como sendo natural, sem interferência antrópica. Além disso,

		são áreas que não se configuram como risco, pois não há presença humana.
Restinga	2	Diferentes formações vegetais estabelecidas sobre solos arenosos que ocorrem na região da planície costeira. Áreas, que em função de sua composição arenosa, apresentam boa infiltração de água.

Fonte: IMESC (2019). Adaptado por Silva-França (2021), baseado em Goudard (2019).

Considera-se que a identificação dos tipos de solo é imprescindível para conhecer a aptidão do uso da terra, considerando suas potencialidades, suas limitações e fragilidades, sendo que o manejo se torna indispensável também para planejar e implementar o uso das terras por meio de zoneamento, inclusive para a definição de políticas públicas (EMBRAPA, 2018). Na Tabela 19, podem ser verificadas as classes, os pesos atribuídos e respectivas justificativas de tipo de solo.

Tabela 19 - Atribuição de notas para as classes de tipos de solo

Tipo de Solo		
Classe	Notas	Justificativa
Solo de mangue - SM	10	Áreas que já se encontram alagadas.
Corpos D'Água - CD	10	Condição em que não há infiltração de água.
Neossolo Quartizarênico Órtico - RQo	2	Esta classe de solo ocorre em relevo plano ou suave ondulado, apresenta textura arenosa ao longo do perfil e cor amarelada uniforme abaixo do horizonte A, que é ligeiramente escuro.
Gleissolos Háplicos Tb Distróficos	9	São solos minerais formados em condições de saturação com água, presentes principalmente em planícies ou várzeas inundáveis.
Urbano de Alta Densidade - UA	8	Áreas com alto grau de impermeabilização, com ausência ou pequena porcentagem de cobertura vegetal, culminando em infiltrações pequenas. Dessa forma, a conjunção destes processos favorece os escoamentos superficiais e as inundações no ambiente urbano.
Urbano de Média Densidade - UM	7	Áreas com impermeabilização média, dificultando os processos de infiltração. Ademais, apresentam menor cobertura

		vegetal, influenciando diretamente em dinâmicas de interceptação da água.
Urbano Industrial - UI	6	Áreas com impermeabilização média, dificultando os processos de infiltração.
Argissolo Vermelho Distrófico - PVd	8	Solo bastante intemperizado, pode ser raso ou profundo, com aumento de argila em profundidade, presente em ambientes tropicais úmidos, podem ocorrer em relevo suave ondulado ou montanhoso.
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico - PVAd		
Tipos de Terreno – Dunas - TT	2	Diferentes formações vegetais estabelecidas sobre solos arenosos que ocorrem na região da planície costeira. Áreas, que em função de sua composição arenosa, apresentam boa infiltração de água.

Fonte: EMBRAPA (2018); IMESC (2019). Adaptado por Silva-França (2021), baseado em Goudard (2019)

A hipsometria refere-se a uma técnica que representa o relevo por classes de altitudes por meio da variação de cores. O estudo da hipsometria possibilita a análise das variações altimétricas e também das principais feições geomorfológicas do relevo da área escolhida para estudo (ALVES; ROCHA, 2015). Ressalta-se que São Luís encontra-se altitude (relevo) com quatro metros acima do nível do mar, portanto as classes da altitude para o município foram definidas conforme apresentado na Tabela 20, podem ser verificadas as classes, os pesos atribuídos e respectivas justificativas de hipsometria.

Tabela 20 - Atribuição de notas para as classes de hipsometria

Hipsometria		
Classe (m)	Notas	Justificativa
4-13	6	À medida que a altitude diminui, aumenta relativamente à suscetibilidade. Cabe ressaltar, que no âmbito deste estudo, em face dos demais fatores analisados, a altitude configura-se como sendo o menos relevante. Dessa forma, as notas atribuídas, neste contexto, foram mais baixas em detrimento das demais.
16-25	5	
25-42	4	
42-20	3	
50-62	2	

Fonte: Hoffmann (2013); Goudard (2018). Adaptado de Goudard (2019)

Em seguida, conforme a proposta de Saalty (1977), elaborou-se uma escala de comparação (Tabela 21) e uma matriz de comparação entre os fatores utilizados neste estudo (Tabela 22). Esse procedimento possibilitou a atribuição de pesos e a posterior integração em ambiente SIG.

Tabela 21 - Escala de comparadores

Intensidade de importância	Definição
1	Igualmente importante
3	Fraca importância
5	Moderada importância
7	Forte importância
9	Absoluta importância
2, 4, 6, 8	Valores intermediários
1/3, 1/5, 1/7, 1/9	Valores inversos dos fatores

Fonte: Saalty (1977); Goudard (2019). Organizado por Silva-França (2021)

Tabela 22 - Matriz de comparação pareada

Fatores	Declividade	Uso	Solo	Altitude
Declividade	1,0	2,0	3,0	5,0
Uso	0,2	1,0	5,0	7,0
Solo	0,3	0,2	1,0	7,0
Altitude	0,2	0,1	0,1	1,0

Fonte: Saalty (1977); Goudard (2019). Organizado por Silva-França (2021)

Desse modo, no presente estudo, para realização de álgebra de mapas e análise ponderada foram atribuídos os seguintes pesos finais para os fatores: 43% para declividade, 33 % para uso da terra, 18% para tipos de solo e 6 % para a hipsometria, introduzidos por meio da ferramenta *Spatial Analyst Tool*, menu *Overlay* possibilitando o cruzamento das informações em formato *raster*.

A análise multicritério dos fatores declividade, uso da terra, tipos de solos e hipsometria consolidou o mapeamento da suscetibilidade, nota-se a necessidade de um melhor detalhamento da escala, contudo o método possibilita aproximações em relações às áreas preferenciais de

acúmulo de água e permite expor as áreas mais impactadas no contexto urbano, ressalta-se a complexidade dessa análise por agrupar atributos físicos e a dinâmica fluvial.

4.2.7 Pesquisa e análise das notícias da Mídia Digital sobre impactos das chuvas

A pesquisa realizada na Mídia Digital contribuiu para identificação dos principais impactos provocados pelas chuvas em São Luís, foram utilizados para análise as notícias vinculadas em *site* de notícias e as notificadas pela Defesa Civil. Segundo Amorim e Lima (2015), a utilização de dados de notícias da mídia é um procedimento que tem sido, frequentemente, empregado para análises climáticas, por ser considerado um instrumento conveniente e convincente.

Nesta pesquisa, embora os dados de notícias da Mídia Digital subsidiem a análise dos impactos das chuvas na cidade, episódios pluviais, também são importantes para fornecer informações sobre eventos pluviais extremos, que nessa perspectiva teve como parâmetro as precipitações acumuladas em 24 horas acima de 20 mm.

A escolha de levantamento de dados em *sites* de notícias, se deu em função da pandemia da Covid-19, que estabeleceu nova dinâmica de atendimento ao público em órgãos públicos e privados, fato que inviabilizou o levantamento das notícias nos bancos de dados de jornal impresso.

A Mídia Digital possui grande circulação no cotidiano dos moradores da cidade de São Luís. Portanto, realizou-se a coleta de informações a partir de palavras-chave (chuvas, alagamentos, inundação, área de risco) as notícias encontradas, foram organizadas em planilha elaborada para o estudo (Quadro 4).

Junto à Defesa Civil obteve-se relatórios das ações realizadas e outras informações pelo *site* da Secretaria Municipal de Segurança com Cidadania (SEMUSC), acessado por meio do endereço eletrônico: <https://www.saoluis.ma.gov.br/semusc>.

Esses dados qualitativos completam a análise quantitativa dos dados pluviométricos, sobretudo por evidenciar as repercussões dos episódios pluviais deflagradores de impactos na área urbana de São Luís.

Vale ressaltar que a utilização de várias bases permite melhor aproximação da realidade dos riscos hidrometeorológicos, visto que tanto os jornais quanto às notificações da Defesa Civil são reconhecidos por apresentarem cenários da realidade em estudo.

Quadro 4 - Planilha de registro de notícias

FICHA DE COLETA DE DADOS EM MÍDIA DIGITAL			
Jornal/Fonte			
Data da chuva		Volume da Chuva	
Duração da chuva		Fotos	
Quant. de atingidos		Vídeo	
Título da notícia			
Áreas atingidas			
Impactos materiais e sociais			

Fonte: Elaborado por Silva-França (2020)

4.2.8 Trabalho de campo

Os dados de campo necessários para desenvolvimento desta pesquisa foram levantados por meio de reconhecimento e levantamento de informações *in loco* nas áreas de estudo, foram selecionados pela Defesa Civil 10 áreas consideradas crítica, nos quais foram coletadas informações que servem de base para validação e mapeamento das áreas de risco.

A princípio, realizou-se com auxílio da Defesa Civil uma visita de reconhecimento e aplicação de formulário piloto, ocorrido no dia 29 de dezembro de 2019, sendo realizado nos bairros do Anil/Matança, Novo Angelim e Salinas/Sacavém.

O formulário de campo (Apêndice I) em sua elaboração foi destinado à obtenção de informações sobre vulnerabilidade físico-ambiental e socioeconômica com objetivo de melhor compreender o perfil das áreas de estudo, foram fotografadas as principais características relevantes para a análise.

Vale ressaltar que a coleta de dados primários, em especial aqueles atribuídos à atividade de campo, teve várias limitações em função da emissão do Decreto Estadual com medidas restritivas de acesso a áreas públicas e isolamento social, necessárias ao combate à pandemia da Covid-19, que impossibilitou coletar um universo amostral maior de pesquisados, portanto, a aplicação dos formulários da pesquisa não adotou métodos de amostragem probabilístico.

Dessa forma, para se obter informações para validação da pesquisa, foram aplicados os formulários, optou-se por realizar amostragem por conveniência, ou seja, sendo aplicado com

moradores disponíveis na data do trabalho de campo, foram um total de 73 formulários tendo sido aplicado um quantitativo mínimo 5 por área de estudo, sendo entrevistados sempre os responsáveis pela residência ou, na sua ausência, residentes maiores de 18 anos.

A Tabela 23 apresenta os bairros visitados, com as respectivas ruas, a data da realização do trabalho de campo e as coordenadas UTM.

Tabela 23 - Caracterização dos trabalhos de campo

Bairros	Ruas	Data	UTM
Novo Angelim	Rua 10 de junho, 2ª Travessa da Avenida Dois	31/03/2021	584916 9719579
Vila Socó/João de Deus	Travessa da Macaúba	31/03/2021	584822 9717588
Vila Marinha	Rua da Paz	31/03/2021	581667 9721957
Jardim São Cristóvão	Rua Santo Antônio, Travessa Eptácio Cafeteira	31/03/2021	586787 9715147
José Reinaldo Tavares	Rua 6, Rua Nossa Senhora Aparecida	31/03/2021	591529 9713672
Cidade Olímpica/Vila Sapinho	Ruas 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	31/03/2021	591245 9711839
Salinas/Sacavém	Rua do Fio, Rua da Paz, 2ª Travessa da União, 3ª Travessa da Boa Esperança	08/04/2020	582368 9716650
Veranil/Matança	Rua Fé em Deus, Rua do Campo, Rua do Arraial, Rua Joselino Santos	08/04/2020	584201 9718499
Barreto	Rua Bom Jesus, Rua Sarney Filho	08/04/2020	581996 9718741

Fonte: Defesa Civil Municipal. Organizado por Silva-França (2021).

Os dados geocodificados das áreas em estudo foram espacializados, adicionando os pontos coletados para ambiente SIG onde foram transformados para o formato *shapefile* (.shp).

Compilou-se todas as informações coletadas em campo e foram armazenadas em um banco de dados criado no *Software Microsoft Office* tendo em vista a análise das características observadas nas áreas em estudo.

4.2.9 Propostas de intervenção em áreas de risco hidrometeorológicos

Após conhecer as limitações das áreas estudadas, foram sugeridas intervenções. O Ministério das Cidades/IPT (2007), evidencia a necessidade de intervenção em áreas de risco com adoção de medidas estruturais e não estruturais, com o objetivo de minimizar os impactos nessas áreas.

O conhecimento sobre as medidas estruturais e não estruturais podem auxiliar os gestores na tomada de decisões quanto ao tipo de intervenção é indicado frente aos riscos hidrometeorológicos, sendo considerado de grande relevância para o planejamento e adoção de medidas sejam elas de cunho provisório ou definitivo. Na sequência, são detalhadas as características das medidas estruturais e não estruturais:

Proposta de intervenções estruturais, são aquelas onde se aplicam soluções da engenharia. Conforme o Ministério das Cidades/IPT (2007), há variadas possibilidades de técnicas de engenharia capazes de garantir a segurança de uma dada área de risco hidrológico. São exemplos de medidas estruturais: obras de engenharia específicas para cada tipo de processo; drenagem; reurbanização de áreas; moradias; proteção de superfície, entre outros.

Proposta de intervenções não estruturais, tratam-se de medidas sem a intervenção de obras de engenharia, segundo o Ministério das Cidades/IPT (2007):

As ações [não estruturais] são aquelas onde se aplica um rol de medidas relacionadas às políticas urbanas, planejamento urbano, legislação, planos de defesa civil e educação. São consideradas tecnologias brandas e, normalmente, tem custo muito mais baixo que as medidas estruturais (tecnologias duras), além de apresentar bons resultados, principalmente na prevenção dos desastres.

São exemplos de medidas não estruturais aquelas relacionadas às políticas e planejamento urbano, legislação, política habitacional, pesquisas, planos e sistemas de alerta e contingência da Defesa Civil, educação e capacitação. Normalmente, têm custo muito mais baixo que as medidas estruturais, e apresentam bons resultados por atuarem como forma prevenção a desastres.

4.2.10 Geração dos produtos

Com a efetivação da pesquisa foi elaborado produto cartográfico, foram confeccionados os mapas. A integração dos dados foi realizada por meio de análise multicritério e álgebra de mapas, com uso do *Software* ArcGIS. E ainda se tem como produto final, a síntese da caracterização das vulnerabilidades, perigo e suscetibilidades das áreas de risco em estudo, informações que associado ao uso de geotecnologias podem auxiliar na definição de medidas de intervenção, no que se refere ao tipo de medida e onde intervir.

É importante ressaltar que é escasso o número de trabalhos sobre a temática de risco hidrometeorológicos no município de São Luís. Portanto, esta pesquisa pode servir de base para outros trabalhos que podem avançar visto a importância da temática.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS IDENTIFICADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados da pesquisa nas áreas em estudo com a identificação e caracterização das áreas de risco expostas a alagamentos e inundação, tendo apontado ações que reduzam os impactos originados pelas precipitações pluviais, a fim de que evitem que populações sejam atingidas por desastres deflagrados por fenômenos naturais. Nesse cenário, são apresentados os resultados da análise da variabilidade e tendência das chuvas, análise e mapeamento da vulnerabilidade (físico-ambiental e socioeconômica), perigo, risco e suscetibilidades.

5.1 ANÁLISE DA VARIABILIDADE E TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO

Foram analisados os dados de precipitação pluviométrica do município de São Luís, para um período de 30 anos que engloba a temporalidade (1991-2020) de série de dados do INMET. Para análise da variabilidade pluviométrica, determinou-se os anos-padrão pela técnica do quantil e as ordens quantílicas foram estabelecidas, a partir dos totais anuais de chuvas. A detecção da existência de tendência de precipitação na série histórica foi realizada pelo método do Teste *Mann-Kendall*.

5.1.1 Variabilidade pluviométrica

Este resultado engloba verificar e avaliar a variabilidade pluviométrica no município de São Luís, por meio da análise espaço-temporal mensal e anual das chuvas, identificando-se, assim, os períodos chuvosos da área estudada e conhecer a distribuição espacial das precipitações, as quais demandam análises quanto aos seus efeitos em escala de maior detalhe, principalmente, local. A Figura 19 mostra o acumulado anual de chuvas da série histórica em estudo.

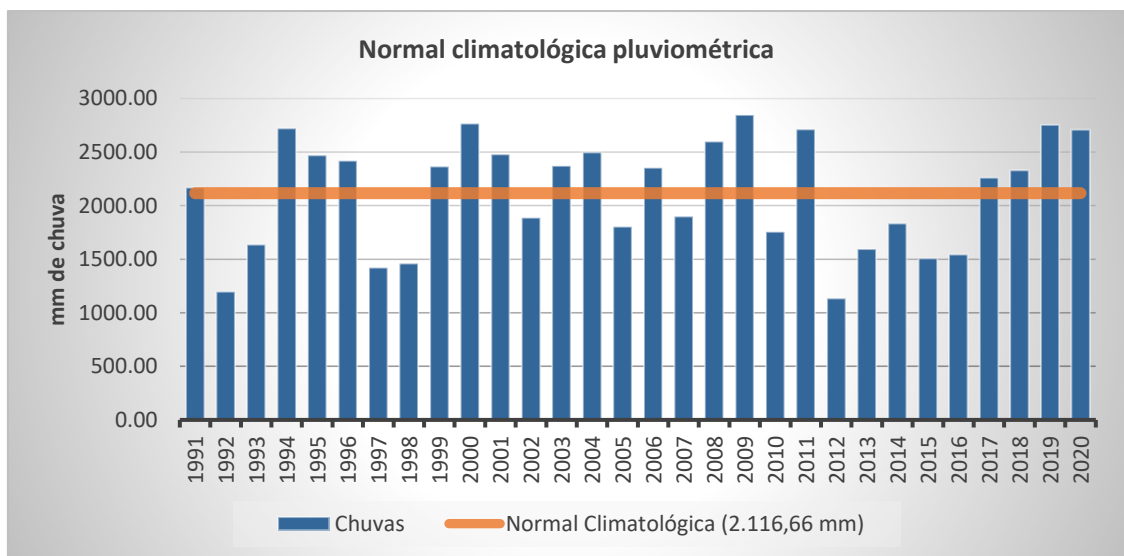
Figura 19 - Gráfico da precipitação total acumulada mensal e anual (mm) no período de 1991-2020 no município de São Luís



Fonte: INMET (2020). Elaborado por Silva-França (2021).

Considerando a temporalidade dos dados de precipitação foi possível obter a Normal Climatológica da série histórica de dados pluviométricos em estudo. Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, a Normal Climatológica é a média de dados climáticos de uma série de 30 anos. O valor da Normal Climatológica encontrada para o fator climático das chuvas em São Luís ao longo de 30 anos corresponde a 2.116,6 mm (Figura 20).

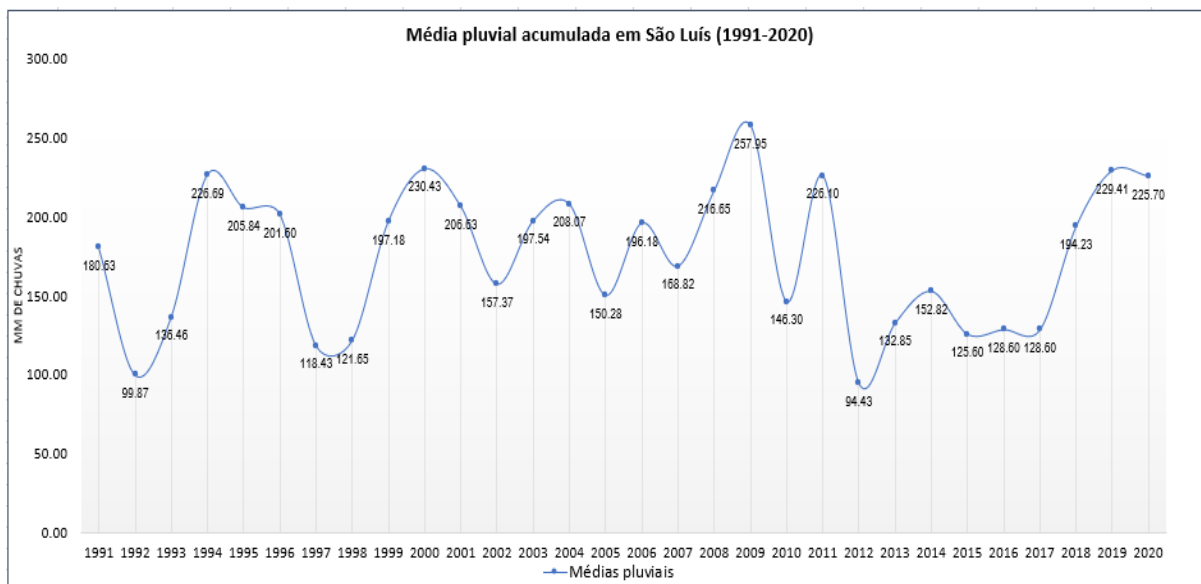
Figura 20 - Gráfico da Normal Climatológica (1991-2020) da precipitação acumulada mensal e anual (mm) no município de São Luís



Fonte: INMET (2020). Elaborado por Silva-França (2021)

No gráfico da Figura 21, destaca-se a variação das médias anuais das chuvas com valores que variam de 94,43 a 257,95 mm. Observa-se que os anos de 1994, 1995, 1996, 2000, 2001, 2008, 2009, 2011, 2019 e 2020, apresentaram as mais elevadas médias pluviométricas.

Figura 21 - Gráfico das médias anuais do volume de chuva em São Luís no período de 1991-2020



Fonte: INMET (2020). Elaborado por Silva-França (2021).

Vale destacar que nesta pesquisa a análise da variabilidade pluviométrica ocorreu a partir da identificação do regime pluvial normal/habitual e excepcional. A Climatologia Geográfica indica como o ideal para a análise das características e padrões de variabilidades climática local/regional, o uso de anos-padrões. O principal objetivo da técnica que define os anos do período de estudo em anos-padrão “é separar anos que apresentem características semelhantes quanto a uma determinada variável, de forma que estes possam ser considerados como um grupo com características semelhantes; e assim posteriormente eleger um ano-padrão para representar cada grupo” (SILVESTRE et al., 2013, p. 24).

Dessa forma, para compreender o espaço-temporal da variabilidade pluvial identificou-se os anos-padrão pela técnica do quantil, desse modo foi possível realizar análises quantitativas e qualitativas das chuvas em área urbana do município de São Luís.

É oportuno ressaltar que no presente estudo, foi aplicado o método dos quantis (percentis) conforme Xavier (2011), para a definição dos anos-padrão classificados em muito seco ($Q \leq 0,15$); seco ($0,15 < Q \leq 0,35$); normal ($0,35 < Q < 0,65$); chuvoso ($0,65 \leq Q < 0,85$); e muito chuvoso ($Q \geq 0,85$). A Tabela 24 apresenta a distribuição da precipitação de acordo com os totais acumulados em cada ano conforme a classificação do método dos quantis para

identificação dos anos-padrão muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso no município de São Luís.

Tabela 24 - Classificação de anos-padrão da série em estudo

Muito Seco (MS)		Seco (S)		Normal (N)		Chuvoso (C)		Muito Chuvoso (MC)	
2012	1.133,2mm	2016	1.543,3mm	2002	1.888,4mm	2003	2.370,5mm	2020	2.708,4mm
1992	1.198,4mm	2013	1.594,2mm	2007	1.899,0mm	1996	2.419,2mm	2011	2.713,3mm
1997	1.421,2mm	1993	1.637,5mm	1991	2.167,6mm	1995	2.470,1mm	1994	2.720,2mm
1998	1.459,8mm	2010	1.755,6mm	2017	2.262,0mm	2001	2.479,6mm	2019	2.753,0mm
2015	1.507,2mm	2005	1.803,3mm	2018	2.330,8mm	2004	2.496,8mm	2000	2.765,2mm
		2014	1.833,9mm	2006	2.354,2mm	2008	2.599,8mm	2009	2.847,8mm
				1999	2.366,2mm				

Fonte: INMET (1999-2020). Elaborado por Silva-França (2021)

Para identificação dos eventos pluviais extremos foram consideradas as precipitações iguais ou superiores ao percentil 0,85, com potencial de gerarem impactos. Por conseguinte, a metodologia utilizada nos permitiu identificar os valores pluviométricos referentes aos anos considerados Normais e Muito Chuvosos, ou seja, representam valores habituais e os extremos de chuva. Para os valores de chuva na classe normal apresentou variação de mínima e máxima 1.888,4 mm e 2.366,2 mm, respectivamente. Os resultados estão de acordo com o esperado, conforme a Normal Climatológica para município de São Luís, apresentado no gráfico da Figura 20, no entanto se destaca os anos de 1999, 2006, 2017 e 2018 com a existência de acumulados de chuvas mais elevados.

A classe de precipitação muito chuvosa, apresentou valores expressivos da variabilidade com acumulado anual de chuva máxima e mínima 2.708,4 mm e 2.847,8 mm. Ao confrontar esses volumes pluviais, com os registros pluviométricos da estação do NuGeo/UEMA referente ao mesmo período, nota-se a presença de acumulados de chuvas semelhante, expressando elevado volume de chuva em pontos distintos da cidade. Ressalta-se que em 2020, a estação do NuGeo/UEMA registrou quase o dobro do volume de chuva da estação do INMET, conforme Tabela 25.

Tabela 25 - Comparativo pluviométrico INMET e NuGeo/UEMA

Comparação entre o acumulado das chuvas registrados pelo INMET e NuGeo						
ANO	1994	2000	2009	2011	2019	2020
INMET	2.720,2mm	2.765,2mm	2.847,8mm	2.713,3mm	2.753,0mm	2.847,8mm
NuGeo	*	*	1.932,8mm	2.361,8mm	2.609,6mm	4.858,2mm

*Dado não coletado

Fonte: INMET; NuGeo/UEMA. Organizado por Silva-França (2021)

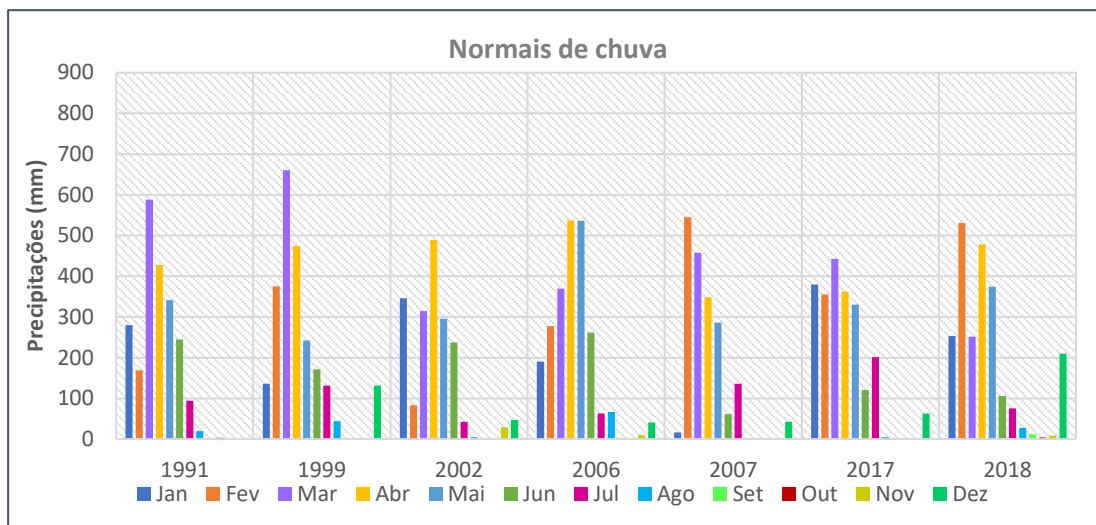
No intuito de compreender a variabilidade pluviométrica do município de São Luís, verificou-se a ocorrência de El Niño Oscilação Sul - ENOS (ENSO) na Região Nordeste brasileira, ressalta-se que a existência do fenômeno El Niño ocasiona a diminuição do volume pluviométrico anual, e durante a La Niña ocorre aumento médio da pluviosidade.

Condições observadas por Pinheiro et al. (2019) no estudo intitulado: “Impactos do Fenômeno El Niño e La Niña no Município de São Luís - Maranhão”, empregando dados históricos de 41 anos (1975 a 2015), possibilitou a identificação em São Luís de sete anos de evento mais intenso do El Niño: 1981-1983-1992 -1997-1998-2012 e 2015, e também sete anos que apresentaram ocorrência intensa de La Niña registrados em 1985-1986-1988-1989-1994-2000 e 2009.

Nesse contexto, foi possível constatar que os anos de 1994, 2000 e 2009 que compreendem alguns dos anos identificados nesta dissertação como extremos chuvosos coincidiram com anos de ocorrência de La Niña, conforme estudo de Pinheiro *et al.* (2019), assim confirma-se que a variabilidade das chuvas em São Luís, estão associadas aos eventos dos ENOS, bem como ao sistema atmosférico que atua na região em épocas distintas do ano.

A análise da classificação na faixa do Normal e Muito Chuvoso do ponto de vista da distribuição dos totais mensais das precipitações permite conhecer de forma mais específica a variabilidade e a concentração das chuvas, que apresentam evidência sobre o estudo dos impactos na cidade. As Figuras 22 e 23 mostram, respectivamente, os gráficos das precipitações na categoria Normal e Muito Chuvoso.

Figura 22 - Gráfico dos anos normais de chuvas mensal e anual de em São Luís



Fonte: INMET (2020). Elaborado por Silva-França (2021)

A distribuição mensal das precipitações na faixa do Normal (Figura 22), apresentou média pluvial de 181,8 mm, destacando-se os meses de fevereiro, março e abril como os mais chuvosos, e os meses de setembro, outubro e novembro como os menos chuvosos. Na série histórica em estudo, os anos classificados com parâmetro normal de chuvas há registro de meses com elevada pluviosidade evidenciados, principalmente nos meses de março de 1991(587,9 mm); março de 1999 (660,8 mm); abril 2002 (489,3); abril e maio de 2006 (537,3 mm) (536,1); fevereiro de 2007 (545,1 mm); março de 2017 (442,8 mm) e fevereiro de 2014 (531,0 mm).

O comportamento pluviométrico na faixa do Normal, apresenta meses com acumulado de chuvas elevadas, indica que as chuvas intensas que caracterizam a faixa dos extremos pluviais podem ser encontradas em anos que apresentam totais de chuva dentro dos padrões habituais, e podem ser encontrados naqueles considerados secos, conforme o registro dos seus totais (ARMOND, 2014).

A análise da distribuição mensal das chuvas na faixa Muito Chuvoso (Figura 23), evidenciam os anos que apresentaram precipitações intensas nos quais são mais frequentes os episódios extremos e conseqüentemente, mais sensíveis a alterações de ordem local, com forte impacto sobre as populações.

Com média pluviométrica de 229,3 mm, a faixa do Muito Chuvosos excede em 20,71% a média encontrada na faixa da Normal, expressando, significativamente, a variabilidade pluviométrica, destacando-se os meses de março de 1994 (712,4 mm); abril de 2000 (609,6

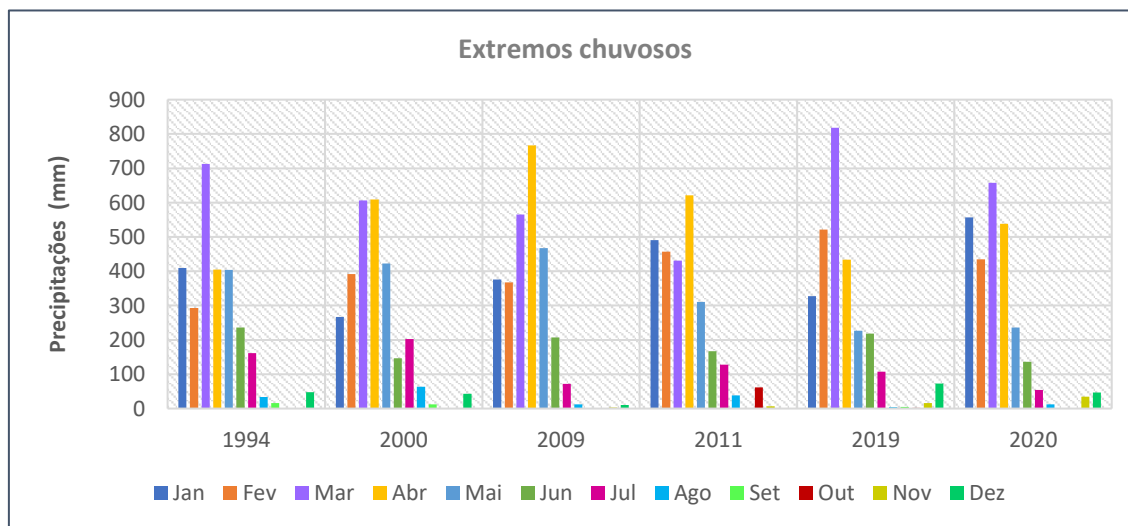
mm); abril de 2009 (767,1 mm); abril de 2011 (621,7 mm); março de 2019 (818,2 mm) e março de 2020 (657,8 mm).

Nesse contexto, Pinheiro (2018, p. 91) ressalta que: “pluviosidade de São Luís é bem demarcada por períodos de chuvas constantes que ocorrem entre os meses de janeiro a junho e os menos volumes de chuva nos meses de julho a dezembro”. Essa condição confirma a regularidade de distribuição das chuvas concentradas no verão, característico das dinâmicas típicas do clima subtropical (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Segundo NuGeo/UEMA (2021), em relação as chuvas em São Luís, os meses de dezembro e janeiro, são considerados de transição para o período chuvoso, que se inicia em fevereiro e segue até maio. Os meses de junho e julho também são considerados de transição, mas desta vez, para o período seco.

Contudo, na análise observou-se que o primeiro semestre, marcado pelo período de chuvas mais intensas em São Luís, mostrou-se uma característica marcante nos anos identificados Muito Chuvoso, estas concentram-se, nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio com valores totais de chuvas situados entre (226,7 mm a 818,2 mm), diferenciando-se do observado na faixa do Normal, em que os maiores volumes pluviais concentram-se nos meses de março, abril e maio com valores totais situados entre (214,9 mm a 660,8 mm).

Figura 23 - Gráfico dos anos extremamente chuvosos em São Luís

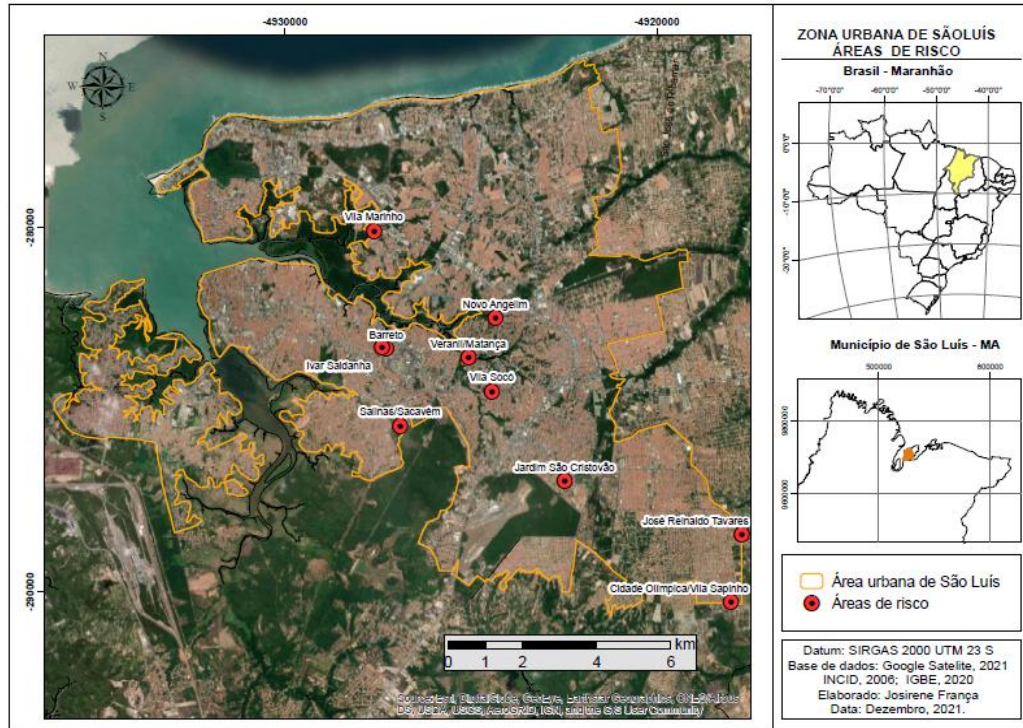


Fonte: INMET (2020). Elaborado por Silva-França (2021)

Foram produzidos mapas síntese com a espacialização da distribuição volume de chuva anual na área urbana de São Luís durante 2016 a 2020, período que mais se registrou os impactos das chuvas sobre a cidade, possibilitando a verificação das áreas de risco em estudo. As Figuras 24 e 25 apresentam a localização das áreas de risco em estudo e os locais dos pontos

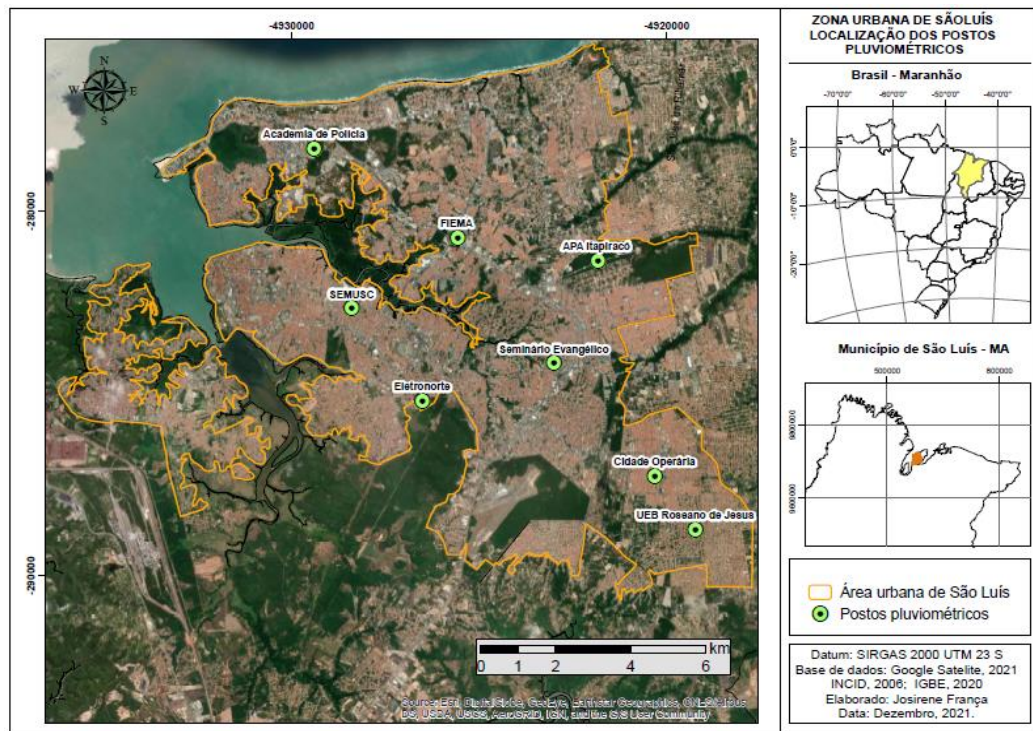
pluviométricos. As Figuras 26 e 27 apresentam o acumulado e a distribuição das chuvas na área urbana.

Figura 24 - Áreas de risco em zona urbana do município de São Luís



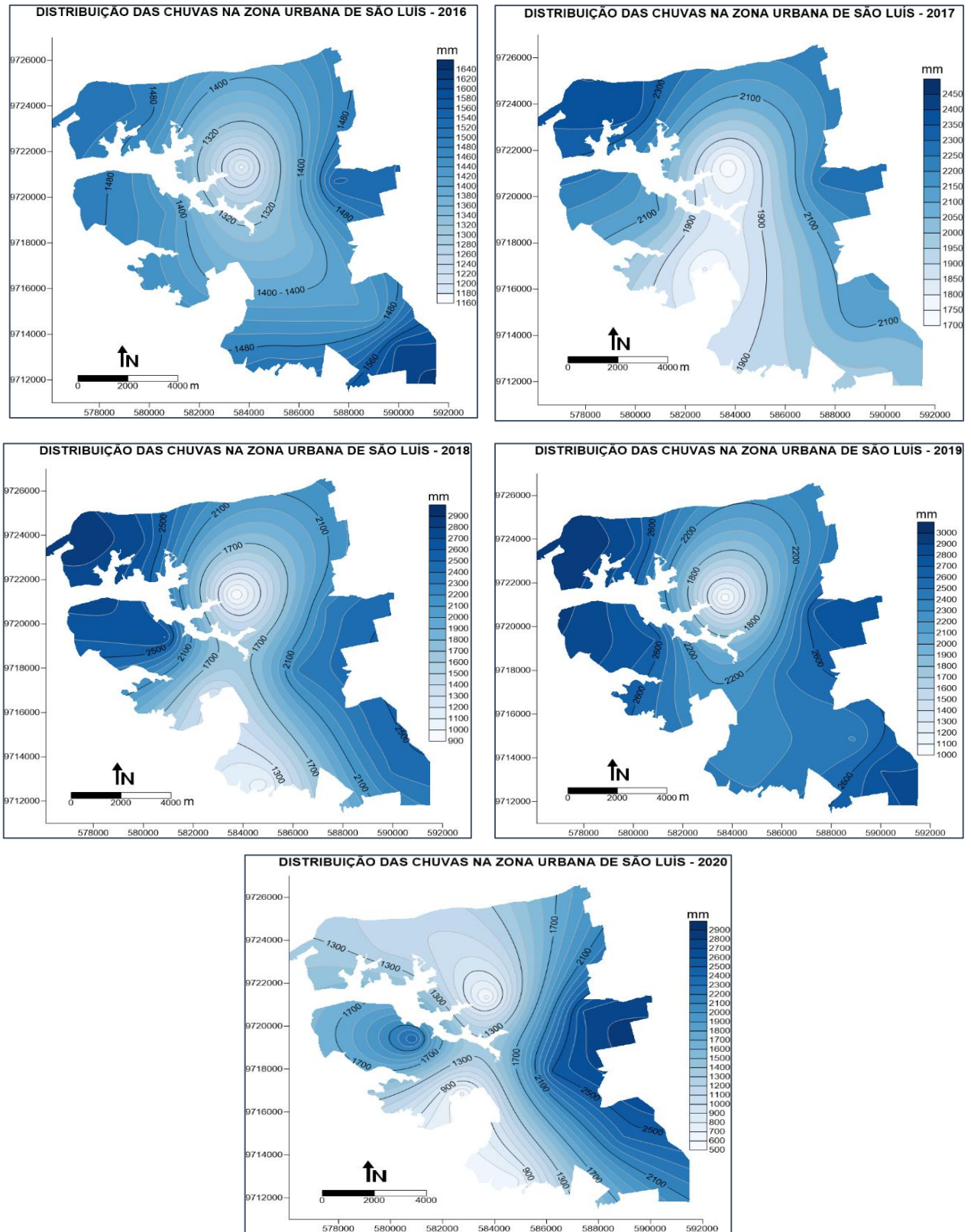
Fonte: Defesa Civil (2021). Organizado por Silva-França (2021)

Figura 25 - Localização dos postos pluviométricos



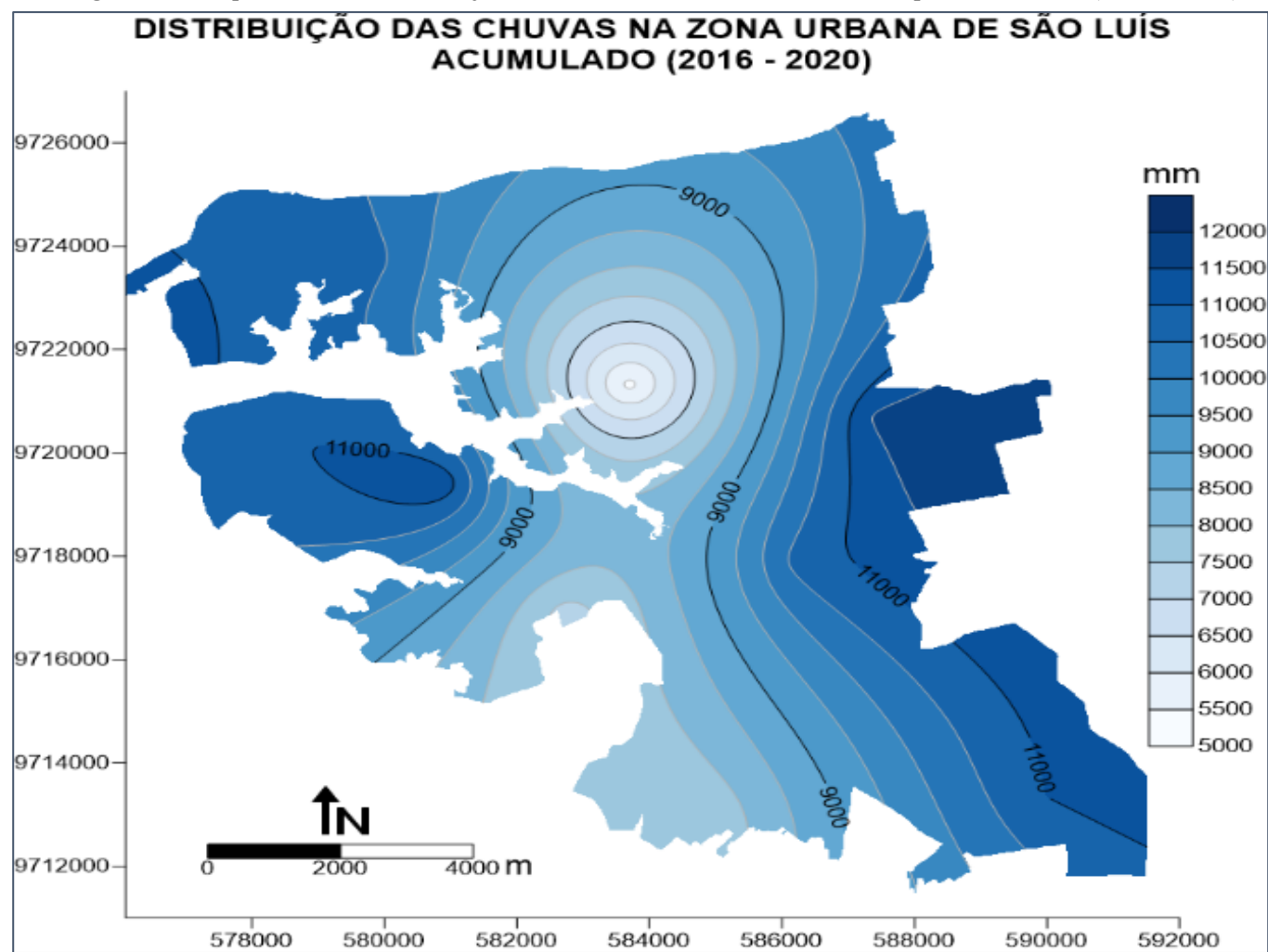
Fonte: CEMADEM (2021). Organizado por Silva-França (2021)

Figura 26 - Precipitação anual em área urbana do município de São Luís (2016 - 2020)



Fonte: CEMADEM (2021). Organizado por Silva-França (2021)

Figura 27 - Mapa síntese da distribuição das chuvas na área urbana do município de São Luís (2016 - 2020)



Fonte: CEMADEM (2021). Organizado por Silva-França (2021)

Nota-se nos mapas de distribuição das chuvas que as áreas em tonalidades de azul mais forte indicam maior volume pluviométrico, ressalta-se que não apresenta região homogênea de maior concentração das chuvas no espaço-temporal, a cada ano destacou-se uma porção da área urbana.

Quando se analisa de modo conjugado as chuvas referentes ao período de 2016 a 2020, presente no mapa síntese das chuvas (Figura 27), permite constatar do ponto de vista da variabilidade espacial da pluviosidade na zona urbana maior volume das chuvas nas áreas periféricas, próximos aos limites do perímetro urbano, demonstrado na porção leste e noroeste, apresentando semelhantes variações das chuvas no espaço-temporal.

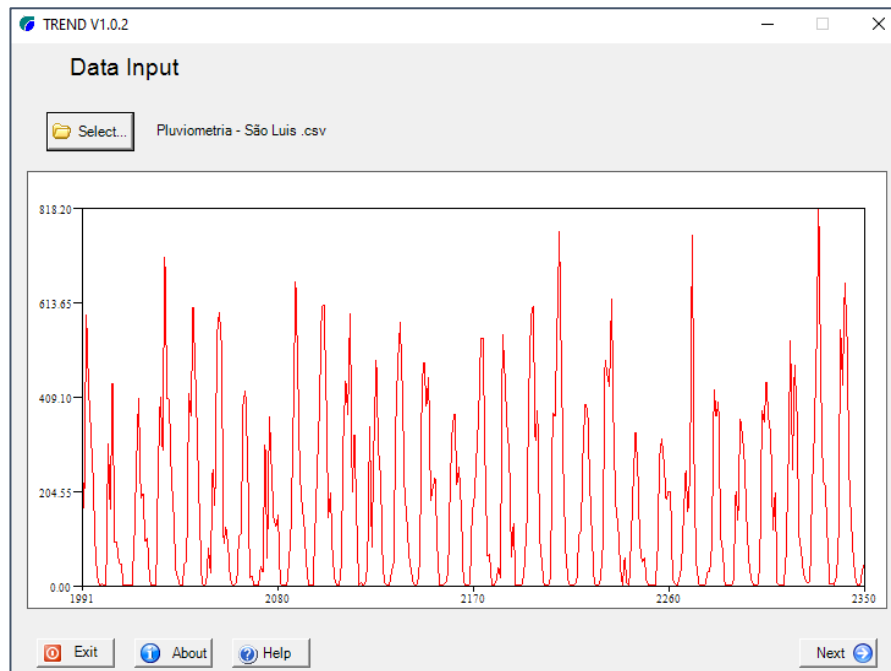
Ressalta-se que na zona urbana há maior concentração populacional, mais áreas impermeabilizadas, pouca concentração vegetal e ausência de sistema de drenagem de águas pluvial em grande parte da cidade, tornando-se um cenário propício para desencadear inundações e alagamentos. Assim, Brandão (2001), Serrano e Cabral (2004), Vicente (2005), Zanella (2006) destacam a impermeabilização dos solos, a falta de infraestrutura e de planejamento urbano nas cidades como principais responsáveis pelas inundações. Outros apontam o aumento no número de eventos pluviométricos intensos ocorridos nas últimas décadas e a intensa ocupação das áreas de risco (GONÇALVES, 1992, 2003; BRANDÃO, entre outros).

A compreensão da variabilidade das precipitações é fator determinante para o entendimento da ocorrência dos impactos nas áreas urbanas, sendo que a intensidade da precipitação pode desencadear grandes transtornos e prejuízos às cidades. A variação das precipitações apresentou potencial de ocasionar episódios de inundações e alagamentos deflagradores de grandes impactos. Dessa forma, se faz necessário compreender a importância da dinâmica climática como elemento essencial no entendimento de como a variabilidade pluviométrica interfere na geração de impactos ambientais e sociais, sendo considerada informações relevantes para tomada de decisão na gestão e planejamento da cidade.

5.1.2 Análise de Tendência – Teste Mann-Kendall

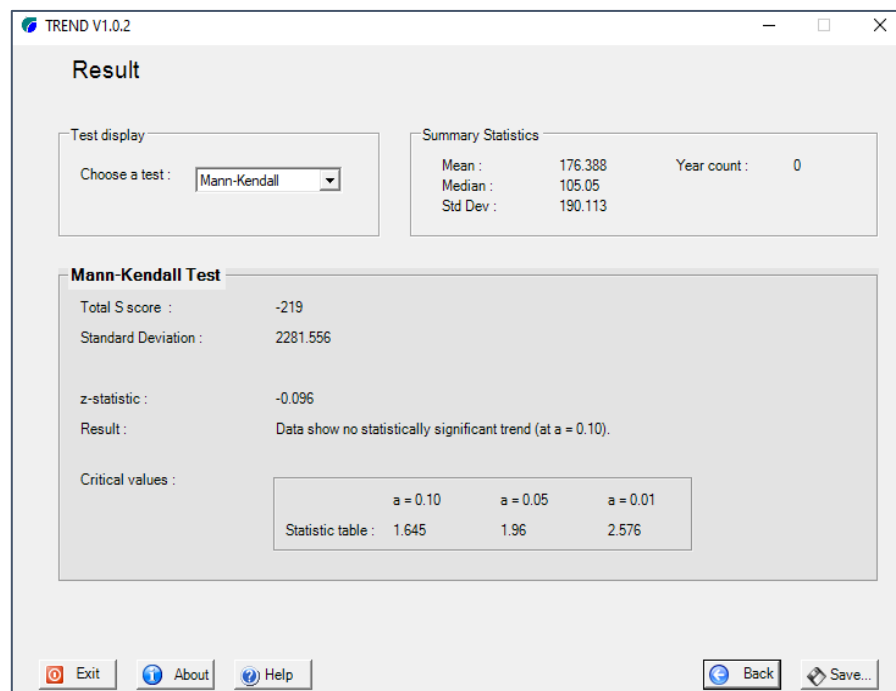
A análise do teste MK foi feita para o nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), após a realização do teste, obteve-se o valor de Z menor que 0 (zero). Pode-se verificar, por meio das Figuras 28 e 29, o resultado do teste MK com apresentação dos dados processados que expressam a Tendência encontrada, para os dados de precipitação em estudo.

Figura 28 - Gráfico dos dados gerados com o Teste MK



Fonte: MK – TREND V 1.0.2

Figura 29 - Resultado Teste MK



Fonte: MK – TREND V 1.0.2

O teste MK apresentou o valor de Z estatístico -0.096, portanto conforme referência da representação do teste MK apresentados na Tabela 10, em caso $Z > -1,96$, indica Tendência não significativa decrescente. De acordo com o resultado obtido, a análise da série de

precipitação anual mostrou discreta tendência na redução da quantidade de precipitação, porém, esta não foi significativa estatisticamente.

Conclui-se que não houve tendência temporal significativa das chuvas, quanto aumento ou redução relativos ao período analisado. Esses dados indicam que muito dos registros da elevação do acumulado mensal de chuvas na cidade de São Luís têm caráter regional.

Esse fato valida a hipótese investigada neste estudo de que precipitações cada vez menos expressivas têm gerado fortes impactos na cidade, potencializado as condições de perigo e suscetibilidade, sobretudo, de vulnerabilidade das populações.

Em consulta à publicação de artigos e livros não foram encontrados estudos sobre a análise de tendência de precipitação para o município de São Luís, que pudessem ser confrontados com os resultados encontrados na presente dissertação, o que demonstra a relevância científica da pesquisa com a utilização de análise de tendência em série histórica de precipitação.

5.2 IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS PLUVIAIS EXTREMOS

Conforme descrito nos procedimentos metodológicos, a análise qualitativa foi desenvolvida por meio da identificação da repercussão dos impactos pluviais extremos deflagrados no município de São Luís divulgado na Mídia Digital, segundo Lima e Amorim (2015, p. 196) “pesquisadores podem obter na mídia importante fonte de dados qualitativos, especialmente sobre as repercussões de episódios climáticos deflagradores de impactos para a sociedade”. Desse modo, a Mídia Digital pode ser uma valiosa fonte para análise, pois exibem as consequências que os episódios extremos de precipitação podem gerar para as populações, sendo imprescindível a detecção para mitigação dos transtornos.

Ressalta-se que por meio dos *sites* de notícias buscou-se identificar os impactos deflagrados por episódios pluviais extremos, e também obter informação sobre o volume das chuvas que ocasionaram tais impactos. Dessa forma, o banco de dados coletado por meio da Mídia Digital contempla esses dois tipos de análise. As notícias dos principais jornais sobre o registro de acumulado de chuvas são apresentadas nas Tabelas 26.

Tabela 26 - Registro da Mídia Digital sobre o volume e impactos das chuvas em de São Luís, MA

DIAS	PRP	NOTÍCIAS
11/03/2020	135,2 mm em 24h	“Em São Luís já choveu em dez dias mais de 70% do que era esperado para o mês de março. Entre 09 horas de segunda-feira a 09 horas de terça, teria chovido no estado 135,2 mm sobre São Luís, segundo medição do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).” <i>Fonte: Maranhão Hoje</i> (https://maranhao hoje.com/alerta-sobre-as-fortes-chuvas-em-sao-luis-foi-lancado-no-domingo-mas-o-poder-publico-ignorou/)
21/04/2020	89,4 mm das 6h às 9h da manhã	“Em apenas três horas, São Luís alcançou 76% da chuva prevista para o mês de abril. Foram 89.4 milímetros de chuva das 6h às 9h da manhã, o que causou vários transtornos pela região metropolitana da ilha.” <i>Fonte: G1 MA</i> (https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2020/04/21/em- apenas- tres- horas- sao- luis- teve- 76percent- da- chuva- prevista- para- o- mes- de- abril. ghtml)
21/01/2020	255,2 mm em 15 dias	“Em 15 dias, já choveu mais do que a média histórica para janeiro inteiro em São Luís. Segundo o Núcleo Geoambiental (Nugeo), já choveu 255,2 milímetros na capital só na primeira quinzena de janeiro.” <i>Fonte: G1 MA</i> (https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2020/01/21/em-15-dias-são-choveu-mais-do-que-a-media-historica-para-janeiro-inteiro-em-são-luis.ghtml)
22/05/2019	30 mm manhã	“Chuvas voltam a ameaçar população em São Luís e no interior do MA. Ontem (22), São Luís foi atingida por mais de 30 milímetros de precipitação, o que gerou transtorno; pelo menos três municípios sinalizaram situação de alerta devido às chuvas.” <i>Fonte: O Estado.</i> (https://imirante.com/oestadoma/noticias/2019/05/23/chuvas-voltam-a-ameacar-populacao-maranhense/)
26/03/2019	236,2 mm em 12 h	“Acima da média, as chuvas de março castigam a Grande Ilha”. <i>Fonte: O Estado</i> (https://imirante.com/oestadoma/noticias/2019/03/26/acima-da-media-chuvas-de-marco-castigam-a-grande-ilha/)
24/03/ 2019	236,2 mm em 24 h	“Chuva extrema causa muitos prejuízos na capital do Maranhão.

		São Luís registrou o maior volume de chuva em 24h em 48 anos no fim de semana. Março de 2019 já é o sétimo março mais chuvoso desde 1971”. <i>Fonte: Terra Notícias.</i> (https://www.terra.com.br/noticias/climatempo/chuva-extrema-causa-muitos-prejuizos-na-capital-do-maranhao,be4e5a2db932366f5f37800836d2acfb3vz5n146.html)
29/03/2019	715,8 mm em 29 dias	“Chuva de março em São Luís supera os 700 mm”. <i>Fonte: Terra Notícias.</i> (https://www.terra.com.br/noticias/climatempo/chuva-de-marco-em-sao-luis-supera-os-700-mm,e8569e22b71327557e0602e8b897a6c32jqfcj5a.html)
11/12/2018	*	“Como sempre, chuva causa transtornos na Grande Ilha, Ruas e avenidas ficaram intrafegáveis devido ao volume de água e falta de infraestrutura.” <i>Fonte: Imirante.</i> (https://imirante.com/sao-luis/noticias/2018/12/11/como-sempre-chuva-causa-transtornos-na-grande-ilha.shtml)
16/04/2018	86,0 mm em 24 h	“Chuva forte causa alagamentos em São Luís e volume acumulado em abril supera 50% da média. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia choveu 86,0 mm sobre São Luís no período entre 9 horas do dia 15 e 9 horas do dia 16 de abril”. <i>Fonte: Terra Notícias.</i> (https://www.terra.com.br/noticias/climatempo/maranhao-piaui-e-ceara-podem-ter-chuva-forte-esta-semana,a635760d1aebba0031bc23de496e0bdeyj5ls8t9.html)
19/01/2017	130,6 mm em 24 h	“Recorde de chuva e de temperatura em São Luís (MA).” <i>Fonte: Climatempo.</i> (https://www.climatempo.com.br/noticia/2017/01/19/chuva-volumosa-em-sao-luis-ma-6761)
21/02/2015	*	“Chuvas preocupam moradores de áreas de risco em São Luís. A Defesa Civil municipal monitora 60 áreas consideradas de alto risco. Alerta da Defesa Civil, não impede permanência de famílias nos locais.” <i>Fonte: G1 MA.</i> (http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2015/02/chuvas-preocupam-moradores-de-areas-de-risco-em-sao-luis.html)

11/05/2014	125 mm 24 h	“Choveu 80% do esperado para o mês em um dia, diz secretário em entrevista, o secretário Bruno Galdino falou sobre as chuvas. Segundo ele, a Defesa Civil registrou mais de 30 famílias desabrigadas.” <i>Fonte: G1 MA.</i> (http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2014/05/choveu-80-do-esperado-para-o-mes-em-um-dia-segundo-secretaria.html)
03/05/2009	707,6 mm durante o mês	“São Luís do Maranhão tem abril mais chuvoso dos últimos 24 anos; 6 pessoas já morreram.” <i>Fonte: UOL Notícias.</i> (https://noticias.uol.com.br/cotidiano/2009/05/03/ult5772u3823.jhtm)

*Volume de precipitação não informado na reportagem.

Fonte: Mídia digital (2021). Organizado por Silva-França (2021)

Importante ressaltar que foram catalogadas 112 notícias, observou-se que as notícias sobre chuvas em São Luís e os impactos provocados passaram a ser vinculadas na Mídia Digital com mais frequência a partir de 2010, notou-se que anterior a esse período, as notícias sobre os impactos gerados pelas chuvas eram de abrangência estadual.

Nesse contexto, a análise evidenciou que os impactos mais significativos que estão ocorrendo em termo pluviométrico em São Luís, estão ocorrendo na atualidade, por isso as notícias da mídia sobre a chuva e seus impactos se tornaram mais recorrente nos últimos dez de anos, período também de mudanças na configuração urbana de São Luís, com a expansão a cidade de forma não planejada, visto que as áreas periféricas avançaram ao longo dos rios e também a falta de aparato estrutural urbano (galeria pluvial) em áreas urbanas consolidadas. Portanto, é oportuno salientar que as notícias catalogadas destacam a ocorrência de inundações e alagamentos em São Luís tendo por base os últimos 10 anos (2011 a 2020). As principais consequências que as chuvas intensas geraram à cidade e a sociedade, publicadas na Mídia Digital no período de 2011 a 2020, são apresentadas na Tabela 27. Constatou-se com os dados coletados que os impactos mais frequentes provocados pelas chuvas no âmbito do parâmetro habitual de precipitação são os alagamentos que representam 65% das notícias que foram divulgadas na imprensa. Com a deflagração dos episódios pluviais extremos, observou-se que os impactos são diversos e ameaçador para as populações, registrou-se desabamento, desmoronamento, inundação e ocorrência de pessoas desalojadas e desabrigadas, situação que resulta em grandes transtornos pela intensidade dos danos provocados, em especial os que residem em áreas periféricas da cidade.

Ressalta-se que os diferentes *sites* de notícias consultados não apresentaram um consenso em relação ao termo alagamento e inundação, porém a Mídia Digital mostrou-se como um método confiável de investigação e análise dos impactos das precipitações em São Luís, visto que na Mídia Digital há relatos de indivíduos sobre suas realidades e registros fotográficos. Observou-se com o presente estudo que as notícias estão bem correlacionadas com as consequências que as fortes chuvas geram na cidade.

Tabela 27 - Registro de locais e impactos provocados pelas chuvas em São Luís (2011-2020)

Fotos	Locais afetados	Impactos matérias e sociais
	Av. Magalhaes de Almeida-próximo ao Mercado Central; Av. dos Africanos; Av. Litorânea; Av. Colares Moreira.	Vários pontos de alagamentos na cidade deixam o trânsito lento... <i>Fonte: Imirante</i> (https://imirante.com/sao-luis/noticias/2011/02/15/chuva-forte-provoca-alagamentos-em-sao-luis.shtml)
	Rua Eliezer Silva-Bairro São Bernardo	Casas invadidas pelas águas das chuvas <i>Fonte: G1</i> (http://g1.globo.com/vc-no-g1/noticia/2012/04/internauta-registra-alagamento-no-bairro-sao-bernardo-em-sao-luis.html)
	Bairro do Planalto Vinhais	Tráfego bastante comprometido por causa da quantidade de água nas vias. <i>Fonte: G1 MA</i> (http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2013/07/chuvas-deixam-ruas-alagadas-em-sao-luis-nesta-quarta-feira-10.html)

	2014 Bairros Cohab, Sá Viana, Residencial Primavera, Matança, Fumacê, Vila Apaco e Vila Militar	Defesa Civil registrou mais de 30 famílias desabrigadas, 10 deslizamento e 40 alagamentos <i>Fonte: G1 MA</i> (http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2014/05/choveu-80-do-esperado-para-o-mes-em-um-dia-segundo-secretaria.html)
	2015 Rua Raimundo Correia – Bairro Monte Castelo	Casas foram invadidas pela enxurrada e carros ficaram submersos. <i>Fonte: G1 MA</i> (http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2015/04/chuva-alaga-rua-do-bairro-do-monte-castelo-em-sao-luis.html)
	2016 Bairros Renascença, Santo Antônio, parte do Anil, Vila Palmeira e Cohab.	Alagamentos e interrupção no fornecimento de energia elétrica em alguns bairros. <i>Fonte: G1 MA</i> (http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2016/06/chuva-provoca-alagamentos-e-deixa-bairros-sem-energia-em-sao-luis.html)
	2017 Rua dos Azulões e Avenida Colares Moreira Bairro Renascença.	Alagamentos e trânsito lento[...] <i>Fonte: G1 MA</i> (http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2017/02/chuva-forte-alaga-rua-em-bairro-em-sao-luis.html)
	2018 Alto do Calhau, Av. Litorânea, Av. Daniel de La Touche - Cohajap, Rua Nove - São Francisco, Mercado Central, Rua Cinco-Jaracaty, Cohab, Cohama, Av. Colares Moreira-Renascença	Trânsito afetado, queda de muro de um condomínio e vários bairros apontam transformo com as fortes chuvas... <i>Fonte: Imirante</i> (https://imirante.com/sao-luis/noticias/2018/04/16/temporal-atinge-sao-luis-e-caoa-alagamentos.shtml)

 2019	Sacavém, Sá Viana, Cohama, Centro, Av. dos Africanos, Coroadinho; Cohatrac.	Chuvas deste fim de semana desabrigaram 380 pessoas em São Luís. <i>Fonte: O Imparcial</i> (https://oimparcial.com.br/noticias/2019/03/chuvas-deste-final-de-semana-desabrigaram-380-pessoas-em-sao-luis/)
 2019	Sacavém; Salinas do Sacavém; Sá Viana.	203 famílias desabrigadas (segundo a Semcas). 167 foram incluídas no aluguel social, para receber R\$ 400,00 da prefeitura. <i>Fonte: O Estado</i> (https://imirante.com/oestadoma/noticias/2019/04/09/familias-vivem-o-drama-causado-pelas-chuvas-em-area-de-risco/)
 2020	Ponta da Areia, Renascença, Lagoa da Jansen, Via Expressa, Cohab, Cohama, Anil e Cidade Operária.	Chuva forte provoca alagamentos em vários pontos de São Luís, a água invadiu casas, estabelecimentos comerciais e abriu crateras nas ruas. <i>Fonte: O Imparcial</i> (https://oimparcial.com.br/noticias/2020/03/chuva-forte-provoca-alagamentos-em-sao-luis/)
 2020	Avenida Magalhães de Almeida, rua Antônio Rayol – Centro de São Luís	Água da chuva invadiu as lojas... <i>Fonte: G1 MA</i> (https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2020/01/24/chuva-forte-provoca-alagamentos-na-regiao-central-de-sao-luis.ghtml)

Fonte: Mídia digital (2021). Organizado por Silva-França (2021)

Ao analisar os impactos das chuvas para a população durante o período de uma década, observou-se que estes foram se intensificando gradativamente, a princípio os registros mais frequentes estão relacionados à lentidão do trânsito provocado em decorrência das ruas alagadas, mas esse cenário se agravou, consideravelmente, tornando-se mais evidente durante os anos de 2017, 2018, 2019 e 2020, períodos em que as notícias passaram a ser encontradas

em vários *sites*, portando informações mais detalhadas, possivelmente pela proporção dos impactos que as chuvas passaram a deflagrar sobre a cidade, tendo em vista um número maior de pessoas atingidas como o noticiado em 2019 que mais de 200 famílias desabrigadas por terem suas casas, totalmente, destruídas pela chuva em só dia na cidade. Além disso, notou-se por meio da Mídia Digital que 2021 também tem registrado acumulado de chuva a cima da média.

O NuGeo/UEMA (2021) afirma que mesmo com um volume acima do esperado, o registro de chuvas nos últimos quatro anos tem sido dentro da normalidade.

Destaca-se que nos últimos dez anos ocorreram as seguintes identificações de anos-padrão de precipitação conforme classificados no capítulo 5 (Tabela 24): 2011 (MC); 2012 (MS); 2013 e 2014 (S); 2015 (MS); 2016 (S); 2017 e 2018 (N); 2019 e 2020 (MC). Cabe ressaltar, que o interesse principal do presente estudo são os extremos chuvosos, com o objetivo de analisar volume acumulado das chuvas em 24 h, e conhecer as principais tendências que podem desencadear risco as populações, nesse sentido observou-se por meio do levantamento das Mídias Digitais conforme apresentado na Tabela 26, que o acumulado de chuvas em São Luís, apresentou em 24 h registro volume pluviométrico de 135,2 mm; 125 mm; 86,0; 130,6 mm e 236,2 mm. Esses níveis de acumulado de chuva são, extremamente, elevados para o período de 24 horas e, representam eventos extremos de chuvas.

Observou-se por meio das notícias vinculadas na Mídia Digital que, em geral, a população tem sido impactada pelas fortes chuvas que atingem a cidade, infere-se os impactos das intensidades dessas chuvas em áreas consideradas de risco, visto que raramente são foco das notícias. Notou-se que das áreas em estudo, somente o bairro Salinas-Sacavém tem sido vinculado com frequência na mídia.

A Mídia Digital tem noticiado a existência de mais de 60 áreas de risco em São Luís, porém nas reportagens não é mencionado quais são essas áreas, em geral, evidenciam o Salinas-Sacavém, sem se referir às demais. Observou-se que ainda que se tenha conhecimento das mais de 50 das áreas de risco identificadas pela Defesa Civil, os *sites* de notícias vinculam em suas páginas, uma tendência de evidenciar sempre as mesmas áreas. Locais como Vila Marinho, Vila Socó, que na presente pesquisa desta dissertação foram mapeadas e classificadas de alto risco e Veranil/Matança, portanto, suscetíveis a desastre na iminência de volumes normais das chuvas, não são mostradas na mídia, dessa forma a sociedade e o poder público podem desconhecer o impacto das chuvas sobre populações, altamente, vulneráveis e o quanto necessitam serem priorizadas na gestão de risco.

Além disso, encontrou-se nas notícias veiculadas na Mídia Digital, que **São Luís é a quinta capital onde mais se chove no Brasil**, o levantamento foi realizado pelo NuGeo/UEMA com base nas normais climatológicas de 1981 a 2010 e em dados gerados a partir das últimas precipitações, a notícia foi vinculada ao site do Jornal O Estado em abril de 2018. Segundo a pesquisa: “São Luís registra em média 2.199,9 mm de chuva por ano, sendo superada no volume de chuvas anuais pela cidade de Belém com 3,084 mm, Macapá com 2.549,7 mm, Manaus com 2.301,2 mm e Recife com 2,263 mm”. Conforme apresentado na Tabela 28.

Tabela 28 - Normais Climatológicas das capitais brasileiras

1961 a 1990	1981 a 2010
Belém (PA) – 2.921,7 mm	Belém (PA) - 3.084 mm
Macapá (AP) - 2.561,3 mm	Macapá (AP) - 2.549,7 mm
Manaus (AM) - 2.417,6 mm	Manaus (AM) - 2.301,2 mm
Recife (PE) - 2.307,4 mm	Recife (PE) - 2.263,4 mm
São Luís (MA) - 2.290 mm	São Luís (MA) - 2.199,9 mm

Fonte: NuGeo/UEMA; Jornal O Estado (2018). Organizado por Silva-França (2021).

Disponível em: <https://oestadoma.com/noticias/2018/04/21/sao-luis-e-a-quinta-capital-onde-mais-chove-no-brasil/>

De modo geral, as notícias encontradas em *sites* da Mídia Digital continham informações sobre as datas e os locais onde ocorreram os alagamentos e as inundações, a identificação do número de pessoas atingidas por danos provocados pelas chuvas, com registro em fotos e/ou vídeos dos locais onde a situação foi mais crítica, adições audiovisuais enviadas, em muitos casos, por internautas localizados nas áreas atingidas.

Nos arquivos dos *sites* de notícias também foi possível coletar informações sobre a duração e volume das precipitações, com exceção do Imirante que raramente faz uso dessa informação nas matérias em destaque. Esses dados são relevantes e podem ser usados para mapeamento de pontos de alagamentos e inundações urbanas, demonstrando as intensidades das precipitações e os impactos provocados.

O levantamento das informações da Mídia Digital apresentou-se com uma relevante ferramenta para análise histórica que identifica os impactos físicos e socioeconômico que a população enfrenta diante dos eventos extremos de precipitação. As notícias da mídia constatarem os prejuízos e transtornos para a sociedade, como as inundações e alagamentos presente em vários pontos da cidade, que por não ter esse problema resolvido já é esperado em todo período chuvoso os impactos socioambientais, como o noticiado na manchete do Imirante em

11/12/2018 - ***“Como sempre, chuva causa transtornos na Grande Ilha, Ruas e Avenidas ficaram intrafegáveis devido ao volume de água e falta de infraestrutura.”***. Portanto, observa-se que de fato o problema está associado à falta de infraestrutura da cidade em receber chuvas, visto que pela dinâmica climática da Ilha é esperado, anualmente, um período chuvoso de seis meses.

Notou-se que, de modo geral, as notícias indicam aumento significativo no volume das chuvas, como o noticiado pelo G1 MA em 21/01/2020 - ***“Em 15 dias, já choveu mais do que a média histórica para janeiro inteiro em São Luís. Segundo o Núcleo Geoambiental (Nugeo), já choveu 255,2 milímetros na capital só na primeira quinzena de janeiro”***. A matéria dessa manchete evidencia que o mês de janeiro foi o mais chuvoso em 49 anos na capital maranhense, segundo especialistas, normalmente o mês ainda não é de muita chuva no litoral do Maranhão, porém, excepcionalmente este ano, o nível da chuva foi maior do que desde 1971.

Além do mais, as notícias relatam as áreas de risco da cidade onde residem aqueles que são mais impactadas pelas chuvas, como a situação de muitos desabrigados noticiado pelo O Estado em 24/03/2019 - ***“Famílias viveram o drama causado pelas chuvas em área de risco na capital. Semcas, em novo balanço, diz que 203 famílias estão desabrigadas em São Luís; destas, 167 foram incluídas no aluguel social, para receber R\$ 400,00 da prefeitura”***. A matéria dessa manchete traz alguns relatos das pessoas que foram desabrigadas no bairro do Sacavém, uma delas é uma aposentada que enfatiza: ***“Tem muita gente que diz não saber o porquê de a gente ter vindo construir nossas casas em uma área de risco, mas é bom que saibam que não é porque a gente quer, mas porque não tem onde morar. Se a gente tivesse onde morar, um local melhor, com certeza não viria morar pra cá, porque ninguém passa por situação dessas porque quer”***.

Por meio desse relato, se faz conhecer as implicações das fortes chuvas sobre populações que moram nas áreas de risco da cidade, a situação é crítica, o período de chuvas agrava a condição das pessoas que residem nessas áreas, chegam a perder tudo que têm, deixam suas casas por conta da chuva e passam a depender, totalmente, do poder público, que se apresenta insuficiente na assistência a essas pessoas.

Ressalta-se que os danos podem ser, pelo menos em parte, amenizados, quando o poder público adota medidas preventivas por meios da Defesa Civil com alertas à população em dias de chuva com muita intensidade.

Com o levantamento sobre as áreas de risco, obteve-se junto à Defesa Civil o relatório de risco da cidade de São Luís para 2021, este foi atualizado com base nas áreas identificadas em 2020, com objetivo de terem condições de conhecer se houve um crescimento ou uma diminuição dos pontos das áreas de risco.

O documento apresenta a existência de 66 áreas de risco (Anexo B), concentrando pontos, principalmente, de encostas (55%), erosão (14%) e inundação (14%). A área Itaqui Bacanga concentra 23 dos pontos de risco de São Luís (34,8%), sendo predominante o risco para deslizamentos de encostas, seguido da área Coroadinho com 17 pontos (25,7%). E, ainda, segundo a Defesa Civil quanto à classificação do grau de risco, as áreas na capital são em sua maioria de alto risco (48,48%).

Observou-se por meio da divulgação dos sites de notícias que a atuação da Defesa Civil nas áreas de risco é voltada, principalmente, para realizar ações de vistoria, monitoramento, acompanhamento e alerta das pessoas. A Figura 30 apresenta ações realizadas pela Defesa Civil divulgadas pela mídia.

Figura 30 - Ações da Defesa Civil em São Luís



Fonte: O ESTADO; O IMPARCIAL (2021).

Disponível em: <https://imirante.com/oestadoma/noticias/2021/02/04/defesa-civil-conclui-mapeamento-de-corregos-que-transbordam-em-sao-luis/>.

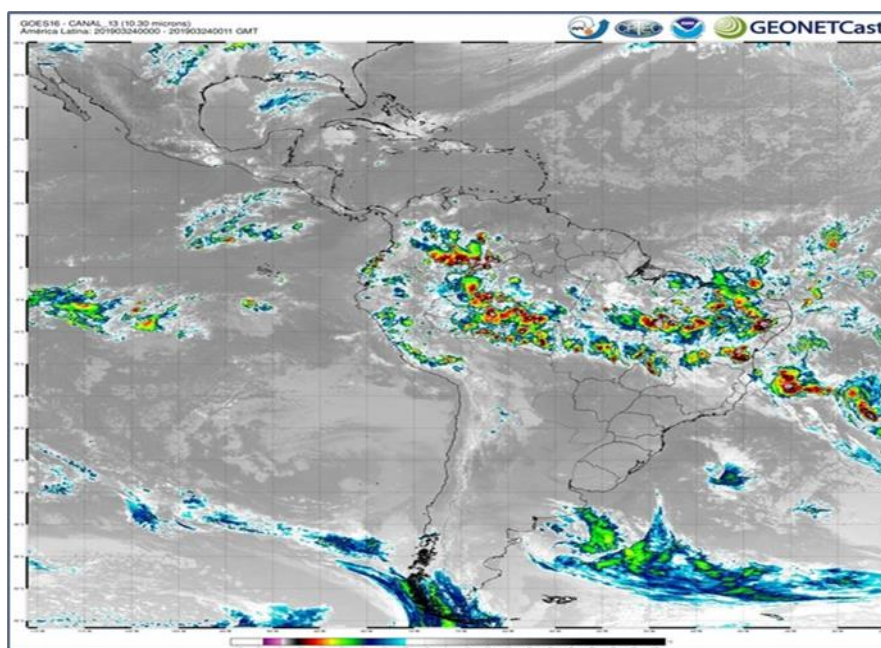
5.3 O EPISÓDIO PLUVIOMÉTRICO DO DIA 24/03/2019 E OS IMPACTOS CAUSADOS NA CIDADE DE SÃO LUÍS

Dentre os anos considerados extremos de chuva nesta pesquisa definidos a partir dos parâmetros dos quantis, selecionou-se para um estudo mais detalhado o evento pluviométrico do dia 24 de março de 2019, que apresentou volume acima 20 mm em 24h, limiar que caracteriza a ocorrência de episódio extremo de chuva. Identificou-se nessa data que o grande volume de chuva registrado no período de 24h, que atingiu a cidade de São Luís, foi causado pela Zona de Convergência Intertropical, que é a principal causa das chuvas no Norte e Nordeste do Brasil.

Ressalta-se que em função de intensas chuvas, foram registrados vários prejuízos à população com a ocorrência de desastre físico em razão da falta de infraestrutura da cidade, fato que gerou grande repercussão por meio da mídia, sendo que as áreas nobres de São Luís também foram afetadas.

A imagem do satélite Goes 16 do dia 24/03/2019 apresentou a identificação das condições meteorológicas para América do Sul, foi possível detectar uma circulação anticiclônica dominando o Brasil central e parte do Norte e do Nordeste do País, que favorece as precipitações (Figura 31).

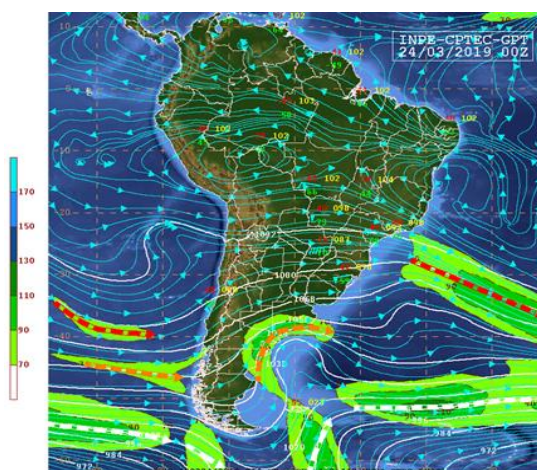
Figura 31 - Imagem de Satélite Goes 16



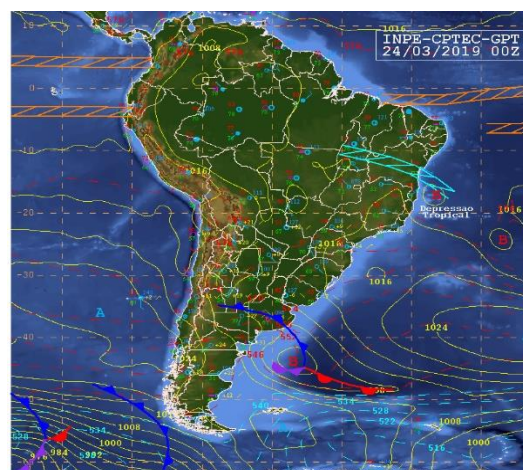
Fonte: INPE/CPETC (2021). Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>.

A Figura 32 apresenta as condições sinóticas regionais, são informações disponibilizadas pelo boletim do INPE/CPTEC, neste encontra-se as condições atmosféricas atuantes no dia 24/03/2019 que originou intensas chuvas em São Luís.

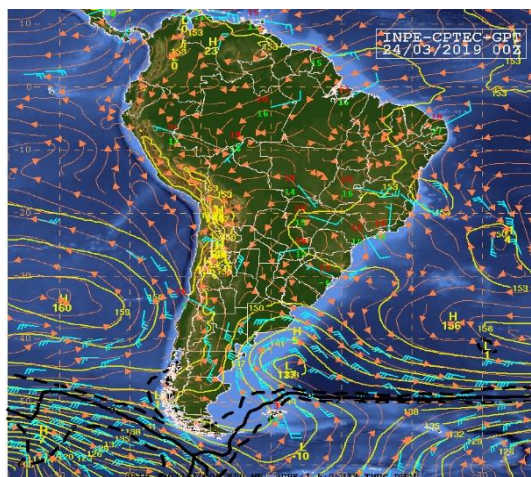
Figura 32 - Condições atmosféricas regional em 24/03/2019



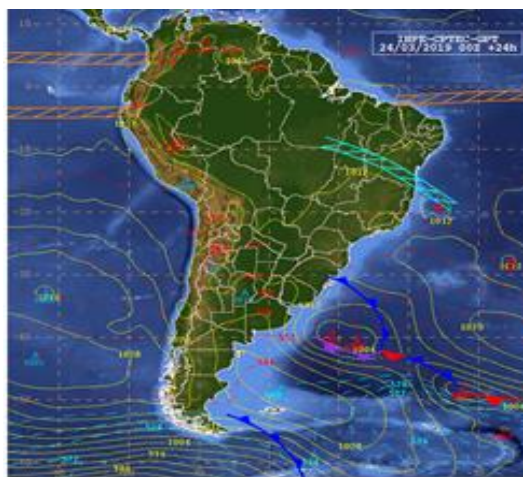
Na análise da carta sinótica de 250 hPa da 00 UTC do dia 24/03, notam-se dois amplos anticiclones, um centrado sobre o leste do Nordeste, que domina o escoamento sobre grande parte do Nordeste e Norte do Brasil e outro centrado sobre o norte da Bolívia.



Na análise da carta sinótica de superfície da 00Z do dia 24/03, observa-se que no Oceano Atlântico a ZCIT atua de forma dupla: uma em torno de 01°N/02°S e outra em torno de 07°S.



Na análise da carta sinótica de 850 hPa da 00 UTC do dia 24/03, nota-se o escoamento do quadrante leste na região Tropical que converge entre o litoral do CE, MA, AP na região de atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).



Previsão desde a madrugada deste domingo (24/03), a ZCIT e o escoamento divergente em altitude continuarão influenciando o tempo no norte do Nordeste e provocará pancadas de chuva fortes também na faixa centro-leste do MA, no PI, CE, RN e na faixa litorânea do PA e AP.

Fonte: INPE/CPETC (2021). Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>
Organizado por Silva-França (2021)

Pode-se perceber que as características das condições sinóticas regionais emitidas pelo do INPE/CPTEC, de fato gerou um evento climático extremo na capital maranhense, o boletim do Climatempo de 24/03/2019 registrou a magnitude desse evento:

São Luís registrou maior chuva em 24h em 48 anos. **Entre 9 horas do sábado, 23 de março, e 9 horas do domingo, 24, choveu 236,2 mm**, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia, que corresponde a 51% da média de chuva normal para todo o mês de março, que é de 462 mm. Mas a maior parte deste volume caiu em parte da madrugada e no começo da manhã do domingo, 24 de março. Nos registros históricos do INMET, estes 236,2 mm foram o maior volume de chuva em 24 horas sobre São Luís em 48 anos, desde 1971. Antes desta chuva extrema, o maior volume de chuva medido em 24 horas desde 1971 era de 210,0 mm entre os dias 5 e 6 de fevereiro de 1980. São Luís teve bastante chuva em fevereiro, quase 437 mm, 36% acima da média. A chuva de março vem sendo regular desde o início do mês, com muitos temporais. Mas depois da tempestade do primeiro final de semana do outono, o total de chuva de março subiu para 627,6 mm, que também já está 36% acima da média de precipitação normal para março que é de 462 mm. Mesmo para São Luís, onde chove muito nesta época do ano, **estes quase 630 mm em 24 dias podem ser considerados excepcionais** e não acontecem com frequência. Março de 2019 já é o sétimo março mais chuvoso na capital do Maranhão desde 1971.
Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/noticia/2019/03/24/chuva-extrema-causa-muitos-prejuizos-em-na-capital-do-maranhao-3386>).

Notou-se que os impactos do episódio de extremo pluvial ocorrido no dia 24/03/2019 provocou sérios problemas à população e virou notícias em vários sites, as consequências foram desabamentos, deslizamentos, inundações e alagamentos, situação que reflete as graves condições socioambientais que existem da cidade, como aumento da ocupação urbana em áreas impróprias, ausência ou deficiência de canais de drenagem urbana e aumento da impermeabilização nas bacias hidrográficas.

Com as notícias veiculadas na mídia pode-se perceber as proporções dos impactos das chuvas, como o noticiado pelo G1 MA: ***“Hospital da Criança, localizado no bairro Alemanha, também sofreu em decorrência das fortes chuvas. O local ficou completamente alagado e os pais e visitantes que estavam no local não conseguiram entrar por causa do alagamento nos corredores do local”***.

Constata-se com essa notícia a situação de perigo que se instalou em um ambiente hospitalar destinado ao atendimento de crianças, local que deveria ser inacessível por esse tipo de impacto, é alarmante, visto que a água ultrapassou os limites das ruas e calçadas e invadiu os corredores do hospital, fato que revela que houve um grande aumento do número de ocorrências de alagamentos e inundações, e surgimento de novas áreas atingidas por esses impactos.

Fica evidente a consequência dessas fortes chuvas e os seus efeitos quando se analisa a dimensão dos riscos em área urbana, que podem, consequentemente, originar desastres, em

diversas proporções e intensidades, principalmente quando se insere as vulnerabilidades socioambientais daqueles que residem em área de risco. A Figura 33 apresenta notícias divulgadas na Mídia Digital com a repercussão e os impactos provocados pela forte chuva do dia 24/03/2019 em São Luís.

Figura 33 - Notícias veiculadas na Mídia Digital sobre a chuva em 24/03/2019 em São Luís



Fonte: Organizado por Silva-França (2021)

5.4 ANÁLISES DOS INDICADORES DE VULNERABILIDADE

Com a análise dos 15 indicadores de vulnerabilidade composto pela dimensão físico-ambiental e socioeconômica foi possível identificar os riscos das áreas de estudo, constatando o quanto as populações residentes nessas áreas são vulneráveis.

Para as 10 áreas de risco estudadas nesta pesquisa são apresentados os dados obtidos por meio dos parâmetros adotados na metodologia, obtendo-se o grau de vulnerabilidade final, os resultados variaram entre alto e muito alto.

Também são apresentados os registros fotográficos e as características encontradas em campo para cada um dos indicadores que compõem as dimensões da vulnerabilidade. Destaca-se ainda as análises de perigo e da suscetibilidade, dados que contribuem no reconhecimento do perfil das áreas de risco e pode auxiliar o município na tomada de decisões quanto às áreas prioritárias de intervenção.

5.4.1 Dimensão físico-ambiental

I. Características das edificações

Este indicador revela o aspecto das edificações de acordo com suas características, compreende os seguintes subindicadores: Tipo de Moradia (alvenaria, madeira/taipa/mista), Piso (cerâmica/cimento, terra batida/outro) e Padrão Construtivo (alto, médio e baixo). Ressalta-se que o material construtivo das edificações é indicador de resistência ou fragilidade.

O resultado das características das edificações encontradas nas áreas em estudo apresenta, em sua maioria, casas de alvenaria, com pisos de cerâmica ou cimento e com baixo padrão construtivo, ou seja, com predomínio de casas pequenas com fragilidades estruturais e sem conservação, o baixo padrão construtivo constitui condição de aumento da vulnerabilidade das populações nos casos de ocorrência de alagamentos e inundações. Na Figura 34 encontram-se as fotos das casas de alvenaria representando o padrão construtivo encontrados nas áreas do Barreto (A.1), Novo Angelim (A.2), Salinas /Sacavém (A.3) e Veranil/Matança (A.4), nas quais podem ser observados os aspectos estruturais e a baixa condição de resiliência frente às consequências de forte chuvas, assim é possível concluir que as características das edificações podem intensificar ou amenizar a situação de vulnerabilidades por ser o ambiente onde reside famílias.

Figura 34 - Casas de alvenaria representando o padrão construtivo



Fonte: Silva-França (2021).

II. Ocorrência de inundação e alagamento

Com esse indicador é possível verificar a ocorrência de inundações ou alagamentos, e conhecer se há incidência de pessoas atingidas por esses fenômenos. Em análise, tal indicador comportou-se da seguinte maneira: em sua totalidade das áreas em estudo, registrou-se que o problema existe, é antigo e periódico. Observou-se que os eventos de inundação e alagamentos, apesar de serem conceituados distintamente na ciência, na prática, as populações costumam não os diferenciar. Foram verificados nas áreas de estudo os seguintes processos atuantes (Tabela 29), que torna evidente a ocorrência dos eventos de inundação e alagamento.

Tabela 29 - Identificação das áreas de estudo e seus processos atuantes

ÁREAS DE RISCO	PROCESSO ATUANTE	DESCRIÇÃO	REGISTROS
Salinas/ Sacavém	Alagamento	Áreas de brejo, que se encontram constantemente saturadas com os níveis de água aflorantes, a seta indica com uma das nascente aflorante. Em períodos de elevadas precipitações, por causa da saturação natural, as águas não conseguem escoar ou infiltrar no solo, provocando os alagamentos.	
Veranil/ Matança	Inundação	Área localizada ao longo do rio Anil, a planície de inundação ao longo do leito do rio, encontra-se ocupada por casas, em alguns pontos estas habitações se encontram dentro do canal de inundação.	
Ivar Saldanha	Inundação	Essa área apresenta moradias situadas na planície de inundação de um afluente do Rio Anil. Com as fortes chuvas o rio transborda atingindo os moradores, com a situação de inundação, vemos a moradora mostrando o ponto que teve que elevar o batente da casa e os canos colocados para escoar a água.	

Jardim São Cristóvão	Inundação	Área com habitações construídas na planície de inundação do Rio Paciência, com grande carga de assoreamento, vegetação secundária nas margens, e com muitos resíduos lançados no leito do rio, e com as fortes chuvas a água invade as casas. A foto apresenta o canal que foi limpo pela prefeitura.	
Barreto	Inundação	A área apresenta moradias situadas na planície de inundação de um afluente do Rio, o canal fluvial e a vegetação ciliar estão muito impactados em razão do lixo lançado no rio, assim como efluentes <i>in natura</i> , pois não há esgotamento sanitário na área.	
Cidade Olímpica	Inundação	Área formada por planície de inundação de vários córregos que ao longo dos anos foram aterrados para dar lugar a uma grande quantidade de moradias, com as fortes chuvas, a água invade as casas, conforme evidenciado na foto por meio da mancha d'água na parte interna da residência.	
Vila Socó	Inundação	Essa área apresenta moradias situadas na planície de inundação de um córrego, afluente do Rio Anil. Durante a chuva, as águas do córrego extrapolam o leito e atingem as moradias.	

Vila Marinho	Inundação	Área de inundação com casas de alvenaria, madeira e mista construídas sobre aterro na planície de inundação de um córrego afluente de um Rio não identificado. As inundações ocorrem nos períodos de intensas chuvas, e são atingidos pela grande quantidade de água vinda de áreas localizadas em ponto mais elevado do Cohafuma.	
José Reinaldo Tavares	Inundação	Área de inundação por causa do transbordamento do córrego, que nos períodos de chuvas intensas eleva seu nível atingindo as moradias.	
Novo Angelim	Inundação	Casas construídas ao longo da planície de inundação do rio Anil. A área apresenta descarte incorreto do lixo e esgoto doméstico é lançado, diretamente, no córrego. Com as fortes chuvas, a água invade as moradias.	

Fonte: Elaborado por Silva-França (2021), baseado em CPRM (2017).

III. Danos nas edificações

Neste indicador são observados aspectos relacionados a danos nas edificações, como fissuras, rachaduras ou rebaixamento do piso, que demonstram os impactos nas estruturas.

Analisando danos nas edificações nas áreas em estudo, constatou-se que a Vila Socó, Jardim São Cristóvão e Salinas/Sacavém apresentam moradias com estruturas comprometidas, provocadas pela força dos eventos de inundações (Figura 35).

Figura 35 - Registros de danos nas edificações



Fonte: Silva-França (2021)

A foto da Vila Socó (C.1) apresenta rachadura profunda na estrutura da casa; e na foto do Jardim São Cristóvão (C.2) também encontramos rachaduras, rebaixamento da calçada e pode-se observar que a residência apresenta inclinação.

Fica evidente que todos esses danos, relatados pelos moradores, foram provocados pela ação constante das inundações. Portanto, observa-se que a presença de danos nas edificações aumenta, profundamente, as vulnerabilidades em que se encontram essas comunidades, e por essas famílias apresentarem baixo poder aquisitivo, entende-se que há dificuldade de recuperação dos danos, e consequentemente, esses moradores tendem a permanecer nessas casas.

IV. *Obras de contenção*

Este indicador é relevante na aceleração do escoamento de água das chuvas, como a existência de canalização e obras correlatas. A presença de obras de contenção visa mitigar os danos e reduzir a frequência das inundações, alagamentos e enchentes.

A análise dos resultados revelou que existem obras de contenção nas seguintes áreas de estudo: Novo Angelim, Vila Socó, Barreto e Residencial José Reinaldo Tavares. Nessas áreas foi identificado que as obras de contenção foram construídas por iniciativas dos moradores, com a finalidade de conter os efeitos das chuvas mais intensas. As obras de contenção dessas áreas não tiveram o suporte técnico de profissional de engenharia, sendo construídas por meio da contribuição dos moradores, e em alguns casos com doação de material por vereadores do

município, mas sempre executadas em sistemas de mutirão durante os finais de semana. Dessa forma, essas áreas continuam vulneráveis aos efeitos das fortes chuvas conforme pode ser visto na Figura 36.

Figura 36 - Obras de contenção feitas pelos moradores



Fonte: Silva-França (2021).

No Novo Angelim, as fotos D.I e D.2 evidenciam a obra de contenção que tem sido realizada pelos moradores, está localizada em toda extensão da rua 2ª Travessa da Avenida Dois. Os moradores relatam que essa obra tem amenizado os efeitos das inundações, com a diminuição do nível da água na área, dessa forma comprova que é imprescindível a execução de obras de contenção com adequação técnica do profissional habilitado para esse tipo de ação com a finalidade de sanar totalmente o problema.

Na vila Socó, as fotos D.3 e D.4 apresenta situação ainda mais crítica, sendo que com o intuito de conter o avanço das águas da chuva, utilizam pneus, pedaços de ferro e pedras, sem nenhuma estrutura de material apropriado para obra de contenção, os moradores revelam que foi a forma que encontraram para conter a água e a erosão do solo que avançam em direção às residências, relataram também a preocupação com o poste de luz elétrica (foto D.4) que está instável se tornando mais uma ameaça aos moradores.

V. *Lixo em logradouro, terrenos baldios, rio ou córregos*

Este indicador avalia a presença de lixo em vias públicas, terrenos baldios, rio ou córregos, acarretando grandes problemas, pois quando chove, o lixo, que não é recolhido ou que é descartado, incorretamente, em locais inadequados, acaba sendo carregado pelas águas e obstruem galerias, rios e córregos, dificultando a passagem da água da chuva, além de representar uma grande ameaça à saúde com proliferação de doenças e ainda acarreta problemas ambientais, como a poluição dos corpos hídricos ou lençóis freáticos.

Na análise desse indicador, identificou-se que todas as áreas em estudo possuem grande quantidade de resíduos acumulados em ruas, rios ou córregos, situação que favorece os alagamentos e inundações. Essas comunidades necessitam ser sensibilizadas a respeito do seu papel para redução dos impactos sobre o ambiente.

Sendo assim, o acúmulo de lixo em locais indevidos é um problema que deve ser levado em consideração na identificação de vulnerabilidades ambientais pelas suas implicações na saúde das pessoas e no ambiente.

Em bairro da Cidade Olímpica (E.1) e Salinas/Sacavém (E.2), a situação de descarte de resíduos e rejeitos de forma inadequada se mostra explícita (Figura 37). Então, o descarte incorreto de lixo colabora com a ocorrência de alagamentos e inundações nessas áreas, visto que os resíduos sólidos descartados em vias públicas e em cursos d'água (canais, córregos, rios) impedem o escoamento rápido das águas pluviais. Com isso, é responsabilidade conjunta de moradores e prefeitura evitar o acúmulo de lixo em locais inadequados.

Figura 37 - Resíduos descartados de forma irregular



Fonte: Silva-França (2021)

VI. *Infraestrutura básica*

Este indicador avalia o fornecimento dos serviços públicos essenciais, e estão representados por subindicadores, tais como: malha viária, esgotamento sanitário, rede pluvial, abastecimento de água, coleta de lixo e luz elétrica, que designam os serviços inerente ao ambiente urbano, conforme a Lei nº 6.766/1979, que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano, artigo 2º.

Na análise dos resultados sobre infraestrutura básica constatou-se que algumas áreas nos bairros Novo Angelim, Vila Socó, Vila Marinho, Jardim São Cristóvão e Veranil/Matança, correspondente a 50% das áreas investigadas, não possuem malha viária pavimentada. Ressalta-se que a ausência de pavimentação no logradouro dos domicílios é um fator de vulnerabilidade por gerar transtornos na mobilidade e circulação, principalmente quando atingidos por fortes chuvas, a ausência de malha viária também se torna um fator de vulnerabilidade pelas implicações geradas pela poeira durante o período seco, podendo provocar graves problemas de saúde dos habitantes, especialmente em crianças e idosos.

Os resultados demonstram que em 70% das áreas do estudo, o esgotamento sanitário estava ligado direto no ambiente, sendo estas localizadas nos bairros: Salinas/Sacavém, Novo Angelim, Vila Socó, Vila Marinho, Veranil/Matança, Ivar Saldanha e Barreto. Nas demais áreas, o esgoto é canalizado para fossas sépticas. Verificou-se ainda que a totalidade das áreas em estudo possuíam energia elétrica e o abastecimento de água do domicílio estava vinculado à rede geral de distribuição de água; contudo, nenhuma das áreas em estudo possuía rede pluvial; sendo que no Novo Angelim, Vila Socó e Vila Marinho há um fator agravante por não possuírem coleta de lixo, provavelmente pela limitação de acesso a esses locais. A Figura 38 esboça as precariedades de infraestrutura básica dessas áreas.

Figura 38 - Infraestrutura precárias



Fonte: Silva-França (2021)

Foi identificado infraestrutura bastante precária no Novo Angelim (F.1) com malha viária sem pavimentação e esgotamento sanitário lançado direto no ambiente. Nas áreas visitadas nos bairros Ivar Saldanha (F.2), Barreto (F.3) e Vila Marinho (F.4), a situação é semelhante. Destaca-se que esses cenários facilitam a propagação de doenças, produzem problemas ambientais que impactam o bem-estar das pessoas.

O resultado desse indicador aponta alta vulnerabilidade em que se encontram essas populações, principalmente porque das dez áreas pesquisadas, sete não possuem esgotamento sanitário adequado, situação que traz diversas complicações à saúde dos moradores com disseminação de doenças e contaminação de rios, ressalta-se que a ausência de serviços básicos também aumenta as desigualdades sociais, visto que as pessoas mais impactadas por alagamentos e inundações são as que não possuem infraestrutura básica. Além disso, denuncia a ausência da assistência do gestor público na concretização de infraestruturas urbanas.

Durante a investigação de campo, encontrou-se nas áreas da Cidade Olímpica, Jardim São Cristóvão e próximo à Vila Socó, tubos de concreto (Figura 39), que indica o princípio de instalação de drenagem nessas áreas, porém sendo canalizado diretamente para o rio.

Os moradores Vila Socó (G.1) e Jardim São Cristóvão (G.2), relatam que há tempos os tubos de concretos estão ali e sem conclusão da instalação, situação que prolonga o sofrimento dos moradores, pois o sistema de drenagem tem por objetivo escoar as águas das chuvas para evitar alagamentos e inundações, principalmente nos pontos de relevo mais baixo.

Figura 39 - Obras de drenagem não concluídas



Fonte: Silva-França (2021)

5.4.2 Dimensão socioeconômica

I. Moradores do domicílio

Esse indicador avalia o perfil dos moradores dos domicílios, compreende os seguintes subindicadores: quantidade de moradores do domicílio, idosos, crianças (0 a 10 anos) e portadores de necessidades especiais. Os dados referentes às características dos moradores do domicílio são indispensáveis para a identificação de vulnerabilidades, por ser a família um ambiente que intensifica ou ameniza a condição de fragilidade dos indivíduos.

Na análise da quantidade de moradores do domicílio, estabeleceu-se quatro pessoas por domicílio como padrão, tendo como referência a média de moradores por domicílio 3,3 pessoas segundo o Censo do IBGE (2010), e acima desse quantitativo, as áreas em estudo foram consideradas mais vulneráveis por concentrar um maior número de pessoas em um mesmo ambiente, esse aspecto foi encontrado nas áreas do Novo Angelim e Jardim São Cristóvão em que a maioria dos domicílios possui mais de quatro pessoas. Referente a presença de idosos, nos domicílios investigados, foram representados por 60% das áreas, sendo estas Salinas/Sacavém, Cidade Olímpica, Jardim São Cristóvão, Residencial José Reinaldo Tavares,

Ivar Saldanha e Barreto. Em 100% das áreas, há crianças com idade de 0 a 10 anos. E apenas no Novo Angelim registrou-se dois portadores de necessidades especiais, portanto, essa característica não teve tanta representatividade na análise.

Os resultados relacionados a idosos e crianças (Figura 40) são elevados e expõem a nítida vulnerabilidade social, em função da fragilidade e dependência dos mesmos a outros membros da família, onde teriam pouca capacidade de resposta frente a situações de inundações e alagamentos.

Figura 40 - Idosos e crianças que residem nas áreas em estudo



Fonte: Silva-França (2021)

Nas fotos registradas na Vila Marinho (H.1) e Salinas/Sacavém (H.2), encontramos registro desse cenário significativo da presença de idosos e crianças que pela condição de dependência de outras pessoas, possuem maior nível de fragilidade em situações de emergência. Além disso, as áreas em estudo, o lugar das moradias, geralmente incluíam precariedades e baixo nível socioeconômico, sendo estes também fatores que aumentam a vulnerabilidade dessas populações.

II. Renda domiciliar

Este indicador avalia o somatório da renda individual dos moradores do mesmo domicílio. A renda tem papel preponderante no acesso aos bens de consumo, serviços e qualidade de vida. As informações a respeito desse indicador não foram coletadas em campo por ser uma abordagem impessoal e delicada, portanto considerou-se os dados censitários do IBGE (2010) para a obtenção de informações da caracterização da renda *per capita* de cada uma das áreas estudadas.

Os resultados desse indicador demonstraram que somente o bairro do Jardim São Cristóvão, apresentou faixa de renda acima de dois salários, as demais o equivalente a 90% das áreas de estudo possuem renda familiar de até 1 salário mínimo, situação que revela de forma direta a condição em que os moradores dessas comunidades vivem, de modo geral, as famílias de baixa renda são as que mais sofrem com a falta de acesso a serviços e, muitas vezes, não possuem condições de manutenção e sustentação de suprimentos básicos, fato que aponta para realidade das famílias pobres que, desassistida pelas políticas públicas, se vê impossibilitada de ter as necessidades básicas atendidas, impondo a desigualdade às populações e criam-se situações de vulnerabilidade da família.

III. Capacidade de mobilidade e autonomia

Para este indicador foi avaliado se algum dos membros do domicílio possuía veículo automotivo (carro, moto, caminhão e outros), esse é um relevante indicador que reflete a capacidade de resposta diante de situações de perigo como alagamentos e inundações. Possuir um veículo automotivo está associado à condição de agilidade e autonomia dos indivíduos em casos de acidentes.

Nas análises dos resultados, revelou que apenas no Jardim São Cristóvão a maioria das pessoas possui algum tipo de automotivo, nas demais áreas 90% não possui meios de mobilidade automotiva, tendo a bicicleta o meio dominante de locomoção, esse dado revela o nível de dependência das pessoas para se locomover de forma ágil, estando sujeitos a mais tempo à exposição dos riscos iminentes.

IV. Grau de escolaridade

Este indicador se refere ao tempo de permanência dos alunos no período escolar. A escolaridade é um importante instrumento de inserção social, proporciona oportunidades de melhor condição de emprego e renda. Visto que a educação é um instrumento significativo de sensibilização e conscientização do papel que todo cidadão tem de transformar nossa sociedade a fim de evitar e/ou reduzir impactos negativos provocados pela ação humana.

Os dados sobre escolaridade nas áreas em estudo revelam que o Residencial José Reinaldo Tavares é o único em que a maioria dos entrevistados relatou possuir ensino médio, nas demais áreas correspondentes a 90%, identificaram-se sem escolaridade ou ensino fundamental, sendo essa uma condição assustadora de grupos de indivíduos que estão fragilizados socialmente, que se submetem ao subemprego ou desemprego. O baixo grau

de escolaridade é uma situação excludente e empurra as pessoas para o subemprego e vulnerabilidade social, condição que é superada com programas de acesso à escola e ensino de qualidade com o objetivo de ofertar oportunidades e diminuir as desigualdades.

V. Acesso aos meios de comunicação

Este indicador é uma valiosa ferramenta que propicia a difusão de informações e possibilita a comunicação entre os indivíduos, dessa forma os meios de comunicação se tornaram relevantes ferramentas de alerta, ou seja, possibilitam a propagação antecipada de informação na prevenção sobre uma situação em que o perigo ou risco é previsível a curto prazo, a exemplo de fortes chuvas. Para esse indicador, foi avaliado quais meios de comunicação (televisão, rádio, celular e/ou internet) os membros do domicílio têm acesso.

A análise dos resultados demonstrou que nas áreas estudadas a televisão e o celular são os principais meio de comunicação, sendo que as comunidades Salinas/Sacavém, Vila Socó, Vila Marinho, Veranil/Matança e Barreto, o equivalente a 50% das áreas em estudo, não possuem acesso à internet. Identificou-se ainda que o rádio é o meio de comunicação de uso menos frequente e, portanto, para análise desse aparelho não teve representatividade. Desse modo, destaca-se que os meios de comunicação constituem importante aliado da gestão de risco, sendo necessário conhecer o meio de comunicação mais abrangente em caso da necessidade de alerta de perigo.

VI. Tipo de ocupação urbana

Este indicador está relacionado à forma de ocupação urbana, sendo considerado na avaliação o tipo da ocupação, ordenada ou desordenada. A ocupação ordenada está associada ao planejamento com a finalidade de melhorar a qualidade de vida e proporciona melhor distribuição de serviços. A ocupação urbana desordenada geralmente, encontra-se em áreas, naturalmente, de riscos à habitação humana, sendo uma das principais causas a falta de política habitacional eficaz.

Sobre o resultado da caracterização do tipo de ocupação urbana, tem-se o bairro do Jardim São Cristóvão como a única área em estudo com perfil de ocupação ordenada, este possui planta urbana do loteamento na prefeitura com a divisão dos lotes destinados à edificação, com padrão na abertura de vias de circulação para os logradouros públicos. Nas demais áreas, o equivalente a 90%, é identificado o aspecto de ocupação desordenada, com vias

estreitas, estruturas precárias, onde estão indivíduos ou grupos com baixa renda, que, geralmente, são rotulados de populações periféricas, favelados.

Essas áreas se inserem no contexto de discriminação social. Também se observou que são locais mais expostos aos riscos sociais, tais como a violência, a criminalidade e o desemprego.

A ocupação desordenada é uma realidade, cada vez mais, preocupante no Brasil, segundo o Relatório do Programa Habitat, órgão ligado à ONU, revela que 52,3 milhões de brasileiros, cerca de 28% da população, vivem nas 16.433 favelas cadastradas no país, contingente que chegará a 55 milhões de pessoas em 2020 (ONU-Habitat, 2020).

Destaca-se que o Plano Diretor do Município de São Luís enquanto principal instrumento normativo e orientador da política de desenvolvimento urbano e rural, estabelece no seu artigo 33 as macrozonas urbanas, estas têm objetivo de determinar as diferentes políticas de intervenção no solo urbano, ou seja, o dever de agir para orientar o uso e ordenamento do solo urbano. Conforme Plano Diretor de 2006, foram estabelecidas as seguintes macrozonas:

- I - Macrozona de Requalificação Urbana;
- II - Macrozona Consolidada;
- III - Macrozona em Consolidação - 1;
- IV - Macrozona em Consolidação - 2;
- V - Macrozona de Qualificação.

As áreas de estudo estão enquadradas na Macrozona de Qualificação, onde segundo o Plano Diretor apresenta as seguintes características:

É composta por áreas habitadas, predominantemente, por população de baixa renda e baixo nível de escolaridade, com grande concentração de assentamentos espontâneos, que apresentam infraestrutura básica incompleta e deficiência de equipamentos e serviços urbanos, necessitando de investimentos públicos para fins de regularização fundiária, implantação de programas de habitação popular e equipamentos públicos que melhorem o padrão de qualidade de vida dos moradores. (Lei nº 4.669/06, SEÇÃO III, art. 38).

Portanto, com a caracterização do perfil do Macrozoneamento da cidade, o gestor municipal tem conhecimento dos problemas e condições de intervir nessas áreas, tendo em vista cumprir o papel social da cidade, conforme definido com a aprovação do Plano Diretor de São Luís:

Assegurar a plena realização dos direitos de todos os cidadãos à moradia digna, aos serviços públicos de saneamento ambiental, infraestrutura, transporte, educação, saúde, cultura, esporte, lazer, trabalho, segurança, acessibilidade e mobilidade,

informação, participação e decisão no processo de planejamento territorial municipal. (Lei nº 4.669/06, Capítulo I, do art. 2º, I).

Assim, o Plano Diretor revela questões que requerem a devida importância no ato de planejar a cidade, que deve incidir, diretamente, sobre a qualidade de vida das pessoas e diminuir as desigualdades sociais.

Dessa forma, as características do tipo de ocupação urbana indicam como o planejamento da cidade com sua abrangência social e ambiental estão sendo incorporadas ao cotidiano das pessoas. A Figura 41 demonstra as características da ocupação urbana no Barreto (I.1), Cidade Olímpica (I.2), Residencial José Reinaldo Tavares (I.3) e Vila Marinho (I.4), são áreas que apresentam inúmeras carências, onde vive uma parcela de cidadãos que necessita da intervenção dos gestores públicos, para que essas áreas sejam contempladas com infraestruturas básicas, como uma ponte, que assegure condições de locomoção.

Situação que foi relatada na pesquisa de campo, um morador ainda que tendo poucos recursos construiu uma ponte de madeira que beneficiou a comunidade do Residencial José Reinaldo Tavares (I.3). Dona Maria Aparecida relata: *“Essa ponte foi feita pelo padeiro, não dava mais de passar por aqui, nem ele conseguia passar pra vender o pão e nem a gente podia chegar lá, e quando chove fica mais difícil, a água enche isso aqui tudo, até derrubou o muro da minha casa.”*

Figura 41 - Características do ordenamento urbano das áreas de estudo



Fonte: Silva-França (2021)

Portanto, para enfrentar problemas sociais e ambientais como os alagamentos e inundações na cidade, os gestores públicos municipais precisam adotar medidas que favoreçam o planejamento integrado e proporcione a ocupação ordenada do espaço urbano.

VII. Estrutura de suporte

Este indicador avalia a identificação da percepção dos entrevistados sobre as estruturas de apoio capazes de servir de abrigo ou alojar pessoas em caso de inundação e alagamentos, tais como: escolas, igrejas, postos de saúde e outros.

Na análise das estruturas de suporte, constatou-se que no Novo Angelim, Vila Socó, Cidade Olímpica, Residencial José Reinaldo Tavares e Ivar Saldanha, que corresponde a 50% das áreas em estudo, não identificaram estrutura de suporte presente na comunidade, sendo que os outros 50% das áreas em estudo identificaram, de forma geral, as igrejas como estrutura de suporte em caso de algum desastre, sendo que em algumas das áreas como a Vila Socó, a igreja também é atingida por inundações ocorridas na comunidade (Figura 42).

Este dado revela o quanto os indivíduos não possuem percepção dos riscos e abrangência dos mesmos em estruturas próximas. A percepção é um fator que precisa ser levado em consideração, portanto, é importante que estruturas de suporte sejam identificadas e registradas no processo de tomada de decisão por gestores públicos na sensibilização e conscientização de populações em áreas de risco.

Figura 42 - Igreja apontada como estrutura de suporte na Vila Marinho



Fonte: Silva-França (2021)

A falta de percepção pelos moradores dos riscos inerentes a essas áreas é evidente também na comunidade do Veranil/Matança, onde as famílias estão cadastradas para receber os benefícios dos programas sociais, a exemplo programa habitacional Minha Casa, Minha Vida, no CRAS Anil - Centro de Referência de Assistência Social, que tem objetivo de fornecer apoio e proteção assistencial a pessoas que residem em áreas consideradas de vulnerabilidade social. Entretanto, os moradores do Veranil/Matança se recusam a sair da área de risco, mesmo com as frequentes inundações por considerar o local calmo. Embora sejam fatos conhecidos, os casos de roubos e tráfico nesta área.

Nessa perspectiva, Dona Joana relata: *“moro aqui eu e meu marido idoso e não penso em sair daqui não, é um lugar tranquilo e bom para se viver, não tem barulho, o único problema é água que invade as casas, já perdi algumas coisas por causa da água que subiu até aqui...”*

VIII. Organização e liderança comunitária

Este indicador avalia a existência de uma liderança atuante na comunidade, contribuindo para fortalecer a participação comunitária, fundamental para os processos de mudanças a favor de grupos desfavorecidos na sociedade.

Os resultados encontrados revelam que somente a comunidade do Barreto possui uma liderança organizada e atuante, que realiza trabalho de articulação para obtenção de benefícios como consultas médicas e cestas básicas. Tem contato com instituições no objetivo de atender às demandas provenientes das carências de assistência à comunidade. Seu Gilmar é a liderança comunitária do Barreto, representante da União dos Moradores (Figura 43), que demonstrou ser muito próximo das pessoas e ter conhecimento de todas as fragilidades e necessidades da comunidade, e se dispôs a nos acompanhar durante a realização do trabalho de campo, não porque estávamos em uma das áreas considerada mais perigosa na cidade, mas principalmente com o objetivo de contribuir para tornar conhecidas as necessidades da comunidade e atenuar as condições locais, seu Gilmar relata que: *“as pessoas tem medo do Barreto, mas a comunidade é bem diferente do que falam por aí, só precisamos de ajuda, precisamos dum posto de saúde...”*

As demais áreas como Ivar Saldanha, Vila Socó e Salinas/Sacavém, informaram sobre a existência de uma liderança comunitária, mas por não ser considerada atuante e não ajudar a comunidade, foi identificada como uma liderança com interesses políticos, que não está de fato engajada com os problemas sociais da comunidade.

Dessa forma, a existência de liderança comunitária organizada é um importante facilitador no reconhecimento da área e na instrução de indivíduos ou grupos em situação de risco.

Figura 43 - Representante da União dos Moradores do Barreto acompanhando o trabalho de campo



Fonte: Defesa Civil Municipal (2021)

IX. Treinamento de moradores

Este indicador é um relevante mecanismo que avalia a oferta de treinamento realizado por Bombeiros ou Defesa Civil a alguém da comunidade com objetivo de orientar o enfrentamento em situação de risco e desastre.

Na análise dos resultados, constatou-se que nenhuma das áreas de estudo informou ter recebido treinamento para enfrentar situações de risco. Assim, as pessoas desconhecem as informações de como agir, evitar ou amenizar as consequências em caso de serem atingidos por acidentes, esse dado revela a ausência de iniciativas de prevenção a riscos e reflete no aumento da vulnerabilidade pela dependência dos que residem em áreas de risco.

Os Quadros 5 e 6 apresentam o grau de vulnerabilidade obtidos na análise dos indicadores de vulnerabilidade na dimensão físico-ambiental e socioeconômica nas áreas em estudo.

Quadro 5 - Grau de vulnerabilidade da dimensão físico-ambiental

ORDEM	BAIRROS	GRAU DE VULNERABILIDADE FÍSICO-AMBIENTAL	
1º	Vila Socó	1,25	Médio
	Veranil/Matança	1,25	
	Vila Marinho	1,25	
2º	Salinas/Sacavém	1,15	Médio
3º	Novo Angelim	1,05	Médio
4º	Barreto	0,95	Médio
	Ivar Saldanha	0,95	
	Jardim São Cristóvão	0,95	
5º	Cidade Olímpica	0,80	Médio
6º	Residencial José Reinaldo Tavares	0,60	Baixo

Fonte: Elaborado por Silva-França (2021)

Quadro 6 - Grau de vulnerabilidade da dimensão socioeconômica

ORDEM	BAIRROS	GRAU DE VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA	
1º	Veranil/Matança	1,22	Médio
2º	Vila Marinho	1,15	Médio
	Vila Socó		
	Novo Angelim		
	Ivar Saldanha		
3º	Barreto	1,14	Médio
4º	Cidade Olímpica	1,07	Médio
	Salinas/Sacavém		
5º	Residencial José Reinaldo Tavares	1,00	Médio
6º	Jardim São Cristóvão	0,83	Médio

Fonte: Elaborado por Silva-França (2021)

5.4.3 Grau de Vulnerabilidade Final

Ressalta-se que a situação de vulnerabilidade caracteriza uma condição de fragilidade de indivíduos ou grupo de pessoas que estão sujeitos por conta de determinados fatores, segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico-OCDE (2009), a vulnerabilidade pode ser definida com a insuficiência de capital por indivíduos ou por famílias, desde que sejam consideradas as diferentes formas de capital (capital material, capital financeiro, capital humano, capital social).

Para o presente estudo foram analisados 15 indicadores de vulnerabilidade, seis referentes à dimensão físico-ambiental e nove indicadores socioeconômicos, tendo sido atribuído seus respectivos pesos e adotado parâmetros para cada indicador, atribuindo peso de -1 ou 0 para cada indicador de vulnerabilidade avaliada. Portanto, para obtenção do grau de vulnerabilidade final, este foi determinado pela soma dos resultados obtidos para cada dimensão.

Assim, com a análise das vulnerabilidades foi possível conhecer o perfil das áreas em estudo e classificá-los em 1 (baixo), 2 (médio), 3 (alto), 4 (muito alto), conforme metodologia adotada. A Tabela 30 e a Figura 44 apresentam o grau de vulnerabilidade final encontrado para cada uma das áreas avaliadas.

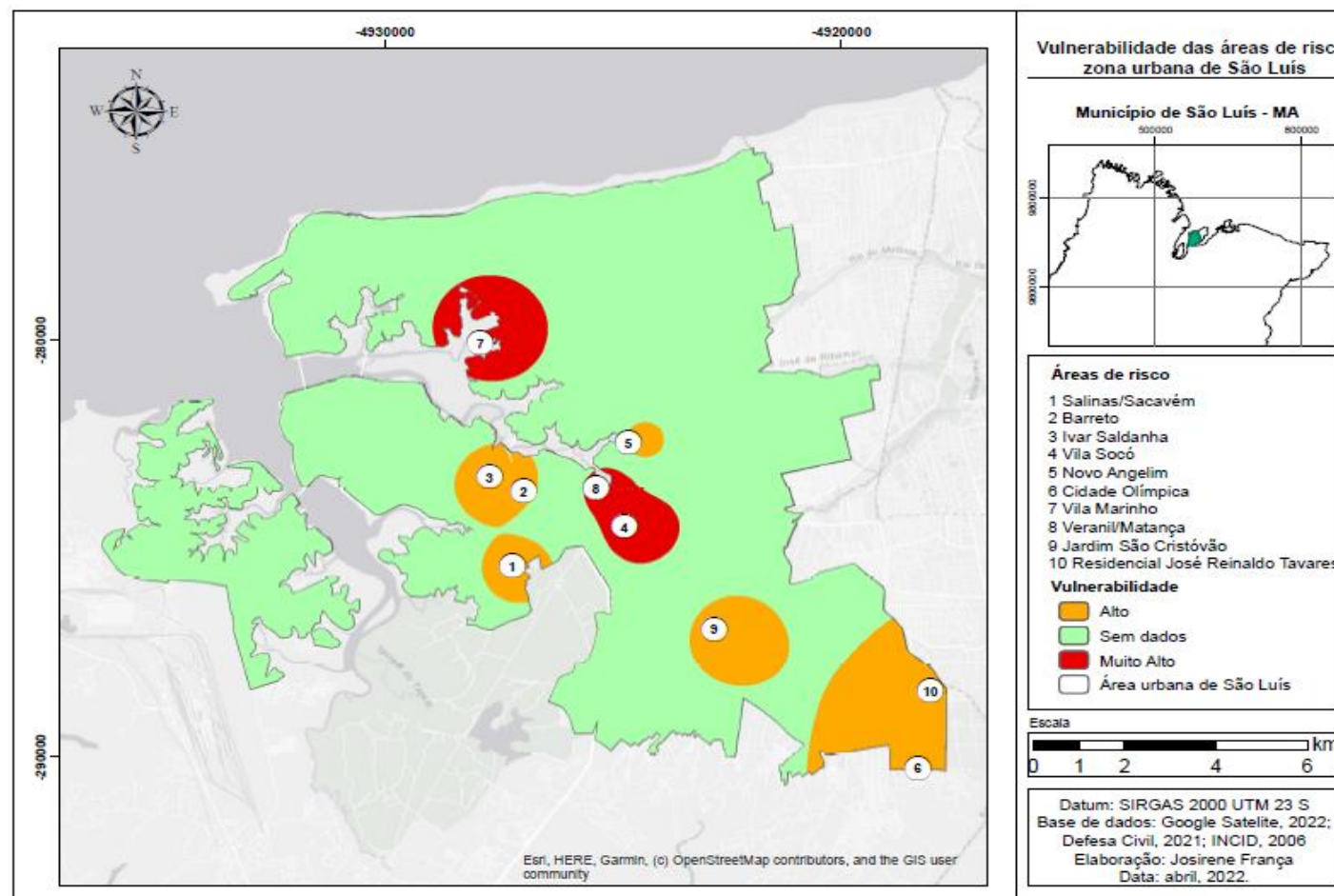
Tabela 30 - Classificação do grau de vulnerabilidade das áreas de estudo

Áreas de risco	Nível	Grau de vulnerabilidade
Veranil/Matança	4	Muito Alto
Vila Socó		
Vila Marinho		
Salinas/Sacavém	3	Alto
Novo Angelim	3	Alto
Barreto	3	Alto
Ivar Saldanha	3	Alto
Cidade Olímpica	3	Alto
Jardim São Cristóvão	3	Alto
Residencial José Reinaldo Tavares	3	Alto

Fonte: Elaborado por Silva-França (2021)

Portanto, identificou-se três áreas com grau muito alto de vulnerabilidade e sete áreas apresentam grau alto, dessa forma é inegável a condição de fragilidade em que se encontra essa parcela da população, e expõe a desigualdade socioespacial nos espaços urbanos em São Luís, e o quanto essas áreas estão associadas à condição de vida dessas pessoas. Dessa forma, é necessário dar visibilidade as populações vulneráveis, com o objetivo de incorporar análise de vulnerabilidade social na mitigação de riscos.

Figura 44 - Mapa de vulnerabilidade das áreas de risco



Fonte: Organizado por Silva-França (2022).

5.4.4 Análise do grau de perigo

Nesta dissertação evidencia-se a necessidade da análise dos riscos hidrometeorológicos em área urbana do município de São Luís, associados às vulnerabilidades, ao perigo e às suscetibilidades das populações em áreas de risco, desse modo, adotou-se a análise de interrelação abrangendo as condições socioeconômicas (vulnerabilidades) e físicas (suscetibilidades), conforme empregado por (MONTEIRO, 1991; KOBİYANA et al., 2006; MARCELINO, 2008; TOMINAGA, 2009; KOBİYAMA, MONTEIRO, 2016; GOUDARD 2019, BUFFON, 2020).

A determinação do grau de perigo de acordo com a metodologia ocorreu por meio da medição da altura máxima d'água da chuva atingida nas áreas em estudo, que estão apresentadas na Tabela 16.

A partir da análise dos resultados obtidos, foi identificado o grau de perigo alto no Ivar Saldanha, Veranil/Matança, Novo Angelim, Vila Marinho e Vila Socó, que corresponde a 50% das áreas estudadas. Nessas áreas, a altura da mancha d'água alcançada nas edificações, conforme indicação dos moradores, é de $(1,0 \leq 1,5)$, situação que causa preocupação e prejuízo à população que, frequentemente, têm suas casas invadidas pela água das chuvas, e que por apresentar menor condição de enfrentamento dessa realidade, pelo baixo nível das condições sociais e econômicas tornam-se, totalmente, dependentes da intervenção do poder público na proteção da sua integralidade física diante do constante perigo iminente dessas áreas.

Quadro 7 - Grau de perigo das áreas de estudo

Áreas de risco	Grau de perigo	
	Alto	Médio
	Ivar Saldanha	Salinas/Sacavém
	Veranil/Matança	Cidade Olímpica
	Novo Angelim	Jardim São Cristóvão
	Vila Marinho	Barreto
	Vila Socó	Residencial José Renildo Tavares

Fonte: Elaborado por Silva-França (2021).

Nas áreas identificadas com grau de perigo médio, a altura da água alcançada nas edificações tem sido de $(0,5 < 1,0)$, considera-se que esse nível da altura da água também acentua o fator de perigo para as pessoas, visto que as condições de vulnerabilidade influenciam na capacidade de resposta diante desse cenário, portanto também requer atenção dos gestores públicos na tomada de decisão que contemple a necessidade de segurança das populações perante a um mesmo perigo.

No estudo não foram obtidos valores baixos e muito alto para análise do perigo conforme metodologia aplicada. Na Figura 45, estão os registros da medição da mancha d'água na área do Jardim São Cristóvão (J.1) e Ivar Saldanha (J.2).

Figura 45 - Medição da altura de água máxima alcançada na área/edificações



Fonte: Silva-França (2021)

Destaca-se que para compor a análise de perigo buscou-se coletar informações sobre a presença de rios ou córregos nas áreas em estudo e a distância dos mesmos as moradias, e também o estado da intervenção antrópica dos cursos d'água.

Realizou-se em todas as áreas de estudo medições da distância entre as casas e Rios/Córregos, e verificou-se que em média estão entre 3m a 10m de distância. Na Figura 46 estão os registros da medição no Ivar Saldanha (B.1) e Novo Angelim (B.2).

Constatou-se que em todas as áreas em estudo há a presença de cursos d'água, em sua maioria rios que apresentam alto nível de impacto, com obstruções pela grande quantidade de lixo acumulado e esgoto doméstico lançado direto nos rios ou córregos, pela ausência de saneamento básico.

Nessa situação, as populações que residem nessas áreas enfrentam elevada situação de insegurança durante eventos precipitação pluvial, estando altamente expostos pela proximidade das casas a curso d'água.

Figura 46 - Medições das distâncias das residências aos corpos hídricos realizadas nas áreas de estudo



Fonte: Silva-França (2021)

Portanto, destaca-se que a chuva, em especial os eventos extremos pluviométricos podem ter potencial para deflagrar desastres nas áreas identificadas com grau de perigo alto, que não aconteceria caso não estivessem ocupando áreas impróprias a ocupação humana.

Observa-se que a proximidade das construções ao curso fluvial, deve ser orientada pelo disposto na legislação brasileira, em especial a Lei nº 12.651/2012, do Código Florestal Brasileiro, e a Lei Federal nº 6.766/1979, que estabelece normas sobre o Parcelamento do Solo Urbano.

Segundo a legislação, há limites estabelecidos para ocupação e construção de áreas edificadas próximas aos cursos d'água naturais, perenes e intermitentes, que são considerados Áreas de Preservação Permanente (APP), logo a distância permitida pelo Código Florestal às margens dos cursos d'água variam entre 30 metros e 500 metros, dependendo da largura de cada curso d'água, contados a partir do leito maior. Também devem ser mantidas APPs em um raio de 50 metros ao redor das nascentes e “olhos d'água”, ainda que sequem em alguns períodos do ano.

A Lei nº 6.766/1979, determina que, em áreas urbanas, as faixas marginais de qualquer curso d'água natural que delimitam as áreas de passagem de inundação terão sua largura determinada, estabelecendo que ao longo de águas correntes será obrigado a reserva de uma faixa “*non aedificanti*” de 15 (quinze) metros de cada lado de área não edificada, sem prejuízo dos limites estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro.

Dessa forma, é necessário criar ações que protejam os indivíduos e impeçam as ocupações de áreas impróprias à ocupação humana, principalmente porque foi observado que

muitos moradores não percebem a existência dos perigos, a situação de eventos de inundação e alagamento, que conseqüentemente possuem como principal complicação a saúde dos moradores e os danos materiais.

5.5 MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE AOS EPISÓDIOS PLUVIAIS

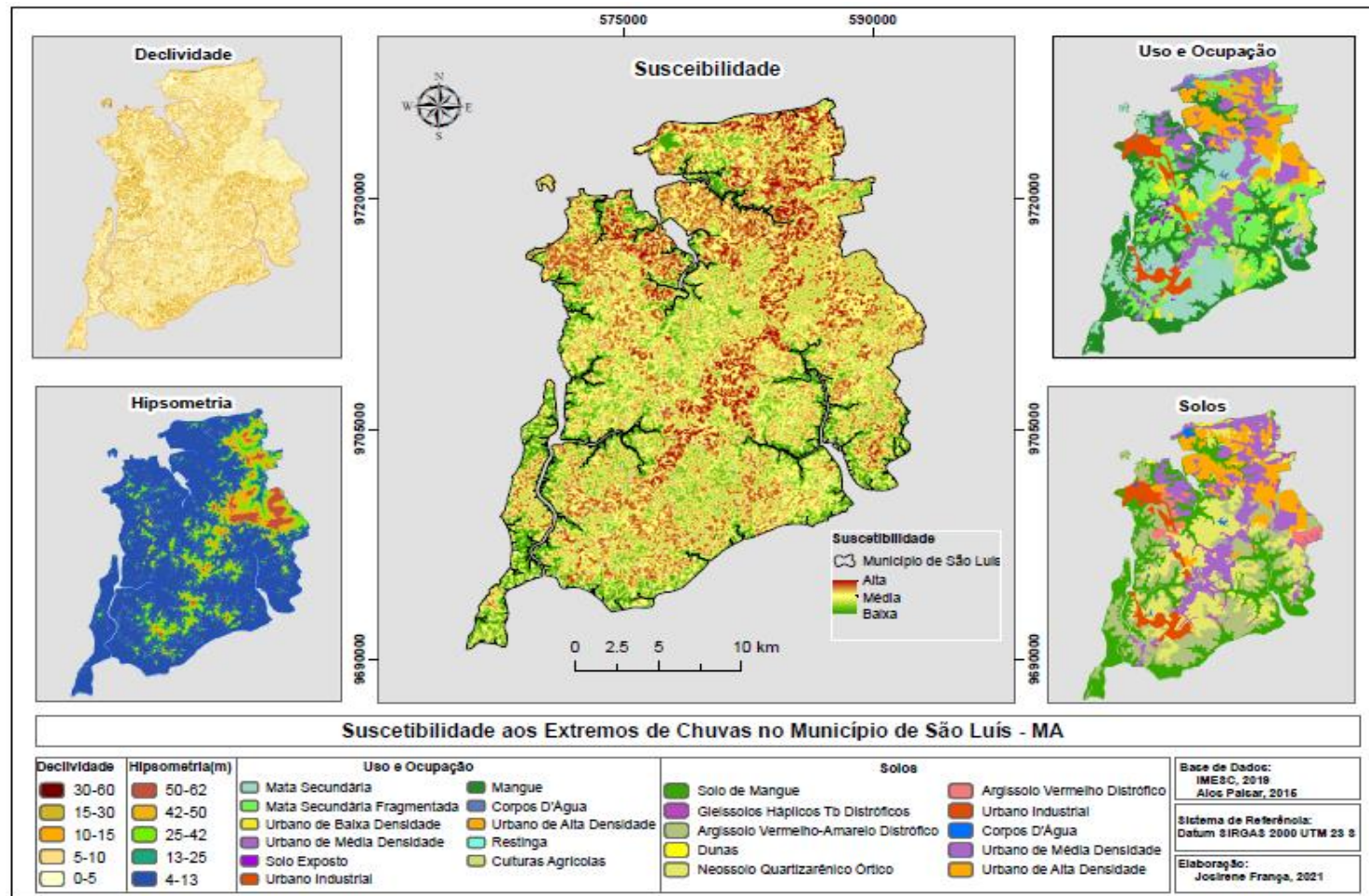
Na análise do cenário de suscetibilidade aos episódios pluviais, coloca-se em evidência o pressuposto da presente dissertação sobre riscos hidrometeorológicos em área urbana do município de São Luís, em que o risco se expressa por meio da relação entre três dimensões: vulnerabilidade, perigo e suscetibilidade, dessa forma o mapeamento aponta para os aspectos ligados à suscetibilidade dos lugares, nos quais estão pessoas em situação de vulnerabilidade.

Nesse sentido, nesta pesquisa o estudo da suscetibilidade estabelece uma interface entre vulnerabilidade e perigo, com o propósito de destacar os riscos híbridos presentes nas áreas em estudo, assim como destaca Mendonça (2021), na perspectiva socioambiental os riscos híbridos apelam para a necessária compreensão dos riscos como fenômenos multifacetados, mesmo tendo um fenômeno concebido como desencadeador da ameaça na natureza ou na tecnologia, este somente se torna um risco se impactar as sociedades humanas.

Portanto, no que se refere à avaliação da suscetibilidade, esta ocorreu conforme apresentado na metodologia a partir da álgebra de mapas e análise multicritério dos atributos de hipsometria, declividade, tipos de solo e uso da terra no espaço urbano, assim os aspectos relacionados à suscetibilidade advêm das características do meio físico e da forma como é impactado seja por processos naturais ou antrópicos, refletindo seu comportamento diante das precipitações pluviais.

Para o mapeamento da suscetibilidade apresentado na Figura 47, foi realizada com a representação da hipsometria de modo conjugado à declividade que permitiu verificar que no município predominam as menores altitudes (4 – 13 m) e menor declividade (0 – 5%), essa característica pode favorecer a suscetibilidade à inundação urbana e ao acúmulo de água, visto que as inundações não ocorrem em relevos muito acidentados, pois com as fortes chuvas a água dá vazão rápida e não forma espraçamento. Observou-se também, que as áreas de menor declividade se concentram em área urbana com predomínio das edificações e, portanto, com maior demanda de drenagem pluvial, que na ausência ou funcionamento precário desse sistema de manejo, a água das chuvas não é canalizada de forma mais eficiente de volta aos corpos hídricos e provocam alagamentos que atingem vários pontos da cidade.

Figura 47 - Mapa de suscetibilidade do município de São Luís - MA



Fonte: Organizado por Silva-França (2021).

A partir da análise dos tipos de solo do município, foi possível observar a presença predominante dos Argissolos Vermelhos de textura argilosa identificados em áreas menos declivosas, esse tipo do solo favorece o acúmulo de água em superfície, em decorrência da menor capacidade de infiltração, nota-se também a presença dos Gleissolos Háplicos Distróficos que são formados em condições de saturação com água, também estão presentes no relevo mais planos e em áreas de várzeas inundáveis.

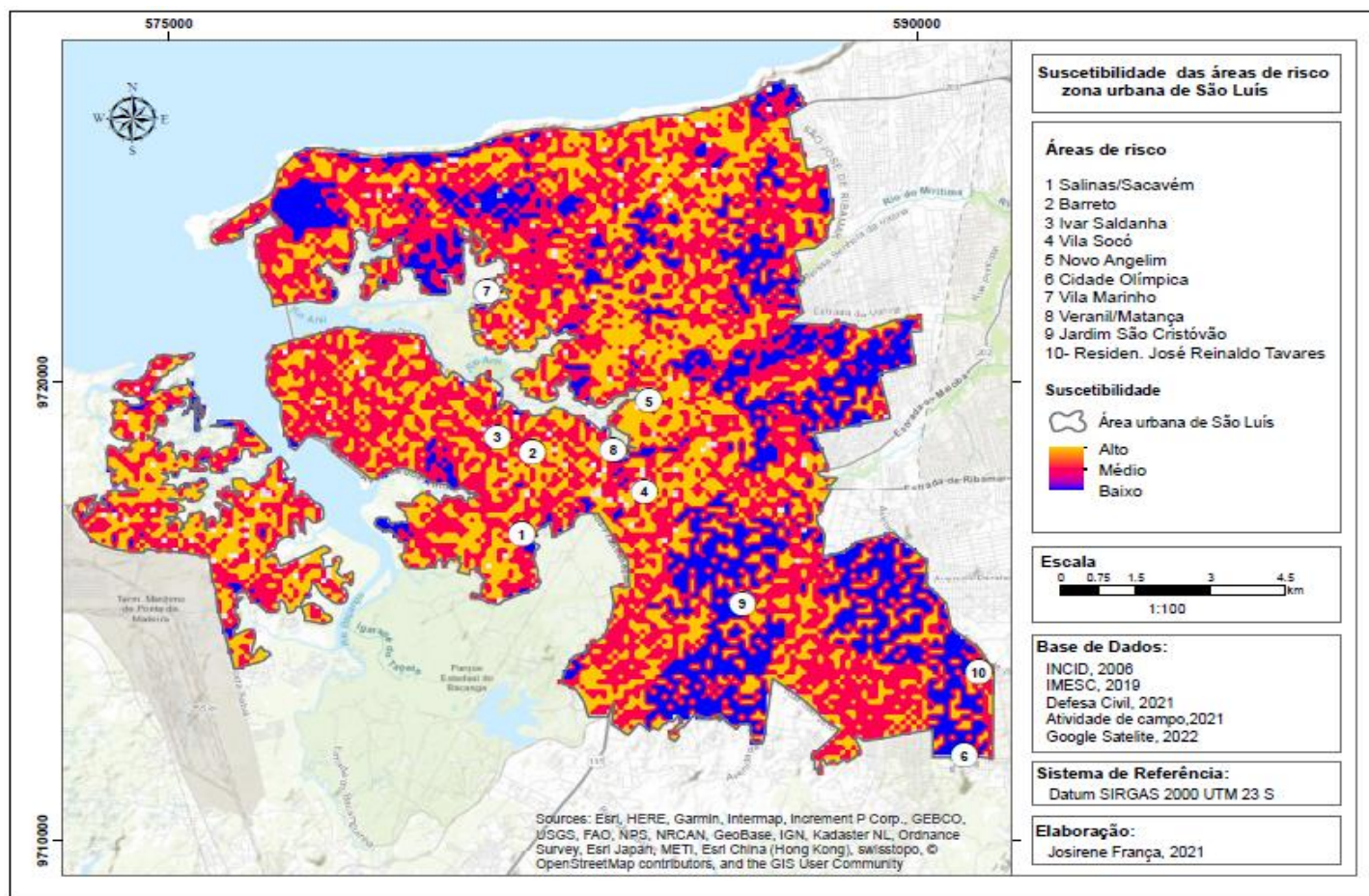
O mapa de suscetibilidade urbana de São Luís expressa os locais mais propensos ao acúmulo de água em situação de deflagração de fortes chuvas. Nesse contexto, se insere as áreas de risco em estudo detectando o grau de suscetibilidade dessas áreas, que apresentaram baixo, médio e alto nível de suscetibilidade (Tabela 31), sendo que 40% das áreas estudadas foram identificadas com alta suscetibilidade, sobretudo, pela ocupação habitacional próxima aos rios e córregos, situação que infringe os limites estabelecidos para ocupação em locais com curso d'água, que associadas às condições naturais do relevo (baixas declividades, solos pouco espessos) tornam-se zonas críticas por apresentar maior incidência de impactos das chuvas como inundações e alagamentos. Vale destacar que a ocupação de áreas próximas a rios e mananciais é proibida pela Lei 4.771/1965, contudo em razão da crescente urbanização da cidade de São Luís e especulação do mercado imobiliário, muitas pessoas encontram nesses locais sua única possibilidade de ter o direito à moradia. A Figura 48 apresenta o mapa de suscetibilidade urbana da cidade e identifica a suscetibilidade das áreas de risco em estudo.

Tabela 31 - Grau de suscetibilidade das áreas em estudo

SUSCETIBILIDADE	
Cidade Olímpica	Baixo
Salinas/Sacavém	Médio
Barreto	Médio
Novo Angelim	Médio
Jardim São Cristóvão	Médio
Residencial José Reinaldo Tavares	Médio
Ivar Saldanha	Alto
Vila Socó	Alto
Vila Marinho	Alto
Veranil/Matança	Alto

Fonte: Elaborado por Silva-França (2021)

Figura 48 - Mapa de suscetibilidade urbana do município de São Luís



Fonte: Organizado por Silva-França (2021).

Observou-se que a produção cartográfica da suscetibilidade apresentou limitações em relação à escala dos dados que não permite maior nível de detalhamento, mas o mapeamento realizado desempenhou de forma relevante a função de representação espacial da suscetibilidade presente no espaço urbano da cidade.

Ressalta-se que na avaliação da suscetibilidade das áreas de risco quanto às precipitações pluviais, estas por estarem localizadas nos trechos de menor declividade e coincidem com os principais curso d'água tais como rios e afluentes, tornando-se um fator agravante diante das precipitações pluviais, pois com as fortes chuvas ocorre o transbordamento de rios e lagos, fato que se encontra ligado à dinâmica natural do ambiente fluvial. A avaliação da suscetibilidade das áreas de risco quanto às precipitações pluviais, o mapeamento, tal como apresentado nesta dissertação, destacou a suscetibilidade das áreas de risco em estudo, expondo a condição e a capacidade de grupos sociais em relação as fortes chuvas, visto que diante de uma mesma quantidade de chuva (mm/24h), os impactos podem configurarem-se de modos bastante distintos, em decorrência do nível de suscetibilidade e vulnerabilidade.

Nesse cenário, Lohmann (2013) afirma que o elemento desencadeador dos alagamentos e inundações tem origem nas chuvas prolongadas, mas as suscetibilidades compõem o principal componente de risco em áreas inadequadas à ocupação da população, que podem causar consequências desastrosas de várias ordens.

Outro fator que deve ser considerado na análise da suscetibilidade é que as áreas em estudo são desprovidas de aparatos urbanos e, portanto, com maiores exposições aos riscos. Além disso, quando se leva em consideração a situação das moradias, nota-se de forma mais intensa os riscos em que se encontram as pessoas que residem nessas áreas, visto que não possuem condições de moradia digna, acessibilidade, posse legal da terra, entre outros.

Torna-se imprescindível destacar que buscou-se realizar análise integrada entre vulnerabilidade, perigo e suscetibilidade, nesse sentido coloca-se em destaque as comunidades da Ivar Saldanha, Vila Socó, Vila Marinho e Veranil/Matança, que apresentaram grau de vulnerabilidade muito alto, e nível perigo e suscetibilidade alto, implicando em uma condição de alerta frente aos riscos hidrometeorológicos, dessa forma a análise dessas áreas expõe a concentração de problemas socioambientais e, conseqüentemente, de riscos a elas inerentes.

Assim, é fundamental realizar no município de São Luís o zoneamento das áreas suscetíveis a alagamento e inundações mediante precipitação intensa a fim de prever e evitar desastres. Dessa forma, a identificação e mapeamento de áreas de risco, configura-se como

subsídio para a gestão de riscos, principalmente na implementação de medidas de prevenção a desastres.

Diante disso, a análise desenvolvida nas áreas em estudo permitiu colocar em pauta o ambiente urbano do município de São Luís onde grande parte dos impactos provocados pelas chuvas relacionados às inundações, encontram-se associados à dinâmica fluvial onde parcela da população tem ocupado áreas que compreendem a planície de inundação dos rios, área naturalmente inundável periodicamente. As fortes chuvas também evidenciaram os alagamentos, acúmulo de água em diversas áreas da cidade pelo insuficiente sistema de drenagem.

Atualmente, tem se observado que as inundações e alagamentos tem sido, progressivamente, expressivo na área urbana da cidade. Nos últimos anos, os serviços de obras públicas ligadas ao sistema de redes de drenagem têm sido implementados em alguns bairros da cidade de São Luís, mas está distante da solução dos problemas, visto que o município não possui plano de saneamento básico que discipline o planejamento de ações estruturais que vise diminuir os impactos da expansão urbana, com mitigação dos problemas relacionados aos alagamentos e inundações.

Dessa forma, entende-se que as principais causas dos problemas das inundações e alagamentos precisam ser melhor compreendidas por gestores públicos de forma a planejar ou reordenar o espaço urbano.

5.6 AÇÕES EM ÁREAS DE RISCO – MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

Observou-se que nas áreas de risco em estudo, há limitações de várias ordens, o que favorece a ocorrência das inundações e alagamentos, portanto com a finalidade de atuar no controle, mitigação e prevenção das inundações e alagamentos em áreas urbanas utiliza-se medidas estruturais e não estruturais. As medidas são fatores, que visam controlar os impactos negativos gerados com a falta de planejamento, urbanização desordenada e ocupação em áreas de planície de inundação. Essas medidas estruturais e não estruturais devem ser adequadas e projetadas para serem executadas a curto, médio e longo prazo com objetivo de evitar acidentes.

Destaca-se que as medidas estruturais são aquelas onde se aplicam soluções da engenharia, portanto compete ao profissional habilitado em engenharia avaliar e planejar projetos para implantação de obras que envolvem áreas de risco com a presença de assentamentos precários.

Dessa forma, com a identificação e análise das áreas de risco em estudo, buscou-se reconhecer os principais processos atuantes, e a partir das análises obtidas com a pesquisa é apresentada medidas não estruturais para o controle dos riscos hidrometeorológicos. Entretanto, vale ressaltar que no âmbito urbano da cidade de São Luís há demanda, de modo geral, das medidas estruturais, portanto torna-se imprescindível destacar, nesse estudo, a necessidade do sistema de drenagem urbana, essencialmente preventivo dos fenômenos de alagamentos e inundações urbanas, principalmente em locais baixos do território e nas marginais de cursos naturais da água.

O sistema de drenagem urbana por ser um sistema de controle que diminui os riscos a que a população está sujeita, reduza os prejuízos causados com as inundações e alagamentos e possibilitando o desenvolvimento urbano de forma sustentável. Cabe ao poder público implementar medidas estruturais e não estruturais que protejam e minimizem o problema.

Nesse sentido, os gestores públicos devem priorizar a aplicação de medidas de prevenção nas áreas de risco que apresentam o cenário mais crítico, considerando avaliações e medidas possíveis de serem implantadas que visem a mitigação dos impactos provocados pelas inundações e alagamentos, e também realizar atividades para o gerenciamento dessas áreas que compreende a definição, formulação e execução de medidas de prevenção de acidentes.

A partir das análises realizadas nesta pesquisa, verifica-se a necessidade da aplicabilidade das seguintes medidas não estruturais (Tabela 32), conforme Ministério das Cidades (2007); Buffon (2019).

Tabela 32 - Medidas não estruturais

Medida: Informações meteorológicas

Caracterização: Consiste em uma rede de monitoramento pluviométrico no Brasil, para subsidiar a emissão de alertas de desastres naturais, os quais contribuem para a redução de danos e perdas humanas.

Fotos ilustrativas: A foto 1 apresenta pluviômetro automático, instalado pelo CEMADEN, no bairro Alemanha, localizado na Defesa Civil. A foto 2 apresenta pluviômetro manual instalado pela Defesa Civil na Academia de Polícia, no bairro Jardim Renascença.



Medida: Régua linimétrica

Caracterização: É um equipamento para monitoramento do nível do rio. Os dados podem ser coletados pelo morador mais próximo e armazenados pela Defesa Civil. Esse equipamento ajuda na tomada de decisões importantes, caso haja transbordamento repentino ou gradual de água dos rios da cidade. Evita grandes transtornos em possíveis inundações e no controle das áreas de risco.

Com a instalação dessas réguas em pontos estratégicos na margem de rios e afluentes, e o registro da quantidade de chuvas acumulada em um tempo determinado nos pluviômetros, otimizam o trabalho de monitoramento da Defesa Civil.

Fotos ilustrativas: Régua linimétrica instalada pela Defesa Civil para monitoramento de rios em Resende, no Rio de Janeiro.



Medida: Remoção das habitações e realocação das famílias em áreas sem risco.

Caracterização: Ação de construção de habitações para as famílias que se localizavam em áreas de remoção das habitações.

Apesar do avanço de políticas habitacionais para a população de baixa renda, “os assentamentos irregulares se multiplicaram em terrenos frágeis ou em áreas não passíveis de urbanização, como encostas íngremes e áreas inundáveis” (ROLNIK, 2006, p. 1).

Para as ações de reassentamento, remanejamento ou realocação da população para outras áreas, tem sido utilizado como norteador o Caderno de Orientação Técnico Social (COTS), elaborado pela Caixa Econômica Federal. Esse documento dispõe que se deve buscar todas as alternativas que minimizem a necessidade de remanejamento, reassentamento ou realocação de famílias, e sempre que apresentar as situações previstas deve-se elaborar o Plano de remanejamento ou reassentamento. Deverá ocorrer remanejamento das famílias que estão expostas a riscos, e levadas para áreas próximas de onde viviam, sendo em locais dotados de infraestrutura.

Fotos ilustrativas: Assentamentos precários em área de mangue localizados na Rua São Domingos e Rua Bom Jesus, no bairro Santa Cruz, em São Luís.



Medida: Planejamento urbano

Caracterização: Constitui um processo minucioso e necessário para subsidiar medidas e ações ligadas à ocupação de um município. Visto que a expansão urbana desordenada, aumenta os níveis de risco de desastres naturais associados a deslizamentos, enchentes e inundações.

Existem vários instrumentos para o planejamento urbano. O Plano Diretor ou Plano de Ordenamento Territorial é um instrumento que organiza o crescimento e o funcionamento da cidade, indicando o que pode ser feito em cada área.

A partir da década de 1950 com o crescimento demográfico de São Luís, surge novos bairros na cidade, a implantação de infraestrutura urbana não se antecipou ou acompanhou a esse crescimento, e atualmente, afetam elementos da função urbana como, mobilidade, habitação e lazer, além disso, a falta ou a insuficiência de planejamento urbano dificulta a organização territorial e favorece o surgimento de assentamentos precários contribuindo para o cenário de vulnerabilidade das populações.

Espera-se um cenário diferente para um futuro não tão distante para São Luís, é urgente soluções que permeiam o planejamento da cidade, atualmente, a nível mundial têm-se destacado para os espaços urbanos as propostas das Cidades Inteligentes, que têm o objetivo de fomentar o desenvolvimento da economia e melhorar a eficiência do desenvolvimento humano e social, promovendo assim, a qualidade de vida dos seus cidadãos e a preservação ambiental.

Foto ilustrativa: Caracteriza etapas de desenvolvimento das Cidades Inteligentes pela utilização generalizada de Tecnologias da Informação, Liderança do Governo e Governança em Rede. Fonte: TecMundo /Silmara Slobodzian.



Medida: Pesquisa

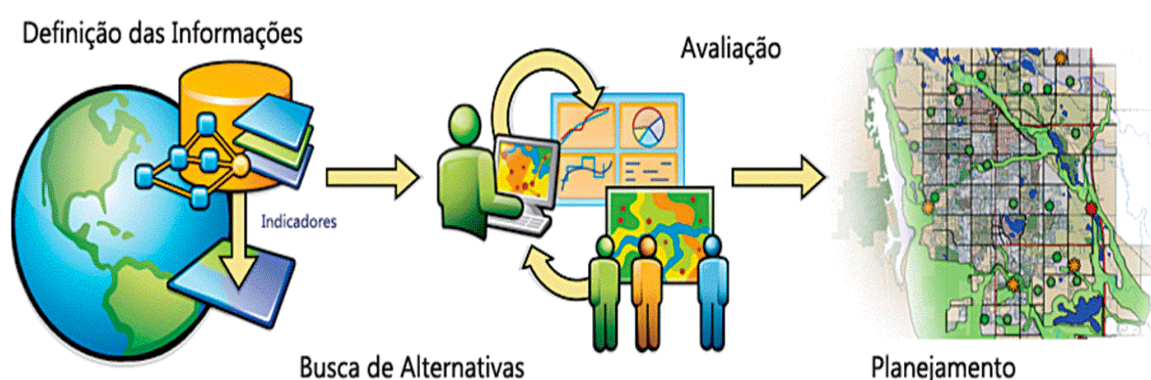
Caracterização: O tratamento das situações de risco no planejamento urbano só é possível com pesquisa para o reconhecimento das condições dos riscos associados a inundações e alagamentos. Isso implica no estudo dos fenômenos, suas causas, localização espacial, análise de ocorrências do passado, e possíveis consequências.

Um dos produtos da pesquisa é o Mapa de Perigo ou Ameaça, onde determina-se o nível de exposição a um dado processo, levando em conta, por exemplo, frequência e intensidade das chuvas. Outro produto é o Mapa de Vulnerabilidade, que estuda o nível de danos a que a ocupação está sujeita. O Mapa de Risco é a integração do Mapa de Perigos e do Mapa de Vulnerabilidade, tendo como resultado a probabilidade de ocorrência do processo e a magnitude das perdas materiais e de vidas humanas.

As pesquisas também devem incluir a base para os Sistemas de Alerta e Contingência, além de estudos sobre soluções de engenharia, materiais mais adequados e soluções não estruturais.

É importante ressaltar o Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta imprescindível na pesquisa e gerenciamento das áreas de risco. Os SIGs são ferramentas de aquisição, análise, armazenamento, manipulação e apresentação de informações espaciais.

Foto ilustrativa: Sistema de Informação Geográfica (SIG), permite a realização de análises complexas ao integrar dados da pesquisa de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados.



Medida: Sistemas de alerta e contingência (Defesa Civil).

Caracterização: O conhecimento acerca dos processos naturais tem permitido a previsão de sua ocorrência, o que possibilita a preparação de Planos de Alerta (ou Preventivos) e de

Contingência específicos para cada tipo de processo, considerado inundações e outros. Esses Planos baseiam-se no monitoramento das chuvas, nas previsões de meteorologia.

Na montagem e operação desses Planos devem ser realizadas diversas tarefas, tais como: definição do tipo de processo a ser considerado, levantamento das áreas de risco, estruturação logística das ações do plano, definição do aparato tecnológico de recepção e transmissão de dados hidrometeorológicos e geotécnicos (de preferência em tempo real), capacitação das equipes locais para realizar vistorias das áreas durante todo o período das chuvas, difusão do sistema para a população por meio de palestras, folhetos, cartilhas e a realização de simulados (ensaios) de evacuação de áreas.

Foto ilustrativa: Sistema de alerta do estado do Rio de Janeiro o INEA, possui o objetivo de monitorar e informar autoridades e a população à possibilidade de chuvas intensas e de inundações graduais que possa causar perdas naturais e humanas, em apoio à Defesa Civil na prevenção de desastres.



Fonte: Elaborado por Silva-França (2021).

Nesse sentido, entende-se que nas medidas não estruturais sugeridas para as áreas risco em estudo sejam priorizadas nas ações pautadas no planejamento mais eficiente, a fim de que as pessoas que residem nessas áreas sejam protegidas de danos materiais e físicos frente aos impactos ligados às chuvas.

CAPÍTULO 6

DISCUSSÕES PARA A GESTÃO INTEGRADA

Em destaque, o Quadro 8 com a síntese da análise integrada dos resultados da pesquisa.

Quadro 8 - Síntese dos resultados da pesquisa

	Síntese
Áreas de estudo	Novo Angelim, Vila Socó/João de Deus, Vila Marinha, Jardim São Cristóvão, Residencial José Reinaldo Tavares, Cidade Olímpica/Vila Sapinho, Salinas/Sacavém, Veranil/Matança e Barreto.
Impactos identificados	Na análise dos extremos pluviais, observou-se que os impactos são diversos e ameaçador para as populações, registrou-se desabamento, desmoronamento, inundação e ocorrência de pessoas desalojadas e desabrigadas, situação que resulta em grandes transtornos pela intensidade dos danos provocados, em especial os que residem em áreas de risco da cidade. Constatou-se que os impactos mais frequentes provocados pelas chuvas no âmbito do parâmetro habitual de precipitação são os alagamentos que representam 65% das notícias que foram divulgadas na imprensa.
Distribuição das chuvas	No que se refere à distribuição espacial das precipitações pluviais em São Luís, constatou-se que não apresenta região homogênea de maior concentração das chuvas no espaço-temporal, a cada ano destacou-se uma porção da área urbana.
Análise de Tendência – Teste Mann-Kendall	De acordo com o resultado obtido, a análise da série de precipitação anual mostrou discreta tendência na redução da quantidade de precipitação, porém, esta não foi significativa estatisticamente. Conclui-se que não houve tendência temporal significativa das chuvas, quanto aumento ou redução relativos ao período analisado. Esse dado indica que muito dos registros da elevação do acumulado mensal de chuvas na cidade de São Luís têm caráter regional. Consequentemente, constata-se que precipitações pluviais cada vez

	menos expressivas têm gerado impactos na cidade, bem como o perigo é potencializado em situação de fortes chuvas.
Análise da vulnerabilidade - Dimensão físico-ambiental	
Características das edificações	O resultado das características das edificações encontradas nas áreas em estudo apresenta, em sua maioria, casas de alvenaria, com pisos de cerâmica ou cimento e com baixo padrão construtivo, ou seja, com predomínio de casas pequenas com fragilidades estruturais e sem conservação, o baixo padrão construtivo constitui condição de aumento da vulnerabilidade das populações nos casos de ocorrência de alagamentos e inundações.
Ocorrência de inundação / alagamento	Na análise sobre inundação/alagamentos, observou-se que na totalidade das áreas em estudo, registrou-se que o problema existe, é antigo e periódico.
Danos nas edificações	Analizando danos nas edificações nas áreas em estudo, constatou-se que a Vila Socó, Jardim São Cristóvão e Salinas/Sacavém apresentam moradias com estruturas comprometidas, provocadas pela força dos eventos de inundações.
Obras de contenção	A análise dos resultados revelou que existem obras de contenção nas seguintes áreas de estudo: Novo Angelim, Vila Socó, Barreto e Residencial José Reinaldo Tavares. Nessas áreas foi identificado que as obras de contenção foram construídas por iniciativas dos moradores, com a finalidade de conter os efeitos das chuvas mais intensas. As obras de contenção dessas áreas não tiveram o suporte técnico de profissional de engenharia, sendo construídas por meio da contribuição dos moradores, e em alguns casos com doação de material por vereadores do município, mas sempre executadas em sistemas de mutirão durante os finais de semana. Dessa forma, essas áreas continuam vulneráveis aos efeitos das fortes chuvas.
Infraestrutura básica (malha viária, esgotamento sanitário, rede pluvial, abastecimento)	Na análise dos resultados sobre infraestrutura básica constatou-se que algumas áreas nos bairros Novo Angelim, Vila Socó, Vila Marinho, Jardim São Cristóvão e Veranil/Matança, correspondente a 50% das áreas investigadas, não possuem malha viária pavimentada. Ressalta-se que a ausência de pavimentação no

de água, coleta de lixo e luz elétrica)	logradouro dos domicílios é um fator de vulnerabilidade por gerar transtornos na mobilidade e circulação, principalmente quando atingidos por fortes chuvas, a ausência de malha viária também se torna um fator de vulnerabilidade pelas implicações geradas pela poeira durante o período seco, podendo provocar graves problemas de saúde dos habitantes, especialmente em crianças e idosos. Os resultados demonstram que em 70% das áreas do estudo, o esgotamento sanitário estava ligado direto no ambiente, sendo estas localizadas nos bairros: Salinas/Sacavém, Novo Angelim, Vila Socó, Vila Marinho, Veranil/Matança, Ivar Saldanha e Barreto. Nas demais áreas, o esgoto é canalizado para fossas sépticas. Verificou-se ainda que a totalidade das áreas em estudo possuíam energia elétrica e o abastecimento de água do domicílio estava vinculado à rede geral de distribuição de água; contudo, nenhuma das áreas em estudo possuía rede pluvial; sendo que no Novo Angelim, Vila Socó e Vila Marinho há um fator agravante por não possuírem coleta de lixo, provavelmente pela limitação de acesso a esses locais. Foi identificado infraestrutura bastante precária no Novo Angelim com malha viária sem pavimentação e esgotamento sanitário lançado direto no ambiente. Nas áreas visitadas, nos bairros Ivar Saldanha, Barreto e Vila Marinho, a situação é semelhante. Destaca-se que esses cenários facilitam a propagação de doenças, produzem problemas ambientais que impactam o bem-estar das pessoas. O resultado desse indicador aponta alta vulnerabilidade em que se encontram essas populações, principalmente porque das dez áreas pesquisadas, sete não possuem esgotamento sanitário adequado, situação que traz diversas complicações à saúde dos moradores com disseminação de doenças e contaminação de rios, ressalta-se que a ausência de serviços básicos também aumenta as desigualdades sociais, visto que as pessoas mais impactadas por alagamentos e inundações são as que não possuem infraestrutura básica. Além disso, denuncia a ausência da assistência do gestor público na concretização de infraestruturas urbanas.
Análise da vulnerabilidade - Dimensão socioeconômica	
Perfil dos moradores do domicílio	As áreas em estudo foram consideradas mais vulneráveis por concentrar um maior número de pessoas em um mesmo ambiente, esse aspecto foi encontrado nas áreas do Novo Angelim e Jardim

	São Cristóvão em que a maioria dos domicílios possui mais de quatro pessoas. Referente à presença de idosos, nos domicílios investigados, foram representados por 60% das áreas, sendo estas Salinas/Sacavém, Cidade Olímpica, Jardim São Cristóvão, José Reinaldo Tavares, Ivar Saldanha e Barreto. Em 100% das áreas, há crianças com idade de 0 a 10 anos. E apenas no Novo Angelim registrou-se portadores de necessidades especiais.
Renda domiciliar	Nas áreas em estudo, somente no Jardim São Cristóvão, encontrou-se faixa de renda acima de dois salários, as demais o equivalente a 90% das áreas de estudo possuem renda familiar de até 1 salário mínimo, condição que revela de forma direta a impossibilidade de ter as necessidades básicas atendidas.
Moradores dos domicílios	Nas áreas do Novo Angelim e Jardim São Cristóvão apresentou a maioria dos domicílios com mais de quatro pessoas. Referente a presença de idosos, nos domicílios investigados, foram representados por 60% das áreas, sendo estas Salinas/Sacavém, Cidade Olímpica, Jardim São Cristóvão, Residencial José Reinaldo Tavares, Ivar Saldanha e Barreto. Em 100% das áreas, há crianças com idade de 0 a 10 anos. E apenas no Novo Angelim registrou-se dois portadores de necessidades especiais, portanto, essa característica não teve tanta representatividade na análise.
Capacidade de mobilidade e autonomia	Os resultados demonstraram que apenas no Jardim São Cristóvão a maioria das pessoas possui algum tipo de automotivo, nas demais áreas 90% não possui meios de mobilidade automotiva, tendo a bicicleta o meio dominante de locomoção, esse dado revela o nível de dependência das pessoas para se locomover de forma ágil, estando sujeitos a mais tempo à exposição dos riscos iminentes.
Grau de escolaridade	Os dados sobre escolaridade nas áreas em estudo revelam que o Residencial José Reinaldo Tavares é a única em que a maioria dos entrevistados relatou possuir ensino médio, nas demais áreas correspondentes a 90%, identificaram-se sem escolaridade ou ensino fundamental, sendo essa uma condição excludente de grupos de indivíduos que estão fragilizados socialmente, que se submetem ao subemprego ou desemprego.

Acesso aos meios de comunicação	A análise dos resultados demonstrou que nas áreas estudadas a televisão e o celular são os principais meios de comunicação, sendo que as comunidades Salinas/Sacavém, Vila Socó, Vila Marinho, Veranil/Matança e Barreto, o equivalente a 50% das áreas em estudo, não possuem acesso à internet. Identificou-se ainda que o rádio é o meio de comunicação de uso menos frequente e, portanto, para análise desse aparelho não teve representatividade.
Estrutura de suporte	Na análise das estruturas de suporte, constatou-se que as comunidades do Novo Angelim, Vila Socó, Cidade Olímpica, José Reinaldo Tavares e Ivar Saldanha, que corresponde a 50% das áreas em estudo, não se identificaram estrutura de suporte, sendo que os outros 50% das áreas em estudo identificaram, de forma geral, as igrejas como estrutura de suporte em caso de algum desastre, sendo que em algumas das áreas como a Vila Socó, a igreja também é atingida por inundações ocorridas na comunidade.
Organização e liderança comunitária	Os resultados encontrados revelam que somente a comunidade do Barreto possui uma liderança organizada e atuante, que realiza trabalho de articulação para obtenção de benefícios como consultas médicas e cestas básicas. Tem contato com instituições no objetivo de atender às demandas provenientes das carências de assistência à comunidade. Seu Gilmar é a liderança comunitária do Barreto, representante da União dos Moradores que demonstrou ser muito próximo das pessoas e ter conhecimento de todas as fragilidades e necessidades da comunidade. As demais áreas como Ivar Saldanha, Vila Socó e Salinas/Sacavém, informaram sobre a existência de uma liderança comunitária, mas por não ser considerada atuante e não ajudar a comunidade, foi identificada como uma liderança com interesses políticos, que não está de fato engajada com os problemas sociais da comunidade.
Treinamento de moradores	Na análise dos resultados, constatou-se que nenhuma das áreas de estudo informou ter recebido treinamento para enfrentar situações de risco. Assim, as pessoas desconhecem as informações de como agir, evitar ou amenizar as consequências em caso de serem atingidos por acidentes, esse dado revela a ausência de iniciativas de prevenção a riscos e reflete no aumento da vulnerabilidade pela dependência dos que residem em áreas de risco.

Grau de vulnerabilidade das áreas de estudo	Áreas de risco	Nível	Grau de vulnerabilidade
	Veranil/Matança	4	Muito Alto
	Vila Socó		
	Vila Marinho		
	Salinas/Sacavém	3	Alto
	Novo Angelim	3	Alto
	Barreto	3	Alto
	Ivar Saldanha	3	Alto
	Cidade Olímpica	3	Alto
	Jardim São Cristóvão	3	Alto
	José Reinaldo Tavares	3	Alto
Análise do grau de perigo das áreas de estudo			
Análise do grau de perigo	Foi identificado o grau de perigo alto no Ivar Saldanha, Veranil/Matança, Novo Angelim, Vila Marinho e Vila Socó, que corresponde a 50% das áreas estudadas. Nessas áreas, a altura da mancha d'água alcançada nas edificações, conforme indicação dos moradores, é de $(1,0 \leq 1,5)$, situação que causa preocupação e prejuízo à população que, frequentemente, têm suas casas invadidas pela água das chuvas, e que por apresentar menor condição de enfrentamento dessa realidade, pelo baixo nível das condições sociais e econômicas tornam-se, totalmente, dependentes da intervenção do poder público na proteção da sua integralidade física diante do constante perigo iminente dessas áreas.		
	Nas áreas identificadas com grau de perigo médio, a altura da água alcançada nas edificações tem sido de $(0,5 < 1,0)$, considera-se que esse nível da altura da água também acentua o fator de perigo para as pessoas, visto que as condições de vulnerabilidade influenciam na capacidade de resposta diante desse cenário, portanto também requer atenção dos gestores públicos na tomada de decisão que contemple a necessidade de segurança das populações perante a um mesmo perigo.		

Grau de perigo das áreas de estudo	ÁREAS DE RISCO	GRAU DE PERIGO
	Salinas/Sacavém	Médio
	Cidade Olímpica	
	Jardim São Cristóvão	
	Barreto	
	José Renildo Tavares	
	Ivar Saldanha	Alto
	Veranil/Matança	
	Novo Angelim	
	Vila Marinho	
	Vila Socó	
Presença de rios ou córregos nas áreas em estudo	Nas áreas de estudo, realizou-se medições da distância entre as habitações e Rios/Córregos, e verificou-se que em média estão entre 3m a 10m de distância Constatou-se que em todas as áreas em estudo há a presença de cursos d’água, em sua maioria rios que apresentam alto nível de impacto, com obstruções pela grande quantidade de lixo acumulado e esgoto doméstico lançado direto nos rios ou córregos, pela ausência de saneamento básico. Nessa situação, as populações que residem nessas áreas enfrentam elevada situação de insegurança durante eventos precipitação pluvial, estando altamente expostos pela proximidade das casas a curso d’água.	
Suscetibilidade das áreas em estudo		
	As áreas em estudo apresentaram médio e alta suscetibilidade, sendo que 40% das áreas estudadas foram identificadas de alta suscetibilidade, sobretudo, pela ocupação habitacional próxima aos rios e córregos, situação que infringe os limites estabelecidos para ocupação em locais com curso d’água, que associadas às condições naturais do relevo (baixas declividades, solos pouco espessos) tornam-se zonas críticas em relação aos riscos.	

Grau de suscetibilidade das áreas em estudo	SUSCETIBILIDADE	
	Cidade Olímpica	Baixo
	Salinas/Sacavém	Médio
	Barreto	Médio
	Novo Angelim	Médio
	Jardim São Cristóvão	Médio
	Residencial José Reinaldo Tavares	Médio
	Ivar Saldanha	Alto
	Vila Socó	Alto
	Vila Marinho	Alto
	Veranil/Matança	Alto
Medidas Não estruturais	▪ Informações meteorológicas ▪ Régua linimétrica ▪ Remoção das habitações e realocação das famílias em áreas sem risco ▪ Planejamento urbano ▪ Pesquisa ▪ Sistemas de alerta e contingência (Defesa Civil)	

Fonte: Elaborado por Silva-França (2022).

CAPÍTULO 7

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da abordagem dos riscos hidrometeorológicos, foi possível analisar de forma integrada a variabilidade pluvial, os impactos dos extremos pluviais, suas relações com as características físico-naturais (susceptibilidade) e sociais (vulnerabilidade) na área urbana do município de São Luís. Nesse contexto, a presente dissertação adotou os procedimentos teórico-metodológicos que visaram compreender os riscos híbridos nas áreas de risco em estudo que concentram populações em condições de susceptibilidade e de vulnerabilidade. Dessa forma, torna-se relevante o estudo como subsídios para a tomada de decisão por parte do poder público.

No que concerne à **variabilidade pluvial**, verificou-se que as precipitações apresentam variações nas médias anuais variam de 94,43 mm a 257,95 mm considerando o período de 1991 a 2020. Contudo, na análise observou-se que o primeiro semestre, marcado pelo período de chuvas mais intensas em São Luís, mostrou-se uma característica marcante nos anos identificados Muito Chuvoso, estas concentram-se, nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio com valores totais de chuvas situados entre (226,7 a 818,2 mm), diferenciando-se do observado na faixa do parâmetro Normal de chuvas, em que os maiores volumes pluviais concentram-se nos meses de março, abril e maio com valores totais situados entre (214,9 mm a 660,8 mm).

Em relação à classificação dos anos-padrão representativos de chuva na faixa das normais e dos extremos de chuva, obteve-se: Normais (1991, 1999, 2002, 2006, 2007, 2017 e 2018) e Muito Chuvoso (1994, 2000, 2009, 2011, 2019 e 2020). Os anos classificados muito chuvosos coincidiram com os anos de ocorrência de La Niña.

Do ponto de vista da distribuição espacial das chuvas, observou-se que não apresenta região homogênea de maior concentração das chuvas no espaço-temporal, a cada ano destacou-se uma porção da área urbana. Porém, quando se analisa de modo conjugado as chuvas referentes ao período de 2016 a 2020, permite constatar do ponto de vista da distribuição espacial da variabilidade pluvial na zona urbana o maior volume das chuvas concentraram-se nas áreas periféricas, próximos aos limites do perímetro urbano de São Luís, evidenciado na porção leste e noroeste, apresentando semelhantes concentração das chuvas no espaço-temporal.

O teste de **tendência** das precipitações pluviais demonstrou discreta tendência na redução da quantidade de chuva, porém, esta não foi significativa estatisticamente. O estudo constatou que precipitações cada vez menos expressivas têm gerado impactos na cidade, bem como potencializado a vulnerabilidade em situação de fortes chuvas.

Cabe ressaltar que, por meio da **Mídia Digital** foram catalogadas 112 notícias sobre os principais impactos provocados pelas chuvas em São Luís, observou-se que os impactos gerados na cidade e populações, passaram ser vinculados na Mídia Digital com mais frequência a partir de 2010, notou-se que anterior a esse período as notícias sobre os impactos gerados pelas chuvas eram de abrangência estadual.

Ao analisar os impactos das chuvas em São Luís durante o período de uma década, observou-se que estes foram se agravando gradativamente, a princípio os registros mais frequentes estão relacionados à lentidão do trânsito provocado em decorrência das ruas alagadas, mas esse cenário se agravou consideravelmente tornando-se mais evidente durante os anos de 2017, 2018, 2019 e 2020, períodos em que as notícias vinculadas à Mídia Digital passaram a serem encontradas em vários *sites*, portando informações mais detalhas.

Verificou-se que os impactos mais significativos que estão ocorrendo em termo pluviométrico em São Luís, estão ocorrendo na atualidade, por isso as notícias da mídia sobre a chuva e seus impactos se tornaram mais recorrente nos últimos dez de anos, período também de mudanças na configuração urbana de São Luís, com a expansão a cidade sem o prévio planejamento, constata-se por meio do avanço dos assentamentos precários ao longo dos rios e também a falta de aparato estrutural urbano (galeria pluvial) em áreas urbanas consolidadas.

No que se refere à identificação dos impactos deflagrados pelas chuvas, constatou-se com os dados coletados que os impactos mais frequentes provocados pelas chuvas no âmbito do parâmetro habitual de precipitação são os alagamentos que representam 65% das notícias que foram divulgadas na imprensa. Com a deflagração dos episódios pluviais extremos, observou-se que os impactos são diversos e ameaçador para as populações, registrou-se desabamento, desmoronamento, inundação e ocorrência de pessoas desalojadas e desabrigadas, situação que resulta em grandes transtornos pela intensidade dos danos provocados, em especial os que residem em áreas periféricas da cidade.

O levantamento das informações da Mídia Digital apresentou-se com uma importante ferramenta para análise histórica que identificam os impactos físicos e socioeconômico que a população enfrenta diante dos eventos extremos de precipitação.

No que concerne à **vulnerabilidade**, notaram-se condições de muito alto vulnerabilidade, sobretudo, na Vila Marinho, Vila Socó e Veranil/Matança e de alta vulnerabilidade nas localidades do Salinas/Sacavém, Novo Angelim, Barreto, Ivar Saldanha, Cidade Olímpica, Jardim São Cristóvão e Residencial José Reinaldo Tavares. Este fato decorre, principalmente, pela predominância de casas de alvenaria com baixo padrão construtivo, concentrações de moradias irregulares e de infraestruturas precárias, moradias com visíveis fragilidades estruturais e algumas com estruturas comprometidas, com danos provocados pela força da água das chuvas. Ainda se verificou baixo grau de escolaridade das pessoas nas áreas em estudo, 90%, identificaram-se sem escolaridade ou ensino fundamental, sendo está uma condição de fragilidade social, situação excludente que empurra as pessoas para o subemprego e vulnerabilidade social. Em relação à renda familiar das áreas em estudo, identificou-se que 90% recebem até um salário mínimo. Destaca-se que 50% das áreas em estudo, não possui acesso à internet e a maioria não dispõe de meios de mobilidade automotiva.

Sobre a vulnerabilidade ainda foram verificados os seguintes aspectos:

As áreas em estudo possuem grande quantidade de resíduos acumulados em ruas, rios ou córregos, situação que favorece os alagamentos e inundações. Essas comunidades necessitam serem sensibilizadas a respeito do seu papel para redução dos impactos sobre o ambiente.

Na análise dos resultados sobre infraestrutura básica, constatou-se que 50% das áreas investigadas, não possui malha viária pavimentada. Ressalta-se que ausência de pavimentação no logradouro dos domicílios é um fator de vulnerabilidade por gerar transtornos na mobilidade e circulação, principalmente quando atingidos por fortes chuvas, a ausência de malha viária também se torna um fator de vulnerabilidade pelas implicações geradas pela poeira durante o período seco, podendo provocar graves problemas de saúde, especialmente em crianças e idosos.

Verificou-se que 70% das áreas em estudo não possui esgotamento sanitário adequado, situação que gera diversas complicações à saúde com disseminação de doenças e contaminação de rios, ressalta-se que a ausência de serviços básicos também aumenta as desigualdades sociais, visto que as pessoas mais impactadas por alagamentos e inundações são as que não possuem infraestrutura básica.

Ainda nesse sentido, destaca-se que as áreas em estudo são identificadas com aspecto de ocupação desordenada, com vias estreita, estruturas precárias, onde estão indivíduos ou grupos com baixa renda, que geralmente são rotulados de população periféricas, favelados. E

ainda 50% das áreas em estudo, não identificam estrutura de suporte, sendo que os outros 50% das áreas em estudo identificaram de forma geral as igrejas como estrutura de suporte em caso de algum desastre.

Constatou-se que nenhuma das áreas de estudo informou ter recebido treinamento para enfrentar situações de risco. Dessa forma, a existência de liderança comunitária organizada é um importante facilitador no reconhecimento da área e na instrução de indivíduos ou grupos em situação de risco.

Nessa perspectiva, é inegável a fragilidade em que se encontram essa parcela da população, e expõe a desigualdade socioespacial nos espaços urbanos, e o quanto essas áreas estão associadas à condição de vida dessas pessoas.

No tocante à análise de **perigo**, buscou-se coletar informações sobre presença de rio ou córregos nas áreas em estudo e a distância dos mesmos das moradias, e também o estado da intervenção antrópica dos cursos d'água. Constatou-se que todas áreas em estudo há presença de corpos hídricos, em sua maioria rios que apresentam alto nível de impacto, com obstruções pela grande quantidade de lixo acumulado e esgoto doméstico lançado direto nos rios ou córregos, pela ausência de saneamento básico.

Destaca-se que a chuva, em especial, os eventos extremos pluviométricos podem ter potencial para deflagrar desastres nas áreas identificadas com grau de perigo alto (Ivar Saldanha, Veranil/Matança, Novo Angelim, Vila Marinho e Vila Socó), locais em que a água das chuvas conforme indicação dos moradores chega a atingir altura de 1m a 1,50m nas residências, situação que se agrava por estarem em áreas impróprias a ocupação humana e também pela proximidade das casas a rios ou córregos, esse cenário implica condição de perigo na qual se encontra as populações que residem em área de risco em São Luís.

Em relação à **suscetibilidade** permitiu verificar que no município predomina as menores altitudes (4 –13 m) e menor declividade (0 – 5%), esta característica pode favorecer a suscetibilidade à inundação urbana, visto que as inundações não ocorrem em relevos muito acidentados, pois com as fortes chuvas a água dá vazão rápida e não forma espraiamento. Observou-se também, que as áreas de menor declividade se concentram em área urbana consolidada com predomínio das edificações e, portanto, com maior demanda do sistema de drenagem pluvial, que na ausência ou funcionamento precário desse sistema de manejo, a água das chuvas não é canalizada de forma eficiente de volta aos corpos hídricos e provocam alagamentos que atingem vários pontos da cidade.

O mapa de suscetibilidade do município de São Luís, expressam as zonas mais propensas ao acúmulo de água em situação de deflagração de fortes chuvas, com o mapeamento da suscetibilidade constatou-se que 40% das áreas estudadas (Ivar Saldanha, Vila Socó, Vila Marinho e Veranil/Matança) foram identificadas de alta suscetibilidade, sobretudo, pela ocupação habitacional próxima aos rios e córregos, situação que infringe os limites estabelecidos para ocupação em locais com a presença de curso d'água, que associado às condições naturais do relevo (baixas declividades, solos pouco espessos) tornam-se zonas críticas em relação aos riscos hidrometeorológicos, ocorrendo maior incidência de impactos das chuvas como os inundações e alagamentos.

Partindo das conclusões apresentadas, entende-se que o estudo sobre riscos hidrometeorológicos associados aos aspectos da vulnerabilidade, perigo e suscetibilidade trouxe contribuições no sentido de conhecer a necessidade de intervenção em áreas de risco em São Luís, diante da situação de vulnerabilidades em que se encontram as populações atingidas por inundações e alagamentos, percebe-se que a localização, a inadequação dos domicílios e a baixa renda per capita, são fatores fortemente presente nessas áreas, diante desse fato, é necessário que os gestores públicos monitorem e possuam planos de mitigação desses riscos, definindo quais as áreas prioritárias para a realização de políticas e investimentos urbanos adequados, que permita correção das desigualdades, no intuito de se garantir qualidade de vida da população local.

É importante enfatizar a relevância das geotecnologias para aquisição, armazenamento, manipulação e mapeamento, sendo um grande aliado no gerenciamento das áreas riscos, uma ferramenta imprescindível para análise de informações da dinâmica urbana.

Cabe descartar que nesse estudo foram explorados dois ramos da Geografia (Climatologia Geográfica e Geografia Urbana) e ressalta-se nesse contexto, a importância da ciência geográfica na função de investigar e mapear áreas de risco de inundação e alagamentos que podem auxiliar os gestores na tomada de decisão.

Novas pesquisas sobre alagamentos e inundação na área urbana de São Luís, são necessárias para detalhar em diferentes escalas as informações aqui apresentadas, sobretudo a análise da vulnerabilidade em áreas de risco da cidade, com o objetivo de avançar na implantação de medidas e ações integradas que contribua com gerenciamento de risco para toda sociedade.

Assim, por meio do **estudo integrado** da vulnerabilidade, perigo e suscetibilidade no estudo dos riscos hidrometeorológicos é possível afirmar que tanto os objetivos e a hipótese da

presente pesquisa foram atingidos e verificados. Portanto, tendo em vista contribuir com futuras pesquisas, cita-se aqui algumas sugestões e limitações encontradas nesse estudo:

Limitação:

a) O estudo apresentou limitações pela desatualização da Lei de Zoneamento em vigência Lei nº 3.253, de 29 de dezembro de 1992 (dispõe sobre o zoneamento, parcelamento, uso e ocupação do solo urbano e dá outras providências) e do Plano Diretor Municipal Lei nº 4669, de 11 de outubro de 2006, principal instrumento normativo e orientador da política de desenvolvimento urbano e rural com sustentabilidade socioambiental. Esses dois instrumentos são essenciais para o planejamento da cidade e precisam ser atualizados para equidade social no uso e ocupação do solo urbano, tendo em vista evitar ocupação de áreas de risco.

b) Ausência da implantação do Sistema de Saneamento Básico integrado pelos sistemas de (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e gestão integrada de resíduos sólidos);

c) Falta de coleta e disponibilização de registros pontuais (bairros) de ocorrência das inundações e alagamentos. A ausência desses dados impossibilitou uma avaliação da vulnerabilidade de modo mais detalhado para todo município de São Luís.

Sugestão:

Coletar e organizar bancos de dados de precipitação pluvial sem falhas nos registros, que contribuam para informações mais completas e abrangentes que possibilitem o avanço de pesquisa em diversos bairros da cidade.

Assim, conclui-se que os impactos mais significativos que estão ocorrendo em termos pluviométricos em São Luís não ocorreram no passado e sim estão ocorrendo no presente, consequências da precariedade do sistema de drenagem urbana e da expansão da cidade, sobretudo em áreas imprópria a ocupação, portanto, a cidade tem se tornado cada vez mais um ambiente de reiterados problemas sociais e ambientais em que os alagamentos e as inundações têm se tornado parte do cotidiano de muitos habitantes. Vale destacar a responsabilidade dos gestores públicos, que precisam adotar medidas que favoreça um planejamento integrado que induza uma ocupação mais ordenada do espaço urbano, com a implantação de medidas estruturais e não estruturais que enfrentam o problema sendo necessário conduzir uma gestão do risco de controle em especial nas áreas destacadas neste estudo a fim de evitar desastre deflagrados por fenômenos naturais ligados à pluviosidade.

REFERÊNCIAS

AGRA, S. G. **Estudo Experimental de Microrreservatórios para o Controle do Escoamento Superficial**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ALMEIDA, L. Q. de. **Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

ALVES, T. L.B., AZEVEDO, P.V. DE, FARIAS, A. A. DE. **Comportamento da precipitação pluvial e sua relação com o relevo nas microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do estado da Paraíba**. Revista Brasileira de Geografia Física v.08, n.06 (2015) 1601-1614.

ALOS PALSAR. Disponível em :<https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=7.568¢er=-44.687,-3.314&dataset=ALOS&resultsLoaded=true&granule=ALPSRP232077130-KMZ>. Acesso em: 22 ago. 2021.

AMARAL, Rosângela do; SANTORO, Jair; TOMINAGA, Lídia Keiko (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

ARAÚJO, R, G; ANDREOLI, R, V; CANDIDO, L, A; KAYANO, M, T; SOUZA, R, A, F. A influência do evento El Niño – Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 469-480, 2013.

ARAÚJO, Ronaldo Rodrigues. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA)**. 2014. 289 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/124043>. Acesso em: 22 abr. 2020.

ARAÚJO, R. R. **O processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luís/MA**. 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2001.

ARMOND, Núbia Beray. **Entre eventos e episódios: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2014.

ARMOND, Núbia Beray; SANT'ANNA NETO, João Lima. Análise comparativa de técnicas estatísticas para definição de anos-padrão: o exemplo do Rio de Janeiro - RJ (1999-2010). In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 28., 2016, São Luís. **Anais [...]**. São Luís: ENG, 2016.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand.

BARBIERI, G. M. L. **Eventos de Chuva extrema associados a sistemas atmosféricos de escala sinótica e escala local no Estado do Ceará**. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal do Fortaleza, 2014.

BARROS, Juliana Ramalho; ZAVATTINI, João Afonso. Bases conceituais em Climatologia Geográfica. **Mercator**, ano 8, n. 16, 2009.

BERIGO, J. B; THEBALDI, M. S. Análise da tendência temporal da precipitação do município de Formiga – MG. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 14 n. 25; p. 36. 2017.

BORGES, F. O. et al. Planícies de inundação e áreas inundáveis: análise comparativa dos conceitos mediante aplicação nas bacias hidrográficas do ribeirão Bom Jardim e rio das Pedras, Triângulo Mineiro. **Revista Cerrados** (Unimontes), v. 17, n. 1, Enero-Junio, 2019.

CASTRO, E. S et al. Previsão de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical com uso de Redes Neurais. **Rev. bras. meteorol.** São Paulo, v. 35, n. 3, 2020.

CADERNO DE ORIENTAÇÃO TÉCNICO SOCIAL (COTS). Brasília, maio de 2013.

COUTINHO, R. Q. (coord.). **Carta geotécnica de aptidão à urbanização frente a desastres naturais do município do Ipojuca, PE**: relatório técnico final. Recife: Termo de Cooperação Ministério das Cidades e Universidade Federal de Pernambuco; GEGEP; UFPE, 2014.

COUTINHO, R. Q. (coord.). **Avaliação da vulnerabilidade e do risco em áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações em Pernambuco**. Relatório Técnico. Recife: Termo de Cooperação Ministério da Integração Nacional / Secretaria Nacional de Defesa Civil e Universidade Federal de Pernambuco; GEGEP; UFPE. 2015.

BRASIL. **Desastres de origem natural**. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigidesastres/desastres-de-origem-natura>. Acesso em: 08 de mar. 2020.

BRASIL. **Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 26 ago. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**, Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em: 21 jan. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Código Florestal. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 26 ago. 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Parcelamento do Solo Urbano**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em: 12 de ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012** / Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília: CENAD, 2012. p. 84.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Manual de Desastres**. Desastres Naturais. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília-DF, 2003. v. 1.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT – **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. p. 176.

BUFFON, E. A. M. **Inundações em áreas urbanas**: proposição conceitual-metodológica e sua aplicação na RMC – Região Metropolitana de Curitiba. 2020. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Ciências da Terra, Curitiba, 2020.

BUFFON, E. A. M; MENDONÇA, F; et al. **Riscos híbridos**: concepções e perspectivas socioambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

BURNETT, F. L. **Urbanização e Desenvolvimento Sustentável**: a sustentabilidade dos tipos de urbanização na cidade de São Luís do Maranhão. UEMA, 2008.

CÂMERA, G. et al. **Introdução ao Geoprocessamento**. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais-INPE, 2005. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html. Acesso em: 28 jun. 2020.

CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres**. Brasília: Ministério da Integração Nacional; Secretaria Nacional de Defesa Civil. p. 174, 2003.v. 1.

CEMADEN. **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/cemaden>. Acesso em: 28 jun. 2020.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. 1998. Riscos Geológicos. In: BRITO, S. N. A.; OLIVEIRA, A. M. S. (orgs). **Geologia de Engenharia**. ABGE, São Paulo, 1998. p. 301-310.

CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES (COBRADE). Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Publicacoes/Simbologia%20dos%20Desastres.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2020.

COELHO, Maria Terezinha de Medeiros. **Avaliação da eficácia da lei de uso e ocupação do solo em São Luís**: o caso da Lagoa da Jansen. 2006. 151 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) – Curso de pós-graduação Stricto-Sensu, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002.

COUTINHO, E. C.; FISCH, G. Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) na região do Centro de Lançamento de Alcântara – MA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 2, p. 193-203, 2007.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM) - Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes**. São Luís – Maranhão. 2017.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia. **Relatório diagnóstico do município de Pedro do Rosário**: projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea no estado do Maranhão. 2011.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). Disponível em: <https://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentoglobal/pt>. Acesso em: 10 out. 2020.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J., S., HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZZANO, T. G., DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. INPE, São José dos Campos, 2001.

CUTTER, S. **The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability**, Annals of the Association of American Geographers. p. 1-12, 2003.

DRENAR. **Programa de combate às enchentes em São Bernardo do Campo**. São Bernardo do Campo, 2010.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos. [et al.]. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FEITOSA, A. C. Evolução morfogênica do litoral norte da ilha do Maranhão. **Dissertação de Mestrado**. Rio Claro: IGCE/UNESP. 1989.

FRANÇA, D. V. B. **Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão**. 2019. 226 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço - PPGeo, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019.

FREITAS, R. R. L. **Mapeamento de risco a movimentos de massa e inundação em áreas urbanas do município de Moreno-PE**. 2016. 259 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil, Pós-Graduação em Engenharia Civil – Geotecnia, Universidade Federal de Pernambuco Recife, 2016.

G1 MA. **População do Maranhão cresce em 2021**. Disponível em: <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2021/08/27/populacao-do-maranhao-cresce-em-2021-segundo-ibge-estado-e-o-quarto-maior-em-habitantes-na-regiao-nordeste.ghtml>. Acesso em 05 de dez. 2021.

GARCÊS JÚNIOR, A. R. **Variabilidade da chuva e desastres associados à dinâmica hidroclimática no estado do Maranhão**. 2022. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará Fortaleza, 2022.

GOOGLE EARTH. **São Luís / MA**. Acesso: 2021 e 2022.

GOUDARD, Gabriela. **Eventos pluviais extremos e riscos hidrometeorológicos Híbridos na Bacia do Alto Iguaçu (Paraná)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

GUERRA, A. T. **Novo Dicionário geológico-geomorfológico**. 4. ed. rev. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 652

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Bases de Informações do Censo Demográfico 2010**: Resultados do Universo Por Setor Censitário. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (IBGE). **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/sao-luis/panorama>. Acesso em: 11 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **População rural e urbana**. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em: 20 ago. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET)-. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios**. CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (org.). Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007. p. 176.

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**. London: Charles Griffin, 1975. p. 120

LICCO, E. A; SEO, E. S. M. **Perigos e riscos naturais**: estudo de caso do Jardim Pantanal. Revista Interfaces. v. 8, n. 1, 2013.

LIMA, Altieris Porfírio; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Análise de episódios de alagamentos e inundações urbanas na cidade de São Carlos a partir de notícias de jornal. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 15, p. 182-204 abr. 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33406>. Acesso em: 10 dez. 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v15i0.33406>.

LOHMANN, Marciel. Análise dos alagamentos no município de Curitiba entre os anos de 2005 a 2010. **Ciência Geográfica**, Bauru, XVII, v. XVII, 1, jan./dez. 2013.

LOPES, G. M.; BARBIERI, P. R. B.; SANTOS, A. C. S. **Influência de um vórtice ciclônico de ar superior no regime de chuvas do estado do Ceará em 2006 (estudo de caso)**. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2006, Florianópolis.

LOUZEIRO, Andreza dos Santos. **Vulnerabilidade e risco de movimento de massa no município de São Luís - MA (Brasil)**. 2018. 180 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

MACHADO, M, S. **Geografia e Epistemologia**: Um passeio pelos conceitos de espaço, território e territorialidade. Jan. 1997.

MANTOVANI, B. **Maapeamento de risco a movimentos de massa e inundação em áreas urbanas do município de Camaragibe**. 2016. 290 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil, Pós-Graduação em Engenharia Civil – Geotecnia, Universidade Federal de Pernambuco Recife, Recife, 2016

MARANHÃO. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos-IMESC. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão – ZEE**. Etapa bioma amazônico. São Luís, 2019.

MARANHÃO. Secretaria de Estado Meio Ambiente e Recursos Hídricos-SEMA. **Macro zoneamento do Golfão Maranhense**: diagnóstico ambiental da Microrregião Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. Estudo de hidrologia – GERCO/CPE/SEMA. São Luís, 1998.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias**: Conceitos Básicos. Caderno Didático nº 1. INPE. Santa Maria, 2008.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MENDONÇA, F. A. SAU. – Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: MENDONÇA, F. (org.) **Impactos Socioambientais Urbanos**. Curitiba: Editora UFPR, 2004.

MENDONÇA, F. de A. **O Clima e o Planejamento Urbano das Cidades de Porte Médio e Pequeno**: Proposições Metodológicas para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR. 1994. 298 f. Tese (Doutorado em Geografia) – PPLCH/USP, São Paulo, 1994.

MENDONÇA, F. Riscos e vulnerabilidades Socioambientais Urbanos a Contingência Climática. **Mercator** - Revista de Geografia da UFC, v. 9, n. 1, p. 153-163, dez. 2010.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: Noções Básicas e Climas do Brasil. São Paulo, Oficina de Textos, 2017.

MENDONÇA, F. **Riscos híbridos**: concepções e perspectiva. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

MESQUITA, R. R. **Plano de Expansão da Cidade de São Luís**. (1958). Diretoria do Departamento de Estradas e Rolagem do Estado do Maranhão.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Universidade de São Paulo/ Instituto de Geografia, 1976. 181 p. (Série Teses e Monografias nº 25).

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. 1976. 191 f. Tese (Livre Docência em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

MURARA, P., MENDONÇA, M. Variabilidade e Tendências das Precipitações Pluviais em Rio do Sul – SC. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 6, p. 1996-2007, 2019.

NASCIMENTO, F. C. A. N; BRAGA C. C. ARAÚJO F. R. C. D. Análise Estatística dos Eventos Secos e Chuvosos de Precipitação do Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 3, p. 375-386, 2017.

NOBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. **Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos atlântico e pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco**. Mercator, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 107-118, jan./abr. 2014.

NÚCLEO GEOAMBIENTAL DA UEMA (NUGEO). **Relatório Técnico da Previsão de Chuva para o período de janeiro a abril de 2020 no Maranhão**. Janeiro de 2020.

NuGeo/UEMA (2021). Disponível em <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2021/08/11/>. Acessado em dez. 2021.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **The 3rd OECD World Forum on “Statistics, Knowledge and Policy” Charting Progress, Building Visions, Improving Life**. Busan, Korea, 2009. Disponível em: <http://www.oecd.org/site/progresskorea/44120618.pdf>. Acesso em dez. 2021.

OLIVEIRA, E. L. A.; ROBAINA, L. E. S.; RECKZIEGEL, B. W. Metodologia utilizada para o mapeamento de áreas de risco geomorfológico: bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, I, 2. Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004.

OLIVEIRA, F. **A questão do Estado: vulnerabilidade social e carência de direitos**. In: Subsídios à Conferência Nacional de Assistência Social, out. 1995. (Cadernos ABONG).

OLIVEIRA, G. S. O. **El Niño e Você - o fenômeno climático**. São José dos Campos: Editora Transtec, 2001.

ORGANIZAÇÃO DA NAÇÕES UNIDAS (ONU). ISDR- Estratégia Internacional para Redução de Desastres (2011). **Avaliação global do relatório sobre redução de risco de desastres: revelando o risco, redefinindo o desenvolvimento**. Disponível em: <https://gar.undrr.org/part-iii-creating-national-and-local-conditions-manage-risk>. Acesso em: 30 jan. 2020.

ORGANIZAÇÃO DA NAÇÕES UNIDAS (ONU). ISDR- Estratégia Internacional para Redução de Desastres (2004). **Viver com risco: A global revisão das iniciativas de redução de desastres.** Disponível em: http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd -lwr -2004--eng.htm. Acesso em: 30 jan. 2020.

ORGANIZAÇÃO DA NAÇÕES UNIDAS (ONU). **ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050.** Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>. Acesso em: 19 ago. 2020.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAN). Ministério da Saúde. **Desastres Naturais e Saúde no Brasil.** Brasília, DF: OPAS, Ministério da Saúde, p. 56, 2015. (Série Desenvolvimento Sustentável e Saúde, 2).

PERFIL MUNICIPAL DE SÃO LUÍS 2010. Prefeitura Municipal de São Luís Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento – SEPLAN.

PINHEIRO, J. M.; ARAÚJO, R. R. **Impactos do Fenômeno El Niño e La Niña no Município de São Luís –Maranhão.** Revista GeoUECE (Online), v. 8, n. 15, p. 124-136, jul./dez. 2019.

PINHEIRO, Juarez Mota. **Clima Urbano da Cidade de São Luís do Maranhão.** 2018. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

PEGORIM, J. **El Niño em 2018?** Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/noticia/2017/05/28/el-nino-em-2018-3822>. Acesso em: 11 de jul. 2021.

PEZZI, L. P.; QUADRO, M. F. L.; LORENZZETTI, J. A et al. O efeito dos episódios da Zona de Convergência Oceânica do Atlântico Sul nas anomalias regionais de TSM: os papéis dos fluxos de calor e da dinâmica do alto-oceano. **Clim Dyn**, 2022.

RAMOS, C. Perigos naturais devido a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações. **Porto: e-LP Engineering and Technology Journal**, v. 4, p. 11-16, 2013.

ROAF, Sue; CRICHTON, David; NICOL, Fergus. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI.** Porto Alegre: Bookman, 2009. 384 p.

ROLNIK, Raquel. A Construção de uma política fundiária e de planejamento urbano para o país: avanços e desafios. In: IPEA. **Políticas Sociais: acompanhamento e análise.** fev. 2006. p. 199-210.

SÃO LUÍS. Lei nº 3.253 de 29 de dezembro de 1992. **Lei de Zoneamento, Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo Urbano de São Luís.** Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/ma/s/sao-luis/lei-ordinaria/2000/390/3895/lei-ordinaria-n-3895-2000-dispoe-sobre-alteracoes-na-lei-de-zoneamento-parcelamento-uso-e-ocupacao-do-solo-urbano-de-sao-luis-lei-n-3253-de-29121992-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 19 jan. 2020.

SÃO LUÍS. **Lei nº 4.669 de 11 de outubro de 2006**. Plano Diretor do Município de São Luís. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/ma/s/sao-luis/leiordinaria/2006/467/4669/lei-ordinaria-n-4669-2006-dispoe-sobre-o-plano-diretor-do-municipio-de-sao-luis-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 19 jan. 2020.

SAATY, T. H. A scaling method for priorities in hierarquical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v.15, 1977, pg. 234-281.

SILVESTRE, Miriam Rodrigues; SANT'ANNA NETO, João Lima; Ferreira FLORES, Edilson. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à Climatologia Geográfica. **Revista Formação**, n. 20, v. 2, p. 23-53, 2013.

SOUZA, T. S; NASCIMENTO, P. Análise Multivariada e Tendência da Precipitação Pluviométrica na Região Hidrográfica do Recôncavo Sul (BA). São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 39, n. 1, p. 203 - 213, 2020.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do. (orgs). **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>. Acesso em: 11 dez. 2020.

TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano**: Livro da água doce, cap. 14. Instituto de pesquisa hidráulica (UFGRS). Porto Alegre: 1997. 35 p.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP). **Conceitos**: Acidente x Evento x Risco. Disponível em <https://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/riscos/risco03.html>. Acesso em: 12 de dez. 2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP). **A estreita relação entre mudanças climáticas e o aumento de eventos extremos**, 2020. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2020/02/27/estreita-relacao-entre-mudancas-climaticas-e-o-aumento-de-eventos-extremos>. Acesso em: 03 jun. 2020.

VASCONCELOS, Paulo Eduardo Silva. Os Institutos de Aposentadorias e Pensões e o Sistema Financeiro de Habitação do Governo Autoritário: Peças Chaves da História Social em São Luís. In: **DOCOMOMO BRASIL**, 8, 2009, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2009. 16 p.

VIANA, J. D. V. **Elaboração de imagem**. 2019.

YAMAMOTO, J. K; LANDIM, P.M.B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

XAVIER-DA-SILVA, J. O que é Geoprocessamento? **Revista do CREA-RJ**, n. 79, p. 42-44, 2009.

XAVIER, T. M. B. S. **Tempo de chuva:** estudos climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional. Fortaleza: ABC, 2001. p. 478

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. S. F. Caracterização de períodos secos ou excessivamente chuvosos no Estado do Ceará através da técnica dos quantis: 1964-1998. **Rev. Bras. Meteorologia**, v. 14, n. 2, p. 63-78,1999.

YEH, S. W.; KUG, J. S.; DEWITTE, B. et al. El Niño em um clima em mudança. **Natureza**, 461, 511-514, 2009.

ZAVATINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 08, n. 16, 2009.

ZAVATINI, J. A; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica:** teoria e prática de pesquisa. Campinas, SP; Editora Alinea, 2013.

APÊNDICE

APÊNDICE A - FORMULÁRIO DE ATIVIDADE DE CAMPO

FORMULÁRIO DE ATIVIDADE DE CAMPO
BAIRRO: DATA:
RUA / AV.:
CARACTERÍSTICA FÍSICO-AMBIENTAL
01- Malha Viária: Pavimentada () Não pavimentada ()
02- Esgoto: Canalizado () Direto no ambiente ()
03- Coleta de lixo: Apresenta () Não apresenta ()
04- Padrão construtivo: Alto () Médio () Baixo ()
05- Ocupação: Ordenada () Desordenada ()
06- Obras de Contenção: Apresenta () Não apresenta ()
07- Lixo em logradouros, terrenos baldios, rio ou córregos: Apresenta () Não apresenta ()
08 - Tipo de moradia: Alvenaria () Madeira () Taipa () Palha () Mista ()
09- Piso: Terra batida () Cimento () Cerâmica () outro ()
10- Área com vulnerabilidade ambiental: Apresenta () Não apresenta () Encosta () Erosão () Mangue () Rio/Córrego ()
11- Curso d'água: Permanente () Temporário ()
12- Distância das construções ao Rio/Córrego:
13- Ocorre inundações (), alagamentos (), enchentes (), enxurradas () Altura de água máxima alcançada na área/edificações: _____
CARACTERÍSTICA SOCIOECONÔMICA E CULTURAL
14- Quantidade de moradores do domicílio: _____ Idosos: Sim () Não () Crianças (de 0 a 10 anos): Sim () Não () Portadores de necessidades especiais: Sim () Não ()
15- Capacidade de mobilidade e autonomia Carro () Moto () Caminhão () outro () _____
16- Grau de escolaridade Sem escolaridade () Ensino fundamental () Ensino médio () Ensino superior ()
17- Acesso aos meios de comunicação Televisão () Rádio () Celular () Acesso à internet ()
18- Existência de liderança atuante na comunidade e que realize trabalho integrado com as instituições de apoio em situações de risco: Sim () Não ()
19- Ocorre treinamento de moradores para situação de risco: Sim () Não ()
20- Estruturas capazes de dar suporte em caso de desastres, podendo servir de abrigo: Escolas () Igrejas () Postos de saúde () Outro () _____

Elaborado por Silva-França, 2022

ANEXO

ANEXO A- FICHA DE CADASTRO DA DEFESA CIVIL MUNICIPAL DE SÃO LUÍS



PREFEITURA DE SÃO LUÍS
SECRETARIA MUNICIPAL DE SEGURANÇA COM CIDADANIA
SUPERINTENDÊNCIA DE DEFESA CIVIL

CADASTRO DE FAMÍLIAS EM ÁREA DE RISCO

- 1- NOME _____
- 2- CPF _____ RG _____
- 3- ENDEREÇO _____
- 4- BAIRRO _____
- 5- TEMPO DE MORADIA _____ CONTATO _____
- 6- CRIANÇA
(Masculino) _____ (Feminino) _____
- 7- ADULTO
(Masculino) _____ (Feminino) _____
- 8- IDOSOS ACIMA DE 60 ANOS

- 9- DEFICIENTE NA FAMÍLIA: () SIM () NÃO
QUAL? _____
- 10- EM CASO DE INCIDENTE TEM PARA ONDE IR? () SIM () NÃO _____
- 11- DOENÇA EPIDEMIOLÓGICA? () SIM () NÃO _____
- 12- QUANTO AO IMÓVEL?
() ALVENARIA () TAIPA () MADEIRA () OUTROS _____
- 13- INFRAESTRUTURA DA RUA:
() ASFALTO () TERRA () PIÇARRA () PEDRA () OUTROS _____
- 14- ANÁLISE DO AGENTE QUANTO AO RISCO DO LOCAL
() ALAGAMENTO () INUNDAÇÃO () DESLIZAMENTO/ENCOSTA
() PRÉDIO ANTIGO () OUTROS _____

OBS: _____

SÃO LUÍS, ____/____/____

Josirene França da Silva
Dissertação de Mestrado

ANEXO B - PRINCIPAIS ÁREAS DE RISCO SÃO LUÍS, MA

DEFESA CIVIL MUNICIPAL PRINCIPAIS ÁREAS DE RISCO, VULNERÁVEIS DE SÃO LUÍS				
ÁREA	BAIRRO	PONTOS/LOCALIDADE	NÍVEL	TIPO DE RISCO
ÁREA 01 COROADINHO (17 pontos)	Coheb Sacavém	Avenida 3/Rua Bom Jesus		Área de Encosta
	Coheb Sacavém	Rua 44 e 04		Área de Encosta
	Coheb Sacavém	Rua 11		Área de Encosta
	Coroadinho	Avenida Jose Sarney		Erosão
	Coroadinho	Avenida Natal/II Travessa da Av. Natal - Bairro Vila Natal		Área de Encosta
	Coroadinho	Rua D. Pedro II, II Travessa Dom Pedro II - Morro do Zé bombom		Erosão
	Coroadinho	Rua Duque de Caxias		Área de encosta
	Coroadinho	Rua do Eucalipto		Área de encosta
	Coroadinho	Avenida da Babilônia, Rua Babilônia, Travessa Babilônia		Área de Encosta
	Coroadinho	Rua Boa Esperança e Rua São Benedito – Primavera Bom Jesus		Área de Encosta
	Coroadinho	Rua José Sarney com a Rua União - Alto São Sebastião		Área de Encosta e Alagamento
	Coroadinho	Rua Jatobá com a Rua do Fio		Área de Inundação
	Sacavém	Estrada da vitória, km 07		Área de encosta
	Salina do Sacavém	Avenida 01, Avenida 02, Rua do Fio		Área de Encosta e Alagamento
	Túnel do Sacavém	Alto da Penha		Área de Encosta
	Túnel do Sacavém	Estrada da Vitória		Erosão
	Túnel do Sacavém	Quinta dos Machados		Área de Alagamento
ÁREA 02 VILA PALMEIRA (13 pontos)	Matança-Anil	Rua e Travessa da Matança (Rua do Campo), Rua Juscelino Santos, Rua Fé em Deus		Área de Alagamento
	Bairro Novo Angelim	Travessa da Avenida 2, Rua 10 de julho		Área de Inundação
	Bairro Angelim	Rua Nossa Senhora das Graças		Área de Alagamento
	João de Deus	Rua Portuguesa, Nossa Senhora de Santana		Área de Encosta
	João de Deus	Rua São Jorge, Rua Padre Marcos Anchieta		Erosão

	João de Deus/Vila Socó	Rua Macaúba com Jean Noberto, 12 de julho		Área de inundação
	Pão de Açúcar	Rua São Judas Tadeu		Área de encosta e alagamento
	Novo Angelim	Rua 10 de Julho		Área de Alagamento
	Santo Antônio/ Pirapora	Rua Salmo, Rua Jairzinho, Rua Santa Clara		Área de Encosta
	Residencial João Alberto	Rua Terezinha de Sousa/Rua Irene de Sousa		Erosão
	Vila Isabel Cafeteira - Cohab	Rua Nossa Senhora de Fátima, São Benedito		Área de Encosta e Alagamento
	Vila Isabel Cafeteira - Cohab	Rua Santa Tereza, São Francisco, Tancredo Neves		Área de Encosta
	Vila Lobão	Rua São Raimundo/Fé em Deus e Jurandir Filho		Área de Encosta
ÁREA 03 EIXO ITAQUI BACANGA (23 pontos)	Alto da Esperança	Travessa São Raimundo		Área de Encosta
	Alto da Esperança	Rua Nova Turu		Erosão
	Fumacê	Rua Nova, Rua do Entroncamento, Avenida Vaticano		Área de Inundação
	Mauro Fecury I	Rua Costa Moreira		Área de Encosta
	Mauro Fecury II	Rua Costa e Silva, Rua Dra. Érika e Rua Sarney Filho		Área de Encosta
	Sá Viana	Avenida Tomás de Aquino/ Rua Militana Ferreira		Área de Encosta
	Sá Viana	Rua Aquiles Lisboa/ Rua Perminio Lindoso		Área de Encosta
	Sá Viana	4º Trav. Alberto Sales, Rua Maria da Paz, Rua São Tomé, Rua São Geraldo e Rua Bela Vista		Área de Inundação
	Vila Bacanga	Travessa da Rua do Amor		Área de Inundação
	Vila Bacanga	Rua São Sebastião		Área de Encosta
	Vila Bacanga	Rua Joao Paulo II		Área de Encosta
	Vila Cerâmica	Rua Coronel Eliberto		Área de Inundação
	Vila Dom Luís	Rua da Mangueira/Rua Júpiter		Área de Inundação/Alagamento
	Vila Dom Luís	Rua da Mangueira, Rua São Pedro		Área de Encosta
	Vila Embratel	Rua 2 de maio/Travessa 2 de Maio		Erosão
	Vila Embratel	2ª Travessa do Arame com a 2ª Travessa 6 de Abril, II Trav. Da Rua da Estrela, II Travessa da Rua São Pedro		Área de Encosta
	Vila Embratel	Rua Bom Futuro		Área de Encosta

	Vila Embratel/ Residencial Primavera	Rua da Carneira/Rua do Amor		Área de inundação
	Vila Embratel	Rua São Félix		Área de Encosta
	Vila Embratel/ Piancó	II Travessa do Piancó		Área de Encosta
	Vila Embratel	Rua Padre Rafael, Travessa Padre Rafael, Travessa São Pedro		Área de Encosta
	Vila Isabel Conj EIT	Rua Senador Pompeu, Rua A		Área de Encosta
	Vila Isabel	Rua Duque de Caxias		Área de Encosta
ÁREA 04 ZONA RURAL I (4 pontos)	Cidade Olímpica/Vila Sapinho	Av. Thaissa, Rua N. Srª da Liberdade com as ruas 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19		Área de Alagamento
	Cidade Olímpica/Residencial José Reinaldo Tavares	Rua da União, Rua Nossa Sra. Aparecida com a Avenida Santana		Área de alagamento
	São Raimundo	Rua 13 e Rua 15		Erosão
	Vila Ayrton Senna	Rua Santa Mônica, Rua Santa Isabel, Rua da Pedreira		Área de Encosta
ÁREA 05 COHAMA/ TURU (2 pontos)	Cantinho do Céu	Travessa Menino Jesus de Praga, Rua Menino Jesus de Praga		Área de Encosta
	Vila Marinho/Vila Progresso	Rua da Paz/Rua Paris		Área de Inundação
AREA 06 ZONA RURAL II (4 pontos)	Rio Grande	Rua Nova, Rua Bom Jardim, Rua Bom Jesus		Área de Encosta
	Tibiri	Av. Principal - Rio do meio		Área de Encosta
	Vila Itamar	Rua 07 com a Rua Tancredo Neves		Área de Encosta
	Vila Itamar	Travessa da Rua 05		Área de Encosta
ÁREA 07 ZONA COSTEIRA (2 pontos)	São Francisco	Avenida Atlântica de São Luis		Area de Erosão
	São Francisco	Rua Buriti		Área de Encosta
ÁREA 8 CENTRO (1 ponto)	Centro Histórico	Rua 13 de Maio, Rua 14 de Julho, Rua Afonso Pena, Rua da Palma, Rua do Alecrim, Rua do Giz, Rua dos Afogados, Rua Isaac Martins, Rua São João, Travessa Feliz.		Área de Desabamento