



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DINTER EM GEOGRAFIA UFPE/UESPI**

MARIA SUZETE SOUSA FEITOSA

**ENCHENTES DO RIO POTI E VULNERABILIDADES
SOCIOAMBIENTAIS NA CIDADE DE TERESINA-PI**

RECIFE

2014

MARIA SUZETE SOUSA FEITOSA

**ENCHENTES DO RIO POTI E VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS NA
CIDADE DE TERESINA-PI**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação
de Geografia da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial à obtenção
do título de doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega

RECIFE

2014

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB-4 1291

F311e Feitosa, Maria Suzete Sousa.
Enchentes no Rio Poti e vulnerabilidades socioambientais na cidade de
Teresina-PI / Maria Suzete Sousa Feitosa. – Recife: O autor, 2014.
217 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.
Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2014.
Inclui referências e apêndices.

1. Geografia. 2. Urbanização. 3. Catástrofes naturais. 4. Inundações –
Teresina (PI). 5. Avaliação de riscos ambientais. I. Nóbrega, Ranyére
Silva (Orientador). II. Título.

910 CDD (2)

UFPE (BCFCH2015-44)

MARIA SUZETE SOUSA FEITOSA

**ENCHENTES DO RIO POTI E VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS NA
CIDADE DE TERESINA-PI**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Geografia.

Aprovadaem: 12/11/2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva (2º Examinador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Antônio Carlos de Barros Correa (3º Examinador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Maria Elisa Zanella (4º Examinador)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Anselmo César Vasconcelos Bezerra (5º Examinador)
Instituto Federal de Pernambuco

*Aos meus filhos Francisco Henrique e Olívia
Maria, fonte do meu amor maior.*

AGRADECIMENTOS

A DEUS, luz divina na minha vida e a Nossa Senhora, mãe celestial que me amparou no colo virginal durante todos os dias de construção da tese.

Aos meus pais José Aurélio (*in memorian*) e Maria Francisca pelo exemplo de simplicidade, fraternidade e respeito pelos mais pobres e humildes, especialmente pelo nosso povo de Areias.

Ao meu irmão Chico Zé (*in memorian*) por ter desde cedo me guiado e ter sido meu apoio paterno e inspiração para eu chegar até a universidade e, à minha sobrinha Marcela (*in memorian*) exemplo de amor e jeito sereno de viver a vida.

Aos meus irmãos Celeste, Margareth (Margô), Everardo, Renato, Zezinho, Netinha, Graça (Munega) que juntos formam minha base familiar sólida, agradeço pelo amor, confiança e apoio concedidos em todos os momentos da minha vida. Especialmente, à minha irmã Ivete pela proteção, pelas palavras de incentivo e pelos cuidadosos telefonemas nas horas que mais me sentia frágil e solitária.

Ao meu genro Alex, com seu jeito discreto e à distância me transmitia energia positiva, incentivo e carinho durante a exigente missão do estudo.

As minhas cunhadas e amigas Silvana e Francidalva pelas manifestações de afeto a mim dedicadas.

Aos meus sobrinhos Filipe, Joseana, José Ricardo, Tatiane, Raphael, Cacá, Camila, Écio e Laécio pelo respeito e, principalmente pela confiança em mim depositada.

A minha prima Rosane pela amizade e parceria na minha vida.

A Amparo, meu braço direito que segurou com firmeza as tarefas particulares do meu lar durante minhas ausências.

Ao meu orientador Professor Ranyére Nóbrega por ter aceitado o convite e o desafio desta empreitada, pelas valiosas orientações e por ter caminhado junto comigo na busca dos meios mais viáveis de construção da tese.

Aos Professores do Programa de Doutorado em Geografia da UFPE, em especial aos professores Alcindo, Antonio Carlos e Jan Bitoun, pelo empenho na celebração do DINTER UFPE/UESPI e pelos votos de credibilidade ao grupo.

Aos professores Antonio Carlos pelas orientações que me fizeram encontrar os elementos estruturais definidores do projeto de pesquisa da tese e Girão pelas orientações pertinentes recebidas no exame de qualificação.

As pessoas que foram o “ancoradouro” essencial que me fez chegar até o fim com coragem, perseverança, competência e alcance do êxito nessa jornada: Joselma, Pedro Felipe, Antonio Nonato, Cíntia, Jorge Eduardo, Híkaro Kayo, Silvana, Lívio Tito, Marco Aurélio, Luzineide. E o auxílio especial de Rosélia, Rodrigo, Livânia, que me ajudou superar obstáculos e a remar, por vezes, contra os ventos do estudo, inclui ainda: Lília, Nice, Ana Bezerra, Daise, Liana.

Aos colegas do DINTER, todos sem nenhuma exceção, que em meio às diferenças e afinidades, foram companheiros e amigos, compartilhando momentos de discussão, de incertezas e acertos fundamentais para meu crescimento acadêmico e pessoal.

A Coordenadoria de Defesa Civil da Prefeitura de Teresina, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no Piauí, do Instituto Geológico do Brasil (CPRM) em Teresina, Jornal O Dia pelo repasse das informações.

Muito obrigada!

Pais se perguntam por que os rios são amargos,
quando eles mesmos envenenaram a fonte.

John Locke

RESUMO

As enchentes são eventos naturais que não repercutem impactos sobre a qualidade de vida, porém, esses desastres associados às peculiaridades urbanas tornam-se fontes de perigo, contribuindo para agravar as condições de vida da população na cidade. No Brasil, os cenários de degradação socioambiental resultantes das desigualdades sociais e de infraestrutura deficiente, aliado à ocupação de espaços problemáticos salientam riscos e vulnerabilidades que, frequentemente coincidem com ambientes fluviais urbanos. Assim, o tema desta tese, versa sobre enchentes e vulnerabilidades socioambientais na cidade de Teresina, no trecho do baixo curso do rio Poti, e tem como objetivo analisar os riscos e vulnerabilidades socioambientais às enchentes no trecho urbano da Curva São Paulo à confluência com o rio Parnaíba na cidade de Teresina-PI, para a compreensão das interfaces das vulnerabilidades e exposição aos riscos ambientais de determinadas áreas e grupos populacionais. A metodologia contemplou etapas distintas: no primeiro momento, é feita uma revisão bibliográfica sobre o ambiente urbano, desastres naturais e sustentabilidade, sobre vulnerabilidade e riscos ambientais e sobre clima e enchente, fundamentais para sustentar a pesquisa. É feita, ainda revisitação em referências bibliográficas sobre a expansão urbana de Teresina e a ocupação do baixo curso do rio Poti nas décadas correspondentes à série histórica estudada, destacando sua importância com relação às enchentes. Em seguida, aplicaram-se técnicas estatísticas para classificar a vulnerabilidade social; a utilização do software RCLIMDEX, da técnica do Índice de Anomalia Climática - IAC e Técnica dos Quantis para análise da precipitação e tendência climática; foi realizado trabalho de campo com apoio de Tripé topográfico e GPS, levantamento de notícias de jornal, finalmente, sobreposição cartográfica para produzir Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental. Na análise da precipitação constatou-se que a precipitação total segue tendência de leve crescimento, com atenção em relação à urbanização e a ocorrência de desastres de enchente. Conclui-se que há fortes correlações entre os bairros sujeitos a alto risco de enchentes e os bairros com alta vulnerabilidade social.

Palavras-chave: Ambiente urbano. Desastres naturais. Risco. Enchente.

ABSTRACT

Floods are natural events that do not have impact repercussions on life quality, however, these disasters associated with urban peculiarities become sources of danger, contributing to aggravate the living conditions of the population in the city. In Brazil, the settings of environmental degradation resulting from social inequalities and poor infrastructure, allied problems filling spaces point out risks and vulnerabilities that often coincide with urban fluvial environments. Thus, the theme of this thesis deals with flooding and socio-environmental vulnerability in the city of Teresina, in the stretch of the lower course of Poti River, and aims to analyze its flooding and social and environmental risks and vulnerabilities present in the city of Teresina, in urban stretch of the Bend São Paulo to the confluence with Parnaíba River, to understanding the interfaces of vulnerabilities and exposure to environmental risks of certain areas and population groups. The methodology included different stages: at first, a literature review on the urban environment, natural disasters and sustainability, on vulnerability and environmental risks on climate and flood, essential for supporting the research. It is also being made the reading of the urban sprawl of Teresina and the occupation of the lower course of Poti River in the corresponding time series studied decades, highlighting its importance in relation to flooding. Then applied statistical techniques to classify the social vulnerability; the use of RCLIMDEX software in the technical Climate Anomaly Index - the IAC and Technical quantiles for analysis of precipitation and weather trend; Field work was conducted with support of GPS and topographic Tripod, surveying news newspaper eventually overlapping to produce cartographic map-Environmental Vulnerability. In the analysis of precipitation was found that the total precipitation follows tendency of slight growth, with attention for the to urbanization and the occurrence of flood disasters. It is concluded that there are strong similarities between the neighborhoods in relation to high risk of flooding and neighborhoods with high social vulnerability.

Key-Words: Urban environment. Natural disasters. Risk. Flooding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Modelo esquemático do Sistema Socioambiental Urbano	33
Figura 2 –	Enchente do rio Poti na cidade de Teresina (PI), em 2004.....	38
Figura 3 –	Modelo esquemático de elementos do perigo constituintes das vulnerabilidades do lugar e das pessoas	51
Figura 4 –	Perfil esquemático destacando os tipos de leito e os terraços fluviais	67
Figura 5 –	Categorias de mudança e alteração climáticas atribuídas à atividade humana	88
Figura 6 –	Mapa dos Tipos Climáticos do Piauí	90
Figura 7 –	Mapa do período de Ocorrência das Chuvas do Piauí	93
Figura 8 –	Mapa de localização geográfica de Teresina	95
Figura 9 –	Imagem de localização da área de estudo	96
Figura 10 –	Imagem dos principais rios que cortam a cidade de Teresina	97
Figura 11 –	Bacia Hidrográfica do Rio Poti.....	98
Figura 12 –	Fotografia do Encontro dos rios Parnaíba e Poti na zona Norte de Teresina	99
Figura 13 –	Mapa hipsométrico da cidade de Teresina	100
Figura 14 –	Fotografia da vegetação de babaçu presente na paisagem da cidade	102
Figura 15 –	Fotografia da vegetação do Parque da Cidade	102
Figura 16 –	Mapa das principais macrobacias urbanas de Teresina	103
Figura 17 –	Imagem de uso e ocupação da terra em Teresina	105
Figura 18 –	Mapa destacando a rede de drenagem do Piauí e o rio Poti	116
Figura 19 –	Fotografia da Galeria no bairro Mocambinho	116
Figura 20 –	Fotografia de entulho acumulado na margem do rio Poti no bairro São Francisco	117
Figura 21 –	Fotografia da verticalização da cidade as margens do rio Poti	118
Figura 22 –	Mapa da mancha urbana de Teresina entre 1981 e 1991.....	122
Figura 23 –	Mapa da evolução da mancha urbana de Teresina entre 1992 e 2000	124
Figura 24 –	Fotografia de enchente do rio Poti invade ruas e casas da zona norte	148
Figura 25 –	Fotografia de famílias desabrigadas pela enchente na zona norte	148
Figura 26 –	Fotografia de cheias do rio Poti desabrigam dezenas de famílias em Teresina	149

Figura 27 –	Fotografia da Avenida Marechal Castelo Branco tomada pelas águas ...	150
Figura 28 –	Fotografia dos transtornos sofridos pela população mais pobres durante as enchentes	150
Figura 29 –	Fotografia de flagelados deixando para trás suas moradias e pertences .	152
Figura 30 –	Fotografia mostrando estado de calamidade em Teresina	152
Figura 31 –	Fotografia de vila da zona sudeste atingida pelas cheias do Poti	153
Figura 32 –	Fotografia das vias alagadas na zona Leste	154
Figura 33 –	Restaurante no bairro Poti Velho	155
Figura 34 –	Curva São Paulo debaixo d'água	155
Figura 35 –	Fotografias de estabelecimento comercial e Shopping Center atingido pela enchente	156
Figura 36 –	Mapa de Vulnerabilidade Social	170
Figura 37 –	Mapa de localização dos bairros da área de estudo	172
Figura 38 –	Perfil de Risco Ambiental nº 1	177
Figura 39 –	Perfil de Risco Ambiental nº 2	178
Figura 40 –	Perfil de Risco Ambiental nº 3	180
Figura 41 –	Perfil de Risco Ambiental nº 4	181
Figura 42 –	Perfil de Risco Ambiental nº 5	181
Figura 43 –	Perfil de Risco Ambiental nº 6	185
Figura 44 –	Perfil de Risco Ambiental nº 7	186
Figura 45 –	Perfil de Risco Ambiental nº 8	187
Figura 46 –	Perfil de Risco Ambiental nº 9	188
Figura 47 –	Perfil de Risco Ambiental nº 10	189
Figura 48 –	Perfil de Risco Ambiental nº 11	192
Figura 49 –	Perfil de Risco Ambiental nº 12	193
Figura 50 –	Perfil de Risco Ambiental nº 13	194
Figura 51 –	Mapa de Risco Ambiental	196
Figura 52 –	Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental.....	196

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Desastres naturais no Brasil	39
Gráfico 2 –	Mortes por tipos de desastres no Brasil	40
Gráfico 3 –	Desastres naturais mais frequentes no Brasil	41
Gráfico 4 –	Climograma para o município de Teresina-PI	109
Gráfico 5 –	Precipitação total anual para o município de Teresina – PI	111
Gráfico 6 –	Evolução populacional de Teresina (1980/2010)	125
Gráfico 7 –	Variabilidade interanual das precipitações na capital Teresina (1981-2010)	135
Gráfico 8 –	Tendência da precipitação total anual	139
Gráfico 9 –	Tendência de Dias Consecutivos Secos	140
Gráfico 10 –	Tendência de Dias Consecutivos Chuvosos	140
Gráfico 11 –	Tendência de quantidade máxima de chuvas em um dia (RX1day) e quantidade máxima de chuvas em cinco dias (RX5day)	141
Gráfico 12 –	Tendência de Dias Muito Chuvosos (R95p) e Dias Extremamente Chuvosos(R99p)	142
Gráfico 13 –	Tendências de dias em que a precipitação excedeu os 10 mm (R10mm), 20 mm (R20mm) e 50 mm (R50mm)	143
Gráfico 14 –	Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano de 1985	144
Gráfico 15 –	Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano de 1995	145
Gráfico 16 –	Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano de 2009	145
Gráfico 17 –	Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano pelas normais climatológicas	145
Gráfico 18 –	Precipitação diária entre janeiro e maio de 1985	147
Gráfico 19 –	Precipitações registradas no período chuvoso – 1995	151
Gráfico 20 –	Valores de precipitações ocorridas durante o período chuvoso em 2009	156
Gráfico 21 –	Autovalores em função do número de componentes da variável latente	164

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos Quantis aplicável à série histórica estudada (1981-2010).....	137
Quadro 2 – Bairros da área pesquisada e respectiva zona de localização	174
Quadro 3 – Áreas de risco ambiental associadas no âmbito do estudo	195

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Categorias de variáveis climáticas sujeitas a mudanças induzidas de origem antrópica	80
Tabela 2 –	Classe de intensidade do Índice de Anomalia de Chuva – IAC	129
Tabela 3 –	Valores Utilizados Como Critério De Avaliação Na Análise Fatorial	132
Tabela 4 –	Teste de Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem e teste de Bartlett	133
Tabela 5 –	Classe de intensidade do IAC para os anos destacados no estudo	136
Tabela 6 –	Classificação dos Percentuais dos Quantis	137
Tabela 7 –	Acumulado mensal para o período chuvoso nos três anos de eventos de enchentes analisados em comparação a normal climatológica	144
Tabela 8 –	Indicadores de Desvantagem Social	158
Tabela 9 –	Estatísticas descritivas dos bairros, segundo as variáveis selecionadas	160
Tabela 10 –	Matriz de correlação das variáveis selecionadas para o estudo.....	161
Tabela 11 –	Comunalidade e variância específica, segundo as 10 variáveis	163
Tabela 12 –	Comunalidade e variância específica, segundo as 10 variáveis	165
Tabela 13 –	Autovalores e percentagem da variância explicada pelos fatores comuns.	165
Tabela 14 –	Correlação das 19 variáveis com os 2 fatores comuns rotacionados pelo método varimax com normalização de Kaiser	166
Tabela 15 –	Número de bairros segundo grupos homogêneos	168
Tabela 16 –	Escore fatorial final, índice final e respectivo grupo homogêneo, segundo os bairros da área da pesquisa – Teresina, 2010	169

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGESPISA	Águas e Esgotos do Piauí S.A.
APP	Área de Preservação Permanente
CEPED	Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres
CEPRO	Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DNOCS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EM-DAT	Emergency Events Database
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
FPA	Frente Polar Atlântica
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima
MEAN	Massa Equatorial do Atlântico Norte
MEAS	Massa Equatorial do Atlântico Sul
MEC	Massa Equatorial Continental
MPA	Massa Polar Atlântica
MTA	Massa Tropical Atlântica
MTC	Massa Tropical Continental
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
PDDrU	Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina
PDDU	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Teresina
PDLI	Plano de Desenvolvimento Local Integrado
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SAU	Sistema Socioambiental Urbano
SEMAR	Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado do Piauí
UGI	União Geográfica Internacional
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

UNFPA United Nations International Strategy for Disaster
UN-ISDR United Nations International Strategy for Disaster
ZCIT Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	AMBIENTE URBANO, DESASTRES NATURAIS E RISCO.....	24
2.1	Espaço Urbano e a Questão Ambiental.....	24
2.2	Desastres Naturais nas Cidades	34
2.3	Natural Hazards, Perigo e Risco	43
2.4	Vulnerabilidades, Sociedade e Natureza.....	48
3	CLIMA E ENCHENTES ASSOCIADOS AO MEIO URBANO.....	57
3.1	Enchente, Evento Natural Induzido pela Urbanização	57
3.2	Processos Físico-Naturais e Antrópicos Geradores de Enchentes	64
3.3	Modificações do Meio Urbano e Clima	69
3.4	Mudança e Variabilidade Climática	76
3.5	Dinâmica Climática Regional no Ambiente Tropical	83
4	GEOGRAFIA E CONDICIONANTES CLIMÁTICOS DA ÁREA DE ESTUDO.....	94
4.1	Localização de Teresina	94
4.2	Ambiência Físico-Geográfica do Município de Teresina	96
4.3	Arcabouço Hidrogeológico do Rio Poti	103
4.4	O Clima de Teresina	106
4.5	Expansão Urbana de Teresina e Ocupação do Baixo Curso do Rio Poti ..	112
4.6	Teresina de 1980 a 2010: Crescimento e Espreadimento da Malha Urbana	119
5	ENCHENTES DO RIO POTI: RISCOS E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA CIDADE DE TERESINA.....	128
5.1	Aspectos Metodológicos	128
5.1.1	Critérios de validação para o uso da Análise Fatorial	131
5.1.2	Análise fatorial por componentes principais	132
5.1.3	Análises do Padrão e Tendência Pluviométrica	135
5.1.3.1	<i>Índice de Anomalia de Chuva (IAC)</i>	<i>135</i>
5.1.3.2	<i>Técnica dos Quantis</i>.....	<i>136</i>
5.1.3.3	<i>Análise de Tendência Pluviométrica</i>	<i>138</i>
5.1.3.4	<i>Balanco Hídrico</i>	<i>143</i>

5.2	Análise Episódica de Enchentes do Rio Poti: Eventos de 1985, 1995 e 2009	146
5.3	Vulnerabilidade Social	157
5.3.1	Escolha das Variáveis	158
5.3.2	Aplicação de Análise Multivariada	159
5.3.3	Análise Fatorial	160
5.3.4	Análise de Agrupamentos	168
5.4	Identificação das Áreas de Risco Ambiental	171
5.5	Vulnerabilidade Socioambiental Presente na Cidade de Teresina	197
6	CONCLUSÃO	200
	REFERÊNCIAS	203
	APÊNDICE A - TABELA DE ESCORES FATORIAIS, FINAIS POR BAIRRO	215
	APÊNDICE B – TABELA DOS INDICADORES DE VULNERABILIDADE	216
	APÊNDICE C – TABELA DOS INDICADORES SOCIAIS E ECONÔMICOS	217

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade as questões ambientais urbanas são marcadas por graves problemas relacionados a fenômenos que vêm ocorrendo em todo o planeta mundo, dentre eles, os desastres naturais, têm se evidenciado com muita expressão em diferentes lugares do planeta, especialmente nas últimas décadas. Tais problemas têm estreita correspondência com o processo de urbanização que propicia um uso indiscriminado do meio ambiente e seus recursos e uma ocupação desordenada do espaço nas cidades, que se agrava por ocasião das situações de riscos produzidas no decorrer desses fenômenos.

Esses desastres ganham destaque especialmente no retorno dos seus impactos no sistema social da cidade admite Marcelino (2008), em virtude de se encontrar nesse espaço uma maior concentração populacional, produzindo um conjunto complexo de mudanças que favorecem o estado de vulnerabilidade por ocasião desses desastres naturais. Essas questões colocaram o tema desastres naturais e risco em ampla discussão haja vista a frequência e gravidade por ocasião de episódios como as enchentes e os deslizamentos, muito dos quais provenientes da ocupação humana em áreas de risco natural, como as áreas marginais aos cursos d'água que favorecem o perigo potencial das enchentes, assim como as áreas de encosta.

Mesmo com os avanços tecnológicos e uma significativa produção do conhecimento no que diz respeito, notadamente, aos chamados “riscos naturais”, tem-se se verificado ao longo do século XX, e já no século em curso, aumento no incremento dos desastres naturais e nos prejuízos humanos e materiais por eles produzidos como relata Tominaga; Santoro; Amaral (2009) verificado em bancos de dados da *Emergency Events Database* – EM-DAT.

Catástrofes ocorridas em escala mundial têm colocado em estado de alerta as sociedades, em 2011 foram 1.985 vidas ceifadas no Paquistão causadas pelas cheias do rio Indo e no mesmo ano no Rio de Janeiro morreram mais de 900 pessoas depois de fortes chuvas que causaram deslizamentos e enxurradas, registra *Revista Abril* edição de julho de 2011.

No Brasil, os fenômenos mais recorrentes se relacionam aos de natureza climática como as enchentes e os deslizamentos. Santos (2007) destaca que as inundações, dentre os desastres que ocorrem no Brasil, respondem com mais de 58% somente nos anos de 2000 a 2007. O CEPED (2012) divulga dados preocupantes quanto ao aumento destes

fenômenos, na década de 1990 foram registrados 8.671 desastres e em 2000 foram 23.238, representando um aumento de 73%.

Os horizontes de agravos advindos desses eventos são potencializados pelas condições ambientais e pelas formas de uso e ocupação do espaço, especialmente nas cidades, destaca Santos (2007). E, apesar da tecnologia a sociedade moderna não tem sido capaz de se isentar dos agravos materiais e humanos deles gerados, com isso os debates se centram nos desastres naturais e suas repercussões no ambiente urbano, considerando os riscos como a causa fundamental dos problemas por eles ocasionados.

No contexto do emblemático cenário global de risco natural e suas produções que afetam a vida na cidade afloram questões centrais desta tese. Os eventos naturais tiveram seus efeitos reforçados com o advento da urbanização, seus processos e modelos estruturantes? Ou ainda, pelo contingente populacional que se adensa em condição de risco e vulnerabilidade nas cidades?

É fato que determinadas áreas oferecem mais risco que outras notadamente aquelas densamente urbanizadas; mas o que justifica serem os espaços urbanos os mais atingidos? E, de modo específico, qual a população mais vulnerável? Assim, o presente estudo discute enchentes e os agravos por elas produzidos, especialmente os episódios de 1985, 1995 e 2009 ocorridos no rio Poti no espaço urbano de Teresina-PI, estabelecendo uma análise integrada a partir das áreas mais impactadas pelo efeito das enchentes, do padrão da precipitação e das vulnerabilidades socioambientais geradas por estes eventos em razão da elevada concentração populacional no meio urbano.

Diante da abordagem pretendida, quais as áreas mais susceptíveis aos eventos de enchente? Quais grupos sociais são mais vulneráveis que outros no espaço urbano? E quais variáveis indicam o estado de vulnerabilidade desses sujeitos? Ou melhor, quais indicadores concorrem para espacializar e estabelecer diferenciações dos riscos e das vulnerabilidades?

Na vanguarda do contexto exposto definiu-se como **objetivo** da tese *analisar os riscos e vulnerabilidades socioambientais às enchentes, tendo o rio Poti como a área de estudo, no trecho urbano da Curva São Paulo à confluência com o rio Parnaíba, em Teresina-PI*, buscando a compreensão das inter-relações das vulnerabilidades sociais e físico-ambientais e exposição aos riscos naturais, especialmente aqueles associados a determinadas áreas e grupos populacionais.

Visando alcançar esse propósito, o trabalho se apoiará nos seguintes **objetivos específicos**:

Objetivo 1: Discutir os conceitos e abordagens teóricas de risco e vulnerabilidade e seus desdobramentos metodológicos.

Objetivo 2: Analisar a precipitação com o intuito de conhecer o padrão e tendência climática.

Objetivo 3: Identificar as áreas mais susceptíveis e os grupos da população mais vulneráveis aos riscos de enchente do rio Poti no espaço urbano de Teresina.

Objetivo 4: Elaborar perfis ambientais e índice da vulnerabilidade social relacionada aos riscos de enchentes da área de estudo para produção de mapas. E, com base na sobreposição destes, o mapa da vulnerabilidade socioambiental.

Nesse percurso, a intenção da tese busca validar as **hipóteses** seguintes: ***Hipótese 1.** À medida que a cidade de Teresina se tornou mais urbanizada as enchentes repercutiram maiores agravos socioambientais; **Hipótese 2.** Não houve mudança no padrão pluviométrico, apenas o aumento dos impactos em virtude do maior adensamento populacional nas áreas diretamente afetadas pelos episódios de enchentes do rio Poti.*

No que compete às **etapas da pesquisa**, cumpre inicialmente aclarar os principais aportes metodológicos utilizados como guia para a realização do estudo. A abordagem integrada adotada busca a compreensão dos processos que interagem no ambiente sendo essa a base do arcabouço metodológico desta tese. O ambiente urbano se consolida no âmbito do conhecimento geográfico, representado na proposta de Monteiro (1976) e, em Mendonça (2004) no Sistema Socioambiental Urbano, como via de propor uma compreensão da relação Homem-Ambiente na cidade a fim de estabelecer um entendimento da expressão socioespacial dos riscos ambientais e das vulnerabilidades socioambientais.

O percurso trilhado durante a realização da tese exigiu seguir determinadas etapas, descritas a seguir:

Para a construção dos capítulos teóricos – Capítulo 2 - revisa-se Ambiente Urbano, Desastres Naturais e Riscos; no Capítulo 3 - segue-se revisão de Clima e Enchentes Associados ao Meio Urbano.

No Capítulo 4 – Geografia e Condicionantes Climáticos da Área de Estudo onde foram descritos: Ambiência físico-geográfica do município de Teresina; Arcabouço Hidrogeológico do Rio Poti; Aspectos da Expansão Urbana e Ocupação do Baixo Curso do

Rio Poti e Clima de Teresina. Para tanto, fez-se revisão bibliográfica da literatura pertinente aos temas.

No Capítulo 5 – Enchentes do Rio Poti: Riscos e Vulnerabilidade Socioambiental na Cidade de Teresina envolvendo Aspectos Metodológicos, Análise da Precipitação; Análise Episódica de Enchentes do Rio Poti; Classificação da Vulnerabilidade Social e Identificação e Categorização das Áreas de Risco Ambiental, a proposta dos dois últimos foi vislumbrar a produção do Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental a partir da sobreposição cartográfica de ambos os resultados. Para isso fez-se visitas a órgãos da gestão pública nas esferas federal (CPRM, EMBRAPA, IBGE), estadual (Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos) e municipal (Prefeitura Municipal de Teresina), além de trabalho de campo para reconhecimento e levantamento dos aspectos ambientais das áreas de riscos e a produção de registros fotográficos da problemática analisada.

A análise da precipitação envolveu a utilização de recursos estatísticos - Padrão e Tendência Climática, o módulo RClmDex, Técnica dos Quantis e o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). O estudo dos episódios das enchentes contou com levantamento de notícias de jornal local. Fez-se, ainda, a aplicação de Análise Multivariada para a Vulnerabilidade Social. Na categorização do Risco Ambiental utilizou-se em campo levantamento topográfico e reconhecimento das características socioambientais urbanas.

O resultado final foi a produção do Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental. Espera-se, entretanto, contribuir com os estudos geográficos focados nessa via de debate e com os desafios colocados no que diz respeito aos encaminhamentos metodológicos voltados para os aspectos dos riscos e vulnerabilidades socioambientais.

2 AMBIENTE URBANO, DESASTRES NATURAIS E RISCO

[...] na ciência, o objeto de investigação não é a Natureza em si mesma, mas a Natureza submetida à interrogação dos homens (HEISENBERG apud SANTOS, 1994).

Na atualidade, o estudo dos problemas ambientais da cidade, sobretudo das cidades brasileiras, condiz à diversidade dos espaços e das características sociais mais marcantes da população em cada um desses ambientes. Na análise de Zanella (2006), o contexto citadino revela a expressão social (re)produzida na realidade complexa e transformada. Nesse sentido, para Santos (1994) a cidade é um meio ambiente construído e, fundamentalmente desigual argumenta Rodrigues (1998). São questões da complexa relação sociedade-natureza que oferecem elevado grau de periculosidade e risco, como a chuva ácida, a poluição, as enchentes, os deslizamentos, dentre outros. Tais eventos são respostas ambientais específicas e reflexos evidentes da organização de cada lugar que dimensionam localmente as mudanças ambientais e reproduzem dialeticamente as consequências espaciais de uma totalidade – o ambiente urbano.

2.1 Espaço Urbano e a Questão Ambiental

Sob o paradigma da relação sociedade-meio urbano, em razão da qual se estabelece o ambiente urbano, é consenso à afirmação de que a ação do homem denota a partir dessa relação novos processos, novas estruturas sobre as quais se constitui um sistema de respostas do meio natural que não é passivo às ações da sociedade que dele se apropria (SILVEIRA; SARTORI, 2010). Nessa perspectiva, o espaço urbano é uma concretude espacial representativa dos novos cenários produzidos pelo homem na paisagem natural.

Essa segunda natureza combinada com uso e ocupação desordenada do solo, atribuída à retirada da cobertura vegetal, produção de resíduos, lançamento de esgotos, entre outros fatores, resulta em alterações nos processos naturais e, conseqüentemente, acarreta desequilíbrios ambientais nos ecossistemas. E no ecossistema urbano, a concretude dessa natureza humanizada tem na cidade seus desdobramentos mais marcantes, como já foram mencionados, e são objetos de interesse de estudos pelas novas situações e processos que lhe são peculiares.

A questão aqui tratada diz respeito à situação socioeconômica e ambiental verificada basicamente em todo o Brasil, que até meados do século XX configurava um quadro rural. No entanto, os incentivos adotados pela política de modernização no país atraíram um contingente populacional cada vez maior para a atividade industrial. Esse advento fez grande parte da população rural migrar para as cidades, pois a mecanização do campo, que passou a “expulsar” essa população da zona rural, fez com que as cidades gradativamente aumentassem em número de habitantes e em importância econômica (CHAVES; LOPES, 2011). Registros mais recentes dão conta de que a maior parte da população reside nos espaços urbanos, o que fez em Mendonça (2010) compreender o século XXI “o século da cidade”, já o século XX, por sua vez, teria sido o da urbanização.

Outro fato associado ao aumento e concentração populacional nas cidades foi e continua sendo a busca por uma melhor condição de vida. Disso resulta a importância que é dada hoje as cidades, que se deve ao fato de que a sociedade contemporânea é predominantemente urbana. Esse fato faz do espaço da cidade, no sentido dado por Christofolletti (1997) um grande mosaico, um grande ecossistema, onde o natural e o construído compartilham um único *locus*. Ainda seguindo esse raciocínio, Chaves (2009) argumenta que, apesar de a cidade ser um construto humano subordinado às diversas formas de organização do espaço urbano, sua ambiência retrata a articulação indissociável dos elementos do ambiente natural e do ambiente construído. A natureza faz parte da cidade, mesmo sendo a última, um ambiente modificado, onde na sua construção, o natural foi descaracterizado, a natureza fez-se urbanizada, integrada à cidade para compor o civilizado, reforça Leite (1997).

Atualmente a população brasileira está estimada em 190.732.694 habitantes dos quais, 84% formam a população urbana (IBGE, 2010). Se de um lado o rápido incremento populacional proporcionou a formação de grandes aglomerados urbanos, como as metrópoles, de outro, instiga a capacidade de gestão urbana pelos agentes que acompanham o processo de urbanização. São questões prospectivas que exigem adequações quanto ao assentamento desse contingente populacional que alcança índices elevadíssimos e, espacialmente é mal distribuído. Exige, ademais, um direcionamento de políticas socialmente justas, economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis quanto à capacidade e limitações do sítio (ROCHA, 2011).

Quais seriam então as questões fundamentais? Que os grandes dilemas ambientais nacionais são produções do e no ambiente urbano? Que os efeitos desses fenômenos são mais abrangentes que os espaços atingidos por eles? E quais os limites urbanos que definem a ocorrência espacial dos eventos? É essencial atentar para o fato de que a cidade é mais ampla que a abrangência dos problemas ambientais apresentados e se estende além dos limites

definidos pelo seu sítio e assim, destaca Monteiro (1999) os ambientes urbanos pulverizam seus problemas para as áreas circunvizinhas. Justifica-se, neste alcance, a pertinência da abordagem integrada proposta no presente estudo.

Discutir as produções resultantes da natureza na cidade, focalizada no âmago do fato urbano, remete as funções desempenhadas pela arquitetura natural imbricada com o ambiente construído. Nessa perspectiva, o ambiente urbano reverte-se em um ambiente radicalmente alterado pela ação humana, no qual se concentram os efeitos do modelo industrial/urbano que predominou como forma de organização socioeconômica das sociedades ocidentais (VIANA; ARAÚJO, 2011).

O ambiente urbano figura perante essa perspectiva, como elemento determinante na qualidade de vida dos cidadãos, ao tempo em que se assinalam cada vez mais acentuadas formas de degradação ambiental nas cidades. Chaves (2009) comenta que o cerne da degradação ambiental evoca a forma pela qual se dá a organização do espaço urbano, declara um espaço fragmentado e mal distribuído entre a sociedade, atestando um novo cenário no qual vive de maneira desigual parcela significativa da população, pois desprovida de vida cidadã e de acesso aos serviços básicos urbanos, sabendo que essa condição depende, fundamentalmente, da possibilidade financeira de ocupar um espaço urbanizado.

Assim, a população de baixo poder aquisitivo tende a ocupar partes da área denominada de cidade ilegal ou cidade informal. De modo geral, são justamente essas pessoas desprovidas de infraestrutura urbana e de fragilidade socioeconômica, as mais sujeitas aos perigos de ordem natural como as enchentes e os deslizamentos de terra. Mendonça (2004) defende que tal estruturação, cidade ilegal ou informal, é a base para o conhecimento das condições de vida urbana e essencial para a compreensão dos problemas ambientais na cidade.

A relação sociedade-cidade-meio ambiente sustentada pelos desequilíbrios ambientais confere a condição urbana, a qual fundamenta o guia de gestão urbana para a América Latina divulgada na década de 1990 pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento/Oficina de Serviços para Projetos das Nações Unidas (PNUD/UNOPS) (MENDONÇA, 2004). O ambiente urbano neste documento é tomado como um sistema global integrante de subsistemas compostos pela natureza, pela sociedade e pelas construções humanas que interagem na conformação do supracitado ambiente.

El ambiente urbano es el proceso de intercambio entre a base natural de una ciudad, la respectiva sociedad allí existente y la infraestructura construída. Por consiguiente, el ambiente urbano es el resultado de diversos procesos de interacción entre três instancias o subsistemas: la humana o social, la natural y la construída. La instancia natural (o território) está compuesta por los elementos físicos de la naturaleza; la

humana (o social) por los individuos y sus distintos niveles de organización así como por sus múltiples formas de interrelación; y la construída está formada por las formas y estructuras del espacio que son, a la vez, resultantes de la dinámica social sobre el territorio urbano. E,

Cada uma de estas instancias es, al mismo tempo, uma condicionante de las otras y una resultante de ambas (PNUD/UNOPS,1997 *apud* MENDONÇA,2004, p.195).

O fato é que hoje, mais do que nunca, o ambiente urbano¹ e seus dilemas respondem por um elevado número das pesquisas geográficas, sobretudo daquelas que abordam a análise socioambiental dirigida aos impactos produzidos pelos desastres naturais. Na opinião de Carlos (2001), a mancha urbana espelha todo complexo formado por realidades diametralmente opostas, refletindo a dimensão social, como também a da natureza.

Para a finalidade deste estudo, o termo ambiente tem significância física e social focalizando o contexto e as circunstâncias que envolvem o espaço urbano, sendo definido como as condições, circunstâncias e influências sob as quais existe uma organização ou um sistema (CHRISTOFOLETTI, 1997). Compreender o ambiente urbano sobre o qual existe uma organização e, no cerne das pretensões e alcance deste estudo significa abstrair a cidade nas suas formas e conteúdos diversos que ganham materialidade, fruto das relações entre os homens e entre estes e o meio ambiente. Significa concordar com Carlos (2001) e entender a cidade como espacialização das relações sociais, como produto, condição e meio do processo de reprodução da sociedade, que é essencialmente dinâmico. E assim, a cidade ganha e reflete no tempo e no espaço problemas diferenciados, o que tem feito surgir diversas e diferentes definições na tentativa de interpretar o dilema ambiental urbano.

No Brasil, depara-se com um universo amplo de argumentações no tocante ao assunto. Para o IBGE, órgão que regulamenta as cidades, toda sede de um município é considerada cidade, independente de sua população. No entanto, alguns questionamentos afloram reflexões pertinentes a esse respeito, Veiga (2002) argumenta sobre a existência de cidades “fora dos padrões”, onde áreas sem a presença de equipamentos urbanos mínimos para oferecer vida digna, são regimentadas como cidades. Segundo esse autor, o surgimento de cidades no Brasil sem critérios coerentes requer reflexões e renovação do pensamento brasileiro sobre o fato urbano. Souza (2005) estabelece leitura coerente, pois considera que a cidade necessita muito

¹ O sentido de ambiente urbano neste estudo pressupõe o espaço que abriga a dialética estabelecida (sociedade-natureza) e materializa o cenário resultante desta complexa relação. Sustenta-se, ainda, no conceito de ambiente sugerido por Leff (2002) onde este se constitui um objeto complexo, integrado por processos de ordem natural, técnica e social. Considera, ademais, a perspectiva de Christofolletti (1997) guiada segundo a funcionalidade interativa geosfera-biosfera, nela se ajusta a abordagem socioambiental do espaço geográfico, percebido pelas situações nas quais vive o homem.

mais do que um referencial numérico de habitantes. A cidade requer uma centralidade político-administrativa além de aspectos econômicos que a difere das áreas rurais.

Seguindo o debate e a coerência do estudo com a abordagem integrada, é pertinente destacar outros enfoques. Mota (2003) *apud* Viana (2013) constrói um discurso ambiental, onde a cidade é um sistema aberto, que troca energia e materiais com outros ambientes para suprir as necessidades do homem, convertendo em resíduos que são lançados nas áreas urbanas e gerando muitos problemas.

Salientando o mesmo raciocínio, Scarlato e Pontin (1999) enfocam a cidade como um grande ecossistema, porém, incompleto, que depende de áreas externas a ele para aquisição de energia, alimentos, água e outros produtos. Em Marques (2005) a cidade é definitivamente um ecossistema, porém, não natural. Nele distingue-se o homem, que a constrói para atender suas necessidades. O autor argumenta, ainda, que as cidades não podem ser analisadas separadamente, como partes isoladas e independentes do meio ambiente. Ao contrário, com ele entrelaçam-se harmoniosamente e são interdependentes. Assim, a cidade reflete uma teia de relações e interações, onde de modo organizado e regulamentado seus componentes interagem e a sociedade se aglomera e se reproduz.

Já Corrêa (2005) sob o jugo do que vem a ser a cidade como reflexo do espaço urbano, e este revelado através do conjunto de diferentes usos da terra, dão a real organização espacial da cidade, que aparece de modo fragmentado. No entanto, apesar de aparecer fragmentado, ao mesmo tempo, tais espaços urbanos são a articulação e expressão espacial dos processos sociais. Da mesma forma, é também o lugar (expressão geográfica) onde vivem e se reproduzem as diversas classes sociais.

Compartilhando com a ideia de que a cidade deve ser pensada e vivida como um território em permanente (re)construção (CHAVES, 2009) entende-se, que é no interior das cidades que, concretamente, na contemporaneidade as sociedades se relacionam e se reproduzem, uma vez que nelas vive a maioria da população mundial. Enfim, depreende-se que a cidade é um entrelaçado de pessoas vivendo um espaço organizado enquanto instituição; um subscrito dos meios naturais e construídos.

Para Santos (1994), o espaço organizado, como discutido, constitui o lugar material de possibilidade de eventos, uma reprodução social. Com efeito, o ambiente urbano é social, por isso historicamente construído. Sua construção surge no processo de interação entre a sociedade que o ativa e um espaço físico, o sítio urbano, que se encontra em permanente construção. Coelho (2001) apoiado nas ideias de Morin (1998) argumenta que a sociedade transforma o ecossistema natural, criando com a civilização urbana um meio ambiente urbano, ou seja, uma

totalidade de relações e de interações no seio de uma unidade – o aglomerado urbano no ecossistema natural. E, do entrelaçamento destas dimensões surgem ambientes contraditórios, aprazíveis e adversos, pois testemunhos de degradação e fragilidades ambientais, delimitando, contudo, condições de risco (MENDONÇA, 2004a). Com isso os desastres naturais, objeto deste estudo, adquirem maior expressão, contribuindo no aumento dos agravos sejam eles humanos ou materiais.

Pode-se afirmar que tal cenário do meio ambiente reverte-se em canais abertos para o reconhecimento da natureza global dos problemas urbanos, recomenda Verona; Troppmair (2004) e, sugere a necessidade de reunir esforços conjuntos na construção de cidades sustentáveis como uma via de contraposição ao quadro de deterioração crescente das condições de vida no mundo.

No ambiente urbano as situações de risco advindas dos desastres naturais englobam uma série de acidentes em variada dimensão dentre estes, são recorrentes, as enchentes. Jacobi (2004) chama a atenção para o fato de que em geral a população de mais baixa renda é que está mais sujeita a esses agravos. Pois é esta parcela da população que habita os terrenos mais problemáticos de ocupação nas cidades, seja pela morfologia do terreno, fragilidade do solo, proximidade dos cursos d'água e de equipamentos urbanos. Esses espaços, em geral, são aqueles que ficam nas proximidades de indústrias, aterros sanitários e leitos de rios. Com as enchentes, a população que ali mora, torna-se vulnerável ao fenômeno. Monteiro (1999) afirma que o estado de vulnerabilidades a que se encontra sujeita a população localizada nos ambientes próximos aos leitos fluviais, evidenciam não só aspectos geocológicos do sítio², mas especialmente a situação socioeconômica da população envolvida.

A cidade de Teresina, objeto geográfico de estudo, enquadra-se nesse cenário de desequilíbrios, pois se apresenta com problemas de grande envergadura nesse campo. As pressões sobre o espaço urbano e os poucos investimentos públicos resumem à frágil estrutura que compromete a qualidade de vida de seus cidadãos, especialmente em se tratando dos impactos decorrentes de eventos climáticos, sobretudo aqueles relacionados a enchentes dos canais fluviais que cortam a cidade. Tais fenômenos originados do fato urbano, notadamente os climáticos, tornaram-se uma questão socioambiental de grande interesse em todo o mundo.

Contudo, apesar de ser uma preocupação global, ela é em si uma questão que caracteriza uma situação local. Porque é em escala local que os fenômenos ganham suas características

² O sítio é definido, segundo Pierre George,[?] como o quadro topográfico no qual se enraizou a cidade, pelo menos em suas origens.

mais peculiares. Dessa maneira, a complexidade climática urbana apresenta um duplo desafio. De um lado, é preciso situar a questão como problema ambiental local, mesmo presente em todo o globo. De outro, é necessário o enfrentamento a partir de cada realidade específica que articula ao mesmo tempo processos físicos e socioeconômicos. Realidade esta que abrange no ambiente urbano a interação dos subsistemas – construído, natural e humano/social (PNUD/UNOPS, 1997 *apud* MENDONÇA, 2004) e acarreta para a cidade perda da qualidade de vida mediante a degradação ambiental enfrentada pelas cidades.

A degradação ambiental descortinou um novo fundamento para o século XXI, o da sustentabilidade como novo paradigma que concerne uma necessária inter-relação entre as dimensões social e ambiental e as implicações da qualidade de vida, além do respeito à capacidade de suporte do ecossistema (JACOBI, 2006; VARGAS, 2002). Ou seja, um novo modo de desenvolvimento que se apóie em base socioeconômica e ambiental mais sustentável.

Assim, torna-se cada vez mais notório aos estudiosos do clima a adoção de uma ótica que inclua igualmente componentes socioeconômicos e ambientais. Esta é uma corrente sustentada pelos pesquisadores que se orientam pela teoria sistêmica de Bertalanffy (1950) que defende uma ciência da totalidade e sugere uma integração dos processos envolvidos na realidade tratada.

A visão sistêmica propõe alternativa de análise mais adequada das questões que se declaram mediante a complexidade do mundo. A adoção desse novo paradigma possibilita o rompimento de uma abordagem linear e adentra num campo novo de investigação e respostas sistêmicas que permeiam a visão além do natural, pois possibilita incorporar a sociedade e suas intencionalidades concretas. Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável assinala uma via capaz de reunir as dimensões naturais, socioeconômicas e políticas em busca da garantia de continuidade dos recursos ambientais.

A agenda para o século XXI introduzida com o tema desenvolvimento sustentável coloca o sentido ético que se baseia nos limites dos ecossistemas e nas responsabilidades e capacidade das sociedades de reduzir os danos presentes na vida da cidade numa perspectiva futura. Isso pressupõe inclusive desafios aos pesquisadores, em seus postulados evidenciar a possibilidade objetiva de cidades sustentáveis (JACOBI, 2006). Para tanto, é essencial cristalizar os eixos transformadores da Agenda 21, ou seja, uma necessária interlocução entre desenvolvimento e sustentabilidade socioambiental e, entre governos nas esferas nacionais e locais e sociedade civil. Representa uma revolução paradigmática e iniciativa *sine qua non* para alcançar um desenvolvimento compatível com o respeito e proteção do meio ambiente.

No cenário brasileiro o indicativo dessa política é marcado pela lenta resolução de problemas comuns em todo o território e deles provém o descontrole e a solução estratégica para a garantia da qualidade de vida. Jacobi (2006) elenca a problemática das enchentes, gestão dos resíduos sólidos, os impactos cada vez acentuados da poluição e a contínua degradação dos recursos hídricos. Tal noção compreende o arranjo espacial resultante do uso da terra, indicando um conjunto de intenções vividas pela população e que se concretizam no lugar. Portanto, para alcançar uma melhor qualidade ambiental é necessário incorporar meios de ocupação e de interferências minimamente harmônicos com as funções próprias da natureza.

Visando entender os principais aspectos dessa complexidade é necessário exercitar os desafios colocados pela lógica da sustentabilidade almejada e que se criem, contudo, estratégias capazes de assegurar a viabilidade de um modo de vida menos degradante ao ambiente, de maneira a conter o nível de deterioração vigente. A ideia de cidades sustentáveis reitera esse projeto global de vida saudável e sustentável e está condicionada à existência dessas estruturas básicas, especialmente nos países em desenvolvimento. As Agendas-21³ locais deverão ser doravante a grande preocupação a ser buscada pelos gestores municipais. Somente com o empenho das iniciativas municipais haverá a garantia de concretude das ações políticas acenadas pela Eco-92⁴.

A questão ambiental no cenário das cidades tem sido o palco onde se travam profundas preocupações sobre o homem e suas práticas. Tudo isso redonda desafios em relação ao ambiente urbano, *locus* da busca incessante do bem-estar humano, diante de uma realidade complexa, descaracterizada em virtude de um desenvolvimento selvagem, onde as cidades são o sustentáculo por excelência.

Esse panorama constitui-se em fator de depreciação da qualidade de vida principalmente nas áreas urbanas, onde há excesso de edificações e de áreas impermeabilizadas; diminuição de áreas verdes; aumento da poluição. Fatores esses que acabam por causar alterações climáticas, podendo acarretar, p.ex., mudanças na distribuição espacial e temporal das chuvas; agravam o

³ As Agendas 21 locais emanam dos desdobramentos da Agenda 21 Global, documento formulado durante a Conferência da ONU sobre Meio Ambiente de 1992, chamada Cúpula da Terra. Palmisano; Pereira (2009) debate que o documento enfatiza as preocupações para com o século XXI, antecipando as ações que cada país/região se propõe a tomar para evitar ou eliminar agressões ambientais e tratar de forma mais adequada a questão do desenvolvimento. Além disso, volta-se para um novo estilo de desenvolvimento orientado pelos princípios da sustentabilidade do desenvolvimento humano, perpetrado pelas vias de um equilíbrio entre consumo, população e capacidade de suporte do planeta.

⁴ A Eco-92 refere-se à Conferência das Nações Unidas do Meio Ambiente e Desenvolvimento celebrada no Rio de Janeiro, em junho de 1992. Nesta Conferência ficou aprovado um Programa Global (conhecido como Agenda 21) como a política norteadora para a mudança global que busca extinguir as contradições entre meio ambiente e desenvolvimento.

problema das enchentes, uma vez que tal situação introduz construções humanas causadoras de mudança na dinâmica da natureza (BITOUN, 2003).

No que tange ao discurso sobre a qualidade de vida e garantia do direito à cidade sustentável (proposta da Agenda 21), amparada no Artigo 2º do Estatuto da Cidade, assegura o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e serviços públicos, ao trabalho e ao lazer para as presentes e as futuras gerações (BRASIL, 2001).

A edificação de um ambiente urbano sustentável a partir de tal postura requer objetivos ambientais redefinidos e postos à implantação de princípios os quais o poder público e as sociedades devem seguir. O plano diretor, alinhado a esse paradigma, assume importância ímpar, uma vez que é o instrumento básico da política municipal de desenvolvimento e expansão urbana, cujo objetivo é ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes (BRAGA, 2001 *apud* CHAVES, 2009).

É interessante aprofundar a questão e perceber que existe uma frágil agenda de política pública urbana para se chegar ao almejado projeto sustentável propõe Jacobi (2006) e, para alcançar uma convivência com as enchentes e suas repercussões na cidade, há um longo caminho a ser percorrido no que se refere à melhoria da qualidade ambiental. Na verdade, a qualidade ambiental que tanto é debatida nos dias atuais, é um imenso abrigo de cidadania e respeito à natureza.

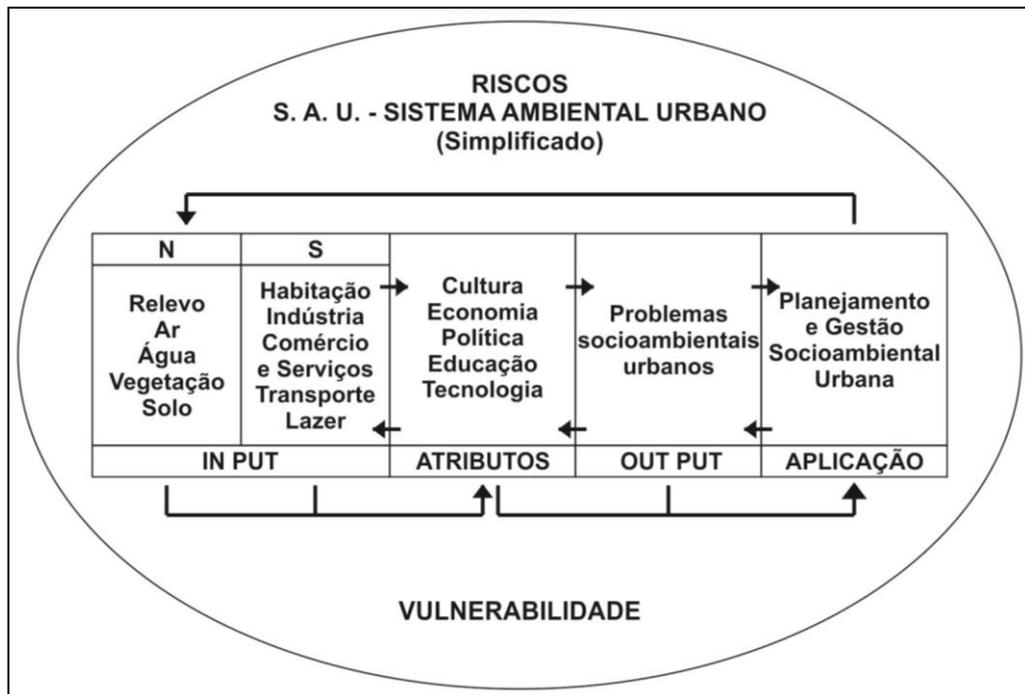
A Lei Federal 9.789/99 da Política Urbana contribui com a política brasileira de sustentabilidade e respeito à natureza descrevendo as áreas em que é vetado o parcelamento do solo para fins urbanos, sendo elas: I – Terrenos alagadiços e sujeitos a inundações; II – Terrenos que tenham sido aterrados com materiais nocivos à saúde; III – Terrenos com declividade superior a 30%; IV – Terrenos com condições geológicas impróprias e, V – Áreas de preservação ecológica (BRASIL, 2001).

Além da falta de cumprimento das orientações acima descrito, outro aspecto que dificulta a política urbana e auxilia no agravamento das enchentes, são as declaradas deficiências de cobertura de saneamento nos centros urbanos. Segundo dados publicados em 2004 no Atlas de Saneamento Básico do Brasil do IBGE, 60% da população brasileira não têm acesso à rede de esgoto e somente 20% do esgoto produzido no país recebe algum tipo de tratamento. Na área urbana de Teresina, segundo Planejamento Municipal de Saneamento Básico (2013) de um total de 210.093 domicílios analisados, 69,20% tem acesso a saneamento de forma adequada, ou seja, com coleta de lixo, abastecimento de água e esgotamento. Obviamente, que quando se trata valores quantitativos reveladores de uma realidade,

aconselham-se reconhecer que estes são mais amplos do que a verdade dos números demonstrados, alerta Mendonça (2010).

O citado autor recomenda abordar a questão ambiental urbana evidenciando as variadas faces, de modo a explicitar o envolvimento dos diferentes componentes do espaço geográfico. Guiado por esta abordagem Mendonça (2004; 2004a) propôs o Sistema Socioambiental Urbano (S.A.U.) (Figura 1) como contribuição metodológica para o estudo e gestão das cidades. OSAU surgiu no Brasil em busca de uma abordagem que atendesse a perspectiva integradora ampla dos elementos constituintes do ambiente urbano. Sua aplicação envolve o desconforto térmico ou ambiental, ilhas de calor e de frescor; poluição atmosférica, inversão térmica e chuva ácida e, inundações e movimentos de terra.

Figura 1 – Modelo esquemático do Sistema Socioambiental Urbano



Fonte: Mendonça, 2010.

A averiguação dos episódios de enchentes focados neste estudo e adequada a essa abordagem evidencia a dinâmica das forças e fatores que estão na gênese dos problemas ambientais urbanos inerentes ao seu funcionamento e à qualidade ambiental destacada por Jacobi (2006), compartilha-se, nesta intenção, com as concepções de Monteiro (1987) e de Mendonça (2004) supracitados. A cidade de Teresina é tomada no contexto do ambiente fluvial do Poti em sua totalidade como um S.A.U. (Sistema Socioambiental Urbano) como propõem Mendonça e Monteiro, constituindo um sistema complexo e aberto e, de maneira simplificada,

compõe um *In put* do S.A.U. (fluxos de matéria e energia de ordem natural e derivada dos processos sociais); atributos do S.A.U. (instâncias sociais); *Out put* do S.A.U. (problemas socioambientais urbanos) e Aplicações (Planejamento e gestão socioambiental urbana).

Importa nesta epígrafe destacar as manifestações abruptas, episódicas e impactantes da natureza na cidade como os *natural hazards*, importantes no SAU, haja vista, os mecanismos de *feedback* da Natureza e da Sociedade. Nesse particular, o termo socioambiental evidencia problemas de interpretação social que devem dessa maneira ser tratados como fato comum dos elementos naturais e sociais que os envolvem.

2.2 Desastres Naturais nas Cidades

Nas últimas décadas do século XX e início deste século XXI, especialmente, a sociedade planetária tem vivenciado uma situação de nefasta insegurança, manifestada pelas recorrentes crises e mudanças no campo socioeconômico e/ou ambiental, o que tem suscitado inquietações e implantado incertezas do porvir. Concomitante, tal situação desenha um quadro de fragilidade, evidenciando que as sociedades estão cada vez mais vulneráveis diante dos riscos presentes, inclusive aquelas procedentes da natureza, como enchentes, terremotos, tempestades, furações, estiagem, entre outros. A ocorrência desses eventos combinada ao processo acelerado de urbanização verificado nos últimos decênios, em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, contribuiu para instalar as situações de perigo e risco verificadas (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

A partir do momento em que os fenômenos naturais repercutem danos e prejuízos, então são concebidos como desastres naturais. Héту (2003) assinala que o conceito desastres naturais é variado e complexo, pois agrega diferentes concepções utilizadas pelo público que é ao mesmo tempo vítima dos fenômenos. A UN-ISDR (2004) segundo Tominaga; Santoro; Amaral (2009) conceitua desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade, abrangendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de sustentar seus próprios recursos.

Diante de tais circunstâncias é que as sociedades de todas as partes do mundo, independente de suas condições socioeconômicas, estão sujeitas e vulneráveis no enfrentamento, daí o nível de abrangência do evento referendar o modo como cada sociedade interage com seu meio ambiente, pois a adversidade do fenômeno surte efeito conforme a fragilidade social e ambiental do meio envolvido.

Na interpretação de Alcantara-Ayala (2002) e UN-ISDR (2004), em tese os perigos naturais afetam igualmente qualquer comunidade, na prática, as sociedades mais atingidas são aquelas mais desfavorecidas em função de vários fatores, como o crescente número de pessoas de mais baixa renda que se aglomeram em áreas com elevada densidade populacional e precárias estruturas de moradia e com uma agravante: situam-se em setores de terrenos mais suscetíveis aos perigos, conforme citado na discussão anterior feita por Jacobi (2006); Mendonça (2004a).

Esses terrenos são denominados áreas de risco e sua ocupação delimita espaços-problemas decorrentes de um abstrato crescimento desordenado, afirma Bitoun (2003). A ocupação dos espaços apontados pelo autor pode desencadear uma aceleração nas respostas dos ambientes aos fenômenos naturais o que acarreta o denominado perigo potencial. Para Bittar (1995) *apud* Girão et. al. (2013), o perigo potencial representa uma ameaça potencial para a vida humana, bem como para o poder público e privado com prejuízos sociais e econômicos, mediante o desencadeamento das respostas de um evento natural.

O entendimento desta relação desastre-sociedade está explícito no Glossário adotado pela Defesa Civil Nacional, que considera desastre o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Marcelino (2008) compartilha com a orientação conceitual, admitindo desastres naturais como o resultado do impacto de fenômenos externos ou internos sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade atingida em conviver com o impacto.

Embora desastre natural seja uma catástrofe humana e uma tragédia econômica, ele não condiz necessariamente uma calamidade para a natureza. Segundo Héту (2003) quando uma catástrofe natural não excede a capacidade de reorganização do ecossistema, esta mesma perturbação natural, ao contrário é portadora de diversas formas de vida para o ambiente. No caso das enchentes, servem de transporte aluvional que fertilizam o leito de inundação e vertentes dos rios.

Resumindo, o desastre natural é um evento que de certa forma exerce séria influência e é ao mesmo tempo de difícil descrição. Admite-se, contudo, que sobreposto ao número de vítimas e dos danos materiais faltam, indicadores suficientemente capazes para revelar sua gravidade. Enfim, um desastre natural é combustível de risco que pode ser administrado sob o aspecto do conhecimento de suas causas, porém, escapa do controle humano. Daí ser mais racional prevenir do que remediar seus prejuízos.

Dada as características naturais do espaço brasileiro, não existe tendência para a ocorrência de fenômenos como terremotos, tsunamis e erupções vulcânicas. Diante desta perspectiva colocada por Maffra e Mazzola em Santos (2007) convém questionar: o Brasil está isento de desastres naturais?

Dados divulgados pela Universidade Católica de Louvain, Bélgica, no período de 2000 a 2007 mais de 1,5 milhões de pessoas foram afetadas por algum tipo de desastre natural no Brasil. Para o mesmo período, o banco de dados mostra que ocorreram no país mais de 36 episódios de enchentes, secas, deslizamentos de terra, causando prejuízo econômico estimado em mais de US\$ 2,5 bilhões. Tais evidências mostram que ocorrem, sim, desastres naturais no país. Porém, eles não se originam de forças tectônicas, como os terremotos, por exemplo. Mas, expõe igualmente a população envolvida à situação de risco.

Urge a contribuição dos geógrafos e suas habilidades junto às municipalidades do país no gerenciamento dos riscos naturais. Consiste adentrar numa geografia não enciclopédica visando a orientação de uma consciência geográfica que se manifeste para a ruptura de um saber cartesiano e se responsabilize pela compreensão da natureza complexa do meio ambiente natural e do meio ambiente criado pelo homem.

Estas visões de desastres devem ser norteadoras de projetos políticos. Um desastre embora qualificado como natural seja, pois, um fenômeno social. Haja vista as intervenções antrópicas adicionadas ao meio ambiente no atual estágio de desenvolvimento das sociedades, não é mais admissível desconsiderar a face social de um desastre natural. Há que se considerar, contudo, que se uma enchente, p.ex., tem suas origens no ciclo da água, seus efeitos tornam-se complexo como as inundações e suas destruições multiplicadas pelas práticas adotadas pelo homem na gestão do espaço (HÉTU, 2003; MENDONÇA, 2010; DESCHAMPS, 2004).

Nesse sentido, se as enchentes são agravadas no espaço das cidades é porque são causadas pela própria cidade e por uma má utilização do solo e, sobretudo, por uma gestão inadequada dos ambientes fluviais. Sendo exemplo típico de uma má orientação das obras de engenharia e das formas de ocupação do leito dos rios.

Da mesma maneira, considera-se o nível de exposição aos riscos pelos quais cada comunidade pode receber em função da susceptibilidade ambiental e fragilidade social considerada. Portanto, conclui-se que aqueles de situação social menos favorecida serão os mais afetados não simplesmente por um acaso geográfico, mas em virtude do grau de exposição dessas camadas mais pobres, defendem estudiosos da área bem como os mencionados anteriormente.

Em escala mundial, tem-se verificado, nas últimas décadas, significativo incremento no número de desastres naturais e nos prejuízos deles procedentes. Conforme EM-DAT citado em Tominaga; Santoro; Amaral (2009) a tendência global ultrapassou a 50 registros por ano para 350 em 2008, alcançando 500 em 2005. A estatística anual confirma este quadro de exposição ao risco de desastre, especialmente nos países em desenvolvimento. Acompanhando a tendência mundial, constata-se no Brasil um exponencial crescimento das ocorrências de desastres naturais a partir de 1960. Este aumento é analisado por diversos autores como marcas da urbanização, e do planejamento das cidades o, que promoveu a ocupação de áreas susceptíveis nas suas características físicas.

Confere-se que no Brasil, os principais fenômenos procedentes de desastres naturais são derivados da dinâmica externa da Terra (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL (2009) e estão relacionados a fenômenos climáticos (SANTOS, 2007). Dentre eles figuram as enchentes, escorregamentos de encosta e tempestades (Figura 2).

Estes eventos estão, normalmente, relacionados a episódios pluviométricos intensos e prolongados. Considerando somente os desastres hidrológicos que englobam enchentes e movimentos de massa, em 2008 conforme a OF DA/CRED citado por Tominaga; Santoro; Amaral (2009), o Brasil esteve colocado em 10º lugar entre os países do mundo em nº de vítimas de desastres naturais, contabilizando cerca de 1,8 milhões de atingidos.

Esta realidade consiste, na avaliação feita por Maffra; Mazzola (2007), da estreita relação entre a marcha da degradação ambiental, a intensidade do impacto dos desastres e a ampliação da vulnerabilidade social. Ainda, de acordo com estes autores, os principais indicadores que potencializam a ocorrência de desastres naturais são evidenciados no uso impróprio dos recursos naturais, na ocupação de áreas com maior susceptibilidade natural e no desmatamento. Estes mesmos indicadores também podem revelar a susceptibilidade do ambiente físico e social afetados, muito embora o uso deles não permita analisar na plenitude o grau de gravidade do evento, constatado na Figura 2 referente à enchente no rio Poti em Teresina.

Figura 2– Enchente do rio Poti na cidade de Teresina (PI), em 2004.

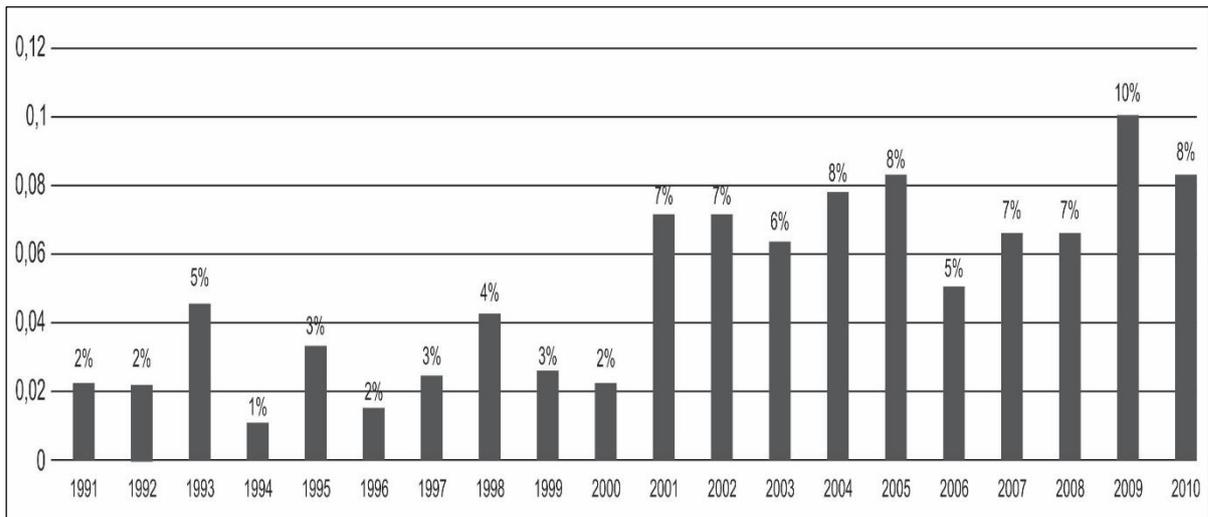


Fonte: TV Cidade Verde, 2004.

É necessário saber se é possível ocorrer e em que momento pode ocorrer um desastre natural. Cumpre reunir os dados sobre os riscos potenciais, organizando uma lista, para cada lugar, dos fenômenos físicos que ocorreram ou são susceptíveis de acontecer. Héту (2003) recomenda em seguida, espacializá-los, ou seja, delimitar e definir sua frequência e intensidade com a finalidade de resgatar na memória do tempo da natureza por meio dos traços deixados na superfície da Terra. Nesse sentido, a cartografia das vulnerabilidades permite avaliar as condições socioeconômicas e físico-ambientais. É o que se intenciona alcançar no resultado final desta tese.

No Brasil, registram-se, inicialmente, os dados que reforçam o discurso corrente sobre o aumento de desastres (CEPED, 2012). Os valores percentuais ilustrados no Gráfico 1 a seguir, permitem observar tal aumento se forem comparados os registros de desastres na década de 2000 com a de 1990.

Gráfico 1 – Desastres naturais no Brasil

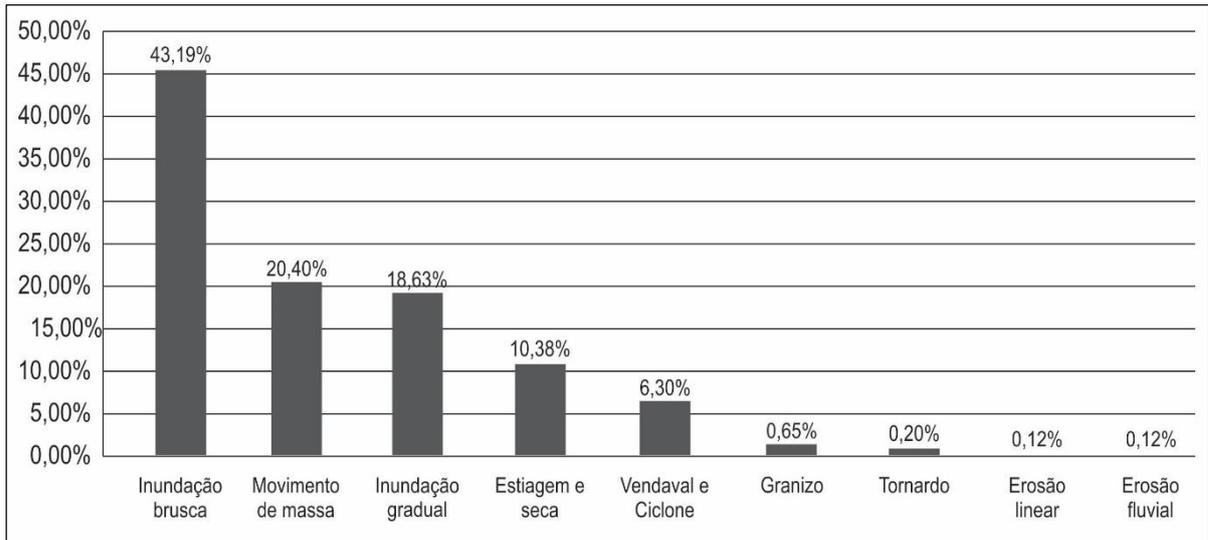


Fonte: CEPED, 2012.

Os dados filtrados pelo CEPED (2012) permitem deduzir que houve aumento de ocorrência de desastres. Até 2010 os dados demonstram um total de 31.909, para a década de 1990 foi registrado 8.671 eventos representando 27%, enquanto na década de 2000 foram 23.238 desastres, correspondendo 73%. Apesar dos resultados, os números não são suficientes para tirar conclusões precisas, uma vez que é do conhecimento de pesquisadores a fragilidade do Sistema de Defesa Civil em todo território brasileiro em manter bancos de dados atualizados.

Isso contraria, certamente, o fortalecimento do sistema e, sobretudo, inviabiliza a fidedignidade necessária no registro dos números, fato vivenciado no decorrer do presente estudo. Um aspecto importante a ser observado, diz respeito aos afetados por tipo de desastre, no universo de 96.220.879, estiagem e seca é o desastre que mais afeta a população brasileira, por ser mais recorrente (50,34%). No entanto, as inundações bruscas se destacam por causar maior número de mortes (43,19%), assinalado no citado banco de dados do órgão consultado.

Gráfico 2 – Mortes por tipos de desastres no Brasil.

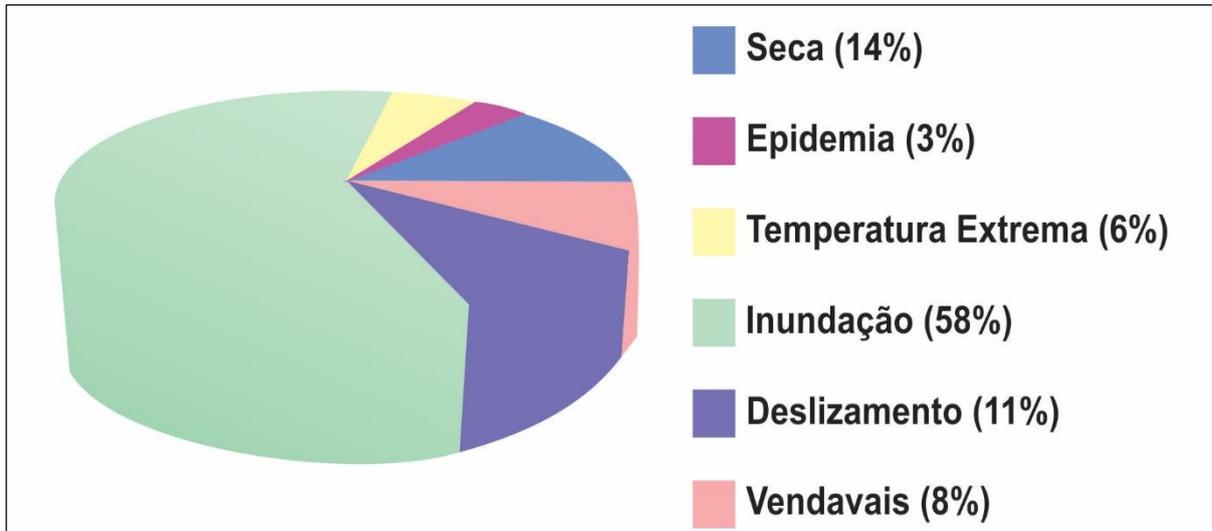


Fonte: CEPED, 2012.

A partir do histórico dos desastres no Brasil associados a fenômenos naturais há indicativo que as estiagens e seca respondem por 54% deles e as inundações e alagamentos com 21%, portanto as tipologias mais recorrentes. Quanto às inundações graduais enquadradas no grupo das citadas categorias, aquelas relacionadas diretamente às cheias dos rios, é o terceiro tipo de desastres naturais mais registrados. Estas são intensificadas por variáveis climatológicas de médio e longo prazo, e associam-se a períodos mais longos e de chuvas contínuas. Esse fenômeno corresponde a 3.673 registros, equivalentes a 12% do total dos desastres naturais. Afetam, contudo, as populações que vivem às margens dos rios e ocupam as planícies inundáveis (CEPED, 2012).

O Gráfico 3 sintetiza os percentuais dos desastres naturais mais frequentes, onde, a partir deles Santos (2007) depreende que as inundações (58%) respondem por mais da metade dos desastres ocorridos no Brasil entre 2000 e 2007.

Gráfico 3 – Desastres naturais mais frequentes no Brasil no período de 2000 a 2007.



Fonte: Santos, 2007.

No Piauí, no período de 1991 a 2010 os desastres que se sobressaíram com mais registros foram as inundações com atenção para os anos de 2008 e 2009, cujos eventos tem relação com precipitação acima da média (CEPED, 2012).

Indubitavelmente, as pessoas que se encontram no caminho desses desastres são as mais social e ambientalmente vulneráveis e sua capacidade de resiliência é que vai determinar seu grau de vulnerabilidade. É imperativo debater que, a participação de órgãos institucionais competentes muito tem a contribuir tanto para dirimir como para intensificar a vulnerabilidade, na medida em que suas ações, de certa forma, podem atuar propiciando maior competência ou se apresentarem pontuadas a determinados setores resultando numa administração paliativa e ineficaz no que tange à prevenção e mitigação de desastres naturais.

O fato é que uma cadeia se estabelece, desastre natural aumenta perigos naturais e agravos e/ou danos sociais. A elucidação desta proposta é colocada pela Estratégia Internacional para Redução de Desastres (UN-ISDR, 2002): “[...] as inundações⁵ dos rios e lagos são agravadas pelo desmatamento, pois o desmatamento e o mau uso da terra geram processos erosivos e assoreiam os rios, rios assoreados tendem a causar inundações”.

Nos últimos anos, o Brasil tem alcançado avanços no tocante à institucionalização de medidas legais visando à prevenção e redução de desastres. A principal delas foi a aprovação da Política Nacional de Defesa Civil⁶ (Resolução n° 2 do Conselho Nacional de Defesa Civil

⁵ O termo inundação tem relação com o significado de enchente no âmbito da proposta deste estudo.

⁶ A Política Nacional de Defesa Civil aprovada em 1994 se coaduna com a realidade do cenário brasileiro, ou seja, de um país cuja população concentra-se majoritariamente em áreas urbanas e é gravemente afetada pelos desastres naturais.

de 12.12.1994), instrumento que norteia a ação governamental de defesa civil em todas as unidades da federação, com ação continuada de Estados e Municípios. Conta, ainda, com conhecimentos produzidos nas academias e institutos de pesquisa com o propósito de subsidiar as estratégias de prevenção de riscos urbanos. No entanto, o que se constata é que ainda é muito reduzido o número de municípios que contemplam essas ações em seus planos de desenvolvimento urbano.

No referente à disponibilidade de informações, destaca-se a falta de um banco de dados por parte da Defesa Civil nos escritórios estaduais e nas Prefeituras Municipais. Vale lembrar que a falta de dados oficiais dificulta a compreensão do comportamento dos desastres naturais e suas repercussões, além de inviabilizar o conhecimento necessário da realidade para o gerenciamento desses eventos.

É imprescindível nesta abordagem compreender que a existência de desastres naturais é função do ajustamento humano aos mesmos, pois envolve sempre a iniciativa e a decisão humanas, confere Brandão (2003). E, utilizando as considerações de Monteiro (1999), convém concordar com o autor, que as enchentes não seriam tão nefastas no ambiente se parcela da população não fosse induzida a ocupar as áreas de risco dos canais fluviais. Além disso, as normativas recomendam que essas mesmas áreas devem ser preservadas.

É válido acrescentar que a redução de desastres e o fortalecimento de políticas de ordenamento territorial centram-se na gestão ambiental. A gestão, pois, se avizinha ao processo de dinamização dos muitos problemas encontrados nas cidades. Além disso, a exacerbação de riscos de toda natureza, combinados às vulnerabilidades do meio ambiente, são pauta que exigem uma maior atenção da ciência, da técnica e das decisões políticas rumo a um gerenciamento mais compatível com a realidade.

Nesse fórum, reside um dos principais campos de interesse da geografia atual - a expressão espacial dos riscos socioambientais urbanos. Na versão de Mendonça (2010) não se trata de abordá-los de um ponto de vista (natural ou social), mas evidenciar sua face geográfica tendo como ponto de partida o envolvimento dos diferentes componentes do espaço geográfico, ou seja, a natureza, a tecnologia e a sociedade.

Este especial fundamento dos riscos socioambientais admite os processos das mudanças ambientais explicitando a vulnerabilidade socioambiental urbana consorciada a eles. Estes se pronunciam revelando as interfaces citadas e podem, contudo, se manifestar isoladamente, ou ainda, associar duas ou mais formas, colocando toda uma população em perigo, constituindo potencial altíssimo de risco para uma realidade.

Nos países onde a administração pública é promovida de forma cartesiana, injusta e excludente, como no Brasil, empregar diretrizes de gestão socioambiental urbana que contemple desastres naturais, é um enorme desafio tanto para a ciência quanto para os gestores, especialmente por se tratar da possibilidade de melhoria de vida no sentido mais amplo. Para Mendonça (2010) no campo da ciência o desafio gira em torno de incertezas irredutíveis no conhecimento, na ética e no reconhecimento das diferentes abordagens e produções legítimas do saber.

2.3 Natural Hazards, Perigo e Risco

A contextura principal desta seção é reunir argumentações teórico-conceituais acerca dos *natural hazards*, da noção de risco e seus agravos e, acima de tudo, instigar para compreender e colaborar, de repente, no estabelecimento de uma geografia dos riscos fundada nas vulnerabilidades socioambientais das cidades, focada nos ambientes fluviais urbanos e enchente.

Mediante a exposição e considerando o atual estágio da modernidade e os avanços da sociedade contemporânea, os geógrafos, bem como estudiosos de diversas áreas muito têm se debruçado sobre temáticas relativas aos riscos e, especialmente os *hazards*, com a finalidade de ajustar políticas públicas com resultado no bem-estar da população (MARANDOLA Jr.; HOGAN, 2011).

Assim, tradicionalmente o geógrafo sempre esteve inclinado a estudar a história do desenvolvimento da sociedade, buscando resgatar a relação população-ambiente e, o entendimento das prementes implicações dos fenômenos naturais e sociais dela surgidos (MARANDOLA Jr.; HOGAN, 2011). Com isso, a relação homem-meio/sociedade-natureza é colocada no centro da ocupação humana do espaço, estando sua compreensão no cerne de sua intervenção, da gestão deste espaço e melhor qualidade socioambiental.

Por isso, conceitos como desastre e perigo ganham destaque, penetrando em debates acerca da crescente susceptibilidade, de incertezas e riscos. No século XX, o conceito de risco passou a ser relacionado aos aspectos ecológicos e econômicos fundados nas abordagens da degradação como produto da urbanização. Na década de 1980, especificamente, o conceito ganha destaque no que tange à segurança ambiental e as formas de impactos induzidos pelo homem sobre a natureza.

Todavia, deve-se ter em mente que o mundo, à maneira dos processos que lhe atribuem transformações, é imprevisível, especialmente, no atual estágio das mudanças globais em que

ocorre uma “rápida e intensa alteração das paisagens” (MENDONÇA, 2010. p. 155). Com isso, o mundo de incertezas aflora uma sociedade de risco (BECK, 1998 *apud* MENDONÇA, *op. cit*) imbuída de perspectiva futura e presente. O mesmo autor chama atenção para o fato de que os riscos presentes inserem uma nova abordagem desse meio que não pode ser mais concebido com previsibilidade.

Vivemos num mundo inacabado pela constante mutabilidade, dessa forma não resta outro caminho a não ser sustentar o conhecimento na incerteza, diante da complexidade ambiental que enseja uma nova compreensão de mundo problematizada pelo conhecimento e saberes da civilização moderna (LEFF, 2002).

Apesar da complexidade, presumiu-se que o homem e todo seu aparato tecnológico detinha a capacidade de produzir um invólucro de segurança em torno de si mesmo e, com isso reduzir as incertezas e os riscos, alcançando, inclusive, o domínio sobre os fenômenos naturais que causam catástrofes. No entanto, estudos apontam que esse mesmo poder tecnológico é a principal fonte produtora de riscos e tragédias. Muitos dos seus efeitos escapam ao controle humano causando consequências trágicas, ameaçando a vida na biosfera, como lixo tóxico, bomba atômica, poluição do ar, e outros. Os estudos de cunho geográfico diante desta perspectiva tratam o conceito de risco dirigido aos fenômenos naturais causadores de danos – os chamados *natural hazards* enquadrados na Sociedade de Risco como explicação do modo de vida contemporâneo.

Os *natural hazards*, sinônimo de perigo, causam danos e expõem a população ao risco, como as enchentes, deslizamentos, furacões, terremotos, dentre outros. Nessa direção Marandola Jr.; Hogan (2011) argumentam que os *natural hazards* não correspondem a ocorrência dos eventos naturais em si, mas sim a sua ocorrência em áreas apropriadas pelo homem, ditas áreas de risco, gerando perdas e expondo a perigo estas populações. Trata de um evento que ocorre na interface sociedade-natureza, reforçam.

Santos (2006) debate que as áreas de risco são aquelas que estão constantemente sujeitas a sofrerem os efeitos danosos de fenômenos externos de origem natural ou humana. Portanto, áreas que não deveriam ser ocupadas ou urbanizadas, o são desordenadamente convergindo sérios problemas ao ambiente urbano, via de regra, ocorrem em áreas de risco.

No conceito que é definido por Santos (2006, p. 46) as áreas de risco correspondem a uma relação de causa-efeito onde,

Ambientes susceptíveis à ação dos agentes naturais que colocam em risco a vida da população que ali vive, tendo como causa a ocupação de áreas impróprias que deveriam ser destinadas à preservação e manutenção dos sistemas naturais e como efeito à alteração do funcionamento desses sistemas, expondo frequentemente comunidades aos efeitos (*hazard*) dos agentes naturais caracterizados pela sazonalidade.

Os estudos dos riscos e perigos naturais feitos pelo geógrafo norte-americano Gilbert F. White contribuíram para o surgimento de um novo paradigma na Geografia, o dos estudos geográficos dos riscos e dos perigos naturais. White expõe, reforçando, que o *hazard* por si só não constitui um fato natural, e que a denominação *natural hazards* concerne a forças naturais com repercussões em áreas ocupadas pelo homem, defende ele, contribuindo para a Comissão sobre o Homem e o Meio Ambiente, da União Geográfica Internacional – UGI, 1970.

No campo geográfico os clássicos trabalhos sobre os *natural hazards* tratam dos aspectos físico-ambientais e de seus processos. Nesta linha de investigação, a ocorrência de um *hazard* designa uma situação de risco, numa perspectiva de futuro e incerteza. Almeida (2010) concorda que o risco denota insegurança e incerteza, e reúne diversas nuances da sociedade, daí ser abordado nas mais diferentes áreas, por ser entre outros motivos um componente recorrente da sociedade moderna. Daí exige um direcionamento de políticas adequadas na redução dos riscos e construção de comunidades resilientes e sustentáveis, recomenda Deschamps (2004).

Sendo risco uma construção social (VEYRET, 2007), evoca uma abordagem geográfica na pretensão multidisciplinar da problemática. Visto deste ângulo, o risco se inscreve, necessariamente, na geografia que se interessa pelo contexto das relações sociais e por suas expressões espaciais, cuja perspectiva fundamenta a abordagem ambiental, onipresente no paradigma do desenvolvimento sustentável, cuja visão pretende aliar desenvolvimento e proteção ambiental.

Seguindo a concepção de Veyret tratada anteriormente, o risco sinaliza a percepção do perigo, a eminência da catástrofe que nada mais é que uma ameaça ao sujeito, enquanto o perigo na versão da autora é empregado para definir as consequências de um evento possível sobre um indivíduo ou grupo de indivíduos, sobre a organização do território ou sobre o meio ambiente.

O IBGE (2005) define risco como a probabilidade de ocorrência de um evento com efeitos prejudiciais ou com perdas, sejam elas humanas, materiais, econômicas ou danos ambientais resultantes da interação de perigos naturais, induzidos pela atividade humana e condições de vulnerabilidade. O mesmo documento traz a definição de perigo e desastre. O perigo corresponde um evento físico, um fenômeno ou uma atividade desenvolvida pelo homem

que pode causar perda de vida, danos à propriedade, perdas econômicas e degradação ambiental. Já desastre é visto como um rompimento sério da funcionalidade de uma comunidade ou de uma sociedade por um evento de modo que exceda a capacidade de responder a ele.

A esse conjunto de versões Rocha (2005) assume que risco é um tipo de combinação de frequência e efeitos de eventos indesejáveis, envolvendo perdas. Acrescenta que perigo é uma situação com o potencial de ameaçar a vida humana, a saúde, a propriedade ou o ambiente e desastre é um evento não intencional que pode resultar em mortes, danos materiais e ambientais. Mediante os conceitos expostas, é possível identificar aspectos comuns em forma de alerta as ameaças e perdas relacionadas à vida humana, bem como a relação com a ação antrópica.

A condição de risco variável no tempo e no espaço instalou-se, pois, a partir da presença do *homo sapiens* no planeta Terra. Com a Modernidade⁷, o cenário se agrava, verificando-se a exacerbação no ecúmeno⁸ desse panorama, constata-se sua relação com o contingente populacional mundial centralizado na sua maioria nas cidades, produzindo riscos e perigos que aumentam com o crescimento e a concentração populacional em centros urbanos que se tornam cada vez mais socialmente vulneráveis e ambientalmente instáveis.

Sintomas dos riscos e agravantes marcados por catástrofes históricas no século XX estimulam Beck (1998) formular importantes teorizações visando relacionar estes fatos a uma Sociedade do Risco. Assim, no campo teórico os riscos são categorizados em perigos tecnológicos (*technological hazards*) e perigos naturais (*natural hazards*). Os perigos tecnológicos sustentado como aparato técnico-científico podem ser associados a esta sequência de eventos: Hiroshima e Nagasaki (Japão, 1945), Minamata (1956), Seveso (Itália, 1976), Bophal (Índia, 1984), Chernobyl (Ucrânia, 1986), Goiânia (Brasil, 1987), Alasca (EUA, 1989).

Os perigos naturais (*natural hazards*), por sua vez, são função das mudanças ambientais deliberadas pela ação antrópica, pela crescente concentração de pessoas cada vez mais vulneráveis nas cidades e pelo crescimento populacional. A propósito do objeto tratado, a abordagem calcada na ideia de vulnerabilidade socioambiental ganha pertinência, pois visa identificar as diferentes suscetibilidades físicas e sociais com base nos eventos de enchente e o

⁷ A Modernidade se refere ao mundo industrializado e às relações sociais que se utilizam dos recursos tecnológicos de modo generalizado. Berman (1982) *apud* Harvey (1989) na obra “Condição Pós-Moderna”, compreende que estar na modernidade é encontrar-se num ambiente de poder, crescimento e transformação de si e do mundo.

⁸ Pierre George (1993), referindo-se à *oekoumene* (espaço habitado) de Maximilien Sorre acrescenta que, no presente, os espaços de relação foram integrados na *oekoumene*.

arsenal de atributos produzidos pelas mudanças resultantes da ação humana em cada ambiente fluvial envolvido no estudo.

O termo risco, em linhas gerais, vem acompanhado de controversas conceituais e é considerado incerto por vários autores e está presente em várias línguas, como: *risk* (inglês), *rischo* (italiano), *riesgo* (espanhol), *risque* (francês); em grego “*rhizikon*”, em árabe “*risk*”; há ainda o termo latino “*rixare*”(brigar) e “*resecare*” de extirpar ou suprimir, designando duplo sentido – divisão, discórdia e lugar acidentado. O termo risco se origina de “*risico*” ou “*rischio*” que significa escolho, penhasco escarpado, promontório e naufrágio. No plano conceitual a noção de risco é complexa, daí o termo também o ser.

De fato, a palavra designa, ao mesmo tempo, tanto um perigo potencial quanto sua percepção e indica uma situação percebida como perigosa na qual se está ou cujos efeitos podem ser sentidos Veyret (2007). Acrescenta, ainda, que os tipos mais característicos são os de origem geológica como os terremotos, vulcanismo e os tsunamis e os de natureza hidrometeorológica envolvendo fortes chuvas, tempestades, enchentes, inundações, deslizamentos e secas.

Com a urbanização a aceleração da demanda por solo para a expansão da cidade possibilita aumentar o risco dos desastres naturais, pois o rápido crescimento promove a utilização de terras impróprias expostas a risco natural (DESCHAMPS, 2008). De modo geral, riscos ambientais se instalam de modo espacializado. Daí serem localizáveis, porém variáveis na sua distribuição.

Salienta-se, que o risco ambiental se refere a uma situação circunstancial de perigo segundo funcionamento do meio físico ou possibilidade de ocorrência de processo natural, induzido ou não. No caso do risco hidrometeorológico, as enchentes urbanas se associam a processos da dinâmica da superfície da Terra cuja interação com os processos atmosféricos geram cheias, inundações, erosão. Em torno desta pauta, os estudiosos da Sociedade do Risco não contemplam a diversidade dos segmentos sociais na conformação destes riscos e tampouco aparece mais clara a orientação advinda de uma lógica política que contribua para a distribuição dos danos ambientais (ASCELRAD, 2002).

Retomando a discussão, a produção de um risco ou dano envolve, fundamentalmente, três situações: um evento potencialmente adverso; incapacidade de responder positivamente diante de tal contingência; e impossibilidade para adaptar-se ao novo cenário gerado pela materialização do risco. Quanto aos riscos de procedência climática podem ser analisados, conforme dois principais conjuntos de elementos: 1) relacionados à localização da cidade (no caso citado por Veyret como hidrometeorológico), ou parte dela – nesse caso se estão em áreas

de encostas, planícies de inundação, deltas ou até em áreas sujeitas a ciclones tropicais; 2) originados ou agravados pela utilização acentuada de recursos por causa da dinâmica urbana (GIRÃO et al. 2013) – o uso acelerado e concentrado em áreas marginais e próximas a cursos (fluviais e lacustres) pantanosas e alagadiças, p. ex.,

A noção de risco tratado no presente estudo corresponde ao risco natural (aos eventos de precipitação e enchentes) e enquadra-se nesta categoria, sobretudo, por se tratar de um fenômeno considerado natural com implicações sociais, pois integra populações urbanas vulneráveis, localizadas em ambientes fluviais de risco às enchentes periódicas. Portanto, não seria inoportuno inscrever o termo vulnerabilidade socioambiental na concepção de risco aqui tratada e as dimensões da natureza e da sociedade que envolve (explicações mais amplas serão debatidas).

É importante salientar que a noção de risco e vulnerabilidade vem sendo utilizada em diversos campos do conhecimento, portanto leva a distintas concepções a respeito do tema, daí não existir um único conceito para defini-los. Na Geografia, especificamente, o interesse pelo estudo dos riscos naturais e suas repercussões para a sociedade levou a União Geográfica Internacional a criar em 1968 a Comissão Homem Ambiente.

O estudo dos riscos coloca os geógrafos diante de importante desafio na operacionalização da vulnerabilidade, quanto a sua mensuração. Tal fato se confirma após as maiores catástrofes já registradas neste início de século: o *tsunami* no oceano Índico em 2004, e o furacão Katrina em 2005, a partir de então, os geógrafos se vêem com a difícil tarefa de desenvolver metodologias de medição da vulnerabilidade, adverte Bogardi (2006) apud Birkmann (2007).

Birkmann (2007) concorda que a definição de metodologia comum para identificar e mensurar os riscos e as vulnerabilidades aos desastres, ainda não atende a contento e infere que o processo de mensuração necessita atentar para os mais vulneráveis, para os espaços expostos a risco e aos fatores que influenciam e produzem vulnerabilidade/risco. Esta abordagem é de interesse dos estudiosos do meio ambiente urbano e de várias áreas do conhecimento, como a Geografia do Risco (citada), trazendo em seus pressupostos a preocupação com o planejamento urbano, levando em conta as vulnerabilidades físico-ambientais e sociais do mundo urbano.

2.4 Vulnerabilidades, Sociedade e Natureza

A vigência dos paradigmas ambientais dos *hazards*, em pauta, abre espaço para o uso do conceito de vulnerabilidade, considerando a exposição de parcelas da população a riscos

ambientais, portanto, vulneráveis a eventos dessa ordem. Deschamps (2008) comenta que a vulnerabilidade pode ser apreendida como a probabilidade de uma sociedade ser afetada por um evento natural/ambiental.

Em Esteves (2011), a vulnerabilidade nesta proposta de Deschamps denota suscetibilidade, envolve um conjunto de fatores que podem aumentar ou diminuir os riscos ao qual o ser humano está exposto nas diferentes situações da sua vida. Uma enchente, por exemplo, pode desencadear a situação posta. A priori, as vulnerabilidades às enchentes têm um caráter geográfico dado ao tema em si e à sua localização num determinado espaço, todavia sua abordagem transcende o conhecimento dessa ciência, pois demanda um envolvimento multidisciplinar haja vista as especificidades envolvidas, da Meteorologia, da Sociologia, da Engenharia, da Hidrologia, da Geologia, entre outras.

Desde a década de 1990, o termo vulnerabilidade tem sido propalado como conceito-chave entre os estudiosos, uma vez que nesta década é marcada pelo incremento de desastres naturais em todo o globo. Vestena (2008) aponta que nessa década as catástrofes naturais atingiram mais de dois bilhões de pessoas no mundo, causando prejuízos de mais de US\$ 608 bilhões, reproduzindo um aumento quatro vezes maior que a década anterior. Esse acréscimo é atribuído às corriqueiras práticas de degradação e à ocupação cada vez mais acelerada de áreas de risco.

As perdas humanas causadas pelos desastres naturais são notícias comuns nos meios de divulgação nesse início do século XXI. A Revista Planeta (julho/2011) traz mapa dos eventos climáticos extremos (2010-2011) onde aparecem as perdas humanas em todas as partes do mundo. Nos EUA a temporada de Tornados entre abril/julho de 2010 ceifou a vida de 529 pessoas. Em janeiro de 2011 no Rio de Janeiro, fortes chuvas (300 mm em 24 horas) causaram cheias e deslizamentos onde morreram 916 pessoas. Este foi o maior desastre climático do Brasil. Pesadas chuvas no Paquistão fizeram o rio Indo e outros rios causarem 1.985 mortes. Já na China, registraram-se em 2010 as piores enchentes, cerca de 1.050 pessoas desapareceram, sobretudo no nordeste do país. Já no sul do país, a seca afeta 35 milhões de pessoas. Osaka, Kyoto e Hiroshima no Japão atravessaram em 2010 o verão mais quente com temperaturas médias acima de 30°C, o fenômeno causou a morte de 170 pessoas no período.

Convém registrar que, apesar de a noção de vulnerabilidade estabelecer uma intrínseca relação com o risco, existe distinção no uso do significado. O PNUD (2007) conforme Esteves (2011) formula no Relatório do Desenvolvimento Humano 2007/2008 que a vulnerabilidade difere do risco, enquanto este implica a exposição a perigos (pessoas individual e coletivamente), a vulnerabilidade diz respeito à capacidade que estas pessoas podem ter de

combater estes perigos ainda que em longo prazo. Assim, a noção de vulnerabilidade problematiza a presença de três elementos: a exposição ao risco; a capacidade de reação e o grau de adaptação diante da materialização do risco esclarecem Marandola Jr.; Hogan (2011). Por essa razão é que a vulnerabilidade é discutida como um conceito complementar ao de risco.

No Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa, Aurélio Buarque de H. Ferreira define o termo risco significando “álea”, ou seja, perigo ou possibilidade de perigo; possibilidade de perda ou de responsabilidade pelo dano. De acordo com o IBGE (2005) o risco é a probabilidade de ocorrência de um evento com prejuízos e perdas (humanas, materiais, atividades econômicas ou danos ambientais), como respostas da interação de perigos naturais, induzidos por atividade humana e condições de vulnerabilidade. O certo é que esta categoria conceitual suscita a probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente perigoso e causador de danos, cujos impactos são uma função da vulnerabilidade intrínseca do indivíduo ou grupo.

Na interpretação de tais conceitos convém adotar riscos e perigos como perturbações que abarcam além dos aspectos naturais, econômicos e sociais, a capacidade de “ajustamento” ou “adaptações” das populações no sentido de absorver seus impactos e de se recuperar, comenta Marandola Jr. e Hogan (2005). A partir desse pressuposto, os mesmos autores afirmam que a capacidade de resposta pode diminuir possíveis perdas e até salvar vidas. Seria a capacidade de recuperação que determinado ecossistema teria após sofrer algum tipo de perturbação ou stress.

Nesse tipo de avaliação se destaca o conceito de resiliência⁹. A resiliência tem se tornado uma premissa bastante utilizada na análise dos problemas socioambientais urbanos que tratam dos riscos e vulnerabilidades. Trata na interpretação de Mendonça (2010) de um conceito relacionado à adaptação e consiste na verificação da capacidade de resposta às situações de risco de um ambiente ou sociedade, de voltar às condições anteriores após ser impactada por eventos de magnitude extrema.

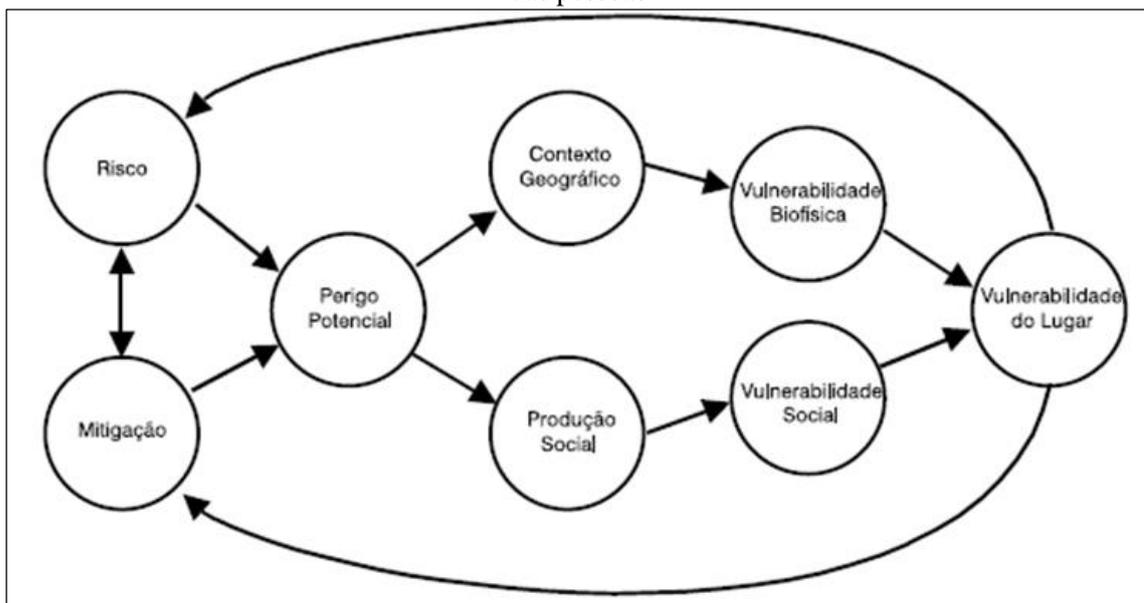
Cabe, nesse termo, grifar algumas considerações pertinentes à resiliência como o retorno ao estado anterior após condição de riscos de origem natural, social ou técnica sofrida pela população que vive em estado precário. Não se faz necessário desprender grande esforço para concluir que não é nada agradável retornar as condições previsíveis de riscos e vulnerabilidades vividos anteriormente dados o estado de fragilidade. Tal proposição de resiliência pode até se aplicar, p. ex., para sociedades que vivem nos países desenvolvidos e usufruem de qualidade de

⁹ Na ecologia a capacidade de restabelecimento de um sistema após uma catástrofe é chamado de resiliência, cujo processo pode ser conferido por meio da vulnerabilidade representado pelo grau de fragilidade de uma área e/ou de uma população.

vida diferenciada daquela vivida por uma sociedade pobre, seria o caso de retorno à boa situação antecedente ao acidente ou evento extremo. É preciso, antes de tudo, repensar com mais rigor quando se tratar no âmbito de população dos países não desenvolvidos, pois o retorno às condições pré-acidentes de grande parte das populações dessas regiões é lastimável para se desejar voltar a ela, confere Mendonça (2010).

Examinando a expressão esquematizada de vulnerabilidade de Marandola Jr.; Hogan (2011) na Figura 3 o sentido dado abrange uma forte correlação do sistema natural (ambiental), implicando, segundo a proposta, que os perigos só podem ser compreendidos levando-se a cabo o contexto natural e as formas pelas quais a sociedade se utiliza da natureza e na mesma medida produz perigos.

Figura 3 – Modelo esquemático de elementos do perigo constituintes das vulnerabilidades do lugar e das pessoas



Fonte: Marandola Jr.; Hogan, 2011.

Conforme ilustra o modelo representado pela figura em destaque, fica claro que tanto a contextura geográfica como as resultantes sociais são importantes na produção da vulnerabilidade, seja ela física ou social. Além de se destacar o papel da mitigação dos riscos, que quando não atingido revela o perigo potencial de fato. Ainda nessa pauta, Deschamps (2004) assinala que o termo vulnerabilidade está atrelado às probabilidades de áreas ou populações ser afetadas por um fenômeno geográfico ou climático.

Enquanto Cunha et al. (2006) defende que a mesma difunde um caráter multifacetado, abrangendo várias dimensões, onde se identificam situações de vulnerabilidade dos indivíduos, famílias ou comunidades.

No sentido aludido por Veyret (2007) a vulnerabilidade expõe aspectos físicos, ambientais, técnicos, econômicos, psicológicos, sociais e políticos. Além de revelar a fragilidade de um sistema e a sua capacidade de superar a crise causada por um evento possível. A vulnerabilidade ganha significância, pois permite exprimir, quando mensurada com precisão, a resiliência do ambiente afetado e a capacidade de resposta da população alvo.

O conceito de vulnerabilidade vem ganhando espaço no discurso de várias ciências, em especial naquelas que se aproximam da vertente ambiental, além da utilização por parte de órgãos internacionais como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), Banco Mundial, dentre outros, com a finalidade de identificar as áreas consideradas vulneráveis para execução de planos de intervenção.

A vulnerabilidade como objeto de estudo envolve a inseparabilidade sociedade e natureza, daí sua análise propor uma abordagem integrada, porém “com a compreensão de que estas duas dimensões da realidade, em diferentes momentos ou simultaneamente, apresentam temporalidades que são relacionadas às suas próprias dinâmicas” (ESTEVES, 2011, p. 73), que são condições relativas do estado momentâneo de cada fato ou fenômeno, observado em ritmos lentos ou velozes. Conforme Mendonça (2004), os chamados eventos catastróficos (*natural hazards*) desenvolvem-se de forma muito rápida, ao mesmo tempo em que parcela da sociedade, especialmente, aquela desprovida de tecnologia, vive à mercê do tempo lento.

Na geografia a abordagem sobre vulnerabilidade passou a ganhar mais espaço a partir das décadas de 1980/1990, incorporando a dimensão espacial em três contextos: social, tecnológico e ambiental.

Esta abordagem parte das dinâmicas que configuram uma dada espacialidade, procurando circunscrever sua escala (uma região, uma cidade, um ecossistema, um bairro), identificando nas interações entre sociedade e natureza os riscos e perigos que atingem o lugar. Não se trata de entender esta espacialidade enquanto substrato físico independente da sociedade (MARANDOLA Jr.; HOGAN, 2011, p. 36).

Assim, julga-se apropriada a conceituação da ONU (2004), que considera vulnerabilidade como o conjunto de processos e condições resultantes de fatores naturais e socioeconômicos, os quais determinam quanto uma população ou elemento em risco estão

suscetíveis ao impacto do evento perigoso. Compreende, na visão de Vedovello; Macedo (2007) tanto aspectos físico-ambientais (interface fluvial) como fatores humanos, tais como, econômicos, sociais, políticos, técnicos, ideológicos, culturais, educacionais, ecológicos e institucionais.

No meio urbano a noção de vulnerabilidade no sentido exposto anteriormente, conforme Confalonieri (2003) referem-se aos problemas ambientais e pode ser descrita como produto da exposição física a um perigo natural e da capacidade humana para se preparar e se recuperar dos impactos negativos dos desastres. Envolve, ademais, as manifestações bruscas e repentinas da natureza (*natural hazards*) e o meio ambiente, formando-se os dois pilares que responde pelo maior número dos problemas socioambientais urbanos.

Segundo Rodriguez (2001) *apud* Deschamps (2008) o estado vulnerável de uma pessoa ou um grupo social significa a possibilidade de ser lesionado. Comenta, ainda, que a invulnerabilidade da situação está na proteção total de forças externas causadoras de danos. Em ambas detecta-se uma variação determinada pelos recursos ou alternativas no enfrentamento do efeito externo, na seguinte proporcionalidade: quanto maior a faculdade de recursos, menor será a vulnerabilidade. Assim, o estudo da vulnerabilidade explicitando a noção de risco, torna-se relevante ao declarar a possibilidade de ocorrência de um evento adverso, seja ele de qualquer origem para o espaço a que se atribui ou unidades de referência.

Rodríguez (2001) define como unidades de referência, famílias ou grupo de famílias morando numa mesma área, e onde o risco é abordado no seu aspecto mais negativo, já que combinados com adversidades e, causador de danos a determinado segmento da sociedade (os riscos, na sociedade atual, podem tanto causar danos como gerar novas oportunidades).

Uma das questões mais atrativas sobre noção de vulnerabilidade concerne a grupos específicos. Conferem tais grupos se encontrar em situação de risco social própria de seu ambiente familiar ou de coletividade, na versão de Rodríguez (*op. cit.*). Isso expõe a fragilidade social, por sua vez, conduz a uma maior exposição ao risco. Possibilita, igualmente, a identificação da fragilidade institucional e, a falta de equidade socioeconômica fatalmente veta o desenvolvimento social e inviabilizam a coesão social caracterizando o risco.

Como dito anteriormente, a vulnerabilidade social se encontra diretamente imbricada com grupos socialmente vulneráveis. Grupos estes dadas às características ou contingência, são mais improváveis a uma resposta positiva perante algum evento adverso.

Tendência mais atual envolvendo os estudos ao lado da vulnerabilidade social trata de situações classificadas de vulnerabilidade ambiental como resultante dos atributos físico-naturais de uma área. Nesta vertente, a vulnerabilidade ambiental reproduz o grau de

suscetibilidade natural de um ambiente, ou a um impacto provocado por um uso qualquer (TAGLIANI, 2003 *apud* ESTEVES, 2011). Reflete, sobremaneira, uma condição intrínseca do território (características locais naturais e humanas) que, em interação com o tipo e a magnitude do evento que induz, resulta numa grandeza de efeitos adversos.

A proposta de integração das dimensões sociais e ambientais nos estudos de vulnerabilidade pressupõe, conforme Mendonça (2004) a adoção do termo vulnerabilidade socioambiental e traz como suporte a concepção de impactos e riscos ambientais mediante ainda a complexidade dos problemas atinentes aos contextos urbanos.

A vulnerabilidade socioambiental urbana declara a heterogeneidade dos impactos sucedidos dos riscos que se lançam sobre uma dada população, constituindo ambos – risco e vulnerabilidade – uma associação revestida de alta complexidade lançada para abstração e gestão urbana (MENDONÇA, 2010) e a forma organizacional da cidade (MENDONÇA, 2004). Confalonieri (2003) frisa que a vulnerabilidade socioambiental no sentido dado por Mendonça envolve, somada aos riscos urbanos, um leque de implicações sociais, econômicas, tecnológicas, culturais, ambientais e políticas, que são multifacetadas vinculadas à condição de pobreza de significativa fração da sociedade moderna.

Comporta Jacobi (2004) onde versa que a vulnerabilidade socioambiental se orienta pela relação entrelaçada a riscos ambientais, ausência de infraestrutura urbana e exposição da população residente nas áreas mencionadas. Além dos aspectos anteriormente citados Rocha (2005) nomeia o grau de exposição, a fragilidade e o valor econômico.

Nesse sentido, o surgimento de novas literaturas e estudos aplicados ressaltando a vulnerabilidade pode ser conferido em regiões do Brasil: Mendonça (2004), Zanella (2006) e Deschamps (2004) na região metropolitana de Curitiba; Chaves (2009) em Teresina-PI; Souza (2011) na cidade do Recife e Almeida (2010) na região metropolitana de Fortaleza-Ceará.

Convém ainda mencionar que a vulnerabilidade exprime algumas considerações pertinentes à sua interpretação, como a *falta de consenso na definição* que impossibilita perceber a *realidade que é multidimensional*; ainda o envolvimento da *diversidade de orientações epistemológicas* e as *consequentes práticas metodológicas*. A falta de consenso conceitual sobre o termo vulnerabilidade e as três dificuldades destacadas foram selecionadas para justificar a aplicação do termo na tese.

As considerações sobre vulnerabilidade acentuadas por Blaikie et al¹⁰ (1994) grifadas por Almeida (2010), parecem adequadas para compreender a combinação de fatores que permeiam a intenção da tese de abarcar a integração - natureza e sociedade.

Outra questão se baseia no viés nítido de incerteza, especialmente quando se trata de tomar os riscos e perigos como categoria de análise, um deles é de ordem escalar. As incertezas de ordem global como tempestades, tsunamis, tufões, furações, enchentes, entre outros (BOGARDI, 2004 *apud* ALMEIDA, 2010). Enquanto as resultantes ligadas, outra vez, a tais eventos e suas superposições em relação à degradação ambiental são fenômenos de ordem regional ou local.

Nesse sentido, a vulnerabilidade remete à susceptibilidade dos assentamentos humanos a determinado fenômeno perigoso devido a sua localização e à área de influência intrinsecamente ligada a diferentes processos ambientais, sociais, econômicos e políticos. Desta exposição pode se extrair alguns aspectos que referenciam a complexidade da relação sociedade-risco-vulnerabilidade: a susceptibilidade, um determinado fenômeno perigoso e a localização. Essas categorias envolvem dimensões socioespaciais da vulnerabilidade, além de possibilitar uma compreensão do risco e conferir, ainda, subsídios para o direcionamento de medidas de controle e de redução dos impactos de desastres.

Quando se discute vulnerabilidades e riscos em relação às enchentes considera-se a urbanização como fator central, afinal o processo aponta características relevantes a ser consideradas em situação correlata. A primeira delas está associada ao adensamento populacional, quando potencialmente mais elevado coloca em risco um número maior da população aos agravos dos episódios. Outra, a impermeabilização que propicia maior capacidade de escoamento e risco mais acentuado nos episódios de chuvas intensas, pois há favorecimento aos alagamentos quando se associam densidade populacional, áreas urbanas e resultantes sociais e ambientais.

Vale destacar que a maior exposição de ambientes e população a riscos de enchentes está inquestionavelmente relacionada ao crescimento urbano, principalmente dos ambientes habitados pela população mais pobre e aqueles próximos de canais fluviais, portanto, com maior potencial de risco ambiental. De acordo com o Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), um determinado tipo de ameaça relaciona um evento específico (YOUNG; HOGAN, 2010). Infere-se, contudo, que o dano ou o impacto de um evento perigoso ao afetar a comunidade, também

¹⁰ Para os autores, está vulnerável significa compreender as características de uma pessoa ou grupo no que concerne à sua capacidade para antecipar, sobreviver, resistir e recuperar-se do impacto de uma ameaça ou perigo natural.

causa desequilíbrios no meio físico que interage com esta comunidade. Daí, o fato do envolvimento complexo da vulnerabilidade, especialmente quando envolve a condição urbana.

3 CLIMA E ENCHENTES ASSOCIADOS AO MEIO URBANO

As transformações do meio natural alcançaram grandes proporções a partir do século XX, quando o crescimento populacional e o uso indiscriminado dos recursos naturais intensificaram as alterações no meio com o objetivo de atender as necessidades da sociedade. Esse processo se deu, historicamente, sustentado por uma relação de harmonia e de conflito que até o início da Revolução Industrial não refletia impacto ambiental significativo (BRANDÃO, 2003).

Os fatos mais evidentes e variados como as enchentes e deslizamentos conferem os agravos ambientais produzidos pela forte pressão exercida pelo homem, notadamente, sobre o meio físico urbano (GUERRA; MAÇAL, 2009). Todos esses efeitos danosos ao ambiente urbano, na opinião dos citados autores, refletem o processo de urbanização que reduziu o espaço para sustentar a população e aumentou a utilização de recursos naturais, descaracterizando o meio físico original. A propósito disso indicam-se como referência os ambientes fluviais, que são ocupados desordenadamente, perdendo parte de suas feições e dinâmica natural.

3.1 Enchente, Evento Natural Induzido pela Urbanização

No processo de urbanização, a cobertura do solo cede lugar para ruas asfaltadas e edificações que se aglomeram e para cursos d'água canalizados, enfim, alterações típicas das cidades. “Na cidade, a complexidade do mundo moderno é cada vez mais intensificada, pois o urbano é a síntese do global que se materializa no local, refletindo uma realidade mundial homogeneizada pela produção e pelo consumo” (ROCHA, 2011, p. 33) típico da urbanização. Remete, fundamentalmente, ao entendimento das interações da relação sociedade – natureza que envolve as forças entre o natural e o social (MENDONÇA; MONTEIRO, 2004). São situações dicotômicas, pois, se por um lado a sociedade produz ambientes favoráveis ao desenvolvimento, por outro, se instalam ambientes com elevada deterioração.

A intensa urbanização acelerada a partir da década de 1960 tem propiciado um gigantesco quadro de fatores negativos ao ambiente¹¹, os quais salientam os riscos durante eventos naturais como os episódios pluviais intensos.

¹¹ O termo “ambiente” adotado possui um viés associado à área que abriga os sistemas naturais em interface com os condicionantes sociais que compõem o meio ambiente, considerando, de acordo com Christofletti (1997), a funcionalidade interativa geosfera-biosfera. Adequa-se a abordagem socioambiental do espaço geográfico referindo-se a dadas situações nas quais vive o homem.

Estes eventos pluviais de magnitude considerados uma “disritmia”, repercutem derivações de desastres naturais referentes às enchentes e deslizamentos, especialmente em áreas susceptíveis¹² a riscos naturais como os leitos dos rios no meio urbano. Variadas condições ambientais declaradas no mundo urbano mostram que o desenvolvimento sem planejamento adequado imprime prejuízos significativos para a sociedade devido ao ritmo muito acelerado de crescimento e às dificuldades de infraestrutura encontradas nas cidades (TUCCI, 2006).

Os efeitos desse processo fazem-se sentir no aparelhamento urbano relativo ao tratamento ambiental dos cursos d’água, como esgotos e drenagem urbana. Nas cidades um curso d’água não é mais “corrente natural da água” é, sobretudo, destino final de resíduos e refugo. Deixou de ser fonte de água e estímulo a estro de poetas, cedeu lugar a outros tons e inspiração, lembra Carvalho (2011). Tal situação permite afirmar, nas palavras de Tucci (2006) que o planejamento da ocupação do espaço urbano não tem considerado aspectos fundamentais, trazendo com isso transtornos e custos para a sociedade e para o ambiente.

Além disso, há que se considerar que as enchentes urbanas integram-se, porém em apenas uma das múltiplas interfaces da qualidade ambiental urbana. Mas seu estudo pressupõe relevante contributo ao planejamento urbano, finalidade pouco presente nos estudos realizados sobre esta temática.

Examinar o tema enchentes no ambiente urbano é um desafio pouco evocado dado a complexidade de relações que firmam no contexto social e dos atributos ambientais envolvidos. No entanto, por vezes, o tratamento recebido por parte dos especialistas não reflete uma concepção integrada. Contudo, a abordagem integrada de eventos de enchente no espaço urbano propicia a combinação de condicionantes naturais e antrópicos. Os condicionantes naturais envolvem: as formas de relevo, as características da rede de drenagem do sistema fluvial; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e presença ou ausência de cobertura vegetal (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009). A caracterização desses condicionantes naturais nos estudos de eventos pluviais permite compreender a dinâmica do escoamento das águas no sistema conforme os regimes de chuvas pesquisados conferem estes autores.

Os condicionantes antrópicos, por sua vez, estão relacionados ao uso e ocupação de áreas na extensão natural e de proteção ambiental; acúmulo de resíduos sólidos nas

¹²As áreas suscetíveis a riscos naturais são apreendidas neste estudo como aquelas áreas que, embora não evidenciem riscos potenciais declarados de perdas humanas e materiais, possuem, contudo, condicionantes urbanos e naturais implícitos aos riscos de enchentes.

proximidades dos cursos d'água e ao intenso processo de erosão e assoreamento dos canais. A ocupação das áreas marginais deve ocorrer, segundo orientação normativa da legislação brasileira, em especial, as Leis Federais nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal Brasileiro) e nº 6.766/79 (Parcelamento do Solo Urbano).

Fatores associados a estes condicionantes são responsáveis pela alteração da dinâmica da vazão dos cursos d'água, com isso pode ocorrer aumento da velocidade do escoamento superficial, que se relaciona ao volume de água escoada em determinado canal e sua variação no decorrer do tempo. Envolve inúmeros fatores determinantes no processo, tais como regime de precipitação, condições de infiltração, drenagem subterrânea e outros (CHRISTOFOLLETI, 1980), ou seja, a variação do nível das águas no canal durante o ano corresponde ao regime fluvial¹³.

Com efeito, a combinação dos fatores acima referidos, aliados à elevada concentração populacional na extensão da planície fluvial, um evento só de enchente poderá ocasionar danos em relação aos impactos sociais e econômicos, seja pelo número de pessoas atingidas ou por muitas outras perdas.

As enchentes decorrem da elevação do nível de água de um rio acima de sua vazão normal (AMARAL; RIBEIRO, 2009) são fenômeno natural se for tomado a cabo a dinâmica natural desse recurso. Todavia se caracterizam na visão de Esteiros (1999) *apud* Cristo (2002) como um dos riscos naturais mais ameaçadores à sociedade, quando se associam processos naturais do ciclo hidrológico e ocupação dos ambientes próximos aos cursos d'água. Herrmann (1980) aborda que é necessário entender o mecanismo de formação das cheias e considerar vários fatores que atuam no âmbito do sistema fluvial, entre eles, os fatores climáticos, as características físicas e as modificações causadas pelo homem, pois qualquer alteração no sistema de drenagem acaba gerando desequilíbrios que agravam os impactos ambientais procedentes.

Com o desenvolvimento urbano, vários elementos antrópicos ao ser introduzido no ambiente exercem influência no sistema fluvial e contribuem para agravar as enchentes urbanas, como:

¹³ Regime fluvial é determinado pela variação do nível das águas de um rio durante o ano (GUERRA; GUERRA, 2001).

- O uso do asfalto, que aumenta a absorção da radiação solar através das superfícies impermeáveis produzindo as “ilhas de calor” condições de movimento ascendente e contribui para gerar precipitações mais intensas e de baixa duração nos centros urbanos.
- O aumento de sedimentos é outra agravante produzida pelas construções em geral, na abertura de vias pavimentadas como ruas, avenidas e rodovias. Das principais respostas ambientais da produção de sedimentos, pode ser listado: o assoreamento da drenagem com redução da capacidade de escoamento de rios urbanos e outros corpos d’água durante as enchentes e a poluição das águas pluviais pelo transporte de poluentes agregados ao sedimento.

Coloca-se nesta exposição de Castro et.al (2005) *apud* Almeida (2010) a relação das enchentes ribeirinhas com o surgimento das cidades nas margens dos rios, que se deu ao longo de todo processo de desenvolvimento das sociedades.

Porém, neste percurso, os nichos de moradia do homem foram se tornando cada vez mais vulneráveis, é o que se pode referir, nas palavras de Almeida (2010), de “revés” da Natureza. Quando ocorre uma cheia, momento em que o rio transborda, a cidade é naturalmente banhada por essas águas e não invadida como se cogita, a natureza ocupa o espaço que é seu – o leito maior ou leito de cheia. É necessário reforçar que foi o homem que adentrou no espaço de direito da natureza e, no momento em que um evento natural se destaca, acontecem os agravos humanos.

Em todo o globo, assim como no Brasil, as mudanças ambientais refletem vestígio histórico e presente de transformações induzidas principalmente pelo uso e ocupação do solo pelo homem (COELHO NETTO; AVELAR, 2007). Diante de usos predatórios dos recursos da natureza, pode-se conferir que grande parte dos sistemas fluviais encontra-se em desequilíbrio. Este fato conduz ao aumento da vulnerabilidade do ambiente ocupado, onde os riscos tendem a se tornar mais frequentes e intensos nos locais onde os adensamentos são mais elevados e a pobreza é mais manifestada. O que Héту (2003) e Bitoun (2003) atribuem a um problema de localização, a ocupação negligente e irregular das ditas áreas de risco. Neste caso o risco se refere a uma situação circunstancial de perigo induzido ou não (VEYRET, 2007).

Mas será que em toda ambiência urbana a população se encontra vulnerável aos riscos e/ou desastres naturais? E tais vulnerabilidades atingem todos os espaços na mesma medida? No contexto de tais questionamentos residem as principais pretensões deste estudo.

O uso dos rios como canais de convergência dos desequilíbrios ambientais teve suas raízes fixadas na 1ª Revolução Industrial, culminando, em meados do século XX, com a

degradação da água e do meio ambiente como um todo, devido à descarga de rejeitos procedentes dos aglomerados urbanos, denunciados por Rachel Carson (2010) em sua *Primavera Silenciosa*.

No Brasil, de modo geral e com poucas exceções, os rios urbanos são desvalorizados pela sociedade, em razão de uma ótica cartesiana de adaptar a Natureza aos interesses econômicos. Assim, rios se tornam canais de esgotos e resíduos sólidos, ou seja, recebem tudo o que a cidade não deseja e transformam-se em ambientes degradados [...] (ALMEIDA, 2010, p.84).

É possível notar essa forma de pensar a cidade de Teresina no estado de degradação do Poti¹⁴, receptáculo de poluição e de esgotos originados de diferenciadas fontes, com isso tornou-se insalubre, lugar de concentração de aguapés, de esgotos a céu aberto, de galerias e bueiros, dentre outros. Ao longo do canal podem ser testemunhadas as diversas formas do modo como o Poti tem seus valores negados pela sociedade teresinense, sobressaindo os interesses econômicos apontados na citação de Almeida, são extensas avenidas instaladas em áreas marginais, concentração dos principais shoppings e crescimento horizontal e vertical que cedem lugar aos interesses socioeconômicos em detrimento do seu valor ambiental, até áreas de lazer decretam lugares de impactos no leito desse rio.

A Constituição Federal de 1988 declarou que, *Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para às presentes e futuras gerações* (Cap. VI Art. 225). A concepção de meio ambiente internalizada no sentido da tese manifesta uma conexão com os valores universais do ser humano e os intrínsecos à natureza. E, ainda propõe, segundo princípios da Agenda 21, contribuir na implantação de planos racionais e apoio a medidas de conservação dos recursos hídricos e “às medidas de prevenção e controle de enchentes” (AGENDA 21, p. 332).

Em geral, as administrações estaduais e municipais não estão tecnicamente preparadas para planejar e controlar os impactos das enchentes, pois envolvem não somente a administração da ação antrópica sobre o meio ambiente, mas, sobretudo a prevenção e controle dos eventos. Nesse intuito, os municípios estão orientados a instituir o Plano Diretor Urbano, o qual, na sua quase totalidade, não inclui os aspectos de prevenção contra a ocupação das áreas

¹⁴ Como a sinuosidade e meandros do Poti não foram respeitados na lógica racional de estruturação de Teresina, estes foram fortemente impactados e adaptados para ceder lugar à modernização de ruas, avenidas, prédios, enfim, toda uma estrutura demandada por uma população cada vez mais crescente e exigente. Torna-se, assim, perfeitamente previsível que essa adaptação da Natureza para atender anseios racionais, resultaria em muitos conflitos, dentre eles os das enchentes.

de risco de enchentes (TUCCI, 2006). Observa-se que o Plano Diretor de Teresina dedica espaço à preservação ambiental. Todavia, não se identifica dispositivo específico de prevenção de ocupação das áreas de risco de enchentes.

A alternativa mais racional para minimizar o efeito das enchentes é, sem dúvida, o adequado planejamento da ocupação territorial, particularmente das áreas inundáveis, através da identificação de áreas de risco (cartografia das zonas de risco) e do estabelecimento de regras sustentáveis específicas para o uso. Envolve, sobretudo, medidas de prevenção e controle, que requerem o disciplinamento do poder público na aplicação da legislação, de modo a permitir uma convivência mais racional com as enchentes. Segundo especialistas, tais medidas condizem com o gerenciamento de todo o sistema fluvial.

Tucci (op. cit) examina que ações que visem ao controle de enchentes ribeirinhas envolvem:

- Medidas estruturais – implantadas para reduzir os riscos de enchentes, pois modificam o sistema fluvial, evitando os prejuízos decorrentes delas;
- Medidas não-estruturais - diferentes das anteriores, minimizam os prejuízos das cheias com menor custo pela implantação de medidas para melhor convivência da população com os eventos de enchentes.
- Zoneamento– visa à elaboração de um mapa de inundação composto por linhas que indicam as áreas de risco de inundação.
- Plano diretor de drenagem urbana – adotado para as cidades brasileiras, visa ao planejamento sustentável quanto aos aspectos da drenagem urbana e deve ser buscado tendo por base os seguintes objetivos: planejar a distribuição da água no tempo e no espaço; controlar a ocupação de áreas de risco de inundação e planejar a convivência com as enchentes em áreas de risco baixo.

O agravamento episódico das enchentes se constitui um dos impactos mais pronunciados na atualidade, com destaque para as ocupações de fundo de vale e leitos fluviais ao favorecerem o desencadeamento do fenômeno. Segundo Tucci (2006), a presença da ação humana artificializa as condições naturais do canal fluvial, como as obras hidráulicas.

Dispositivos legais e esforços nacionais vêm sendo feitos para a contenção de enchentes e referem-se às ações de planejamento traduzidas nos seguintes mecanismos: os Planos Diretores Municipais, o zoneamento, as cartas-enchente, a Política Nacional de Recursos Hídricos, os planos de uso e ocupação da terra e do solo e o plano da defesa civil.

Os Planos Diretores Municipais – devem considerar e definir os riscos potenciais de ocupação para as áreas inundáveis e tipologia das construções;

O zoneamento - é utilizado pelos municípios para disciplinar o uso e ocupação das áreas mais suscetíveis a risco de inundação; objetiva minimizar futuras perdas materiais e humanas frente às grandes enchentes;

As cartas-enchente – são adotadas por alguns municípios como subsídio na elaboração do Plano Diretor Físico-Territorial;

A Política Nacional de Recursos Hídricos – adverte que toda tomada de decisão relativa às águas de um município deve se enquadrar na Lei Federal nº 9433, de 1997, da Política Nacional de Recursos Hídricos. Esta Lei estabelece um conjunto de planos, visa inclusive definir metas e ações de modo integrado e reduzir os riscos produzidos pelas enchentes;

Os planos de uso e ocupação da terra e do solo – devem limitar o avanço da urbanização em áreas inundáveis em nível municipal;

Plano da defesa civil – estabelece um conjunto de ações preventivas por meio de procedimentos legais e organizacionais para operação no território de abrangência, em resposta a vários tipos de desastres ou em situações de emergência. Este plano é consorciado aos planos de uso e ocupação da terra e do solo.

Com a política urbana surgida em meados do século XX, a elaboração dos planos diretores municipais e urbanos e instrumentos deles originados obedeciam a uma ordem tecnicista de levantamento diagnóstico guiado por uma riqueza de detalhes sobre as características geográficas; as potencialidades naturais e econômicas dos municípios, na qual eram definidas diretrizes e metas para alcançar o planejamento urbano.

De posse desse quadro diagnóstico da realidade físico-natural, da produção urbana e função da cidade eram projetados cenários futuros, sem, contudo, avançar nas projeções das mudanças impostas pela técnica e avanços da urbanização. Pois, a concepção predominante encara uma realidade imutável ou estável, constatando o pensamento de Kuhn (2007) de que a ciência normal pressupõe que a comunidade científica e conhecedora de como é o mundo.

O planejamento urbano definido pelo modelo pragmático anteriormente referido reproduzia uma paisagem estável, é como se o meio pouco sofresse transformações. Todavia, os riscos presentes induzidos pela natureza urbana não concebem previsibilidade, pois vivemos num mundo inacabado pela constante mutabilidade, dessa forma não resta outro caminho a não ser sustentar o conhecimento na incerteza, diante da complexidade ambiental que enseja uma nova compreensão de mundo problematizada pelo conhecimento e saberes da civilização moderna (LEFF, 2002).

Das questões ora esboçadas, em resumo, cabe afirmar que, na produção de impactos no meio urbano, os eventos climáticos provocam alterações conjuntas das condições sociais e ecológico-ambientais. Coelho (2001) enfoca que o impacto não é somente resultado, é antes de tudo relação de mudanças sociais e ambientais em movimento. Assim, os impactos climáticos influenciam e são influenciados pelas formas de ocupação e de organização do ambiente urbano sobre o qual a sociedade interage, objeto de averiguação das vulnerabilidades em foco.

As características do quadro natural, combinadas com as formas de ocupação, originaram no espaço citadino, pronunciadas vulnerabilidades e, com mais forte significado na extensão dos rios, principalmente, ocasionando maior poder de danos em relação aos episódios de enchente. São pequenos espaços que possibilitam discutir e remetem à constatação de que até bem pouco tempo não eram objeto de debate. Ambientes impróprios passaram a ser potencialmente utilizados nas últimas décadas e hoje apresentam problemas. A irregularidade e o descompromisso com a ocupação do meio ambiente se dão sob alguns pontos de vista, coincidentemente, as áreas mais vulneráveis aos riscos de enchentes, por vezes, são também espaços de ocupação do poder público.

Tais evidências resultam da própria estruturação urbana das cidades que vêm alcançando largo desenvolvimento vertical e horizontal, de maneira a atingir as áreas que integram os ambientes dos canais fluviais. Esse fenômeno atinge diferentes ambientes drenados pelos cursos d'água no tecido urbano.

Os perigos das enchentes podem ser considerados uma eventualidade natural? Ou um fenômeno urbano? A busca de resposta atribui a questões e aos inúmeros trabalhos realizados. São questões atinentes ao uso do solo e à redução de áreas verdes na cidade que contribuem para que grande quantidade de chuva ao atingir este ambiente seja retida na superfície, quer dizer, o termo impermeável vem se tornando fenômeno urbano. É no espaço urbano que estes fenômenos disseminam prejuízos e agravos; é ainda no espaço urbano que são contabilizadas as estatísticas e caracterizadas as vulnerabilidades correlatas.

Na realidade promover a mitigação dos impactos adversos das enchentes representa planejar o espaço urbano e assumir responsabilidade social na cidade. A cidade é o espaço normativo da organização espacial e revelador da qualidade de vida da população projetada no conjunto dos diferentes usos da terra e no parcelamento do solo urbano.

3.2 Processos Físico-Naturais e Antrópicos Geradores de Enchentes

“Não existe inundação sem enchente”, é com base nesta assertiva que o termo enchente foi adotado nesta tese, pois se a enchente antecede a inundação, este fenômeno será o fio

condutor de compreensão das vulnerabilidades social e ambiental produzidas no espaço foco do estudo e motivação do diálogo teórico-conceitual e metodológico aqui pretendido.

As enchentes resultam do comportamento atmosférico, acontecem quando a precipitação é intensa e a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio excede sua capacidade de drenagem, resultando na inundação de suas áreas ribeirinhas (TUCCI, 1997). As inundações no entendimento de Castro (2003) são caracterizadas pela elevação das águas de forma paulatina e previsível, mantendo-se em situação de cheia durante algum tempo, para após, escoarem-se gradualmente. Este tipo de desastre evolui de forma tal que possibilita sua previsão, outro aspecto destacado por Castro é que a onda de cheia desenvolve-se no sentido montante-jusante guardando intervalos regulares. Intensifica-se por variáveis climatológicas de médio e longo prazo, recebendo menor influência das variações diárias do tempo, mencionam Tavares e Silva (2008).

Da relação inicial, enchente-precipitação-inundação, feita por Tucci, podem-se destacar alguns aspectos: os problemas causados pelas enchentes estão submetidos ao grau de ocupação do leito do rio pela população e a frequência com que ocorrem as enchentes. Portanto, quanto maior a ocupação e maior a intensidade da chuva, maior será a possibilidade de impactos e mais graves se tornam as enchentes? No entendimento de Esteiros (1999) *apud* Cristo (2002), esses eventos naturais podem resultar em riscos ameaçadores à sociedade, especialmente quando se tratam de processos naturais do ciclo hidrológico e quando há ocupação excedente à proximidade dos cursos d'água. Os danos ambientais produzidos pelas enchentes trazem não só riscos para a população, Cunha (2003) aponta que estes danos alteram a morfologia dos canais, elemento balizar na manutenção ecológica e sustentável do ambiente.

Na visão de Guerra (1998), as enchentes geralmente causam verdadeiros desastres, resultando em perdas nas atividades rurais e nas cidades. Segundo o banco de dados Emergency Database – EM-DAT, o Brasil é classificado como um dos países do mundo mais afetados por enchentes e inundações, com mais de 60 desastres cadastrados no período de 1974 a 2003 (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

Cumprе salientar que é possível um trabalho de prevenção para uma convivência harmoniosa com as enchentes periódicas, visto que o fenômeno é passível de previsibilidade, pois de acordo com Castro (2003) possíveis danos ocorrem somente durante cheias excepcionais, em função de vulnerabilidades culturais, somadas as mentalidades imediatistas e sem o mínimo de previsibilidade.

Vê-se que o volume das chuvas tem preponderância sobre os desastres relativos a enchentes. Entretanto, a ação antrópica, a morfologia do canal fluvial e as características

climáticas regionais são apontadas como os principais fatores que exercem influência na extensão e intensidade do risco a essa tipologia de desastres.

As enchentes resultam de mecanismos das precipitações. A água precipitada escoar através do leito principal de uma rede de drenagem, conforme a quantidade de água aumente, o nível do leito do rio começa a subir, ultrapassando o leito principal, ocupando áreas adjacentes, denominadas de várzea. Este é o processo natural de formação da enchente, entretanto, ao adentrar no ambiente urbano, as águas das enchentes encontrando suas áreas ocupadas pela população, poderão atingi-la e vitimá-la pelos efeitos do extravasamento da cota máxima do canal, e transforma-se em desastre natural.

Herrmann (1980) aborda que para entendê-las é necessário considerar vários fatores que atuam no âmbito do sistema fluvial, entre eles, os fatores climáticos, as características físicas e as modificações causadas pelo homem, pois qualquer alteração no sistema de drenagem acaba gerando desequilíbrios que agravam os impactos ambientais. Na concepção de Rogério et al. (2011) há que se considerar os níveis de vulnerabilidade e o caráter da espacialidade, seja como resultado das desigualdades sociais, seja pelas características do substrato físico-ambiental. Quanto ao primeiro, recomenda-se analisar as situações de risco submetidas aos grupos socialmente desfavorecidos, quanto aos aspectos físico-ambientais, constata-se que as áreas de ocupação de encosta e margens de rios, retratam bem a fragilidade e susceptibilidade natural.

Na atualidade o agravamento episódico das enchentes se constitui uns dos impactos mais pronunciados, por esta razão são amplamente divulgados e discutidos nos meios técnico-científicos. Quanto às vertentes conceituais, o termo enchente relaciona-se a um fenômeno hidrológico comandado pela torrencialidade dos regimes de chuvas. Caracteriza-se por uma elevação dos níveis de água de um canal fluvial. Obviamente, essa conceituação com forte expressão natural se modifica quando se inserem a intervenção humana e os impactos provenientes das suas produções, notadamente, aqueles originados da urbanização.

Se Teresina é uma cidade planejada, como foi planejada a inserção dos agravos naturais, da expansão urbana e do adensamento populacional? Existe aí algum paradoxo?

Num contexto geral, os agravos das enchentes afetam de forma direta qualquer cidadão teresinense, que se vê surpreendido pelos efeitos de uma cheia do Poti e, de forma indireta, as enchentes causam, por exemplo, interdição de pontes, suspensão de aulas nas escolas e congestionamento nas principais vias de acesso que estão ligadas aos canais.

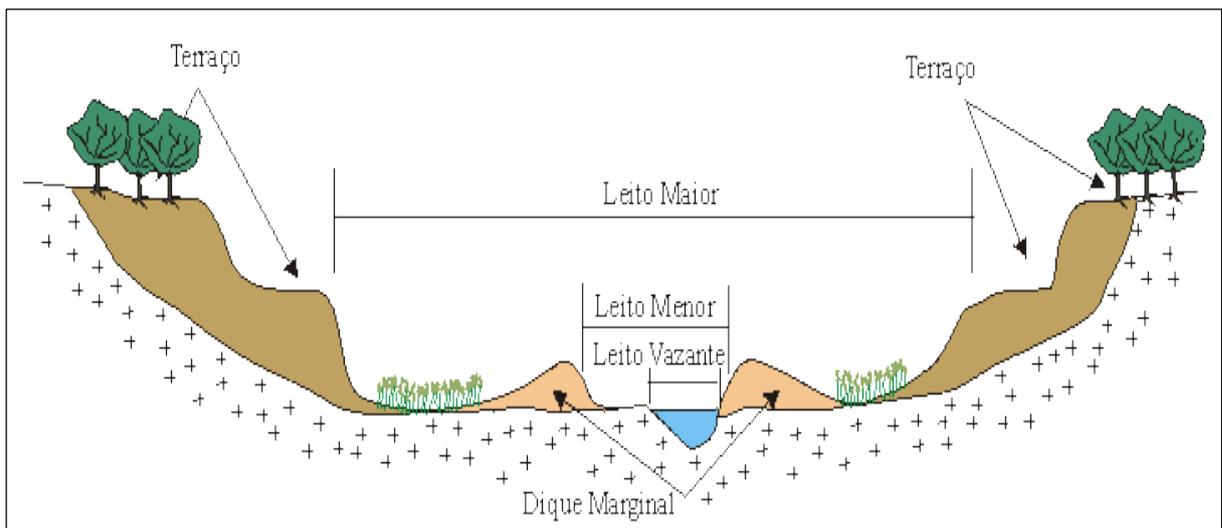
Observando as áreas mais atingidas pelas enchentes, não fica difícil de relacionar as mais homoganeamente impactadas pela ocupação. Em termos de uma análise local mais criteriosa, convém definir novas variáveis e uma distinção existente entre os grupos atingidos

e os pontos mais inundados. Fundamentalmente, os problemas das enchentes urbanas sempre estiveram relacionados à ocupação das margens de rios e à má qualidade ambiental dos espaços, agudizados pela supressão de áreas verdes e impermeabilização do solo.

Tem relação, ainda, com o escoamento superficial que abrange desde o excesso de precipitação até o escoamento de um rio, podendo está relacionado com influência de fatores de natureza climática ou de natureza fisiográfica, ou seja, associam-se às características físicas de uma bacia hidrográfica (GIRÃO et al. 2013). A resposta do escoamento ligada ao fator climático irá depender da intensidade e duração da precipitação, apontam os citados autores. Salienta a noção de reciprocidade (precipitação/escoamento/infiltração), pois quanto maior a intensidade da precipitação, mais rápido o solo atinge a sua capacidade de infiltração e, maior será o escoamento.

Christofoletti (1980) cita que o escoamento em rios e canais depende de várias características físicas, a saber: declividade, rugosidade, seção de escoamento e obstrução do fluxo. E que os rios em sua ação fluvial (escoamento das águas) tende a moldar três leitos: 1) o leito menor, por onde correm, permanentemente, as águas de um rio; 2) o leito maior periódico ou sazonal é aquele ocupado anualmente durante a época das chuvas e, 3) o leito maior ou excepcional ocupado quando ocorrem as maiores cheias, as chamadas enchentes (FIGURA 4).

Figura 4 – Perfil esquemático destacando os tipos de leito e os terraços fluviais



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter11.html>

O processo de urbanização que se acentuou a partir dos anos 60, trouxe para as cidades diversas condicionantes urbanas como supressão da cobertura vegetal, degradação do solo e

dos cursos d'água, enfim, todo sistema natural foi alterado, especialmente os canais fluviais, intensificando a capacidade das enchentes de gerar situações de risco. São incalculáveis os danos causados quando se consideram todas as dimensões envolvidas, dentre elas os cursos d'água é um dos mais afetados e merece averiguação especial.

Dentre os efeitos impactantes das enchentes para os ambientes marginais e para aqueles próximos a cursos d'água no espaço urbano, pode-se elencar:

- O risco de enchentes nas planícies inundáveis tem relação com a morfologia do canal e ocupação dos terraços e vertentes que facilitam o perigo de inundação rápido;
- A elevação do nível do rio, que afeta as práticas socioeconômicas adensadas ao longo do ambiente ribeirinho, traz alagamento previsível para as áreas do leito maior e até do leito excepcional;
- Os alagamentos recorrentes em nível de base do rio causam prejuízos imensuráveis para moradores residentes em áreas de topografia mais baixa e para logradouros residenciais e comerciais que podem ter suas edificações inundadas;
- Nas áreas de maior aglomeração, os alagamentos em setores de risco (áreas mais propensas a inundações) dificultam o fluxo de pessoas e mercadorias em vias públicas e, extraordinariamente, causam vítimas fatais, tal o avolumado fluxo do escoamento superficial nas vias de circulação e a rapidez com que os eventos ocorrem.

Em concordância com as diversas abordagens e correlações sobre enchente (GUERRA, 2011; TUCCI, 2004; SANTOS, 2007), o estudo possibilitou sustentar-se no escopo das teorizações sobre o assunto. Compreende-se mediante as revisões teóricas que os processos potencializam-se no espaço urbano e se desencadeiam de forma integrada, e as vulnerabilidades são fragilidades físico-ambientais e sociais.

Alguns desafios e entraves são encontrados quando se desenvolve estudo sobre enchente, os dados são objeto de difícil acesso em determinados órgãos, por vezes, chegam a inviabilizar a discussão em determinado momento da pesquisa. Contudo, registra-se que a falta do conhecimento científico produzido sobre enchentes são, reconhecidamente, entrave para um planejamento tecnicamente mais apropriado para as cidades brasileiras, e por que não dizer para Teresina?

3.3 Modificações do Meio Urbano e Clima

O modelo de civilização que se instalou, principalmente, no período do pós-guerra, impõe ao meio natural práticas exploratórias baseadas na industrialização/urbanização responsáveis pela organização das formas de produção e trabalho e, mais recentemente, pela concentração populacional nas cidades, conseqüentemente acirraram-se os problemas sociais e ambientais urbanos. Atualmente constata-se que os paradigmas adotados e articulados ante a dicotomia homem-natureza que se dá no centro desse processo resultam da criação incessante pelo homem de ambientes cada vez mais artificializados e junto a esse modo artificial de viver, ocorrem desequilíbrios na interface superfície-atmosfera, resultando na formação de um clima específico para o ambiente urbanizado.

Condizem com as alterações dos elementos do clima, como a temperatura, a umidade e a direção dos ventos. Alterações estas que se instalam e podem apresentar sérios desequilíbrios ao ambiente modificado e causar alterações climáticas, podendo acarretar, p.ex., mudanças na distribuição espacial e temporal das chuvas, agravando o problema das enchentes, uma vez que tal situação introduz construções humanas causadoras de transformações na dinâmica da natureza, como já dito.

De acordo com Brandão (2003), o ritmo crescente em intensidade e frequência dos eventos naturais nas diferentes escalas e que se combinam com os desequilíbrios citados, sugere investigar as relações existentes entre os eventos de escala planetária como aqueles de natureza local e microclimática, a exemplo daqueles gerados na escala da cidade. O fato presente reforça a necessidade de compreensão das relações entre clima e sociedade. Silva; Assunção (2004), tratando da questão urbana relativa a fenômenos pluviais fora dos padrões habituais e suas implicações na qualidade de vida da população, advertem para os reflexos das mudanças globais que a urbanização permite extrair, no âmbito local, as marcas mais significativas.

Os eventos climáticos catastróficos registrados neste começo de século XXI evidenciam fragilidades no equilíbrio do clima atual? Brandão (2003) coloca que manifestações atmosféricas registradas em vários países são sintomáticas da fragilidade do planeta, sim. A autora elenca as tempestades excepcionais ocorridas no Norte em países como EUA e França, enquanto no hemisfério Austral as enchentes geram calamidade na América do Sul, Austrália e sul da África.

Os graves problemas gerados nas sociedades pelos fenômenos naturais que se apresentam fora do ritmo habitual, especialmente os de caráter catastrófico, repercutem negativamente na qualidade de vida das populações. No Brasil, os que trazem maior impacto

para as atividades humanas são relacionados às variações de temperaturas, enquanto os episódios pluviais são os mais registrados, posto que suas significâncias e derivação de calamidades envolvam a vida social e econômica da área afetada.

No entendimento de Salati; Lemos (2006) abrange um grande leque de relações entre o homem e a natureza, fundamentalmente, em nível global, as condições atuais do equilíbrio planetário das quais depende o equilíbrio climático atual e da biodiversidade existente.

De maneira consciente ou não, o homem vem alterando a composição da atmosfera geográfica da Terra¹⁵ pelas trocas constantes desta e seus artefatos. E seus avanços tecnológicos produzidos para o conhecimento das forças naturais, ainda não são suficientemente capazes de resguardá-lo dos riscos diante de eventos naturais especialmente, os de natureza climática (BRANDÃO, 2003), como já se discutiu na sessão que tratou de risco.

O clima como evento natural se define, de acordo com (AYOADE, 1998), como um conjunto das condições atmosféricas que continuamente interagem com a superfície terrestre. O conceito clássico adotado por Julius Hann, no final do século XIX, adota o mesmo pensamento, definindo clima como o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera sobre cada lugar da Terra (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Na concepção de Sorre (1951), citado por Tavares; Silva (2008), o clima é definido como o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera acima de um lugar em sua sucessão habitual envolvendo as diversas combinações que evidenciam o caráter do tempo atmosférico.

Resulta, portanto, num dos importantes recursos naturais disponíveis ao homem e foi considerado matéria de interesse comum da humanidade por decisão da ONU em 1989. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) em 1959 definiu o clima como um conjunto flutuante de condições atmosféricas caracterizadas pelos estados e evolução do tempo no curso de um período suficientemente longo, em um domínio espacial determinado.

Entretanto, ao conhecimento geográfico, é importante considerar para além do estado natural do clima, a interação com as situações socioeconômicas evidenciadas pelo desenvolvimento das sociedades em suas diversas atividades. As manifestações climáticas sofrem, naturalmente, variações cíclicas, todavia, no contato com a sociedade permite inferir os diferentes objetos socioespaciais de interesse na investigação geográfica climatológica.

¹⁵ A atmosfera geográfica da Terra se refere à Troposfera, camada onde se processam os eventos climáticos de interesse geográfico.

Amiúde, as situações atmosféricas que os climas exprimem no ambiente só podem ser entendidas se estiverem vinculadas às interações dos processos naturais cambiados com as ações exercidas pelo homem. Assim, as pesquisas que se destinam à análise da vulnerabilidade decorrente de eventos de enchente na cidade estão relacionadas não somente às condições climáticas, mas também ao funcionamento do sistema artificializado pelo homem.

Implica dizer que o complexo mecanismo do clima determinado pelos elementos atmosféricos é afetado e acarreta desequilíbrios ambientais pela transformação do ambiente natural em ambiente construído (ROSS, 2000). O jogo dessa influência ambiental denuncia a origem de fenômenos de natureza urbana como os episódios de enchentes que estão relacionados com a ocupação desordenada dos ambientes ribeirinhos.

Portanto, ao constatar problemas concretos relacionados com eventos pluviais no espaço citadino, é necessária uma análise sistêmica mais acurada da problemática, envolvendo as transformações que o homem faz no meio natural, que têm no clima a expressão da relação entre a sociedade e a organização econômica e social do espaço urbano.

Silva e Assunção (2004) apontam ainda que as transformações decorrentes da ocupação urbana possam ser verificadas na morfologia urbana. A vegetação original, p. ex., dá lugar a edificações, aterros, canalização de canais fluviais que geram degradação e alteram o comportamento dos elementos climáticos referidos neste trabalho.

Zanella (2006) destaca que as mais evidentes transformações que a sociedade estabelece sobre o ambiente natural são aquelas pronunciadas nas cidades. Essa referência se confirma, especialmente, nos centros em que os aglomerados tornam expressiva a relação mantida com o meio e dela resulta elevados graus de impacto gerados pela apropriação indevida que o homem faz dos recursos que a natureza dispõe. Assim, o clima assume relevo no cenário da cidade no tocante à qualidade de vida e do ambiente que o homem habita e dele depende, por conseguinte também é sujeito, pois fenômenos como chuvas, ventos e temperatura ganham importância ao gerar particularidades e ambiências climáticas locais.

Os eventos climáticos combinados aos aspectos ecológicos e urbanos originam uma variedade de efeitos determinantes no tipo de organização do espaço. Os ambientes assim constituídos se tornam, segundo Ayoade (1998), extremamente vulneráveis às condições climáticas. O clima como evento natural diz respeito aos mecanismos atmosféricos, entretanto, ao estabelecer interface com o ambiente urbano adquire características particulares do sítio e das relações mantidas pela sociedade. Assim, as características geológicas e climatológicas somadas à ação humana contribuem para uma maior fragilidade ambiental, acentuam sua vulnerabilidade à ocorrência de eventos climáticos.

A questão urbana implicou em novas relações de uso do espaço causando alterações nos sistemas naturais afetando a dinâmica atmosférica local, ocasionando o surgimento de particularidades climáticas geradoras de um clima urbano devido a essas modificações que se dão na paisagem original pela elevada concentração populacional e outras intencionalidades urbanas.

Com isso há uma ampliação e intensificação dos problemas socioambientais, pois estes estão estritamente relacionados com o crescimento dos espaços urbanos que afetam o equilíbrio natural entre o sistema atmosférico e a superfície terrestre (ROSS, 2000). Sob este parâmetro, o clima urbano pode ser caracterizado como uma alteração do clima local imposto pela materialidade física da cidade decorrente de suas atividades que propiciam alterações nos balanços energético, térmico e hídrico (MONTEIRO, 1976).

O clima no ambiente urbano reproduz os diferentes usos da terra e de ocupação do solo a maneira como a sociedade se comunica com esse espaço e se organiza tanto política como culturalmente. Em razão disso, as questões do clima urbano não devem receber tratamento determinista, afinal os condicionantes climáticos interconectam processos da natureza e verdades sistêmicas, pondera Monteiro.

Nesse sentido, o próprio autor, admite a perspectiva sistêmica, a via mais adequada para tratar do clima urbano como um fato natural (clima local) e um fato social (a cidade), analisado a partir de canais de percepção humana. Sant'Anna Neto (2010), em sua abordagem geográfica do clima, apoiado em França (1945) sugere que tais estudos deveriam adotar a definição de ambiência atmosférica. Assim, o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro no seu estudo intitulado Teoria e Clima Urbano propõe uma inovação metodológica e teorização voltada para o clima urbano condizente com a abordagem sistêmica, cuja operacionalização considera o conteúdo atmosférico das cidades a partir de canais de percepção humana: o conforto térmico, o da qualidade do ar e o do impacto meteórico.

O campo hidrometeórico nesta proposição de Monteiro e, que trata do estudo das precipitações e seus impactos, tais como enchentes e vulnerabilidades derivadas, muito manifestadas nas áreas tropicais. O que, aliás, têm sido ainda pouco explorado ao contrário dos campos termodinâmico e físico-químico, conforme Sistema Clima Urbano, de Monteiro (acima citado). Assim, é no campo menos abordado, o hidrometeórico, que se desenvolve o presente estudo de tese, dirigido às enchentes no rio Poti em Teresina-PI.

A orientação do citado autor concebe a noção de ocorrência de tipos de tempo em sua sucessão habitual, quer dizer, uma adequação rítmica do clima. O referido método trazido ao palco das preocupações da qualidade do meio ambiente exigiu dos geógrafos/climatológicos,

“uma maior participação no equacionamento da problemática, fazendo com que o clima passasse a ser abordado de um ponto de vista mais holístico, ou seja, o ambiente climático” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.19). A rigor, a perspectiva rítmica transcende a abordagem estritamente meteorológica, pois enfoca a interação do clima com as atividades humanas em seu imbricado jogo de retroalimentação. Como salienta Sant’Anna Neto (2001) *apud* Silveira (2007), para se compreender a repercussão dos fenômenos atmosféricos, no caso das enchentes, é imprescindível considerar a dimensão social do espaço atingido.

O tratamento dado pela climatologia dinâmica, que se utiliza da análise rítmica do clima, tem dado valioso suporte metodológico na identificação dos diferentes graus dos impactos dos fenômenos climáticos sobre as paisagens (GIRÃO et al. 2013). Tal perspectiva tem alcançado resultados significativos nesta linha de estudo uma vez que associa a variação dos elementos balizares do clima (temperatura, umidade, pressão, chuva) e dos tipos de tempo que se sucedem consoante aos mecanismos de circulação.

Na análise rítmica focalizam-se as variações ocorridas nos tipos de tempo, ao longo de uma dada série histórica, numa dada área e tem como objetivo conhecer os impactos dos elementos climáticos no espaço correlacionando processos naturais e sociais e suas repercussões exige, ainda, o conhecimento da origem dos fenômenos meteorológicos na identificação espaço-temporal (GIRÃO et al., 2013). Assim, ao considerar os eventos naturais extremos que retorna importantes impactos no ambiente fluvial, o uso do ritmo não se limita somente ao estudo das médias, ressalta, sobretudo, as disritmias. Esta abordagem revela importante forma de estudo aplicada no planejamento e gestão do uso do território e, por conseguinte, na promoção de políticas dirigidas ao bem-estar social (MENDONÇA; MONTEIRO, 2003 *apud* GIRÃO et al. 2013).

As enchentes responsáveis pelas inundações são conduzidas, segundo Ayala e Goudie (2010) referenciado por Girão et al. (2013) pelas condições climatometeorológicas regionais, além deste fator, devem-se destacar aqueles referentes à organização espacial da área de influência da área interfluvial, como: 1) morfometria da rede de drenagem; 2) condições de infiltração e vazão; e 3) vegetação e práticas de uso da terra.

Não obstante o conhecimento da sociedade acerca das trocas de influências entre o clima e as atividades humanas, esta relação toma novos matizes no momento histórico atual. Muitos elementos entram no jogo da tessitura dos diferentes arranjos socioespaciais e socioambientais do espaço geográfico atual, cabendo à ciência e à técnica um papel de destaque na investigação dos processos que resultam no mosaico e palimpsético objeto de estudo da geografia (MENDONÇA, 2010, p. 153).

É prática comum descrever o clima de uma região com base em suas médias anuais ou mensais. Héту (2003) reforça que escondido por trás desses valores existe a verdadeira natureza do clima. E que de fato todo clima é constituído por sucessão de situações meteorológicas de curta duração verificadas em horas ou dias.

Em vista disso, o estudo dos variados elementos e fatores envolvidos nesses processos, desde as precipitações às resultantes processadas no meio geográfico, recai naturalmente no campo da Climatologia Dinâmica ou Geográfica que se ocupa fundamentalmente pela distribuição espacial dos fenômenos climáticos além dos agentes que os produzem. Como as produções climáticas desses fenômenos representam ameaça para a população, a Climatologia e outras áreas (Geologia, Geomorfologia, Meteorologia, Hidrologia e outras) ganha destaque ao assumir relevante papel no tratamento de riscos naturais.

Assim, importante se faz o engajamento mais efetivo dos climatólogos no contributo acadêmico para que se avance no processo decisório de planejamento territorial suficientemente capaz de promover uma geografia coerente com sua identidade socioespacial na orientação social mais justa no campo da prevenção dos desastres e riscos naturais.

Nas regiões tropicais objetivam-se, *a priori*, estabelecer conexão com o projeto global de qualidade ambiental. Ayoade (1998), considerando o clima um componente vital do ambiente tropical, recomenda que este deva ser compreendido e levado a cabo em qualquer programa de desenvolvimento que objetiva elevar o padrão de vida da população e sua qualidade socioambiental. Enfatiza ainda que as áreas tropicais ainda se ressentem pela cobertura precária de dados e do frágil desenvolvimento de modelos locais e de técnicas que possibilitem uma averiguação mais aprofundada do tempo e do clima. Apesar do surgimento dos diversos profissionais nesta área do planejamento urbano, marcando uma tendência entre os anos 1960-1980, ainda não foi suficiente para realizar grandes feitos, pois o agravamento dos problemas socioambientais acelera cada vez mais testemunhando evidências do tratamento falho e excludente (MENDONÇA, 2010).

No assunto em pauta, devem-se explicitar as vulnerabilidades da ação humana nas condições do meio ambiente natural (ecossistemas fluviais) e as vulnerabilidades provocadas pelas mudanças do meio ambiente nas circunstâncias que envolvem a vida do ser humano quando dos eventos de enchente. Na versão de Christofolletti (1997, p.133-134), tais questões permitem discernir determinadas categorias de análise. Dentre elas convém destacar neste estudo:

- a) *Os impactos nas condições climáticas* onde as mudanças das condições climáticas em áreas urbanizadas constituem uma categoria de impacto, considerando tanto os efeitos na temperatura como na precipitação;
- b) *Impactos nas condições hidrológicas* têm relação com a ampliação das áreas urbanizadas devido à construção de áreas impermeabilizadas que repercute na capacidade de infiltração das águas no solo, favorecendo o escoamento superficial, a concentração de enxurradas e a ocorrência de ondas de cheia.

Na primeira recomendação, destaca-se na literatura brasileira, a abordagem pioneira de Monteiro (1976) do clima urbano. A respeito das ilhas de calor surge uma ampla contribuição nos estudos de caso, abordando mudanças climáticas e aqueles que tratam da distribuição espacial e variabilidade da precipitação. Já no segundo item (b), aparece à urbanização como o principal fator, que na opinião do autor altera o funcionamento do ciclo hidrológico interferindo no estoque e trajetórias das águas.

Contudo, existe todo um conjunto de intervenções modificadoras da paisagem no meio urbano. Porém, se existem impactos da urbanização no meio ambiente, também se percebe o condicionamento dos fatores naturais para as atividades humanas, registra o mesmo autor. Ratifica-se na presente discussão a interação bidirecional entre o meio físico e o meio construído que, de modo expressivo participa da organização espacial. Durante as enchentes constata-se com muita clareza a interação exposta dessas trocas nas manifestações do próprio sistema fluvial e no sistema socioeconômico.

Souza (1997) ressalta que a emergente unificação do globo terrestre em um único sistema de serviços, informação e comunicação descortina o desfecho da oposição entre o natural e o construído, perde sentido a visão do natural como espaço não organizado, não delimitado, desprotegido, em contraposição ao civilizado como ambiente precisamente delimitado, controlado, protegido.

Nos limites territoriais das cidades a sociedade não se isenta mais dos perigos da natureza. Os fenômenos naturais que na Antiguidade tinham repercussão pouco prolongada, na atualidade, ganha força e expressão alarmantes que torna dificultosa precisar e até mesmo prever, eliminar ou controlar seus efeitos, pois a natureza não se situa apenas no contorno verde das cidades considerando que as cidades não têm mais fronteiras, elas se expandem indefinidamente alcançando além dos construtos urbanos. A natureza é urbanizada, integrada à cidade para compor o civilizado, propõe Giulio Argan (1992) sendo mencionado por Souza

(1997). A interação assim revelada não implica uma mera comunhão natureza-cidade, mas a pretensão de um projeto que reduz tudo ao urbano e suas práticas.

As práticas urbanas exprimem um projeto insatisfatório de uso e ocupação, tanto para o natural como em relação ao contrato social do lugar. No campo natural, a técnica cria mecanismos de transformação capazes de subordinar os recursos naturais aos interesses de produção e consumo. E no campo social, certas regras e modelos de construção da cidade trazem explícito um projeto arraigado de intenções simultâneas de inclusão e exclusão de certos setores da sociedade, enfatiza Leite (1997). Urge a premente necessidade de definir novos rumos e relações que a sociedade e a natureza guardam entre si, já que ambas determinam e dirigem os destinos da sociedade.

Guiado por esse enfoque, os episódios pluviais, objetos de estudo serão abordados sob dois aspectos teórico-conceituais distintos, porém estritamente relacionados sob a perspectiva geográfica pretendida, os recortes das vulnerabilidades socioambientais focalizadas na dinâmica do clima e eventos pluviais. Mediante esta abordagem, o intuito da pesquisa volta-se para os episódios de enchentes no rio Poti de 1981 a 2010 e suas repercussões no espaço urbano de Teresina-PI.

3.4 Mudança e Variabilidade Climática

Na atualidade, o clima do planeta e suas mudanças são questões largamente discutidas e motivo de preocupação da sociedade. Tavares; Silva (2008) salienta que a identificação dos fatores que influenciam a mudança e variabilidade climática, manifestadas no superaquecimento global e aumento de eventos extremos, bem como o reconhecimento de suas impressões no ambiente tem se configurado num dos maiores desafios da ciência. Nesta discussão, Ayoade (1998) defende que a influência climática é determinante na vida do homem e nas suas atividades, por sua vez, o homem pode de maneira deliberada ou não, influenciar o clima através de suas várias intervenções no meio.

Nas áreas urbanas essas mudanças podem exercer alterações significativas nos volumes e distribuição das chuvas, trazendo sérios problemas ao ambiente urbano relacionado aos impactos procedentes. Entre eles são citados ocorrência de enchentes, inundações e alagamentos (JACOBI, 2004; SANTOS, 2007). Óbvio que conhecer as implicações das mudanças climáticas sobre o meio físico seja de suma importância, mas, mais importante é entendê-las a partir de suas dimensões sociais. Afinal, destacam Alves e Ojima (2008) não se trata apenas de uma questão ecológica, consequências diretas podem ser trazidas ao modo de

vida e aos padrões de consumo da sociedade moderna, condicionando mudanças sociais, políticas e econômicas de extrema importância para o futuro sustentável das cidades.

Em frente a este debate, urge alertar para as ameaças de maior ou menor vulnerabilidade que grupos populacionais e determinados ambientes poderão sofrer, mesmo que os impactos não se apresentem tão degradantes, as respostas, porém podem vir em tempo lento (MENDONÇA, 2010), daí o enfrentamento em tempo devido com possibilidades de frear ações futuras, notadamente no espaço da cidade.

Santos (2007) intervém com outro viés de entendimento e avalia que significativas mudanças no clima local são geradas pelo modo desconexo com que se desenvolvem as áreas urbanas, as intervenções ocorridas tomam um sentido na contramão da capacidade que a natureza tem de absorvê-las. Assim, as mudanças climáticas instalam um conjunto de alterações que convertem os aglomerados urbanos em núcleos cada vez mais vulneráveis sob o ponto de vista das repercussões socioeconômicas e ambientais. Alguns questionamentos se fazem imprescindíveis. Quais seriam as principais pautas contemporâneas de projeções futuras do clima? E que áreas devem constar como prioritárias para as políticas nacionais e internacionais em frente às mudanças climáticas?

Para os desastres naturais relacionados ao clima, há prováveis indícios de que o aumento na magnitude dos eventos climáticos resultam das mudanças climáticas, segundo IPCC¹⁶ (IPCC, 2001 *apud* MARENGO, 2009). O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) declara dados preocupantes. Entre 1980 e 2000, 75% da população total do mundo habitavam em áreas afetadas por algum tipo de desastre natural. E ainda, em 1999 houve mais de 700 grandes desastres naturais, causando mais de US\$ 100 bilhões em perdas econômicas e milhares de vítimas. Estatística importante diz respeito aos mais de 90% dos óbitos decorrentes de desastres naturais em todo o mundo, pois se concentram entre os países pobres. A desproporcionalidade dos impactos das mudanças climáticas, particularmente os riscos relativos ao clima, reside no segmento social mais pobre, nos mais vulneráveis como moradores de favelas, de encostas, de fundos de vale, elenca a UNFPA (2007).

Segundo Franz (2011), a atribuição da mudança climática a forças naturais e atividades humanas têm sido estudadas pelo Grupo de Trabalho 1 do IPCC. Estudos indicam que os grupos particularmente vulneráveis à variabilidade e mudança climática são aqueles que habitam áreas áridas e semiáridas, nas zonas costeiras, nas regiões propensas às enchentes e inundações.

¹⁶ IPCC, em inglês, significa *Intergovernmental Panel on Climate Change*, em português é traduzido como Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima.

Parcela da população de menor renda é quase sempre a mais vulnerável em relação às áreas supracitadas, uma vez que não dispõem de condições de enfrentar os problemas, com isso sofrem com os danos advindos dos desastres. Contudo, apesar da população mais pobre ser mais vulnerável aos danos, todos estão sujeitos aos impactos ambientais, pois é bastante variada a capacidade de adaptação e enfrentamento das pessoas e das sociedades mediante as mudanças climáticas (MENDONÇA, 2004).

No presente, a principal fonte de mudança climática vem da ação humana. Desse feito, os climas podem se manifestar como respostas às mudanças procedentes da intervenção antrópica. De acordo com o IPCC, qualquer mudança climática que ocorra ao longo do tempo em função da variabilidade natural ou como resultado das atividades humanas reflete na mudança do clima (MARENGO, 2009).

A temática é foco de investigação nos estudos de Climatologia afim de que possa ser extraída uma melhor compreensão dos fenômenos examinados, assim é que Mendonça; Danni-Oliveira (2007) recomendam que estas investigações sejam estruturadas com base nos elementos e fatores geográficos do clima, pois da combinação destes são produzidos eventos de precipitação, ventos, nebulosidade, ondas de frio e calor e outros. O funcionamento desta composição exprime os diferentes climas da Terra, ressaltados por Tavares; Silva (2008).

Em decorrência destes fatores, os eventos variam espacial e temporalmente em suas diversas manifestações, cuja combinação em determinado lugar pode desencadear determinado desastre natural, deflagrado por algum elemento do clima, como a chuva (objeto de estudo nesta tese), que contribui para originar as enchentes e inundações.

Contudo, para a apreensão mais firmada sobre os desastres naturais, em especial, as enchentes e sua origem, é necessário abordar a dinâmica dos processos atmosféricos ou meteorológicos, como os principais sistemas produtores dos tipos de tempo e conseqüentemente do clima.

As mudanças climáticas constam dos grandes debates atuais, considerando as incertezas que envolvem os destinos do planeta. Trata-se, no exame de Sant'Anna Neto; Nery (2005, p. 29) de uma das questões mais polêmicas, pois, apesar da evolução técnica, os cientistas ainda não chegaram a uma conclusão definitiva quanto ao papel desempenhado por cada um dos principais fatores responsáveis pelas alterações globais e como eles interferem no clima terrestre.

O fato é que o clima do planeta está em constante e permanente mudança, assim como todos os demais sistemas da natureza, advertem os estudiosos da área. Deve-se, contudo, distinguir as mudanças que se processam em escala geológica de milhares/milhões de anos –

daquelas que ocorrem em período de tempo mais curto e perceptível na escala humana (SOUZA et. al. 2005). Na escala geológica, a Terra sofreu várias modificações em seu clima ao longo da sua evolução ecológica, Salgado-Labouriau (1994) afirma que o clima e outras esferas ambientais mudaram muitas vezes na história do planeta. Estas condições básicas foram sendo modificadas de acordo com os parâmetros orbitais, as proporções físicas e químicas da atmosfera e a quantidade de energia solar que chega a Terra, explica a autora, que ainda acrescenta que qualquer mudança significativa do clima está relacionada com a variação nesse amplo sistema climático global.

Quanto à variabilidade do clima, muitas questões permanecem nas lacunas das respostas conclusivas. Portanto, hipóteses estão à mercê de estudos mais aprofundados. O importante é que fatores astronômicos somados à intervenção humana no ambiente natural exercem pronunciada importância a esse respeito, adverte Souza et. al (2005).

No tempo hodierno é comum a veiculação de notícias e publicação de dados oficiais sobre as mais diferentes manifestações do clima no globo, desde severas estiagens a catástrofes relacionadas a escorregamentos e enchentes. Todas essas evidências climáticas têm relação com mudanças naturais do clima? Em que medida as intervenções antrópicas podem contribuir para acelerar a ocorrência e extensão desses fenômenos?

No plano escalar (do global ao local), a mudança do clima pode ser identificada no comportamento dos seus elementos: precipitação, ventos, umidade e pressão e interações verificadas na interface atmosfera/superfície terrestre. A gênese das alterações climáticas em razão da oscilação dos elementos do clima citados oferece um alto grau de complexidade e, dessa forma, a verificação a partir de dados temporais tem se verificado insuficiente, pois opina Valio (2010), que é muito difícil nesse complexo de retroalimentação permanente, separar os processos climáticos naturais daqueles oriundos das produções antropogênicas. Conti; Furlan (2000) reitera que os efeitos da ação do homem se manifestam fortemente no contexto das alterações climáticas.

Obedecendo a uma estrutura temporal como elemento balizar das estatísticas climáticas, qual a distinção que é feita entre variabilidade e mudança climática? A variabilidade climática segundo o IPCC consiste nas flutuações do estado médio dos elementos climáticos em todas as escalas espaciais e temporais, além daquelas individuais relativas aos eventos climáticos. Pode ser associada a processos internos induzidas de origem antrópica como discutem Barry; Chorley (2013) (Tabela 1).

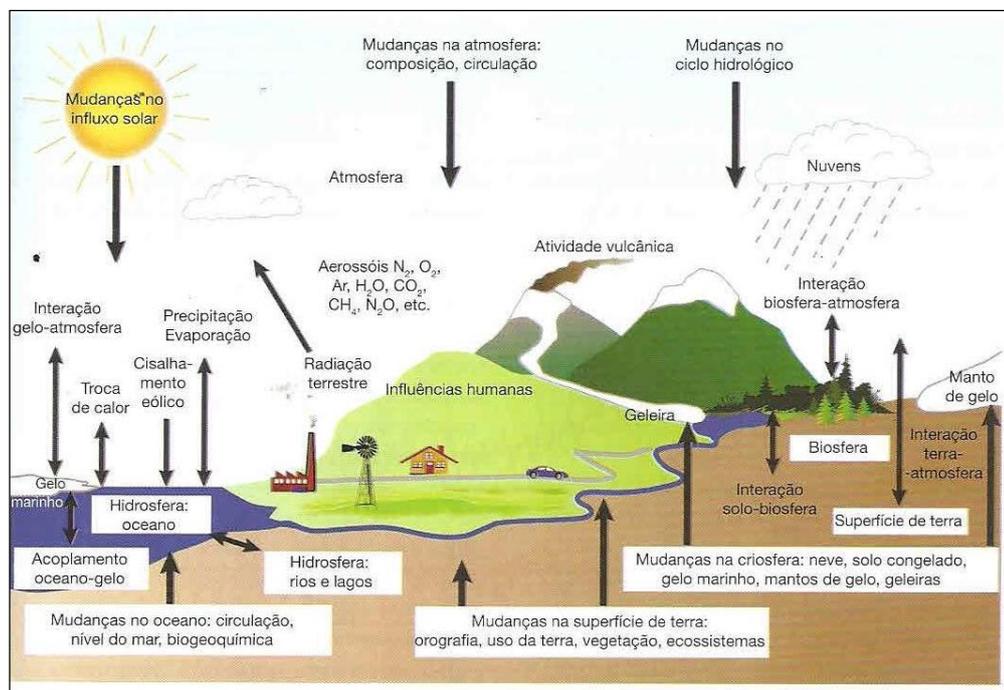
Tabela 1 – Categorias de variáveis climáticas sujeitas a mudanças induzidas de origem antrópica

Variável modificada	Escala do efeito	Fontes de mudança
Temperatura atmosférica	Local-global	Liberção de aerossóis e gases-traço
Propriedade superficiais; balanças de energia	Regional	Desmatamento; desertificação; urbanização
Regime eólico	Local-regional	Desmatamento; urbanização
Componentes do ciclo hidrológico e urbanização	Local-regional	Desmatamento; desertificação; irrigação

Fonte: Barry; Chorley, 2013.

A United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (BARRY; CHORLEY, 2013 p.430) conceitua mudança climática como uma alteração no clima atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que modifica a composição da atmosfera e que se soma à variabilidade natural observada ao longo de escalas temporais comparáveis, conforme sintetizado na Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Categorias de mudança e alteração climáticas atribuídas à atividade humana



Fonte: Barry; Chorley, 2013.

À luz das evidências e possibilidades de mudanças climáticas na Terra, a Organização Meteorológica Mundial (OMM), instituiu um grupo de especialistas para investigar as mudanças que ocorrem e os prejuízos para a humanidade. No texto do Relatório constituído

aparece, dentre as conclusões que os cientistas aventaram a hipótese de que as mudanças climáticas que ocorrem ou ocorrerão no futuro podem ser devidas às atividades humanas. Isto realmente é fato comprovado nas resultantes em escala local, seja nas manifestações de desastrosas secas seja pelos valores pluviométricos extremos registrados que tanto assolam sociedades nas mais diversas partes do mundo. Disso resulta a necessidade de pesquisas para lograr melhor compreensão das interações que criam mecanismos de realimentação capazes de provocar efeitos climáticos e mudanças do meio ambiente.

Os modelos globais de clima do Quarto Relatório do IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) projetam para o futuro, ainda com algum grau de incerteza, possíveis mudanças em extremos climáticos, como ondas de calor, chuvas intensas e enchentes, secas e mais intensas e/ou frequentes furações e ciclones tropicais e extratropicais. Esses fenômenos são atribuídos a fatores como: variabilidade natural do clima, mudanças no uso da terra (desmatamento e urbanização), aquecimento global, aumento da concentração de gases estufa e aerossóis na atmosfera (CAVALCANTI, 2009). Portanto, uma maior atenção tem sido dada a esses eventos que combinam forças naturais e efeitos antropogênicos, como se observam nas categorias e mudanças climáticas esquematizadas em Barry; Chorley.

Nas discussões firmadas sobre as mudanças climáticas globais divulgadas em relatórios do IPCC, Marengo (2009) destaca que, para o caso brasileiro, a variabilidade climática, de modo geral, está relacionada ao comportamento da precipitação e da temperatura nos seus diversos ambientes naturais e/ou regionais. Em qualquer região do globo terrestre estes dois elementos são indicadores básicos de qualquer mudança do clima e, no caso considerado do cenário brasileiro, há que se considerar seu mosaico geográfico marcado por uma diversidade de paisagens que o torna um território com elevado nível de complexidade ambiental e que deve ser tomado com rigor em qualquer questão a ser tratada.

Ainda no sumário das avaliações observacionais e nas projeções climáticas contidas em resumo do citado Relatório, há dentre outras evidências que o aquecimento global foi agravado pela poluição humana, numa escala sem precedentes, pelo menos nos últimos 20 mil anos e que existem amplas evidências de aquecimento antropogênico do sistema climático. Aponta, porém que o Brasil é vulnerável às mudanças climáticas atuais e, mais ainda, às que se projetam para o futuro, especialmente quanto aos extremos climáticos. Os estudos destacam que as áreas mais vulneráveis englobam a Amazônia e o Nordeste do Brasil.

Os impactos das mudanças climáticas no Brasil, especialmente aqueles relativos à ocorrência de eventos de chuvas comprometem consideravelmente os sistemas físicos assim

como a sociedade. Tais impactos estão diretamente relacionados com a extensão da área afetada e das peculiaridades de intervenção, em que aqueles mais abordados são as mudanças de temperatura e precipitações nas regiões do Brasil, citados no Relatório do IPCC.

No resumo das conclusões sobre a análise dos cenários climáticos gerados pelos modelos globais e regionais e as projeções de clima para até final do século XXI, aparecem os principais aspectos dos possíveis impactos da mudança climática no Brasil. O aquecimento global seria o principal fator pelos índices aumentados de chuva e temperatura em algumas regiões e, em outras, diminuídos. Conclui ainda que com a mudança ou não dos padrões anuais de chuva, os eventos pluviais isolados serão mais violentos e os temporais mais frequentes. As provas científicas demonstram que as mudanças climáticas exigem respostas urgentes das instâncias governamentais em nível global e regional, pois só assim haverá um enfrentamento mais resistente a essas mudanças.

Incita aos geógrafos abordar a evolução e tendências climáticas que são antes de tudo reflexos que se dão geograficamente diferenciadas e, conceber os impactos dos riscos climáticos na sua heterogeneidade espacial e de igual maneira as vulnerabilidades em face de tais riscos. Ou seja, discernir de maneira objetiva que cada lugar e cada sociedade compreendem riscos e vulnerabilidades desiguais.

Esta reflexão de Mendonça demanda aos interessados da Geografia particularizar os riscos naturais como respostas diferenciadas de cada lugar da superfície da Terra, seja pelo fator climático, sejam pelo perfil socioeconômico. Ademais, exige a compreensão do estreito elo sociedade/clima determinante do cotidiano e, facilitador de estratégias perante os estados habituais e extremos climáticos particularizados.

No momento atual, as mudanças climáticas induzem aos debates em volta das inovações, o que parece mais racional compreendê-las, além disso, que a ocorrência dos extremos climáticos atinge com mais intensidade as áreas e habitantes urbanos, aí se concentram os riscos e vulnerabilidades. No Brasil grandes centros urbanos como as cidades do Rio de Janeiro, Salvador, São Paulo, Recife dentre várias, confirmam esta preocupação que cresce a cada momento, donde se entende que as mudanças climáticas intensificam o caos urbano e incorporam situação de risco e vulnerabilidade (MENDONÇA, 2010).

Conforme se teceu considerações no decorrer desta pauta, os riscos e vulnerabilidades e sua criticidade consorciada às mudanças climáticas, constituem um vasto panorama arraigado de forte complexidade. Trata dos condicionantes climáticos que determinam a qualidade de vida, sobretudo da população residente nos centros urbanos. Nesse sentido, entende-se que os

avanços tecnológicos agregam forças para os agravos e riscos presentes e pouco tem instrumentalizado a almejada sustentabilidade.

Nesse sentido, uma das mais importantes contribuições dadas pelos estudos no século XX rumo à sustentabilidade, foi o reconhecimento da existência do sistema climático global¹⁷. O sistema climático formado sempre foi e sempre será regulado pela variabilidade em diversas escalas temporais e espaciais, pressupõem (BARRY; CHORLEY, 2013). Entretanto, uma nova dimensão foi acrescida no sistema com a presença dos seres humanos. São evidências que se confirmam mediante os avassaladores impactos humanos sobre o clima global no romper do período recente.

3.5 Dinâmica Climática Regional no Ambiente Tropical

Não existe um lugar na Terra que tenha o clima igual ao outro. Entretanto, é possível identificar padrões gerais pelo uso dos principais elementos climáticos (SALGADO-LABOURIAU, 1994 p. 225). Elementos como a radiação, a circulação atmosférica e a umidade são determinantes na definição de padrões climáticos, todavia elementos que se encontram com eles interligados como a chuva, a nebulosidade e a pressão desempenham papéis importantes no seu funcionamento, e que não podem de maneira alguma ser desconsiderados.

A citada autora chama atenção à ênfase que tem sido dada quanto ao conhecimento climático, aos elementos temperatura, precipitação e circulação atmosférica pelos atributos e situações desencadeadas pela ação destes no sistema superfície/atmosfera. Com isso, o conhecimento do clima, seja global ou local, torna-se complexo.

Focado nas recomendações supracitadas, um arcabouço climático da região Nordeste a seguir descrito com ênfase no espaço piauiense, e a partir do clima tropical brasileiro, intenciona sustentar a construção das especificidades climáticas de Teresina, cujo espaço reúne os aspectos socioambientais refletidos no caráter principal deste estudo – as vulnerabilidades repercutidas pelas enchentes do rio Poti no espaço urbano de Teresina-PI.

¹⁷ O sistema climático envolve não apenas os elementos atmosféricos, como os cinco principais subsistemas: a atmosfera (o mais instável e com mudanças mais rápidas); o oceano (muito lento em termos de sua inércia térmica e, portanto, importante para regular as variações atmosféricas); a neve e a cobertura de gelo (criosfera); e a superfície da terra, com sua cobertura vegetal (a litosfera e a biosfera). Constituem-se processos físicos, químicos e biológicos ocorrentes nesses subsistemas complexos e entre eles, Barry; Chorley (2013) prossegue em *Atmosfera, Tempo e Clima*, 2013.

O território brasileiro ocupa uma extensão desde a latitude de 5° Norte até de 34° Sul, e de 35° de longitude Leste até aproximadamente 72° Oeste. Desta posição originam-se variados climas regionais que se distribuem espacialmente, de modo a produzir diferentes regimes termopluviométricos, predominantemente tropicais, assegurando ao país um nível de complexidade climática a ser considerado.

O clima tropical, predominante no Brasil, é característico das regiões de latitudes que vão de 5° a 20°S, correspondentes à porção central da região Nordeste ao Centro-Oeste e ao interior da região Sudeste. Identificam-se com base no regime de chuvas, nesse tipo climático, duas estações bem definidas – a seca e a chuvosa. Nas latitudes baixas, no caso de Teresina (PI), é notável a alternância das estações, uma vez que cerca de 80% das chuvas precipitam-se em quatro meses (janeiro a abril), podendo se estender até meados de maio. Após este período, as chuvas são escassas e as temperaturas sobem significativamente, tornando o clima bastante quente (superior a 28°C, em média) e seco (TERESINA, 2011; GEOBRASIL, 2002).

O clima tropical salienta, principalmente, as características convectivas intensas, com fluxos de calor, ciclones tropicais (furacões e tufões) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), cujo eixo representa a linha que separa os ventos alísios de sudeste e nordeste dos hemisférios Norte e Sul. A imensa instabilidade das massas de ar tropicais significa que mesmo uma leve convergência nos ventos alísios dá vazão a ondas atmosféricas no sentido oeste com padrões climáticos característicos. Torna-se essa faixa climática de especial interesse geográfico, pois 50% da superfície do planeta se situa entre as latitudes de 30°N e 30°S, e mais de 75% da população planetária habita terras com climas tropicais. Confere, sobretudo, às variações espaciais e temporais dadas a significância na determinação do clima (BARRY; CHORLEY, 2013).

No entendimento de Mendonça; Danni-Oliveira (2007) a configuração climática brasileira refletida na sua tropicalidade resulta, primordialmente, da intensa radiação solar particularizada pelas elevadas temperaturas e ocorrência de chuvas características de clima quente e úmido. Torres; Machado (2011) destaca que a atuação de diversos fatores climáticos exerce influência determinante nessa caracterização mediante os atributos que se diferenciam de um lugar para outro.

Assim, em determinadas áreas ocorrem chuvas durante todo o ano e outras registram longos períodos secos. É possível notar em meio a essa situação de tropicalidade, variações espaciais e temporais, apontadas por Barry; Chorley (2013) condicionadas pela alternância de

massas de ar úmida e seca, refletidas na irregularidade de chuvas¹⁸ que se encontra sujeitas ao funcionamento bastante diferenciado se for comparado de um ano para outro. Disto resulta que as precipitações a cada ano se afastam do estado de regularidade, apresentando totais bem distintos dos normais. Deste traço de relevante irregularidade pluviométrica derivam os indicativos dos procedentes desvios que afetam o espaço tomado no cenário pluviométrico/climático/geográfica.

O espaço brasileiro é controlado tanto por massas de ar tropicais e equatoriais quanto por massas polares; são cinco grupos de massas e dois grandes sistemas perturbados que atuam em seu território, configurando os climas regionais. Mendonça; Danni-Oliveira (2007, p 139) agrupam os centros de ação, responsáveis pelos mecanismos controladores dos tipos de tempo e definidores dos climas brasileiros, no seguinte entendimento:

- Na porção N do Brasil, nas proximidades da linha do equador, atua o anticiclone dos Açores no HN e o anticiclone do Atlântico no HS produtores das MEAN, associados aos alísios de NE e MEAS, associadas aos alísios de SE. Na altura da planície amazônica, forma-se um centro de ação produtor de MEC que, combinada com as duas massas mencionadas, favorece condições de umidade e de calor à atmosfera regional. A Convergência Intertropical (CIT) se destaca pela atuação e definição da dinâmica atmosférica da porção N e de parte do NE do Brasil;
- Na altura dos 30° de latitude sul, encontram-se os centros de ação tropicais – anticiclone do Atlântico e depressão do Chaco. Nessa área, especificamente no centro-sul, leste sul, as duas massas de ar dali resultantes, MTA e a MTC, reforçam as características das elevadas temperaturas na estação do verão.
- O anticiclone migratório polar originado das regiões de baixas pressões da zona subpolar do Pacífico Sul, atua nos climas do Brasil através da MPA e no controle desta dos processos frontogênicos da FPA, importante fator de controle dos climas na porção centro-sul e participa ainda no controle dos climas da porção centro-norte-nordeste. Além disso, a FPA exerce influência considerável no dinamismo das chuvas e da circulação atmosférica dessas áreas.

¹⁸ A irregularidade de chuvas nos trópicos condiz com a variabilidade climática, aspecto relevante para que se obtenha o conhecimento climático e para se compreender os diversos problemas que afligem a sociedade e que são explicados pela variabilidade pluviométrica. São perceptíveis as consequências sociais e ambientais trazidas pelas chuvas resultantes da irregularidade nos trópicos, sobretudo, no ambiente urbano onde são contundentes os transtornos em decorrência das enchentes deflagradas pelos eventos de precipitação.

De acordo com Valio (2010), o comportamento climático do Nordeste é exercido segundo influência de sistemas atmosféricos que ditam ritmos sobre o tempo e o clima e, determinam os mecanismos de precipitação citados em CEPED (2012). Englobam: ZCIT (Zona de Convergência Inter-Tropical), FF (Frente Fria), VCAN (Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis), LI (linha de Instabilidades), CCMs (Complexos Convectivos de Mesoescala), Brisas Marítimas e Terrestres e as Ondas de Leste.

A ZCIT – Zona de Convergência Intertropical exerce papel fundamental na definição da dinâmica atmosférica da porção Norte e de parte do Nordeste do Brasil. A formação de situações de calma associadas aos processos de convecção marcam o entorno do Equador com expressiva nebulosidade e pluviosidade que são favorecidas em toda a área pela posição latitudinal, daí uma faixa genericamente quente. Pelas suas características climáticas este é considerado o sistema que exerce maior influência na geração de chuvas sobre a região equatorial dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, assim como sobre áreas continentais adjacentes. (CAVALCANTI, et.al. 2009).

A migração sazonal da ZCIT sobre a região do Atlântico Equatorial traz consideráveis alterações climáticas pela sua posição. Esse deslocamento associado a outros fatores causa fortalecimento ou enfraquecimento dos alísios e tem papel essencial na determinação da estação chuvosa no norte da região Nordeste. Nos anos chuvosos, a ZCIT pode atingir até 5° latitude S, propiciando elevados totais de precipitação nas áreas abrangidas.

As Frentes Frias são outros sistemas atmosféricos fundamentais para a formação das principais características do clima nordestino. Para Ferreira; Melo (2005), as Frentes são tidas como um dos principais sistemas causadores de chuva no nordeste brasileiro. Somadas a estes sistemas, as LI – Linhas de Instabilidades definem-se como porções dianteiras de distúrbios em mesoescala. A origem deste sistema ocasiona chuvas nos ambientes tropicais, relacionadas com a grande quantidade de radiação solar incidente na área, contribuindo para a formação de nuvens do tipo *cumulus*.

A apresentação descritiva dos sistemas atmosféricos que atuam no nordeste brasileiro é fundamental para corroborar na construção de conhecimentos sobre a dinâmica atmosférica, a influência nos climas do Estado do Piauí e as possíveis causas de eventos de enchentes, por exemplo, no espaço urbano de Teresina.

A região nordestina, do ponto de vista climático, está associada a temperaturas elevadas o ano todo, com amplitudes máximas em torno de 6°C. Entretanto, a relativa homogeneidade térmica contrasta-se com a grande variabilidade espacial e temporal das chuvas. Basta comparar

os valores de precipitação para constatar que tais disparidades no litoral ultrapassam 1.600mm anuais, enquanto no interior não alcança 400 mm em determinadas áreas. Em razão disso, o Nordeste é considerado região anômala, com alternância de anos chuvosos com inundações calamitosas seguidos de estiagens catastróficas (VIANELLO; ALVES, 2000).

No Atlas Brasileiro de Desastres Naturais publicado pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres (CEPED, 2012) da Universidade Federal de Santa Catarina, confere-se a marcante variabilidade espacial e temporal de precipitações, encontrada no nordeste brasileiro estabelece três tipos de clima: clima litorâneo úmido (do litoral da Bahia ao Rio Grande do Norte), com precipitação anual de 2.000 mm; clima tropical (em parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí), com precipitação anual entre 1.000 e 1.200 mm; e clima tropical semiárido (em todo o sertão nordestino), com precipitação anual inferior a 500 mm. A distribuição das chuvas resulta em características climáticas severas na região tanto por estiagens quanto por precipitações intensas como se referem Vianello e Alves.

As evidências de tais anomalias são intensamente pesquisadas, todavia não existem ainda resultados definitivos. São inúmeros os mecanismos que atuam na região e concorrem isolados ou conjuntamente entre si: Circulações de Hadley-Walker, Zona de Convergência Intertropical, penetração de Sistemas Frontais, anomalias térmicas dos oceanos Atlântico e Pacífico, mecanismos de brisas marítimas e terrestres e linhas de instabilidades.

Esses fenômenos devem ser estudados mais detalhadamente, a fim de que se conheçam melhor as causas das anomalias climáticas nordestinas, o que resulta em grande desafio para os pesquisadores, considerando o parco registro de dados, aspecto anteriormente apontado, sobretudo a organização climática que impõe e dita às condições de tempo e clima deste espaço geográfico. A base teórica descritiva do comportamento de cada um dos sistemas que influenciam os climas do nordeste brasileiro sustenta-se em vários trabalhos de estudiosos de climatologia, e em muitos outros de meteorologia.

Para alcançar uma melhor compreensão dos diferentes climas do Nordeste brasileiro e visando uma identificação mais precisa da dinâmica climática para posterior análise local, o geógrafo envolvido nessa tarefa, defronta-se, de maneira permanente, com desafios teórico-metodológicos para alcançar esse fim. Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p.83) esclarecem que,

Para o conhecimento do clima de uma determinada área, faz-se necessária a identificação dos controles climáticos a que ela está submetida, pois um clima particular (escala local e/ou microclimática, dada via circulação terciária) é definido por aspectos de primeira grandeza (escala zonal, macroclimática dada via circulação primária) e de segunda grandeza (escala regional, mesoclimática, via circulação secundária).

Contudo, deve-se ressaltar que, na opinião dos mesmos autores, essa hierarquia deve ser obedecida em todo e qualquer estudo do clima, independentemente da unidade climática estudada.

Na concepção de Silveira e Sartori (2010), a circulação atmosférica regional constitui fator indispensável na definição da sucessão habitual dos tipos de tempo ou dos seus distúrbios de comportamento. Nesta perspectiva, ao se abordarem fenômenos climáticos em escala local não se pode refutar as estreitas relações deste com o ambiente regional no qual se integra, pois o sistema climático se define pelas interações dos sistemas em ambas as escalas. A articulação com a dinâmica regional estabelece a gênese e permanência dos estados atmosféricos na escala local, enfim, as manifestações locais são a sucessão habitual dos sistemas atmosféricos que se configuram numa escala regional.

Os sistemas de circulação que influenciam o Nordeste, fonte de orientação hierárquica dos estudos sobre clima são: Sistema de Correntes Perturbadas do Sul; Sistema de Correntes Perturbadas do Norte; Sistema de Correntes Perturbadas do Leste e Sistema de Correntes Perturbadas de Oeste (GEOBRASIL, 2002). Destes, atuam no Piauí com mais força:

- Sistema de Correntes Perturbadas do Norte, representado pela CIT, tem atuação mais importante durante o verão e principalmente do outono, ocasião em que alcança sua posição mais meridional;
- Sistema de Correntes Perturbadas de Oeste, trazidas pelas linhas de Instabilidade Tropical (IT), frequentemente penetram a Bahia e o Piauí.

A diversidade climática do Nordeste é atribuída à atuação de variados mecanismos físicos que interagem e são responsáveis pela distribuição das chuvas da área. Fundamentalmente, estas precipitações são controladas pela ZCIT, massa de ar equatorial continental (Ec), massa tropical marítima (Tm) e anticiclone migratório polar e, frequentemente, ocorrem a presença das chamadas linhas de instabilidade tropicais (IT) – alongadas depressões que se movem de noroeste para sudeste, na vanguarda da frente polar atlântica (FPA), importante causadora de tempestades e turbulências (CONTI; FURLAN, 2009, p. 104).

As chuvas de verão-outono produzidas tanto no NE quanto no Piauí correspondente aos climas Aw' e Bshw', ambos megatérmicos são resultado dos mecanismos da ZCIT. As diversificações sub-regionais das chuvas segundo este no Nordeste definem “precipitações decrescentes de oeste para leste” registram 615 mm em Areia Branca no Rio Grande do Norte, após “[...] remontar o Parnaíba, somando-se às chuvas de verão até Teresina com 1.391 mm.

Essas chuvas de verão-outono introduzidas pelo alastramento desse sistema “recobrem todo o Maranhão e todo o Piauí” e dependem da maior ou menor eficácia dos alísios, ou seja, da maior ou menor retração desta corrente de ar (SOUZA et. al, 2005).

O nordeste brasileiro constitui-se finalmente condição de tropicalidade do Brasil refletida pelo comportamento das temperaturas, do regime de chuvas, da circulação atmosférica (controlada pela ZCIT), pela riqueza da cobertura vegetal e ainda pelos regimes fluviais que se definem pelo comportamento da precipitação. O comportamento da precipitação indicativo dos mecanismos do ambiente tropical se reflete, por exemplo, nos regimes fluviais que se verificam nos canais fluviais em todas as regiões do espaço brasileiro.

O Piauí, do ponto de vista climático, tem características fisiográficas tipicamente de zona de transição, uma vez que seu território encontra-se localizado em áreas do Nordeste Setentrional, Nordeste Meridional, Centro-Oeste e do Meio-Norte. Apresenta um regime pluviométrico altamente heterogêneo com três tipos de clima bem definidos: o Tropical úmido, ao norte do Estado, particularmente no litoral; o Tropical na zona centro-oeste; e o Semiárido, ao sul e sudeste. Predominam, na região, as temperaturas com médias elevadas, com mínimas em torno de 23° e as máximas 33° (CEPED, 2012).

De acordo com Kayano; Andreoli (2009) no Estado predomina o clima tropical (no litoral e às margens do rio Parnaíba, as médias dos acumulados pluviométricos variam entre 1.000 e 1.600 mm. O período chuvoso, que abrange o verão e especialmente o outono, corresponde aos meses de dezembro a maio, e o período mais seco abrange de junho a novembro, compreende os meses de inverno e primavera com chuvas muito reduzidas e deficiências hídricas em grande extensão territorial do Estado. De modo geral, a variabilidade interanual na distribuição de chuva é marcante e concorrem para secas severas como para precipitações intensas.

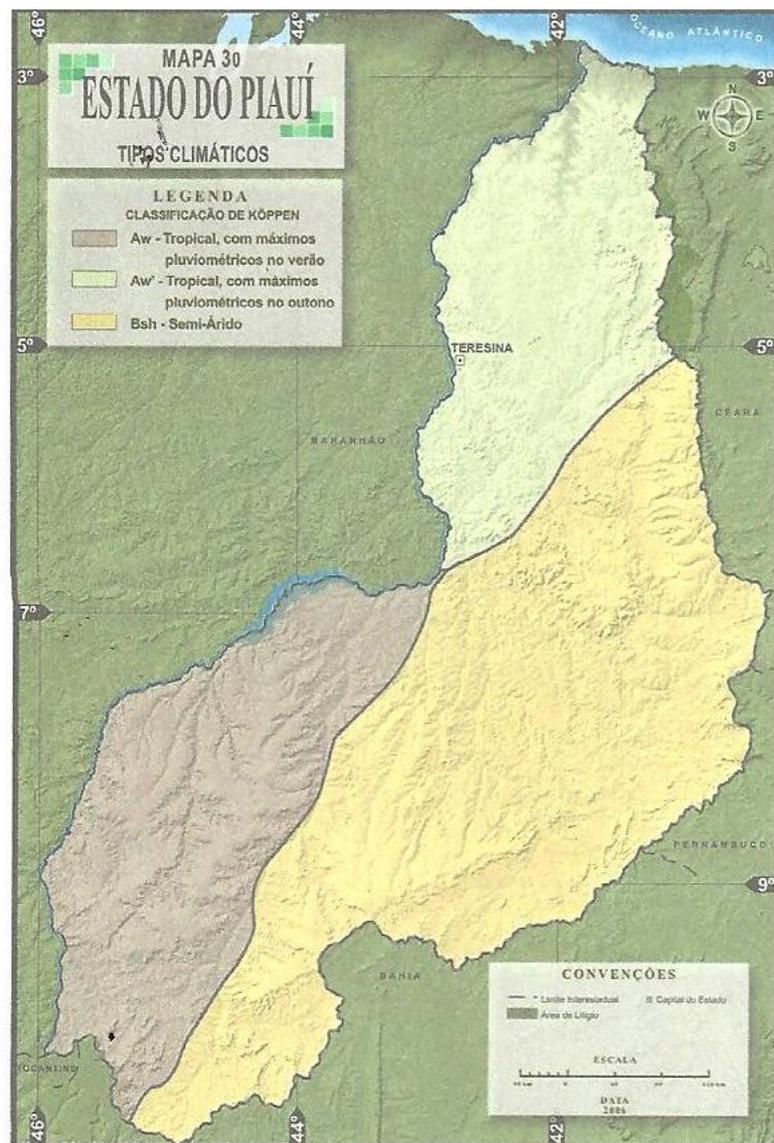
Nos domínios climáticos que caracterizam o Nordeste do Brasil o Piauí enquadra-se no clima Megatérmico (FUNDAÇÃO CEPRO, 1990). A sua posição em baixa latitude favorece constante convergência de massas de ar que definem seus climas. Salienta-se, todavia que a latitude aparece como principal elemento gerador da diferenciação de temperatura e umidade da área. Porém, são os fatores dinâmicos, massas de ar e linhas de instabilidades, os principais responsáveis pelos estados do tempo que definem os climas na área. Segundo critérios de Köppen, o Estado do Piauí apresenta os tipos climáticos (Figura 6).

- **Aw'** – quente e úmido com chuvas de verão/outono, que ocorrem no norte do Estado, como resultado dos deslocamentos sazonais da Convergência Intertropical (CIT), sob a forma de massa de ar convectiva. A estação chuvosa dessa região estende-se de janeiro

a maio, sendo o trimestre fevereiro/março/abril o mais chuvoso e, agosto/setembro/outubro, o mais seco, Teresina se insere nesta classificação;

- **Aw** – quente e úmido, com chuvas de verão, que atingem o centro-sul e sudoeste do Estado. As chuvas no Estado são determinadas pela massa Equatorial continental (mEc) que atua no verão responsável pela ocorrência de precipitações em forma de aguaceiros. O período chuvoso dá-se de novembro a março e as precipitações variam de 1.000 mm e 1.400 mm;
- **Bsh** – semiárido caracterizado por curto período chuvoso no verão, resultado da diminuição das precipitações da massa de ar Equatorial continental (Ec) de oeste para leste. As precipitações variam de 400 mm a 1.000 mm.

Figura 6 – Mapa dos Tipos Climáticos do Piauí



Fonte: Medeiros, 2004.

A pluviosidade total anual no espaço piauiense demonstra uma distribuição espacial bastante diversificada, variando entre 600 e 1600 mm. Não obstante esta particularidade, outra característica intimamente relativa a essa distribuição reflete a tendência geral de decréscimo de chuvas de noroeste para sudeste. Esta propriedade se dá pela disposição longitudinal da umidade, que pode ser averiguada em mapa temático no Atlas do Estado do Piauí (FUNDAÇÃO CEPRO, 1990), cujos valores decrescem da região mais úmida a oeste no limite com o Maranhão, para o leste, com os Estados do Ceará, Pernambuco e Bahia.

O norte do Piauí, onde se situa o município de Teresina, registra totais anuais de chuva superiores à maior parte do Estado que não alcança 1000 mm. A altura pluviométrica do Norte reflete a maior atuação dos sistemas de circulação geradores de precipitação nestas áreas.

Quanto às principais características dos parâmetros analisados pela Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMAR (PIAUI, 2010) para o Piauí, que influem nos processos dinâmicos dos fenômenos climáticos pesquisados, destacam-se:

- Temperaturas – As temperaturas médias anuais no Estado variam entre 26,5°C e 27,5°C. No norte e sul, em torno de 26,5°C, na parte central, 27,5°C. As máximas ocorrem em Picos 33,6°C e, em Parnaíba 31,4°C. As mínimas variam de 20,6°C em Bom Jesus a 23,0°C em Parnaíba. A amplitude entre as médias das máximas e das mínimas é de 13°C.
- Precipitação – As precipitações na porção norte de Estado são em média de 1.400 mm. No semi-árido piauiense não passam de 800 mm/ano e na porção centro-sul ficam em torno de 1.100 mm por ano. Nas áreas mais secas do semi-árido piauiense, no período não chuvoso, podem ocorrer déficits superiores a 500 mm no mês mais crítico, setembro.
- Nebulosidade – A nebulosidade máxima ocorre nos meses de dezembro a abril. A menor nebulosidade verifica-se em agosto, sendo sua média anual variável de 3,3 a 6,1 décima parte do céu encoberta.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) identificam nos grandes tipos climáticos brasileiros diferentes subtipos, dentre estes parte da região Nordeste encontra-se inserida no subtipo climático tropical-equatorial onde se inclui o território piauiense. Em sua abrangência, predominam características do domínio climático quente com seis meses secos no qual há variações úmidas e semi-úmidas.

O complexo cenário da região Nordeste do Brasil traduzido em sua climatologia decorre fundamentalmente de sua posição geográfica em relação aos diversos sistemas de circulação atmosférica, refletida na variabilidade quando se refere excepcionalmente ao aspecto da pluviosidade. As condições climáticas da Região resultam da influência de sistemas de circulação que agem sobre a mesma e estabelecem uma interação com os sistemas zonais e às regionais de circulação atmosférica.

Segundo Nimer (1989) no decorrer do ano, nas regiões tropicais do Brasil, sopram ventos de E oriundos das altas pressões subtropicais mantidas pelo anticiclone semifixo do Atlântico Sul. Esse sistema refere-se à massa de ar caracterizada por temperaturas relativamente elevadas, fornecidas pela intensa radiação solar e terrestre das latitudes tropicais e pela forte umidade específica da intensa evaporação marítima.

A estabilidade do tempo alimentada pelo anticiclone citado é quebrada com a chegada de correntes perturbadas que são responsáveis pelas chuvas no Nordeste, abrangendo quatro sistemas de circulação: correntes perturbadas de sul; de norte; de este e de oeste. Da posição de tais sistemas advêm todas as características do regime de chuvas da região.

No seio de uma linha de instabilidade (IT) o ar em convergência acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas. Tais fenômenos são comuns no interior do Brasil, especialmente no verão. Sua origem parece está ligada ao movimento ondulatório que se verifica na *frente polar atlântica* (FPA) ao contato com a zona tropical [...] (NIMER, 1989, p.49).

O espaço de Teresina, situado a oeste da região Nordeste e ao sul do equador geográfico, está sujeito às chuvas de instabilidade de oeste e da influência de norte da CIT, onde as isoietas anuais variam de 1250 a 1500 mm. A marcha estacional de precipitação compreende as características identificadas entre os paralelos de 5°S a 9°S, que se assemelham, de certa forma, mais ao regime verificado na zona equatorial do Continente Sul-Americano, onde o máximo do outono diz respeito à posição média mais meridional da ZCIT.

Com efeito, as áreas do Piauí e mais especificamente a de Teresina, ao se encontrar fora da área de influência marítima e pela determinante instabilidade das correntes perturbadas apresenta o regime das chuvas que se configura por uma grande concentração que não supera mais de três meses consecutivo (FUNDAÇÃO CEPRO, 1990). Na Figura 7 pode ser observado que, no setor setentrional do Piauí, o período de ocorrência expressiva das chuvas corresponde a janeiro-fevereiro-março-abril. Portanto, aí a estação chuvosa inicia-se em fins do verão e se torna importante no outono, surtindo fortes efeitos pluviométricos na cidade em estudo.

Figura 7 – Mapa do período de ocorrência das Chuvas do Piauí



Fonte: Medeiros, 2004.

Não obstante a diversidade de climas da região Nordeste o que bem caracteriza a região de Teresina diz respeito à presença de condicionantes climáticos que advêm da sua geografia vinculada aos sistemas de circulação em mesoescala atuantes.

4 GEOGRAFIA E CONDICIONANTES CLIMÁTICOS DA ÁREA DE ESTUDO

De maneira geral Teresina, espaço urbano em crescimento, salienta uma centralidade econômica, sobretudo nas áreas da saúde e da educação, ainda particularidades climáticas de suas condições regionais e de transição geoambiental nordestina apresentados a seguir.

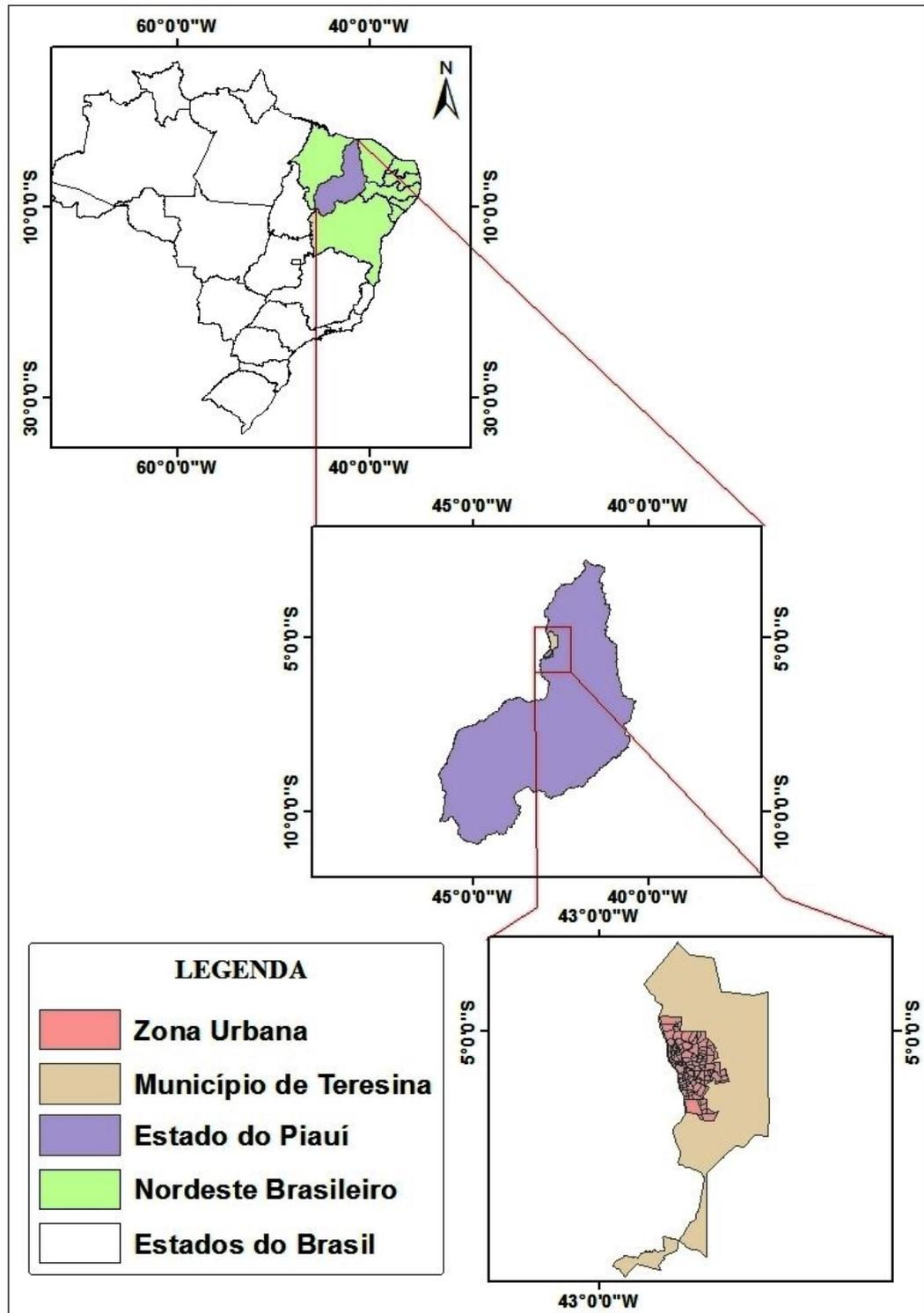
4.1 Localização de Teresina

Teresina, capital do estado do Piauí, possui coordenadas de 05°05'12'' Sul e 42°48'42'' Oeste. A altitude média da zona urbana é de 72 m e do município de 100-150m. Ocupa uma área territorial de aproximadamente 1.392 km² com uma população de 814.230 habitantes e densidade de 585 hab/km² (IBGE, 2010). Desse contingente 767.557 residiam na zona urbana e 46.673 na zona rural. Localiza-se na zona norte do Piauí, em uma região conhecida como Meio-Norte, constituindo uma área de transição entre o semiárido nordestino e a região da Amazônia, configurando evidências fisiográficas típicas do norte úmido do centro-oeste e os períodos alternadamente secos e sub-úmidos do nordeste, segundo Teresina (1993) (Figura 8).

Limita-se ao norte com José de Freitas e União; a leste com Altos, Lagoa do Piauí e Pau d'Arco do Piauí; ao sul com Demerval Lobão, Monsenhor Gil, Curralinhas, Nazária e Palmeirais; e a oeste com Timon no estado do Maranhão. A área central de Teresina está situada entre os rios Parnaíba e Poti, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Parnaíba. Inclui como principal referência geográfica a confluência do rio Poti com o rio Parnaíba no médio curso deste.

Teresina é a 22^a maior cidade do Brasil localizada no Centro-Norte Piauiense a 366 quilômetros do litoral, sendo, portanto, a única capital da região Nordeste que não se localiza na faixa litorânea do Oceano Atlântico.

Figura 8 – Mapa de localização geográfica de Teresina

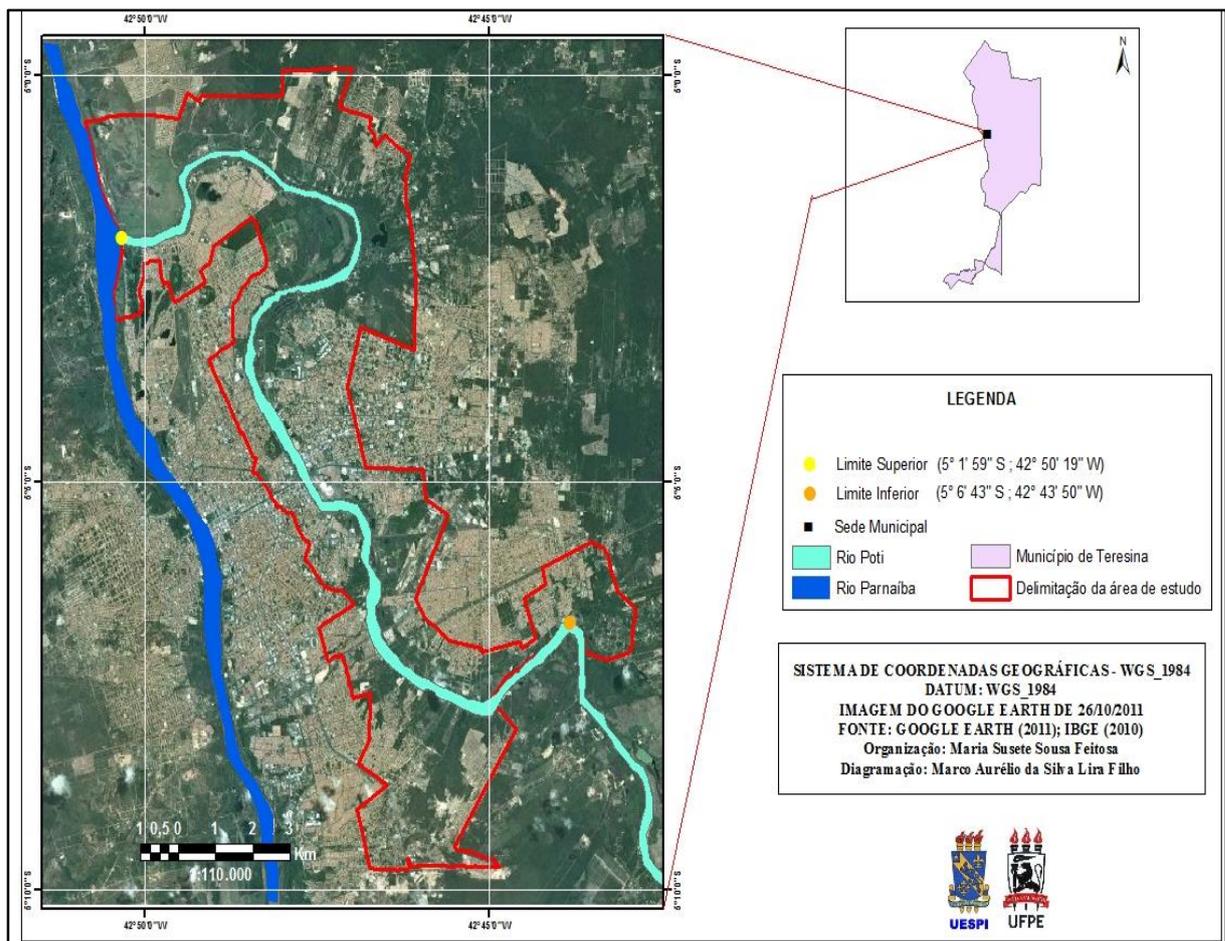


Fonte: Organização: Maria Suzete Sousa Feitosa. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2014).

4.2 Ambiência Físico-Geográfica do Município de Teresina

O município de Teresina, onde se insere a área objeto de pesquisa (Figura 9), localiza-se a Noroeste do Piauí, à margem direita do médio curso do rio Parnaíba e no baixo curso do rio Poti e a $5^{\circ}05'20''$ de Lat. S e $42^{\circ}48'07''$ de Long. W, de acordo com o IBGE.

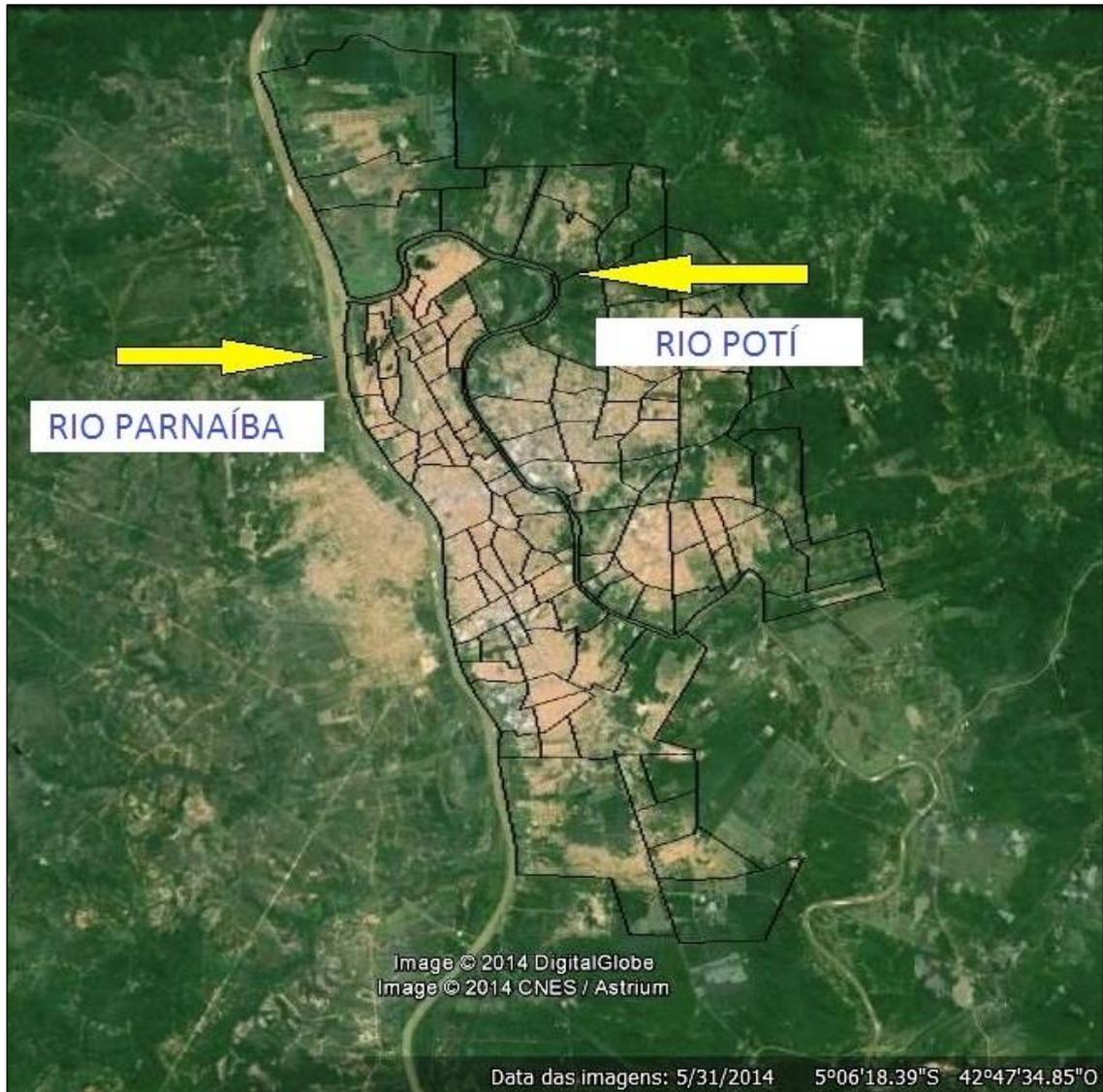
Figura 9 – Imagem de localização da área de estudo



Fonte: Organização: Maria Suzete Sousa Feitosa. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2014).

O município está assentado na planície sedimentar do rio Parnaíba, onde as elevações são inferiores a 180 m de altitude e as declividades inferiores a 15%. Dentro do município o Parnaíba percorre cerca de 90 km. O sítio urbano é cortado pelos dois grandes cursos d'água acima mencionados (Figura 10), os quais cruzam todo o estado do Piauí: o Parnaíba (S-N) e o Poti (L-O). Esses canais fluviais imprimem o principal arranjo espacial observado na capital, onde o Parnaíba constitui leito de largura variável de 200-250 metros, porém na confluência com o Poti alcançam os 750 metros.

Figura 10 – Imagem dos principais rios que cortam a cidade de Teresina

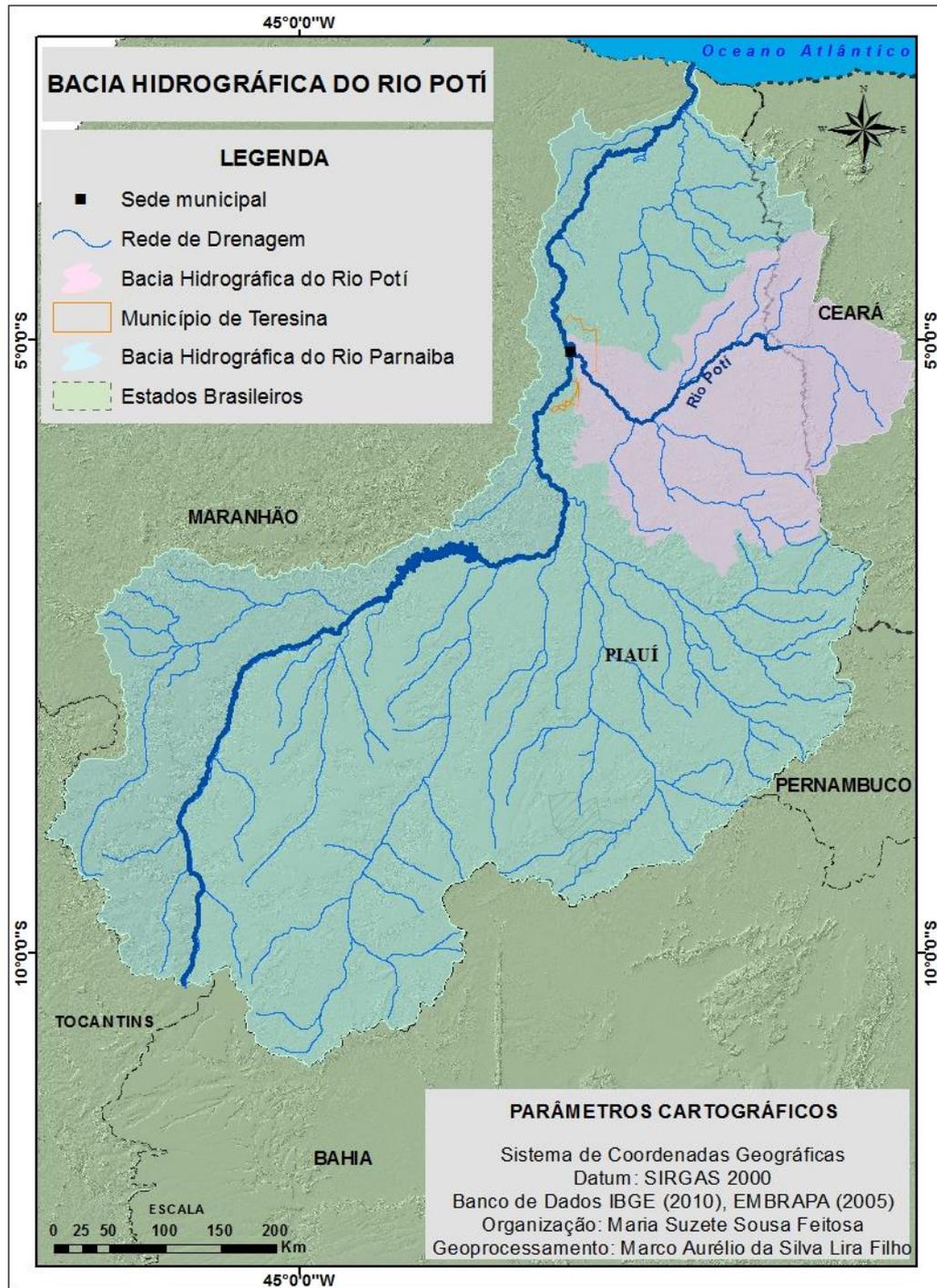


Fonte: Banco de Dados: Google Earth (2014). Acesso em: 31 mai. de 2014.

Organização: Maria Suzete Sousa Feitosa. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2014).

O rio Poti um dos principais tributários da margem esquerda do rio Parnaíba e formador de importante sub-bacia hidrográfica do espaço piauiense (Figura 11), também destacam sua importância na cidade, pois atravessa boa parte da malha urbana até a sua descarga no rio Parnaíba, uma área que concentra diversas lagoas. Nasce em região semi-árida do Ceará alcançando 450 km de extensão, dentre os quais, 59 km dentro da área de Teresina.

Figura 11 – Bacia Hidrográfica do Rio Poti



Fonte: Organização: Maria Suzete Sousa Feitosa. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2014).

O traçado do Poti no perímetro urbano de Teresina é mais acidentado, apresentando pelo menos sete curvas com ângulos de 90°, localizadas na confluência com o rio Parnaíba (local conhecido como *Encontro dos Rios*, Figura 12) e em trechos intermediários à montante do sistema. A largura da calha do Poti ao longo da área urbana de Teresina varia entre 150m-170m,

aproximadamente. Seu regime torrencial conjugado ao achatamento do leito e aos meandros que antecedem sua confluência resulta em extensas inundações por ocasião das enchentes.

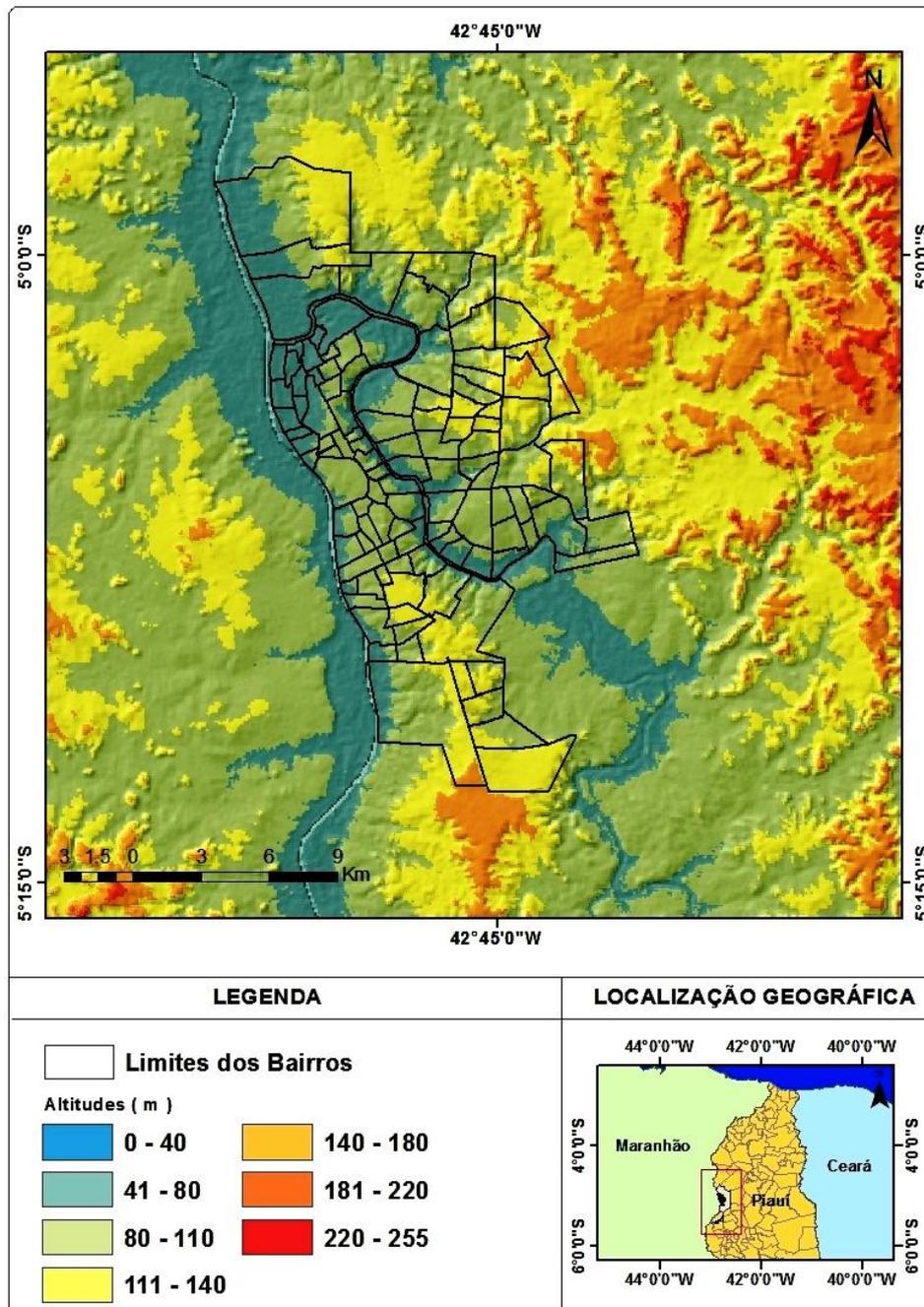
Figura 12 – Fotografia do Encontro dos rios Parnaíba e Poti na zona Norte de Teresina



Fonte: Feitosa, 2013.

O relevo teresinense é caracterizado por estruturas monoclinais e homoclinais, que abrangem camadas de sedimentos, com leve inclinação, formando uma topografia tabular e assimétrica (TERESINA, 2011). Constitui-se de morrotes alongados e espigões, predominando os interflúvios e topos alongados, vertentes com perfis retilíneos e de drenagem de alta e média densidade, padrão dendrítico e vales abertos. No entorno da cidade os baixos planaltos são individualizados pelos rios citados e seus afluentes de menores dimensões que recortam a cidade (LIMA, 2002). Como se observa na Figura 13 o espaço de Teresina apresenta cotas altimétricas que variam de 60 a 160 metros, sobressaindo as altitudes mais elevadas na direção leste/sudeste e ainda na região sul da cidade, onde se identificam os interflúvios Poti/Parnaíba. Em termos gerais, as cotas mais baixas correspondem às áreas marginais dos canais fluviais, e que são aquelas onde se registram os agravos das cheias do Poti, em especial.

Figura 13 – Mapa hipsométrico da cidade de Teresina



Fonte: Organização: Maria Suzete Sousa Feitosa. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2014).

De acordo com o Projeto RADAM (BRASIL, 1973) Teresina encontra-se assentada na parte central da Bacia Sedimentar Paleozóica do Maranhão-Piauí, sob o domínio de duas formações geológicas – a Formação Piauí e a Formação Pedra de Fogo, com idade referente ao Período Carbonífero Superior. Na Agenda 2015 de Teresina consta que a Formação Piauí, unidade mais antiga, é constituída por arenitos calcíferos, siltitos e folhelhos, afloram ao Sul e ao Norte da cidade próximo ao rio Parnaíba. A Formação Pedra de Fogo, com maior exposição

geográfica, é constituída por uma alternância de silexitos, arenitos e siltitos aflorantes nos baixos planaltos e nas encostas mais escarpadas do relevo.

Viana (2013) descrevendo essa estrutura geológica baseada em Lima (2002) menciona que os grandes compartimentos do relevo apresentam topografia de topos tabulares e sub-horizontais, com cerca de 900m de altitude no limite com o Ceará e descendo de forma escalonada pelo desdobramento da cuesta da Ibiapaba em planaltos e depressões interplanálticas, para o interior, caindo para altitudes de 150 metros no entorno da cidade de Teresina. Os platôs e colinas mais baixos dos interflúvios Poti/Parnaíba antes chamados de Chapada do Corisco, chegam até próximo da foz do Poti no Parnaíba, onde seu topo apresenta-se com apenas 90 metros de altitude, tendo um nível de base de 55m, na barra do Poti.

Identificam-se na região de Teresina três áreas com declividade acentuada superior a 15%. A primeira, considerada a maior de todas elas, encontra-se na zona sul da área urbana, às margens do rio Poti, e compreende os bairros: Redenção, Lourival Parente e Bela Vista com concentrações esparsas, formando uma área de aproximadamente 500 ha; a segunda área constitui-se de faixa a leste dos bairros Cidade Satélite e Pedra Mole, e a terceira localiza-se na zona norte da cidade às margens do rio Poti, no bairro Água Mineral.

Entre as unidades de solo predominam o Latossolo Vermelho-Amarelo e o Argissolo Vermelho-Amarelo, ambos de textura média. O Latossolo Vermelho-Amarelo aparece com maior frequência nos trechos planos do Município, notadamente numa faixa paralela ao rio Parnaíba, com uma largura média de 10 km.

A vegetação reflexos do clima de transição entre a Amazônia no oeste e o sertão cearense no leste, é bastante diversificada, encontrando-se caatingas hipo e hiperxerófilas, as florestas sub-perenifólia, subcaducifólia e a transição floresta caatinga, com certo predomínio das caatingas. Encontram-se ainda presentes nessa paisagem os babaçuais (*Attaleya speciosa*) nativos (Figuras 14 e 15), que se espalham por vales e terrenos quaternários de maior fertilidade na área (TERESINA, 1993) e que pode ser reconhecidos tanto nos parques ambientais do Mocambinho, Parque da Cidade e Zoobotânico, no bairro Santa Maria da Codipi, quanto nas adjacências norte e nordeste do sítio urbano (TERESINA, 2002a).

Figura 14 – Fotografia da vegetação de babaçu presente na paisagem da cidade



Fonte: Feitosa, 2014.

Figura 15 – Fotografia da vegetação do Parque da Cidade



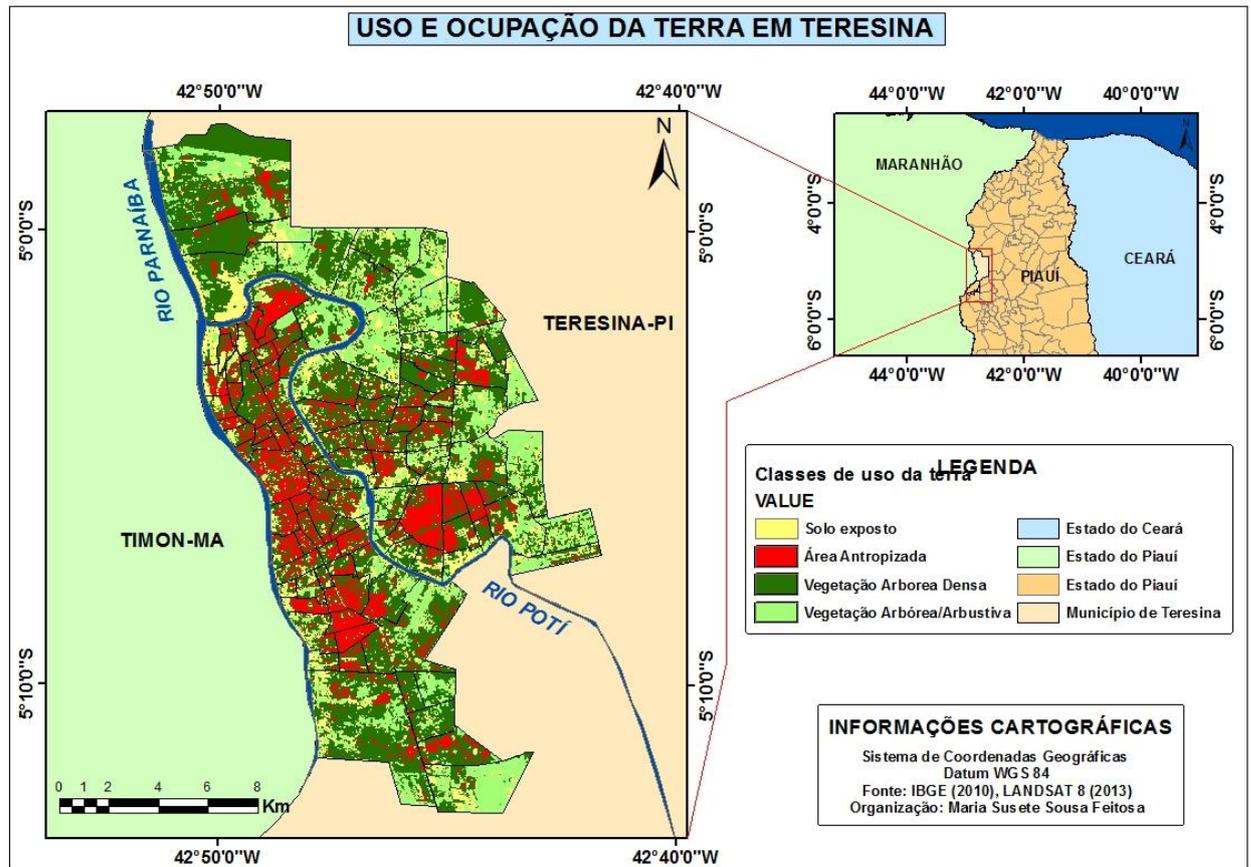
Fonte: Feitosa, 2014

A cidade localiza-se em área com grande percentagem de arenito com excelente permeabilidade e ótimas condições de aproveitamento para o fornecimento de água de boa qualidade. Nas proximidades das margens dos rios, observa-se a existência de baixadas, que no decorrer do período chuvoso, são inundadas e as lagoas ali existentes têm seu volume aumentado (TERESINA, 1983). A zona central urbana é dividida na direção Sul-Norte pelo rio Poti, possuindo uma área que se estende à margem deste e outra mesopotâmica (existente entre os dois rios – Poti e Parnaíba).

Em função do escoamento superficial são identificadas três macrobacias urbanas. Uma delas de contribuição direta ao rio Parnaíba e outras duas de contribuição direta ao rio Poti. Destaca-se que os dois rios possuem inúmeros afluentes que, são descaracterizados e escondidos pela ocupação urbana (TERESINA, 2011).

Quanto ao uso do solo, ou mais usualmente denominado uso da terra, pode ser compreendido em Teresina nas formas de ocupação urbana (residencial, comercial e outras) correspondente à área mais antropizada e os usos destinados à conservação de áreas ambientais e de lazer (Figura 16).

Figura 16 – Imagem de uso e ocupação da terra em Teresina



Fonte: IBGE (2010). Organização: Maria Suzete Sousa Feitosa. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2014).

4.3 Arcabouço Hidrogeológico do Rio Poti

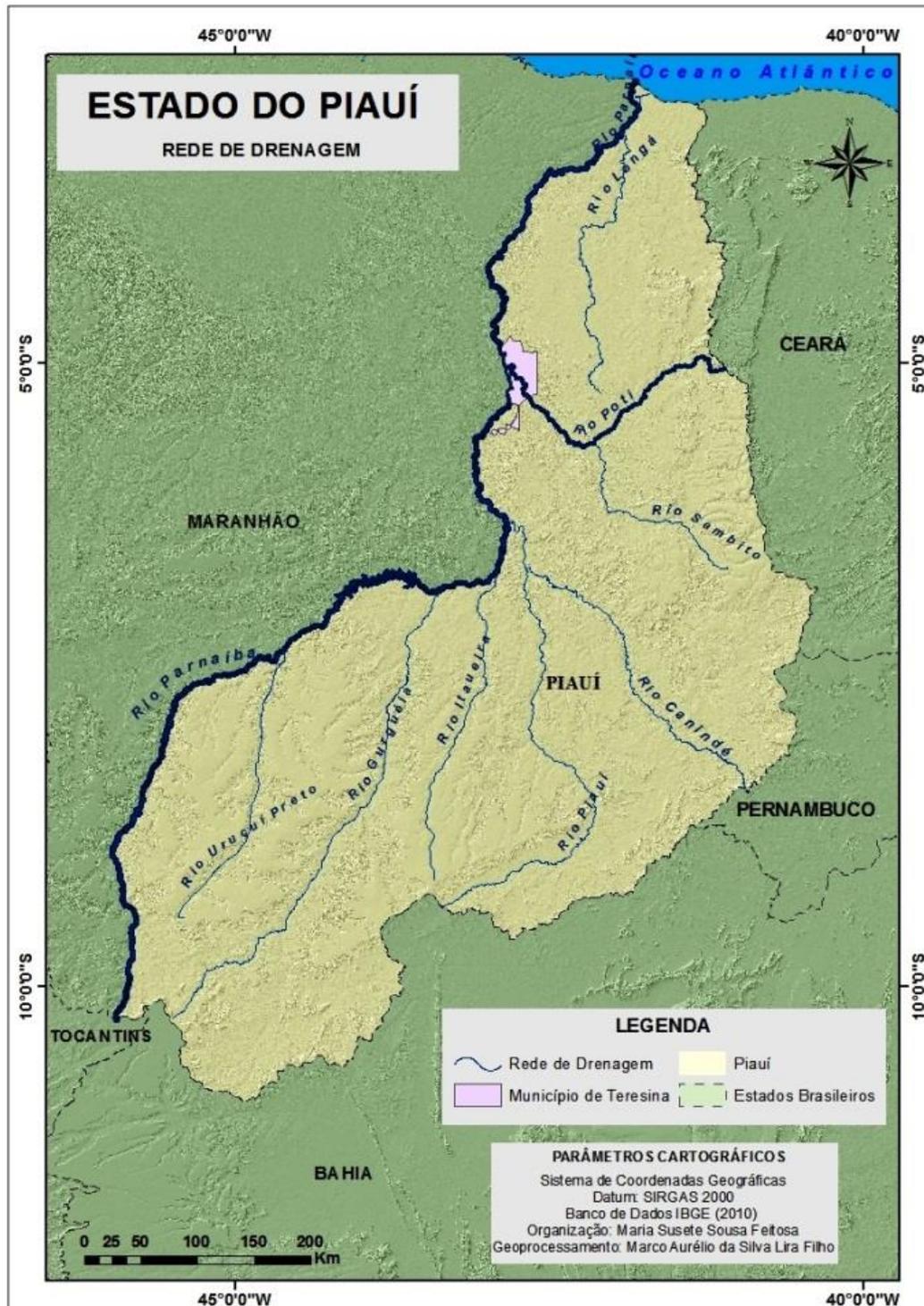
As correntes fluviais representam um dos mais importantes agentes geológicos que estabelecem expressivo condicionamento ambiental na vida do homem e, além disso, sua manutenção e funcionamento natural da qual depende a sobrevivência humana é determinado por um conjunto de fatores naturais interligados pela bacia de drenagem (SUGUIO; BIGARELLA, 1990). Considerando essa discussão, busca-se apresentar os principais aspectos físico-naturais relacionados ao rio Poti visando estabelecer, no estudo de tese presente, uma melhor compreensão do comportamento fluvial deste canal em relação aos episódios de enchente.

O rio Poti (Figura 17) com regime intermitente e vazão média anual de 121 m³/s, é um dos principais afluentes do principal canal de drenagem do espaço piauiense, o rio Parnaíba, e tem suas nascentes nos contrafortes orientais da serra Grande no Estado do Ceará na cota de 600m. Sua extensão é de 450 km, correspondendo 289 km no espaço piauiense, 150 km no

Ceará e 11 km no espaço de litígio PI/CE. Seu curso encontra-se encaixado em estrutura do escudo cristalino e da bacia sedimentar do Parnaíba. O ambiente cristalino compreende a geologia do trecho cearense (Grupo Caraíba) formado por um conjunto de rochas predominantemente de granitos, gnaisses e xistos. Inicialmente tem um rumo S-N orientando-se para W quando adentra no domínio sedimentar sofrendo uma inflexão de 45° no município de Prata do Piauí. Neste ponto o rio muda seu percurso e toma a direção noroeste até desaguar no rio Parnaíba em Teresina, em uma altitude de 55 metros (RIVAS, 1996).

No trecho do alto curso a drenagem se arranja por tributários de pequenas extensões e pequenas amplitudes altimétricas. O tipo de chuvas da região é característico do clima semiárido, apresentando curtos períodos constituídos por aguaceiros ou enxurradas. A pluviosidade anual registra isoietas que variam de 500 mm a 750 mm. No médio e baixo curso a geologia é constituída por rochas sedimentares, cujo domínio encontra-se submetido às Formações dispostas sucessiva e paralelamente em camadas sub-horizontais com mergulho suave no sentido de Leste para Oeste.

Figura 17 – Mapa destacando a rede de drenagem do Piauí e o rio Poti



Fonte: IBGE (2010). Organização: Maria Suzete Sousa Feitosa. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2014).

O comportamento hidrogeológico, por sua vez, definido pela relação existente entre a geologia e o comportamento climático atuante na região, é representado pelos aquíferos das Formações Serra Grande, Cabeças e Poti. Em termos geomorfológicos, a área do Poti

caracteriza o relevo de estruturas compreendendo o contato dos planaltos rebaixados do Médio-Baixo Parnaíba e do planalto Oriental da Ibiapaba e as modestas altitudes do baixo curso (PIAUI, 2010; TERESINA, 2011; LIMA, 1982).

A cobertura vegetal dos ambientes drenados pelo rio Poti reflete suas condições climáticas e pedológicas. Em termos pedológicos, de acordo com CEPRO (1996), os solos são característicos de associações Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Horizonte B Textural - Podzólico Vermelho-Amarelo. Essas associações permitem que na porção Oeste predomine formações de Caatinga e Cerrado e na porção Leste aparece vegetação do tipo estepe (Caatinga).

Todas essas características da bacia conferem sua configuração atual. Logo se constata que seu escoamento é intermitente no alto curso (em função da área de transição da geologia do embasamento cristalino e inclinação das camadas sedimentares de forma sinclinal) e passa a ter um regime de caráter permanente quando recebem seus maiores tributários, os rios Berlingas e Sambito que mantêm uma alimentação interna e, também pela restituição subterrânea regular em virtude da menor profundidade do lençol freático da área.

Na cidade de Teresina o leito do Poti descreve uma configuração meandrante com duas grandes curvas resultantes do encaixe de sua calha e migração a montante de seu canal. Lima (1982). Uma particularidade do rio Poti em Teresina correspondente ao represamento de suas águas pelo rio Parnaíba, que se deve à diferença de vazão entre os dois rios e que resulta em maior sedimentação ao longo do Parnaíba e barramento do baixo curso do Poti.

4.4 O Clima de Teresina

O clima de Teresina de acordo com a classificação de Köppen é do tipo AW/aw', tropical-equatorial, subúmido quente (megatérmico) de savana. De acordo com Teresina (1993) esta classificação se apóia em dados meteorológicos sobre a distribuição média mensal da precipitação no período 1952/1982, que caracterizou uma estação seca no inverno-primavera, estendida entre junho e novembro, e uma estação úmida de verão-outono, nos meses correspondentes de dezembro a maio. Permite identificar na proposta de Mendonça; Danni-Oliveira (2007) o subtipo tropical-equatorial, característico do domínio climático assinalado.

A climatologia propõe que as características dos elementos e fatores do clima conferidas nas particularidades do relevo, altitude, latitude, umidade relativa associada à dinâmica das massas de ar, são condicionantes influenciadoras do clima de uma região. Com efeito, o clima de Teresina submete-se à condição de baixa altitude, aproximadamente, 100 metros acima do

nível do mar e a proximidade da linha do Equador reforçada na sua condição transicional entre o clima semiárido do Nordeste e o clima úmido da Amazônia. Rivas (1996) enfatiza que as causas fundamentais das peculiaridades climáticas de uma região se originam de fatores meteorológicos e da circulação atmosférica e, em segundo plano, pelas características geográficas do lugar, notadamente o relevo.

A localização geográfica da cidade de Teresina, além dos aspectos mencionados lhe confere peculiaridades em relação à umidade relativa do ar, ao sistema de chuvas, à ausência de ventos e as altas temperaturas durante todo o ano. Destas características resulta certo desconforto térmico para os teresinenses, permitindo-lhe uma conotação popularizada como “cidade quente”. Tal condição está relacionada à redução dos espaços verdes e livres, bem como a verticalização da cidade que afeta o regime dos ventos, contribuindo para a sensação de temperatura elevada (ANDRADE, 2009).

Em Teresina, a constatação dessas inter-relações se expressa segundo as especificidades que lhe são atribuídas. Em primeiro lugar, condiz com sua condição geográfica revelada nos atributos climáticos e no regime pluviométrico característico de região tropical. Em segundo, as características do seu sítio, ao revelar o potencial físico-ambiental nas formas de uso e ocupação. Em terceiro lugar, diz respeito ao acelerado processo de urbanização, expressado nas fragilidades ambientais locais.

A cidade de Teresina localizada a 5° ao sul da linha do Equador, ou seja, em zona de baixa latitude que favorece o intenso recebimento de radiação solar, tem neste aspecto latitudinal relevante significado para a formação de sua feição climática. Agregada a essa propriedade destaca-se ainda a diversidade fisiográfica e a continentalidade. Todavia, tais referências não são suficientes para explicar os habituais estados de tempo, pois a sua compreensão se associa, sobretudo, aos sistemas de circulação regional.

Dentre os sistemas de circulação que acarretam mudanças nos estados atmosféricos da área, destacam-se as massas de ar: (i) massa equatorial continental (mEc); (ii) massas de Convergência Intertropical (CIT) e (iii) massas de Instabilidade Tropical (IT). Em termos gerais, a circulação atmosférica de Teresina se apresenta fortemente influenciada pela sua posição transicional de conflito entre os sistemas atmosféricos úmidos da Amazônia e de convergência da ZCIT, o último forma uma zona de baixa pressão equatorial. Durante o inverno a circulação é comandada pela mTa responsável pela ausência de chuvas. No verão as chuvas são originadas da mEc e no outono pela ZCIT (TERESINA, 2002a).

Estudos realizados por Bastos; Andrade Júnior (2007) *apud* Viana (2013) constatou que a temperatura média anual foi de 28,2 °C em 2007 e de 28,4°C no período 1980-2006, com as

maiores temperaturas registradas nos meses de agosto, setembro e outubro. Concluíram que a variação das médias levantadas não é marcante ao longo do ano.

As amplitudes térmicas são elevadas no intervalo diurno, o que causa desconforto aos teresinenses. Além desse fato, existe, ainda, pequena velocidade dos ventos, sendo registrado $1,2 \text{ m.s}^{-1}$ (2007) e $1,1 \text{ m.s}^{-1}$ para o período 1980-2006, nas aferições dos citados autores. Ao longo dos anos, o aumento térmico examinado na capital, tem sido induzido pela ação humana, com a ampliação de asfaltamento, com a diminuição de espaços livres para a circulação do ar, com a verticalização e seu crescimento, com a redução do verde e dos corpos líquidos e com a emissão crescente de gases poluentes pela frota de veículos que vem aumentando na capital, confirmando o desconforto térmico mencionado.

Assim como em toda a região Nordeste, a temperatura média anual sofre pouca oscilação ao longo do ano em Teresina e de acordo com os dados do Gráfico 4. Esse fato é marcante devido à localização do município próximo à Linha do Equador com ângulo próximo dos 90° . Com essa localização, a incidência de radiação solar é quase perpendicular sobre Teresina, o que intensifica a convecção difundindo o calor sobre toda a área urbana ao longo do ano. A temperatura média anual é de $29,3^\circ\text{C}$ relativa aos meses mais quentes. A mais alta média das máximas, de $36,5^\circ\text{C}$ ocorre em outubro e a mínima registra $20,4^\circ\text{C}$ no mês de julho. A amplitude térmica é relativamente alta no intervalo diurno e pouco expressiva durante o dia (TERESINA, 2006).

Apresenta média de umidade relativa do ar oscilando numa faixa de 54,6% a 81,7% ao longo do ano, contudo, os maiores índices registram-se no período de fevereiro a abril (umidade média de 81,3%) e os menores ocorrem em setembro, o mês mais seco (média de 54,6%). Apresentam-se elevada nos primeiros quatro meses do ano, sendo o mês de abril o que costuma registrar média de umidade mais elevada, com 84%. No segundo semestre, verifica-se uma redução acentuada com valor de 56% no mês de setembro, evidenciando elevada evaporação da água em Teresina. De acordo com o PDDrU (2012) a variação da umidade do ar, entre os semestres, é produzida pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que regula a convecção do calor e o balanço de umidade sobre o Estado do Piauí.

A duração efetiva do dia – o Fotoperíodo, estudada entre os anos de 1976 e 1998, apresentou valor máximo de 12h e 29 min/dia no mês de agosto, e valor mínimo de 11h e 4 min/dia no mês de março, descreve Reis-Filho (2012).

A nebulosidade atua de maneira inversa à insolação, atingindo seus valores máximos nos meses chuvosos (janeiro, fevereiro, março e abril) e os mínimos nos meses secos (junho, julho, agosto, setembro e outubro) na capital Teresina. Em que a máxima ocorre durante o mês

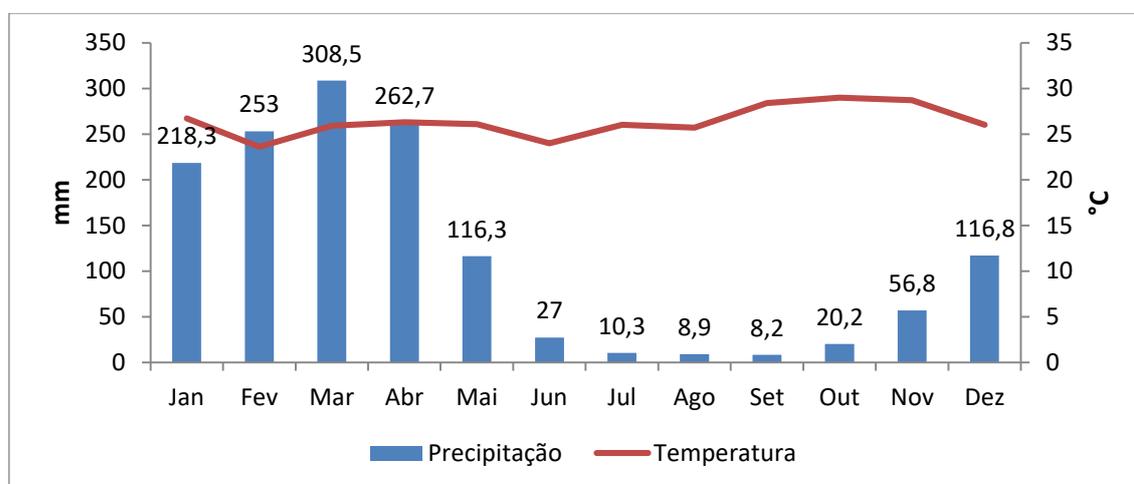
de março (valor médio de 7,6, na escala de 0-10) e a mínima, no mês de agosto (média de 3,2 na mesma escala).

Quanto à precipitação o espaço teresinense é marcado pela irregularidade das chuvas concentrando 75,6% nos primeiros quatro meses do ano e 24,4% restantes nos oito meses subsequentes, em que as precipitações superiores a 1.000 mm são produzidas pela convergência da ZCIT e pela massa equatorial continental (mEc) durante os meses de janeiro a abril, recebendo durante o último cerca de 45% a 50% dos totais caídos no ano. A presença de dias secos ao longo da estação chuvosa está quase sempre relacionada à presença da massa equatorial atlântica (mEa) com ventos de NE e SE (MOREIRA, 1972). O período seco se prolonga de junho a dezembro, quando desaparecem as chuvas geradas dos alísios de SE. O máximo deste período se registra em outubro, quando a umidade se torna extremamente reduzida.

A distribuição irregular das chuvas torna extensas áreas do Nordeste vulnerável tanto aos efeitos das cheias quanto aos de fortes estiagens. Particularmente no estado do Piauí a variabilidade anual das chuvas é influenciada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelos Vórtices Ciclônicos de Ar Superior.

Com base na média anual verifica-se que os meses considerados úmidos ou chuvosos são os meses *de* janeiro a abril, e os mais secos vão de maio a dezembro. Os meses de junho a outubro apresentam os menores níveis de precipitação, abaixo de 50 mm (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Climograma para o município de Teresina-PI.



Fonte: Dados da pesquisa, 2014

A partir dessas informações, conclui-se que o maior percentual de chuva concentra-se nos primeiros meses do ano. Segundo Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina (PDDrU) de 2012, esse período representa 75,6% do regime pluviométrico anual, restando apenas 24,4% do total das chuvas para os oito meses subsequentes. Em Teresina, as chuvas têm como peculiaridade, o fato de serem rápidas e torrenciais causando certa preocupação, principalmente pelos seus efeitos potencialmente danosos quando em excesso.

Quanto à precipitação média mensal, o mês de março apresenta maior média, com 308,5 mm e, abril com altura de precipitação média de 262,7 mm. O mês de setembro, todavia, consta com menor índice médio de 8,2 mm, demonstrando ser o mês mais seco.

O balanço hídrico para o município de Teresina demonstra a ocorrência de déficit hídrico de maio a dezembro, com um déficit máximo em outubro (- 176,1 mm). No mês de janeiro, a precipitação é maior do que a evapotranspiração, havendo reposição das reservas de água do solo. De janeiro a abril, atingem sua capacidade máxima, ocorrendo excedente hídrico, com valor máximo em fevereiro (178,6 mm).

As médias climatológicas registradas para cada espaço, por si sós, não declaram respostas suficientes para explicar muitos fenômenos climáticos fundamentalmente na questão aqui abordada, os eventos pluviais causadores de vulnerabilidades socioambientais. Na temática específica deste estudo, é essencial o conhecimento pluviométrico diário, pois, a partir dele, é possível detectar anomalias presentes. São justamente esses eventos que se desviam da sucessão habitual que interessa na análise de enchentes. Sobre essa particularidade, dentro da série estudada, serão analisados os eventos pluviométricos que repercutiram importantes impactos na cidade e na área objeto de estudo, os quais são minudenciados em capítulo específico.

Os dados pluviométricos para efeito da discussão climática pretendida serão analisados com base nos anos de 1981 a 2010, portanto uma série de trinta anos. A escolha desse recorte temporal está ligada à ocorrência de eventos pluviais e suas repercussões socioambientais e ainda ao processo de urbanização de Teresina, que nesse período foi bastante expressivo.

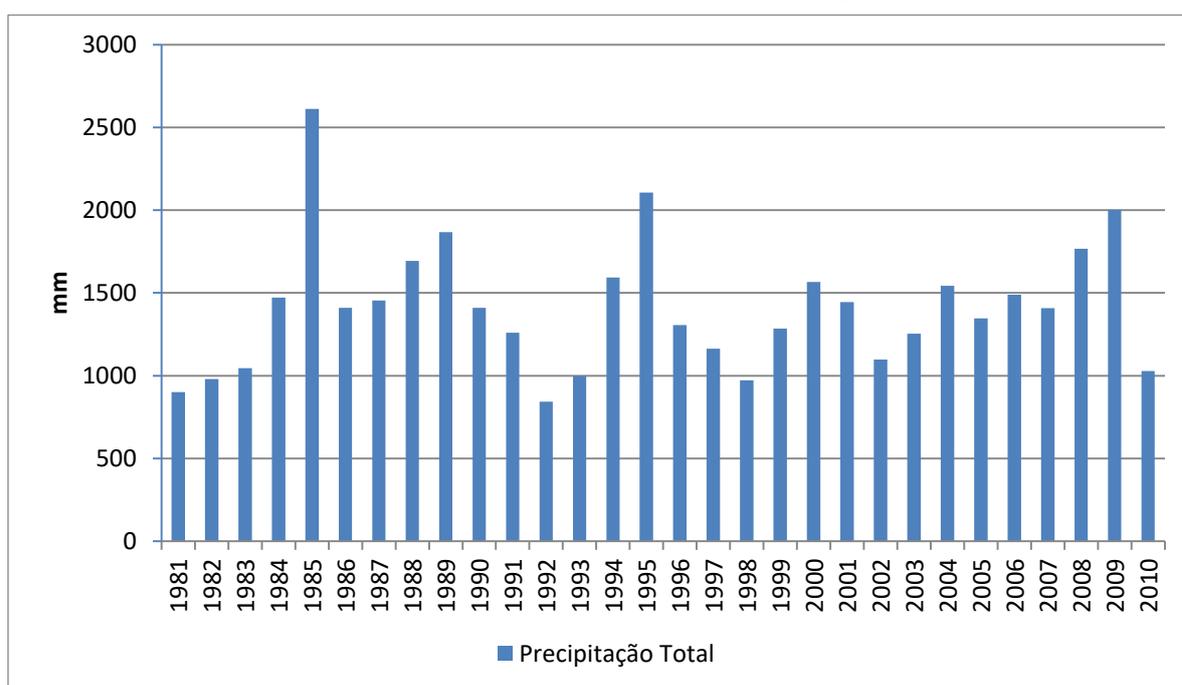
A combinação dos dados climáticos com os da população se justifica neste objeto de discussão, visto que os eventos naturais são apreendidos a partir dos impactos que os mesmos provocam no sistema social. Dessa maneira, os efeitos causados pelos episódios de enchentes em determinado período e lugar devem ser considerados à luz da configuração urbana e populacional do espaço concebido.

Concomitante a estas discussões, observa-se a importância do debate sobre a ocorrência de anomalias pluviais dentre outros eventos naturais que nada mais são que rupturas comuns ao

equilíbrio do meio físico, que às vezes são potencializadas, ou até mesmo desencadeado pela interferência antrópica (GIRÃO, 2009). As especificidades dessas condições climáticas e de atuação do homem é que determinam o clima local (TORRES; MACHADO, 2011). Um exemplo a ser mencionado é a ocorrência de enchentes, que obedece ao ciclo sazonal ou a uma disritmia pluviométrica, reflexos das propriedades dos mecanismos que os influenciam, cuja intensidade no espaço da cidade é determinada pela ocupação humana.

A magnitude das anomalias pluviais, que resultou em enchentes no Poti e graves desequilíbrios ambientais em Teresina estão demonstrados no Gráfico 5 onde se verifica que os anos de 1985, 1995 e 2009 apresentaram no período histórico entre 1981 e 2010, maior volume pluviométrico em relação aos demais.

Gráfico 5 – Precipitação total anual para o município de Teresina – PI



Fonte: Dados da pesquisa, 2014

Ao observar os totais pluviométricos anuais em comparação com a média anual para o período, que é de 1405,1 mm, pode-se conferir que os anos de 1985, 1995 e 2009 apresentaram totais pluviométricos superiores para a série de 2612 mm; 2106 mm e 2012 mm, respectivamente, explicadas pelo ritmo climático que, mesmo considerado em condições normais, os fenômenos dele originados não se sucedem de maneira homogênea em anos antecedentes ou consequentes.

4.5 Expansão Urbana de Teresina e Ocupação do Baixo Curso do Rio Poti

As cidades, na medida em que se tornam mais urbanizadas, apresentam constante agravamento no problema das enchentes e inundações. No Brasil e em Teresina a questão concorre para um quadro semelhante, considerando que tanto na escala nacional como localmente a falta de planejamento urbano viável e adequado tem propiciado um significativo aumento dos efeitos impactantes desses fenômenos. Convém, nesse contexto, atribuir às formas de ocupação o indicador mais discutido quanto a esse fato.

A forma de ocupação do sítio em que se assenta a cidade de Teresina constitui fator, igualmente importante, nos agravos das enchentes. A cidade se expandiu pelos leitos dos rios Parnaíba e Poti e, no processo de crescimento, acabou por ocupar quase completamente as planícies de inundação desses canais. Este aspecto trouxe alterações à ação dos processos naturais que deram origem a vulnerabilidades e impõe ajustes estruturais básicos adequados aos componentes geoecológicos e socioambientais no espaço da cidade. É um quadro revelador da falta de sintonia entre poder público e ocupação urbana. Consiste na opinião de Mendonça (2010) em políticas de ordenamento e uso do solo urbano desconexas de gerenciamento de ocupação das áreas de risco.

Sobre a ocupação das margens do rio Poti, no perímetro urbano de Teresina que corresponde do bairro São Sebastião ao bairro Olarias (área objeto da tese), o município de Teresina tem responsabilidade por promover inadequado ordenamento territorial, uma vez que permitiu e promoveu, dentre outros equipamentos urbanos, a construção e funcionamento de parques e balneário, especialmente, que respaldam a ocupação irregular desobediente ao Art. 30, § VIII da Constituição Federal, que orienta o adequado ordenamento territorial do espaço citadino, considerando que este ambiente foi um dos mais impactados pela enchente mais recente, a de 2009.

Salienta-se sobre tal aspecto que, no trecho urbano do rio Poti em Teresina, coexiste ocupação e invasão de áreas ribeirinhas protegidas nas normativas federais e fiscalização do IBAMA e demais órgãos afins. O Código Florestal disciplina que a exploração/ocupação de áreas de preservação é subordinada à autorização prévia do Poder Executivo Federal (visto que o Poti é rio federal ao atravessar mais de um Estado, o Piauí e o Ceará) quando for necessária a execução de obras e ocupação de utilidade pública ou interesse social, de acordo com alteração do referido Código.

Destaca-se, sobretudo, que nos bairros das zonas norte, leste, sul e sudeste situados nos terraços do rio Poti, os episódios sazonais (verão/outono) de enchentes combinados com os alagamentos são flagrantes. O número de vitimados com complicações das mais variadas atestam de maneira explícita a alta vulnerabilidade da população urbana residente. Todavia, chama-se a atenção para um aspecto que vale menção, é que não só os moradores mais pobres dos bairros citados são afetados pelas enchentes, várias residências e condomínios de alto padrão na zona leste também são atingidos e submetem os moradores aos riscos e transtornos nos episódios de cheia. Mas o que difere é que essa população não chega ao ponto de ficar desabrigada, pelas próprias condições anteriormente citadas.

Desde o século XIX, as enchentes do rio Poti já constituíam problemas socioambientais e plantavam situações de risco vivenciadas pela população da Vila do Poti¹⁹, mais tarde teresinense (LIMA, 2002). Tais problemas são recorrentes até os dias atuais, tendo em vista que são respostas da dinâmica natural conjugada coma ocupação urbana que se intensifica cada vez mais.

Antes mesmo de se tornar urbanizado, o espaço que hoje abriga a cidade de Teresina, já sofria com os transbordamentos do Poti, ocasionados pelas grandes chuvas e a baixa competência do canal que dá vazão à grande concentração de água na sua calha. Em suas características naturais, o Poti no município em foco, apresenta padrão definido por meandros, marcado por ocorrência de enchentes que formam e afeiçoam seu perfil, favorecendo o que indica baixos declives de seu talvegue e dificuldade para deflúvio das ondas de cheia, favorecendo o aparecimento de zonas de inundação nos chamados leitos fluviais.

Se o poder público destinasse um gerenciamento dos recursos naturais mais condizentes com seus atributos intrínsecos e conduzisse as formas de ocupação dos leitos, os efeitos das

¹⁹ A Vila do Poti foi escolhida para se tornar a sede urbana da nova capital do Piauí a partir de 1852. No entanto, houve a necessidade de transferência da Vila (que tornaria a nova capital) para outro lugar salvo das enchentes que, periodicamente, traziam problemas socioeconômicos, ambientais e insalubridade, tendo em vista que esta se situava em área formada pela confluência dos rios Poti e Parnaíba sujeita a inundação.

enchentes no espaço urbano resultariam menos agravantes do ponto de vista humano. Lima (2002, p. 183) adverte que não adianta querer “vencer o rio”, mas conhecer a cota de inundação em cada ponto do terraço do canal fluvial, a fim de que suas margens sejam ocupadas de outra forma e, assim evitar uma relação desastrosa.

O planejamento urbano de Teresina não surtiu efeito da ocupação desordenada do rio Poti e, o sistema de drenagem instalado na cidade ainda se encontra sujeito à influência direta do nível das águas na calha deste rio. No período chuvoso as cheias impõem restrições ao escoamento das águas das partes mais elevadas dos canais contribuintes. Isso potencializa os efeitos das enchentes e das inundações junto às ocupações ribeirinhas e aquelas instaladas nos terraços fluviais.

Assim, faz-se coerente ponderar para os diferentes graus dos impactos com que as enchentes do rio Poti atingem a população e, na mesma medida para as variadas questões no que diz respeito às respostas do clima urbano e o cotidiano que se estabelece entre a sociedade urbana teresinense e a natureza quando se intenciona averiguar um espaço em construção – o baixo curso do rio Poti.

Explicar sobre o contexto da evolução urbana de Teresina, bem como o espaço do Poti em destaque, não se poderia furtar um breve histórico da sua ocupação, tratado no tópico seguinte. Inicialmente chama-se atenção para o fato de que primordialmente a capital do Piauí se caracteriza por ser uma cidade planejada e, que atualmente se apresenta uma conurbação do antigo e planejado centro com vários loteamentos. Além de, nas últimas décadas, Teresina conferir uma notável expansão urbana. Aliada a essa condição a política de drenagem urbana revela que os investimentos públicos aplicados se mostram aquém das reais necessidades de coleta e transporte das águas pluviais.

Em Teresina (1993) relata-se que no início do século XX Teresina recebeu investimentos públicos e privados que acionaram a urbanização e implantaram os primeiros benefícios urbanos como abastecimento de água, esgotos, iluminação elétrica, pavimentação de ruas, alcançando a década de 1950 com modernos equipamentos urbanos, tornando-se o principal centro econômico do sertão do Piauí e do Maranhão e, por essa posição atraindo um considerável número populacional. A partir desse período a urbanização em Teresina ganha impulso, uma nova dinâmica se instala promovendo grandes transformações no espaço urbano, contribuindo, dessa maneira, para Teresina assumir um novo formato (FAÇANHA, 1998; LIMA, 1996). Ressalta-se, que seu traçado original deixava perceber o crescimento em xadrez a partir do Centro, onde as ruas são orientadas nas direções de norte-sul e leste-oeste.

A orientação prevista para a ampliação da cidade no sentido leste-oeste não foi seguida, ficando o crescimento da cidade na direção norte-sul determinado pela localização da Igreja matriz, do mercado público e, ainda pelo cemitério São José, além das relações estabelecidas pelos moradores da antiga Vila do Poti (CHAVES, 1992).

Entretanto, a ocupação mais recente de Teresina se dá de forma desobediente ao traçado inicial e de modo menos rígido, o crescimento da cidade segue em torno das principais avenidas. Façanha destaca nesta particularidade feita por Moreira (1972), um aspecto importante, citando o crescimento no sentido sudeste com a construção da ponte dos Noivos, sobre o rio Poti prosseguindo a Avenida Frei Serafim. Este fato fez surgir novos bairros como o de Fátima, Jóquei e São Cristóvão, marcando a expansão da malha urbana da zona Leste. Outra área segregada situa-se à margem esquerda do rio Poti, correspondente ao bairro Ihotas onde segundo Lima (2002) constitui por uma segregação de alta renda.

No tocante ao crescimento periférico da cidade, este acompanha as direções Nordeste, Leste e Sul, para onde o relevo, a partir dos terraços fluviais (com cota de até 60m de altitude), se eleva em encostas íngremes. Para a zona Norte-Nordeste a população foi ocupando os espaços vazios entre as lagoas, em muitos casos aterrando-as e ocupando as novas terras surgidas na região do Poti Velho, assim também se apropriando das áreas para além do rio Poti. Mais ao Leste formaram-se os bairros Piçarreira, Satélite e vários outros, em áreas de encostas íngremes e riachos interligados por grandes avenidas. Em direção ao Sul o eixo formado pela Avenida Miguel Rosa e a BR 343 e 316 correspondente ao divisor topográfico dos afluentes das microbacias que drenam diretamente para o rio Poti na direção Leste e para o Oeste as microbacias que drenam diretamente para o rio Parnaíba (FAÇANHA, 1998; LIMA, 1996).

Destaque-se que nessas áreas concentram-se problemas socioambientais bastante acentuados considerando que esgotos domésticos em grande volume são canalizados para os rios sem tratamento; os resíduos sólidos são lançados diretamente nas galerias e áreas ribeirinhas, sem contar com a exploração indisciplinada de materiais para construção retirada diretamente do rio Poti, aumentando significativamente o acúmulo de entulhos e o processo de erosão fluvial (Figura 18 e 19).

Figura 18 – Fotografia da Galeria no bairro Mocambinho



Fonte: Feitosa, 2014

Figura 19 – Fotografia de entulho acumulado na margem do rio Poti no bairro São Francisco



Fonte: Feitosa, 2014.

É importante enfatizar que, nos últimos decênios esse problema passou a atingir as áreas dos terraços do rio Poti. Tal constatação se faz a partir do momento em que a malha urbana ultrapassou o leito desse rio, se ampliando do centro em várias direções, mais precisamente no sentido leste e, mais recentemente para o sudeste e nordeste da cidade (Figura 20).

Assim, pode-se observar que o crescimento de Teresina apresenta duas formas distintas: uma, pela expansão da periferia, agregando ao espaço urbano grande áreas vazias, promovendo a ocupação por uma população de baixa renda; e a outra, pelo crescimento vertical em edifícios luxuosos, nos bairros mais sofisticados da cidade. Este aspecto problematiza espacialmente o contraste social e contribui para agravar os efeitos das enchentes e a capacidade de resiliência da população afetada, que não por coincidência é mais pobre.

Figura 20 – Fotografia destacando a diversidade dos espaços atingidos pelas enchentes



Fonte: PDDrU, 2012.

Trata, igualmente, de trazer à tona a distancia bem visível em Teresina quanto ao processo de segregação: a ocupação da zona Leste e o crescimento periférico da cidade nas direções Norte, Nordeste, Sul e Sudeste, que no estágio atual recente faz acentuar os impactos socioambientais na duração das enchentes. Novamente, destaque-se que, nas citadas áreas as formas de uso do espaço constituem graves problemas, seja na forma de exploração dos recursos naturais do Poti, seja na ocupação dos terraços para fins urbanos diversos. É possível, ainda, constatar a abertura de longas avenidas e a especulação de terrenos para a ampliação de condomínios habitacionais e centros comerciais já existentes, provocando degradação ao meio ambiente.

Pelas considerações até aqui feitas e, usando o pensamento de Coelho (2001) se depreende que a realidade de um espaço urbano é representativa de um momento histórico dos movimentos de mudanças sociais e ambientais aglutinadas, que modificam permanentemente o espaço em contexto, no caso em evidência, o baixo curso do rio Poti. Verificando os mapas da evolução da malha urbana e plantas da cidade, observa-se que nas últimas décadas o sítio urbano se ampliou consideravelmente.

Em cem anos, a área central passou a ocupar todo o espaço entre os interflúvios dos dois grandes rios da cidade – o Parnaíba e o Poti. Como se ver notar na Figura 22 essa ocupação se deu prioritariamente na extensão dos rios, o que fez agravar a problemática procedente das enchentes e que, também, motivou, na época da instalação da nova capital (década de 1850), a

escolha de um local salvo das inundações. Por esse motivo, no Plano de Desenvolvimento Urbano (PDDU, 1983 apud RODRIGUES, 2013) foi indicada a prioridade de ocupação e crescimento da zona Leste da cidade, com o intuito de subtrair ao máximo das funções urbanas do espaço entre os dois rios.

No histórico de crescimento de Teresina se verifica que áreas impróprias de receber investimentos imobiliários foram sendo ocupadas. Muitas áreas susceptíveis às inundações foram aterradas na extensão dos rios, como ex., os grandes shoppings nas margens do rio Poti. Tantas outras áreas marginais foram ocupadas definitivamente, principalmente na zona Norte, Sul, Leste e Sudeste cedendo lugar para as residências, para a verticalização e para a favelização (Figura 21).

Figura 21 – Fotografia da verticalização da cidade as margens do rio Poti



Fonte: Feitosa, 2014.

Evidente que os avanços da urbanização sem planejamento retornam um conjunto de problemas, em Teresina uma delas tem relação com a precariedade do sistema de drenagem. Tomando-a como referência a Defesa Civil mapeou na cidade zonas de risco baseado nos recorrentes problemas de acúmulo de águas pluviais, onde se destaca a zona Leste, nos seguintes pontos: Av. Cajuína, Av. Raul Lopes, Av. Homero Castelo Branco, Av. Presidente Kennedy.

Já os bairros e vilas mais atingidos pelas enchentes, segundo a Prefeitura Municipal de Teresina (Decreto Emergência Nº 7.652 de 03 de abril de 2008) e a Defesa Civil, são:

- Zona Sudeste: Vila Beira Rio, Residencial Novo Milênio, Vila Calfixe, Vila Dona Lucy, Bairro Comprida, Bairro Extrema, Bairro Redonda, Bairro São Sebastião e Bairro São Raimundo;
- Zona Norte: Bairro Olarias, Bairro Mafrense, Bairro Poti Velho, Bairro Alto Alegre, Bairro São Francisco, Bairro Mocambinho, Bairro Nova Brasília, Bairro Água Mineral, Bairro São Joaquim, Bairro Primavera, Bairro Ilhotas, Bairro Santa Rosa, Bairro Matinha, Bairro Porenquanto, Bairro Santa Maria da Codipi;
- Zona Sul: Bairro Areias, Bairro Três Andares, Bairro Parque Rodoviário (Catarina), Bairro São Pedro;
- Zona Leste: Vila São José, Bairro Noivos e Bairro São João.

Contribuindo para uma política urbana mais ordenada e pensando focar nas projeções de crescimento da malha urbana, a Agenda 2015 de Teresina define as zonas de preservação ambiental, áreas de ocupação restrita futura. Concernem aquelas que ficam nas proximidades e ao longo dos rios da cidade, em especial, o rio Poti. No Art. 1º § 5º as Zonas de Preservação Ambiental (ZP5) compreendem: III – as áreas marginais do rio Poti, correspondentes a uma faixa com largura de 100m (cem metros), salvo quando já esteja ocupado, caso em que a faixa tem a largura da área ainda não ocupada.

Percebe-se que os conflitos e riscos urbanos fornecem um arsenal indicativo de uma sociedade em desordem. Portanto, é necessária que medidas de controle, prevenção e preservação se torne a tônica de um gerenciamento integrado e capaz de sustentar as relações de reciprocidade nas quais o humano e o não humano possam se equacionar e se sustentar. Enfim, são medidas fundamentais no disciplinamento da expansão da cidade e atenuação das amenidades geradas seja pelos eventos naturais, seja pelo sistema socioeconômico.

4.6 Teresina de 1980 a 2010: Crescimento e Espreadimento da Malha Urbana

De acordo com o IBGE, o território de Teresina compreende uma área total de 1.391.981 km², onde segundo a Secretaria Municipal de Planejamento (SEMPHAM), 17% são considerados área urbana e 83% área rural. O território municipal é dividido administrativamente em quatro regiões: Sul, Sudeste, Leste e Centro-Norte, as quais possuem

planos de desenvolvimento urbano e rural conduzidos pela Superintendência de Desenvolvimento Urbano (SDU) e Superintendência de Desenvolvimento Rural (SDR).

Teresina ingressou na urbanização de forma mais intensa a partir da década de 1950, e principalmente de 1960. No período de 1950, a capital contava com uma população de 90.723 habitantes, destes 51.417 vivendo na zona urbana e 39.306 na zona rural (TERESINA, 2002a). De acordo com o PDLI (1969) consultado por Rodrigues (2013, p.) “os anos de 1960 marcaram a ocupação além do rio Poti [...]. A construção e pavimentação da BR 343, aliada à necessidade de expansão urbana, contribuíram para uma intensificação de loteamentos, resultando numa malha confusa e complexa”, ressalta o autor. No sentido leste-nordeste, o crescimento da cidade se deu com a instalação da ponte dos Noivos, como referido, quando a cidade transpôs o rio Poti. Facultando o surgimento dos bairros de Fátima, Jóquei e São Cristóvão. Dispostos ao longo e nas imediações da BR 343 estes bairros se comunicam através da rodovia com a Av. Frei Serafim e com o Centro (MOREIRA, 1972, p. 20).

No período de 1960 a descentralização ocorre, notadamente, em função da expansão comercial e de serviços em geral. Conseqüentemente, um grande impulso é dado na transferência populacional, o que levou a população urbana ultrapassar o dobro da população rural, enquanto 98.326 habitantes viviam na cidade, 44.463 moravam na zona rural (TERESINA, 2002a), e ampliou a malha urbana.

Nas décadas seguintes à de 1960, a cidade de Teresina, sofre profundas transformações importantes para a compreensão da sua organização interna, refletindo sua participação nas redes urbanas do Piauí e da região como um todo. As medidas adotadas por parte do governo federal de uma política pública que priorizava a habitação nos anos de 1960 favoreceu a construção de muitos conjuntos habitacionais e, por conseguinte, o espraiamento da malha urbana da cidade, destaca Façanha (2004).

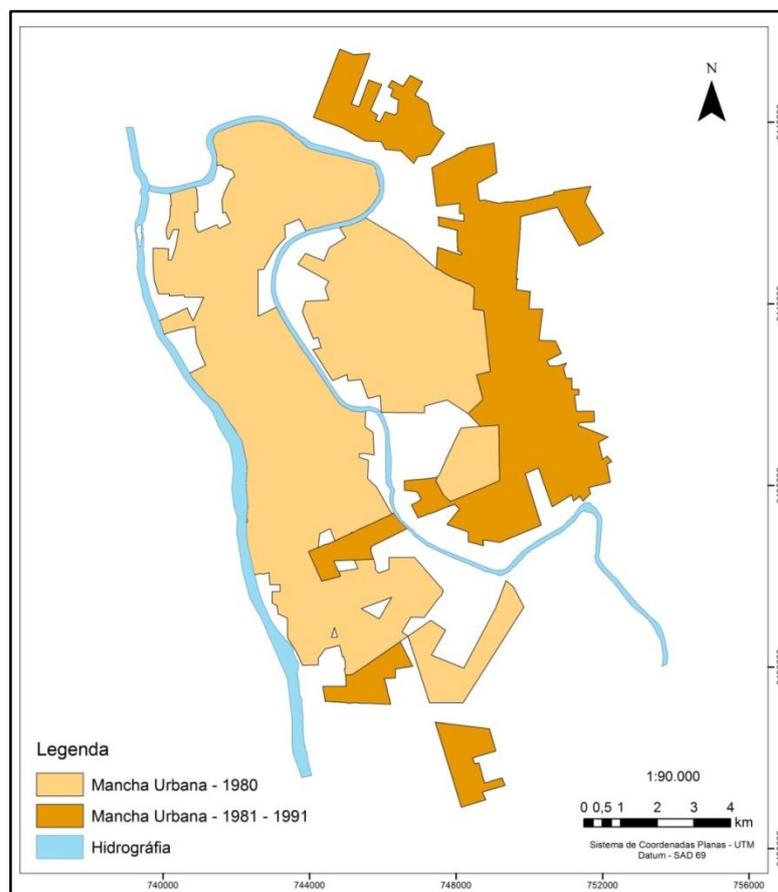
Nos anos de 1970 o crescimento urbano de Teresina continuava influenciado pela ascensão da industrialização juntamente com outras atividades econômicas e com as políticas habitacionais nacionais incentivadas na época (RODRIGUES, 2013). O crescimento e a introdução de inovações tecnológicas em diversos setores na capital contribuíram sobremaneira, para transformar Teresina num pólo de atração populacional, intensificando a urbanização configurada desde 1950 (VIANA, 2007).

Na transição das décadas de 1970 e 1980, a população teresinense alcançou um acréscimo da ordem de 5,53% e 4,27% respectivamente (FAÇANHA, 1998). O rápido crescimento urbano trouxe comprometimento para a qualidade de vida dos cidadãos e influenciou o governo municipal a intervir no cenário urbano, ação que culminou na elaboração

do I Plano Estrutural de Teresina (I PET) em 1977, objetivando o disciplinamento do solo urbano de Teresina, a partir da definição de padrões de densidade por zonas e áreas de expansão, além do estabelecimento do perímetro urbano.

Comparando o crescimento urbano de Teresina com o cenário que antecedeu essa década, observa-se que o desenho da malha urbana até 1980 obedece a um crescimento mais intenso da zona Sul, e um menos expressivo na zona Leste e um maior no sentido na zona Norte. Ou seja, um território espacialmente contraditório e socialmente desigual fruto do processo urbano iniciado em décadas anteriores e que perdurou na década de 1980 (Figura 22). Façanha (2004) confere que com a intervenção do Estado ocorre maior intervenção no tecido urbano, e em Teresina as causas sociais intensificam os movimentos em defesa da moradia. Na zona Norte esses grupos procuram fugir das enchentes ocorridas na cidade, o que contribuiu, dentre outros movimentos, para fragmentar ainda mais o espaço.

Figura 22 – Mapa da mancha urbana de Teresina entre 1981 e 1991.



Fonte: Rodrigues, 2013.

Ao longo da década de 1990 se intensificou a descentralização onde a maior participação tenha sido a instalação dos shoppings centers. Depreende-se, contudo, que a política habitacional implantada em Teresina desde 1960 imprimiu nova dinâmica espacial na cidade. De modo geral, a zona Sul se destaca na década de 1980 juntamente com a zona Norte, esta inclusive superando os obstáculos físico-geográficos. Surgem os conjuntos Mocambinho I, II e III e São Joaquim nesta área, enquanto a Sudeste ganhou expressividade na década de 1970 em vários bairros como o Dirceu I e II.

No decorrer desse período registra-se uma grande queda na produção habitacional. Contudo, ocorre ascensão no número de vilas e favelas em toda a cidade aliada aos processos de segregação espacial e ao de verticalização. Os principais vetores de expansão da malha urbana assinalados por Rodrigues (2013) incorporam, dentre outros, o empreendedorismo ocasionado por diversas empresas propiciando a abertura de grandes avenidas, promoveu a

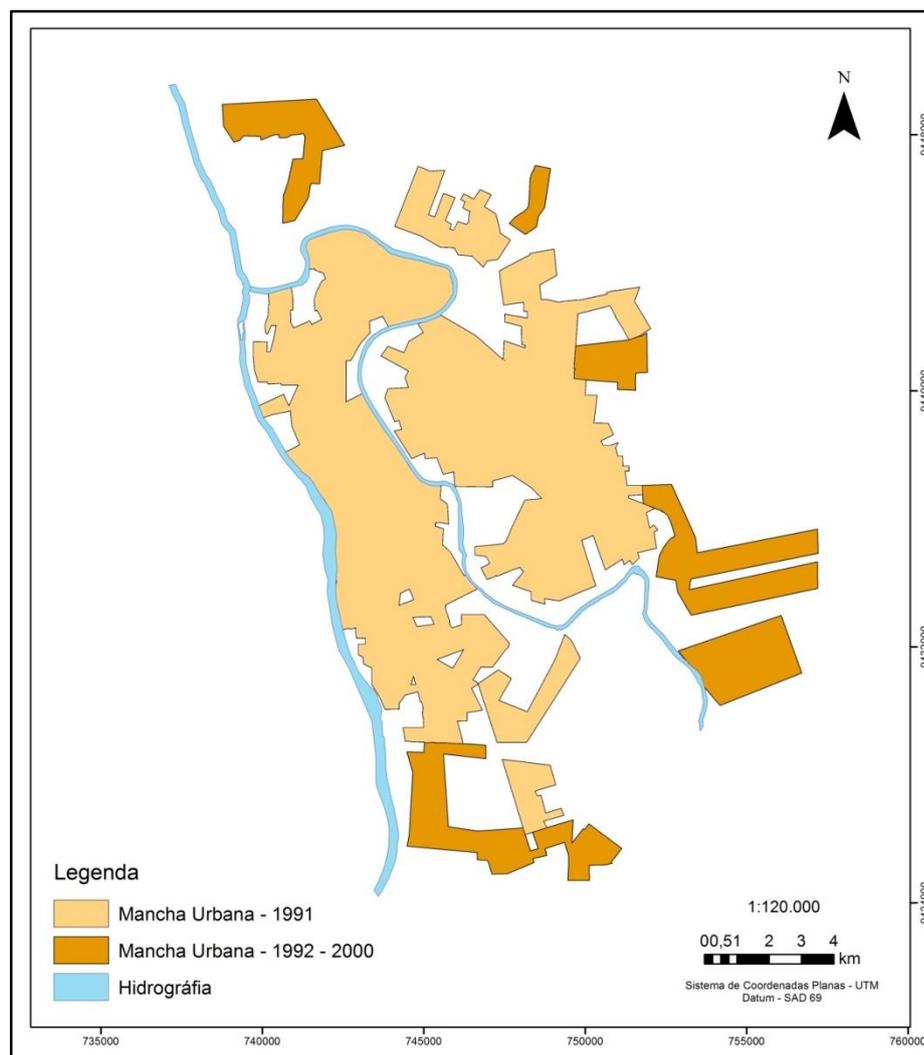
descentralização e norteou ainda a expansão do espaço urbano nos sentidos norte e, principalmente, leste e sul da cidade.

Ainda para 1980 a mancha urbana já cobria, aproximadamente, uma área de 7320,420792 ha, o que corresponde um acréscimo de 48,39% em relação ao ocorrido na década de 1960. Na análise de Rodrigues o crescimento industrial e o setor de serviços foram os principais vetores da descentralização da malha urbana da cidade nesse período. Em relação à década anterior (1970) houve um crescimento maior da porção Leste/Sudeste, além da zona Norte, que se sobressai historicamente com crescimento menor.

Entre 1990 e 2000 Teresina agregou uma área aproximada de 3407,8301 ha, expandindo-se, portanto, em torno de 31,28%. A década de 1990 foi onde se deu uma menor expansão da cidade, conferida na Figura 23. De acordo com Agenda 2015, o aspecto mais marcante para o período centra-se na política habitacional que sofreu uma grande queda.

Na atualidade a zona Leste abriga instalações destinadas a um grupo elitizado, enquanto que a zona Sul, evidencia claramente a função habitacional direcionada à grande massa da população. Para a zona Norte, projeta-se um novo ordenamento sustentado especificamente por atividades de natureza agrária, pela extensão de conjuntos residenciais, dentre outras funções.

Figura 23 – Mapa da evolução da mancha urbana de Teresina entre 1992 e 2000



Fonte: Rodrigues, 2013.

O espaço urbano de Teresina fixa o processo de urbanização do Piauí que se distingue em dois períodos: o primeiro, entre 1970 e 1985, é marcado pela influência da política nacional (representa a presença de novas paisagens, novas formas de uso da terra urbana) e; o segundo período, entre 1985 e 1995, pela ação de uma política de descentralização ocorrida no país, como bem retratou Façanha (2004), Viana (2007), Rodrigues (2013). No plano municipal os reflexos dessa política dizem respeito à elaboração de novas leis de regularização e desapropriação de terras.

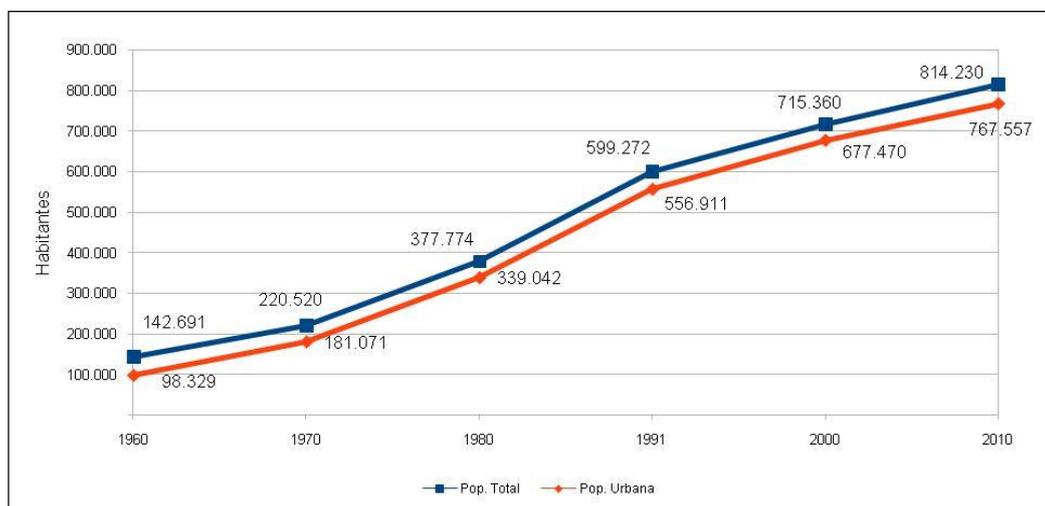
Em função do intenso crescimento alcançado notadamente no período 1970/1980, a Prefeitura Municipal de Teresina reorganizou a distribuição dos bairros por zonas, incluindo a zona Sudeste, a partir do desmembramento da zona Leste, reagrupando-os nas seguintes

unidades: Administração Regional Norte, Administração Regional Sul, Administração Regional Centro, Administração Regional Leste e Administração Regional Sudeste.

Na década de 1990 a população cresceu 2,5% ao ano, no período entre 1996 e 2000, em uma taxa superior à média registrada no Brasil, cerca de 1,6% ao ano, no mesmo período. Nesta década houve um intenso crescimento dos bairros periféricos, destacando-se os da região Sudeste (Gurupi e Redonda), com taxa de crescimento populacional superior a 10% ao ano (IBGE, 2000).

A partir dos dados dos Censos Demográficos do IBGE observa-se no intervalo temporal de 1980 a 2010 (interesse da tese) que Teresina passou por intenso incremento populacional, iniciado especialmente na década de 1960. Em 1980 a população não chegava a 400 mil habitantes e, em 2010, passou para 814.230 habitantes (Gráfico 6). A população urbana no período apresentou um crescimento significativo de aproximadamente 55,82%, o que corresponde a 428.515 habitantes, confirmando a evolução do processo de urbanização da capital. Esse aumento da população e sua concentração na zona urbana acarretam numa maior demanda por serviços públicos de qualidade e políticas públicas eficientes que promovam a melhoria da qualidade de vida aos cidadãos.

Gráfico 6 – Evolução populacional de Teresina (1980/2010)



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

Os ambientes urbanos como tendência mundial, abrigam, cada vez mais, um maior percentual da população, apresentando assim maior densidade populacional e agravamento no gerenciamento dos atributos naturais e das formas de ocupação do espaço. Com isso o plano diretor figura como importante instrumento de política de desenvolvimento e garantia

sustentável de vida no município. O Plano Diretor de Teresina, Lei nº 3.558 denominado Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015 é o instrumento normativo e orientador em vigência dos processos de transformação urbana, nos seus aspectos político-sociais, físico-ambientais e administrativos. (TERESINA, 2006).

De acordo com Rodrigues (2013) a Agenda 2015 se comparada aos planos diretores anteriores, possui caráter mais politizado haja vista sua construção se apoiar no contexto da Lei 10.257 de 10 de julho de 2001, o Estatuto da Cidade. A Agenda 21 de Teresina foi normatizada pela Lei nº 3. 558 de 20 de julho de 2006 e institucionalizou o Plano Diretor de Teresina. Em seus objetivos físico-ambientais (Art. 7º) consta a definição da reorganização e expansão do espaço urbano com a finalidade de estabelecer uma melhor funcionalidade desse espaço, a fim de buscar uma melhor qualidade de vida da cidade.

O planejamento urbano consolidado na figura dos Planos Diretores teve início em Teresina em outubro de 1969 com a publicação do Plano de Desenvolvimento Social Integrado, o PDLI. O PDLI propõe, inicialmente, compor um grande planejamento da cidade, onde reúne dados sobre as principais características de Teresina, desde aspectos físico-geográficos, dados demográficos e de serviços, economia dentre outros relativos à organização espacial e gestão municipal da cidade. Na segunda seção traçam diretrizes prevendo mudanças relacionadas ao aspecto espacial para nortear o crescimento ou a evolução do desenho urbano de Teresina, levando em conta diversos aspectos. Na dimensão climática e topográfica, p.ex., defende a “projeção de novos bairros residenciais nas partes mais altas do interflúvio, em direção aos terrenos mais irregulares de colinas e morros a sudeste [...]” (TERESINA, 1969, p. 61 *apud* RODRIGUES, 2013).

Uma revisão do PDLI é feita baseada em crítica feita sobre a metodologia no ato da sua elaboração onde é apontada a falta de interdisciplinaridade, e apesar da abrangência e detalhamento dos estudos realizados, detecta-se a falta de nexos para seu maior entendimento (RODRIGUES, 2013) elabora-se, então, o I Plano Estrutural de Teresina. O I PET traz no Capítulo I, Projeto de Uso e Ocupação do Solo e no Capítulo II, trata do perímetro urbano da cidade – a área territorial e a expansão urbana.

Entretanto, Teresina crescia e sua estrutura urbana exigiu planejamento mais acurado. Nesse sentido, foi projetado o terceiro plano urbano da cidade, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Teresina-PDDU (1983), este foi o primeiro plano urbano que utilizou em sua nomenclatura a terminologia “plano diretor”, e que não foi posto em prática devido sua elaboração não ter sido concluída.

Com isso, o II Plano Estrutural de Teresina instituído com base na Lei nº 1.932 de 16 de agosto de 1988, apresenta-se como instrumento normativo e orientador dos processos de transformação, nas dimensões político-sociais, físico-ambiental e administrativo. A cidade nesse modelo fica assim organizada: zonas residenciais, zonas comerciais, zonas de serviços, zonas industriais, zonas especiais e zonas de preservação permanente. No art. 3º da citada Lei, “serão observadas nas zonas de preservação ambiental as condições de preservação, reconstituição e renovação das edificações e, também, a revitalização de usos e espaços físicos de recreação e lazer”.

Em 1993, o II PET passa por uma revisão onde a ocupação do solo urbano e os códigos de obras e edificações são alvo de revisão em favor do processo de verticalização e do crescimento populacional, haja vista as novas demandas surgidas ou intensificadas na cidade no início desta década. Entra em vigor o Plano de Desenvolvimento Sustentável-Teresina, Agenda 2015. Sua obrigatoriedade confere os avanços e adequações exigidas nas leis municipais estabelecidas pelo Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001).

5 ENCHENTES DO RIO POTI: RISCOS E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA CIDADE DE TERESINA

5.1 Aspectos Metodológicos

A operacionalização adotada para fins deste estudo admite uma cadeia de etapas fundamentais para se alcançar a leitura integrada das dimensões do ambiente urbano, enchentes, risco e das vulnerabilidades socioambientais e, assim demonstrar as hipóteses centrais desta tese.

Na análise da precipitação foram utilizados dados diários de chuva, do período de 30 anos (1981 a 2010), disponibilizados pela estação meteorológica do CPRM de Teresina e dados de temperatura do INMET. Após a organização e tabulação dos dados foram realizadas as análises a respeito das características pluviométricas, análise de tendência para os dias consecutivos chuvosos e dias consecutivos secos, cálculo do índice de anomalia de chuva, cálculo do balanço hídrico climatológico e aplicação da técnica dos quantis, com o intuito de contribuir para um entendimento da influência climática e com a gestão de risco de enchente associado às chuvas em Teresina.

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) identifica a variabilidade das chuvas em relação à condição normal de precipitação da região estudada. Nessa perspectiva o IAC foi realizado por meio das equações 1, para anomalias positivas que são valores acima da média e 2, para anomalias negativas que são valores abaixo da média, com base na metodologia proposta por Rooy (1965), adaptada por Freitas(2004; 2005).

$$IAC = 3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \text{ equação 1,}$$

$$IAC = -3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \text{ equação 2,}$$

Em que,

N = precipitação anual (mm),

\bar{N} = precipitação média anual da série (mm),

\bar{M} = média das 10 maiores precipitações anuais da série (mm), e

\bar{X} = média das 10 menores precipitações anuais da série (mm).

A partir do cálculo do Índice de Anomalia de Chuva foi estabelecida uma classificação para anos úmidos e anos secos utilizada por Araújo et al. (2009), com base em Freitas (2004 e 2005), conforme Tabela 2:

Tabela 2 - Classe de intensidade do Índice de Anomalia de Chuva– IAC

	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	De 4 acima	Extremamente Úmido
	2 a 4	Muito Úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito Seco
	De -4 abaixo	Extremamente Seco

Fonte: Araújo et al. (2009)

A técnica dos quantis classifica a distribuição pluviométrica temporal em Teresina/PI, por meio da metodologia adotada nos estudos realizados por Pinkayan (1966) e Xavier (2007). Para análise da técnica dos quantis utilizou-se cinco classes: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso, em escala anual, auxiliares na sistematização de dados e na obtenção dos valores normais ou habituais para a chuva, representadas pelos quantis $Q(0,15)$, $Q(0,35)$, $Q(0,50)$, $Q(0,65)$ e $Q(0,85)$. Os valores de cada ordem quantílica citada foram aplicados por meio da seguinte fórmula: $Q(P) = Y_i + \{[P - P_i] / [P_{i+1} - P_i]\} * [Y_{i+1} - Y_i]$.

Foram delimitados valores extremos de chuva para a região estudada, utilizando-se o quantil de ordem 85% (valores extremos superiores para a chuva acumulada em determinado ano). Dessa forma, de acordo com os totais acumulados em cada ano da série histórica e que foram ordenados do menor valor para o maior valor, considerando os valores extremos acima do $Q(0,85)$ que representam os valores de elevada pluviosidade.

Os dados de precipitação pluviométrica foram analisados em dois índices sugeridos pelo *Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices* (ETCCDMI), sendo eles dependentes da precipitação pluvial diária, com suas definições e unidades (RR é o valor da precipitação diária; $RR \geq 1$ mm representa um dia úmido e $RR < 1$ mm, um dia seco): Dias Consecutivos Chuvosos (DCC), Número máximo de dias consecutivos com $RR > 1$ mm; Dias Consecutivos Secos (DCS), número máximo de dias consecutivos com $RR < 1$ mm; Precipitação total anual em dias úmidos (PRCPTOT).

- Dias Consecutivos Chuvosos – DCC

É dado pelo maior número de dias Consecutivos sempre que a chuva for maior que 1 mm. Em que RR_{ij} , o total de precipitação diária no dia i no período j maior do que 1mm.

$$DCC = RR_{ij} < 1mm$$

- Dias Consecutivos Secos – DCS

É dado pelo maior número de Dias Consecutivos sempre que a chuva for menor que 1mm. Em que RR_{ij} , o total de precipitação diária no dia i no período j menor do que 1mm.

$$DCS = RR_{ij} \geq 1mm$$

Precipitação Total – PRCPTOT

É a soma total de precipitação diária no dia i no período j .

$$PRCPTOT = \sum_{i=1}^I RR_{ij}$$

Para o tratamento estatístico foi utilizado o ambiente R, uma suíte de aplicativos para manipulação de dados, cálculo e visualização gráfica, e o módulo RCLimDex desenvolvido pelos pesquisadores Xuebin Zhang e Feng Yang (ZHANG; YANG, 2004). O software verifica as possíveis tendências (*slope estimate*) para os índices climáticos sugeridos pelo ETCCDMI, fornecendo os testes de significância estatística (p-value) para cada índice climático. Estes índices possuem dois graus de significância estatística (p-value), $p < 0,05$ e $0,05 < p < 0,1$. Quando os valores de p-value forem superiores a 0,1 não possuem significância estatística. Quando os valores de p-value ficam no intervalo de $0,05 < p < 0,1$ os resultados apresentam boa significância estatística, enquanto que os valores abaixo de $p < 0,05$ demonstram alta significância estatística.

Na análise das enchentes para os eventos de 1985, 1995 e 2009 foi feito um levantamento junto aos arquivos do jornal O Dia e às informações disponibilizadas em DVD pela TV Cidade Verde.

Quanto ao recurso da análise fatorial utilizada neste estudo, relaciona-se a uma técnica de análise multivariada que permite estudar as relações internas de um conjunto de variáveis. As variáveis originais são substituídas por um conjunto menor de fatores independentes e linearmente relacionadas às variáveis – ou variáveis não observáveis – não correlacionados

(fatores ortogonais) e que explicam a maior parte da variância do conjunto original (FACHEL, 1976). O objetivo da utilização desse método é verificar quais variáveis devem ficar juntas, por estarem fortemente associadas com certo fator, que se supõem independente e linearmente relacionado às variáveis, assim facilitando a análise. Em notação matricial, o modelo fatorial pode ser expresso, de acordo com Maroco (2007), por:

$$\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu} = \boldsymbol{\Lambda}\mathbf{F} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

Em que,

$(\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu})_{p \times 1}$ representa o vetor das p variáveis padronizadas;

$\boldsymbol{\mu}_{p \times 1}$ representa o vetor média;

$\mathbf{F}_{p \times 1}$ representa o vetor de fatores comuns;

$\boldsymbol{\varepsilon}_{p \times 1}$ representa o vetor de fatores específicos;

$\boldsymbol{\Lambda}_{p \times m}$ representa a matriz dos pesos fatoriais;

Na aplicação desse modelo matricial é utilizado o método de extração dos fatores por componentes principais, onde é determinado o número de fatores comuns necessários para descrever adequadamente os dados.

5.1.1 Critérios de Validação para o Uso da Análise Fatorial

Seguindo as orientações de Hair *et al.* (2005) e Izenman (2008), foi feito o teste KMO e de Bartlett. Os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e Bartlett indicam a adequação para utilização da análise fatorial.

O primeiro teste citado é uma estatística que indica a proporção da variância dos dados que pode ser considerada comum a todas as variáveis, ou seja, que pode ser atribuída a um fator comum. Portanto, quanto mais próximo de 1 (unidade) melhor o resultado, logo mais adequada é a amostra à aplicação da análise fatorial (MAROCO, 2007).

A aplicação de esfericidade de Bartlett testa se a matriz de correlação é uma matriz identidade, o que indicaria que não há correlação entre os dados dentro da população. Dessa forma, procura-se para um nível de significância assumida em 5% rejeitar a hipótese nula de matriz de correlação ser identidade.

A Tabela 3 mostra os critérios adotados de avaliação da Análise Fatorial.

Tabela 3 – Valores Utilizados Como Critério De Avaliação Na Análise Fatorial

Teste Estatístico e Medida	Valor recomendado
KMO	$\geq 0,5$
Probabilidade Associada Com o Teste de Bartlett	$< 0,001$

Fonte: Araújo et al. (2009)

Fazendo uso do teste na amostra, temos os seguintes resultados, resumidos na Tabela 4.

Tabela 4 – Teste de Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem e teste de Bartlett.

Teste Estatístico e Medida	Valor encontrado
KMO	= 0,5122
Probabilidade Associada Com o Teste de Bartlett	$< 0,0001$

Fonte: Araújo et al. (2009)

O teste KMO foi considerado adequado segundo o critério estabelecido ($0,5122 > 0,5$), ou seja, indica que as variáveis analisadas estão relacionadas e no teste de Bartlett foi encontrado um p-valor $< 0,0001$, rejeitando a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz identidade (a diagonal principal tem valor 1 e os outros elementos da matriz são nulos), portanto, segundo o critério estabelecido, é válida a análise fatorial.

5.1.2 Análise fatorial por componentes principais

O método de extração de fatores por componentes principais, as p-variáveis originais geram através de suas combinações lineares, p-componentes principais, que tem como principal característica, além da ortogonalidade, obter as componentes principais em ordem decrescente de máxima variância, ou seja, a primeira componente principal detém mais informação estatística que a segunda componente principal, que por sua vez tem mais informação estatística que a terceira componente principal e assim sucessivamente, fazendo a redução da dimensão original das variáveis facilitando a interpretação das análises para o conjunto de dados (JOHNSON; WICHERN, 1992).

A obtenção das componentes principais pode ser por meio da matriz de covariância (Σ), ou, quando houver necessidade de padronizar os dados, podemos obter através matriz de correlação (R), ambas obtidas pela matriz original (X_1, X_2, \dots, X_p). (JOHNSON; WICHERN, 1992). As componentes principais constituem as seguintes combinações lineares:

$$\begin{aligned} Y_1 &= e_{11}X_1 + e_{12}X_2 + \dots + e_{1p}X_p \\ Y_2 &= e_{21}X_1 + e_{22}X_2 + \dots + e_{2p}X_p \\ &\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ Y_p &= e_{p1}X_1 + e_{p2}X_2 + \dots + e_{pp}X_p \end{aligned}$$

Em que Y_p são as p componentes principais (são as novas variáveis, que até então estavam ocultas), e_{ij} os autovetores originados dos autovalores (λ), que por sua vez foram originados da matriz de covariância (Σ), e X_j as variáveis originais.

Ainda, a variância de cada variável se separa em duas partes: a primeira, denominada *comunalidade* identifica a contribuição dos fatores comuns para explicar a variância de cada variável; a segunda, denominada *especificidade* expressa o quanto de específico conserva cada variável, o que não é explicado pelo conjunto de fatores comuns extraídos. Em seguida fez-se a análise de agrupamento para compor a metodologia da vulnerabilidade social.

A análise de agrupamento segundo Malhotra (2006) ou análise de clusters, é uma técnica usada para classificar objetos ou casos em grupos relativamente homogêneos chamados de agrupamentos ou conglomerados. Assim, os objetos em cada agrupamento tendem a ser semelhante entre si, mas diferentes de objetos em outros agrupamentos.

O método utilizado nesta tese para o agrupamento foi o "método de agrupamento não-hierárquico das k-médias", que fornece indicações mais precisas sobre o número de conglomerado a ser formado, quanto menor for a soma dos quadrados residuais, baseado na análise de variância, mais homogêneo são os elementos dentro do grupo e heterogêneo entre os grupos (BUSSAB; MAZAK; ANDRADE, 1990).

Para o desenvolvimento da etapa de campo foram realizadas visitas à área estudada em período intercalado de agosto de 2012 a julho de 2014 para reconhecimento das interfaces existentes no local e das principais atividades socioespaciais e definição das áreas de realização de levantamento topográfico. Utilizou-se de GPS Garmin e-trex com precisão aproximada de 8m para o cálculo do Referencial de Nível (altitude do ponto de amarração do perfil) de cada ponto trabalhado.

Foram delimitadas treze seções de realização dos perfis topográficos perpendiculares ao leito fluvial, dentro da área do baixo curso do rio, tomando seções à esquerda e à direita inicialmente identificadas no mapeamento do CPRM (BRASIL, 2012) e percepção empírica.

Nas seções de realização dos perfis foram desenvolvidas atividades orientadas a partir de descrição do CPRM (dados populacionais, de estrutura urbana e características físicas) e das condições sociais e ambientais observadas que auxiliam na interpretação e análise do comportamento da área em relação às formas de uso e ocupação, bem como a vulnerabilidade ao risco de enchentes.

A escolha dos pontos de observação e descrição foi definida de acordo com a observação visual ao longo da área do baixo curso. Tal observação tinha objetivo principal localizar pontos de maior alteração do ambiente natural em relação à dinâmica fluvial e às atividades humanas (instalação de infra-estruturas, ocupação imprópria das margens e área de proteção permanente, e execução de atividades diversas). Somado a isso conta a identificação das áreas de risco levantadas pelo CPRM.

Assim foram realizados, para caracterizar altimetria e formas de uso nas margens e área de proteção permanente perfis perpendiculares à linha de margem, nivelados através de visadas horizontais. Para a execução dos mesmos foram utilizados aparelhos como: Nível topográfico da marca Kern, Tripé Al-Top e Mira Topográfica, que auxiliam no delineamento altimétrico das margens ocupadas e que podem estar sob a ação das cheias fluviais. Tal procedimento consistiu em realizar uma visada a cada mudança na morfologia do perfil sempre à frente do último ponto onde foi feita a leitura, perpendicularmente à linha de margem, seguindo da zona de amarração do perfil (sempre um local fixo como postes, casas etc.) até a linha d'água. Os dados dos perfis foram anotados em fichas de perfil topográfico e transcritos para o programa Excel (Microsoft Office) onde foram corrigidas as cotas das leituras realizadas. Em seguida as cotas foram plotadas no programa Grapher (Golden Software) que delinea com maior precisão os perfis e editados estes perfis em um editor de texto onde foram colocadas as principais características verificadas em cada perfil.

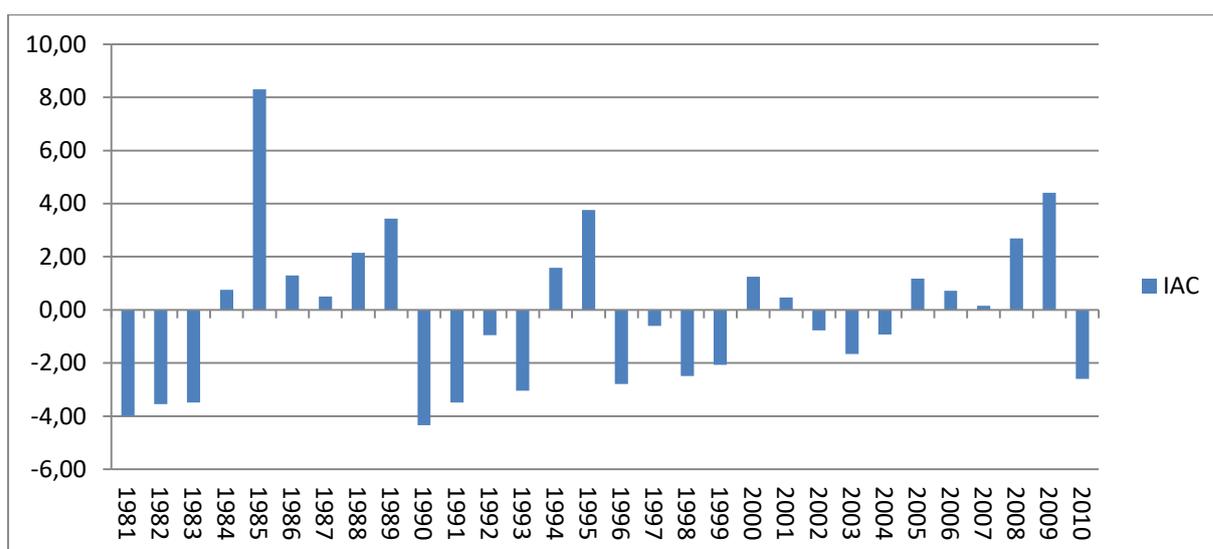
Para identificar também com maior segurança as características e mudanças ocorridas nas seções de perfis, foram feitos registros fotográficos e, ao mesmo tempo, utilizado um GPS de marca Garmin E-trex, no georeferenciamento dos pontos no local.

5.1.3 Análises do Padrão e Tendência Pluviométrica

5.1.3.1 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

O caráter da aplicação das ferramentas como o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) demonstrado no Gráfico 7 refere-se à determinação de classes em razão da variabilidade das precipitações visto que o resultado pode oferecer parâmetro de análise da anomalia pluviométrica e, no caso de Teresina mostra-se interessante, pois um evento de chuva intensa é suficiente para desencadear danos na cidade. As definições destes parâmetros são de suma relevância para os diversos setores da sociedade e da gestão pública, especialmente a Defesa Civil, pois o devido conhecimento da intensidade da chuva auxilia no planejamento e mitigação dos impactos associados às chuvas intensas no município.

Gráfico 7 – Variabilidade interanual das precipitações na capital Teresina (1981-2010)



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

A análise dos dados do IAC para o município de Teresina mostra uma grande variabilidade interanual das precipitações (Gráfico 7). Observam-se valores positivos, que implica que determinado ano foi chuvoso e, dependendo do seu valor, atinge a classe de Chuvoso, Muito Chuvoso ou Extremamente Chuvoso, cabendo às classes Muito Úmido e Extremamente Úmido. Conforme os resultados apresentados no Gráfico 7, houve ocorrência de 15 anos secos e 15 anos úmidos, com valores variando entre -4,34 (1990) e 8,3 (1985). A partir dos cálculos do IAC pode-se perceber que os anos de 1985, 1995 e 2009, estudados na pesquisa,

foram considerados muito úmido e extremamente úmido, e apresentaram grande desvio anual (IAC de 8,85-1985, 3,96-1995, 4,65-2009), verificado na tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Classe de intensidade do IAC para os anos destacados no estudo.

	IAC	INTENSIDADE
1985	8,85	Extremamente Úmido
1995	3,96	Muito Úmido
2009	4,65	Extremamente Úmido

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Cabe ressaltar mediante as classificações apresentadas os elevados impactos associados às anomalias pluviométricas em questão, haja vista, as enchentes observadas nos anos citados. Após determinação das classes apropriadas para o IAC, o qual demonstra sua importância na análise, verificou-se a necessidade de aplicar a técnica dos quantis no sentido de agregar recursos estatísticos que conjuntamente ofereçam critérios avaliativos no estudo dos desastres naturais.

5.1.3.2 Técnica dos Quantis

Com a aplicação da técnica dos quantis foi possível verificar os percentuais 15%, 20% (15% - 35%), 30% (35% - 65%), 20% (65% - 85%) e 15%, que são as probabilidades ou frequências esperadas para os eventos “muito seco”, “seco”, “normal”, “chuvoso” e “muito chuvoso”, respectivamente, durante uma série de anos para os quais seja possível a manutenção das mesmas características para as chuvas, na região considerada, conforme mostra a Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – Classificação dos Percentuais dos Quantis

15%	35%	50%	65%	85%
<-----	<-----	<----->	----->	----->
MUITO SECO	SECO	NORMAL	CHUVOSO	MUITO CHUVOSO
954,97mm	1247,18	1383,65	1507,69	1806,75
Q(0,15)	Q(0,35)	Q(0,50)	Q(0,65)	Q(0,85)

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Em que: Muito Seco = $X_i \leq Q(0,15) \rightarrow X_i \leq 954,97\text{mm}$; Seco = $Q(0,15) < X_i \leq Q(0,35) \rightarrow 954,97\text{mm} < X_i \leq 1247,18\text{mm}$; Normal = $Q(0,35) < X_i < Q(0,65) \rightarrow 1247,18\text{mm} < X_i < 1507,69\text{mm}$; Chuvoso = $Q(0,65) \leq X_i < Q(0,85) \rightarrow 1507,69\text{mm} \leq X_i < 1806,75\text{mm}$; e Muito Chuvoso = $X_i \geq Q(0,85) \rightarrow X_i \geq 1806,75\text{mm}$. Nos resultados, 15% dos anos analisados se apresentaram como muito seco, 20% seco, 30% normal, 20% chuvoso e 15% muito chuvoso (Quadro 1).

Quadro 1 – Classificação dos Quantis aplicável a série histórica estudada (1981-2010)

ANO	TOTAL ANUAL (mm)	CLASSIFICAÇÃO
1981	907,1	Muito Seco
1982	915,0	Muito Seco
1983	1051,2	Seco
1984	1499,3	Normal
1985	2561,7	Muito Chuvoso
1986	1573,9	Chuvoso
1987	1462,3	Normal
1988	1694,2	Chuvoso
1989	1875,2	Muito Chuvoso
1990	798,2	Muito Seco
1991	1262,4	Normal
1992	845,6	Muito Seco
1993	1010,4	Seco
1994	1616,1	Chuvoso
1995	1922,3	Muito Chuvoso
1996	1309,3	Normal

1997	1165,0	Seco
1998	975,9	Seco
1999	1286,3	Normal
2000	1567,3	Chuvoso
2001	1457,5	Normal
2002	1109,1	Seco
2003	1265,4	Normal
2004	1553,0	Chuvoso
2005	1553,8	Normal
2006	1492,6	Normal
2007	1413,5	Normal
2008	1770,9	Chuvoso
2009	2012,8	Muito Chuvoso
2010	1036,9	Seco

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Com os resultados obtidos verifica-se a variabilidade pluviométrica na região característica das áreas tropicais e a influência no regime climático da área em estudo, com esse resultado correlaciona-se a classe Muito Chuvoso com a ocorrência das enchentes que se cruzam com as classes Muito Úmido e Extremamente Úmido da aplicação do IAC. De acordo com os quantis foram classificados 4 anos muito secos, 6 anos secos, 10 anos normais, 6 chuvosos e 4 muito chuvosos correspondentes à classe extrema Muito Chuvoso (1985, 1989, 1995 e 2009). Justifica-se, entretanto, que o ano de 1989 não foi incluído na análise da precipitação pelo fato de não ter sido considerado ano de evento impactante, como os demais, no espaço urbano objetivado.

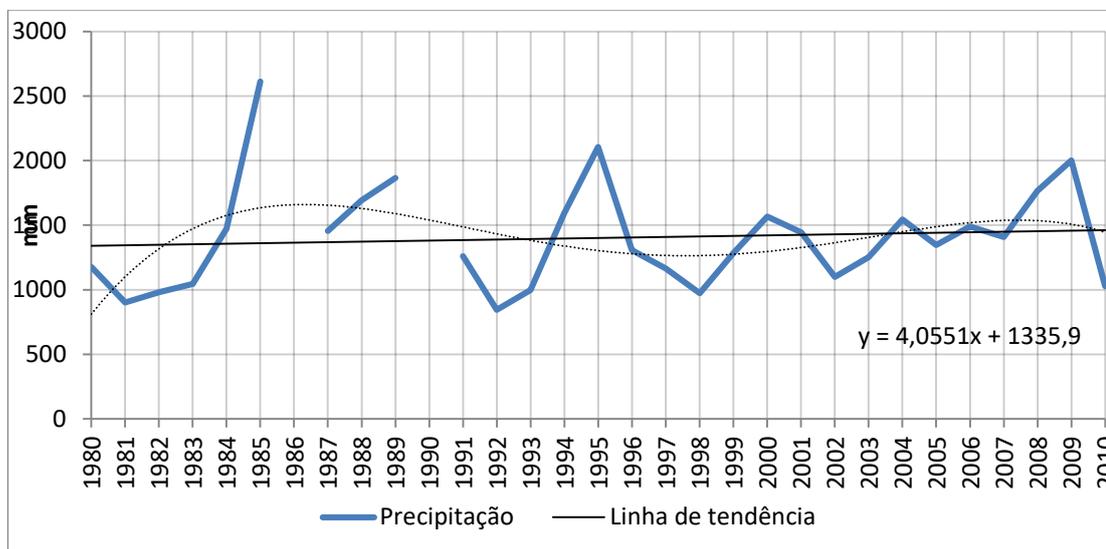
5.1.3.3 Análise de Tendência Pluviométrica

A análise de tendência pluviométrica anual realizada com base em índices estatísticos permitiu apresentar os resultados a seguir expressos de acordo com os parâmetros da respectiva realidade climática e os objetivos da tese.

No Gráfico 8 observa-se que a precipitação total segue uma tendência de leve crescimento. Ressalta-se que apesar de não haver significância estatística, tais tendências merecem atenção quando se trata das enchentes e sua relação com a urbanização e os variados fatores ambientais ao se associarem contribuem para tornar mais vulnerável a ocorrência desse

tipo de desastre. A questão da significância estatística pode estar condicionada pela qualidade da série, e suas interrupções devido à ausência de dados.

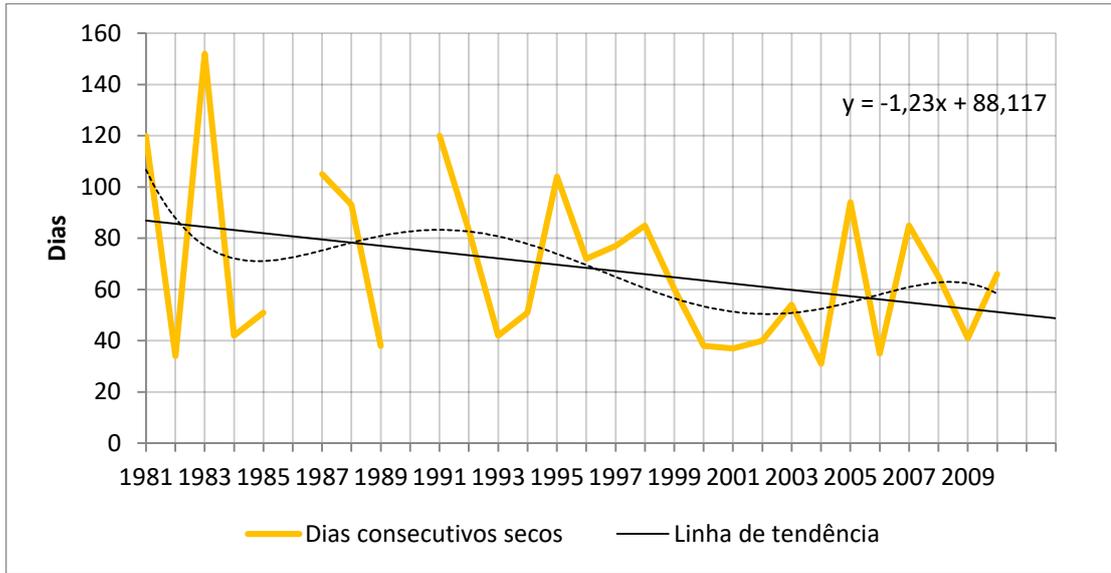
Gráfico 8 – Tendência da precipitação total anual



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

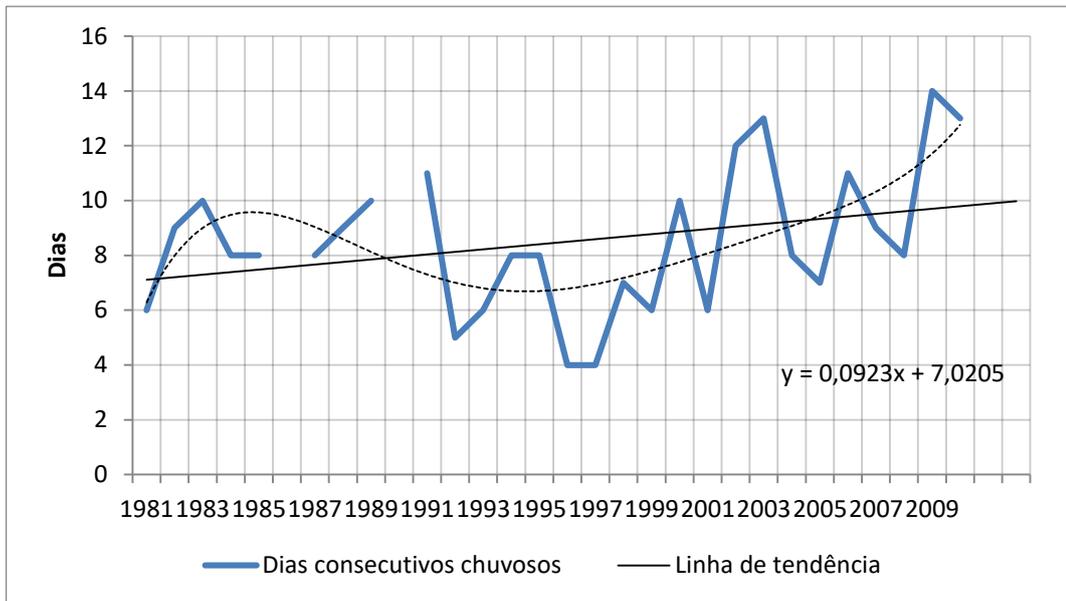
A tendência de dias consecutivos secos e chuvosos, visualizada nos Gráficos 9 e 10 indica que as chuvas estão ficando mais distribuídas, sendo assim, é necessário verificar a questão dos eventos extremos e chuvas. Como ocorre um pequeno aumento nos totais anuais, pode haver importante efeito nos acréscimos nas anomalias climáticas, com isso, os eventos de enchente podem refletir na ampliação das inundações pela possibilidade de o solo já se encontrar encharcado.

Gráfico 9 – Tendência de Dias Consecutivos Secos



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

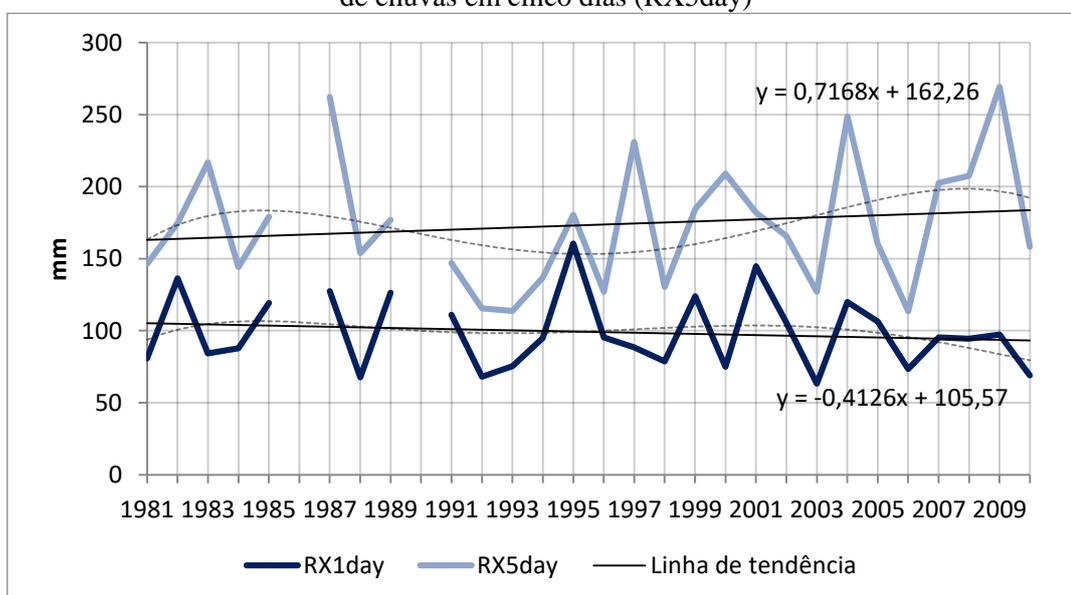
Gráfico 10 – Tendência de Dias Consecutivos Chuvosos



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

A tendência para quantidades máximas de chuvas de 1 e 5 dias demonstrada no Gráfico 11 revela uma diminuição em relação à quantidade máxima em um dia, significando dizer que há tendência dos eventos extremos se reduzirem para as chuvas de 99 percentuais e, para 5 dias indica pequeno aumento na tendência, mas que podem possibilitar junto com os fatores urbanos agravamento das enchentes. É importante acrescentar nesta discussão que o aumento de chuvas fortes e concentradas indica importante parâmetro para o conhecimento e monitoramento do comportamento fluvial.

Gráfico 11 – Tendência de quantidade máxima de chuvas em um dia (RX1day) e quantidade máxima de chuvas em cinco dias (RX5day)



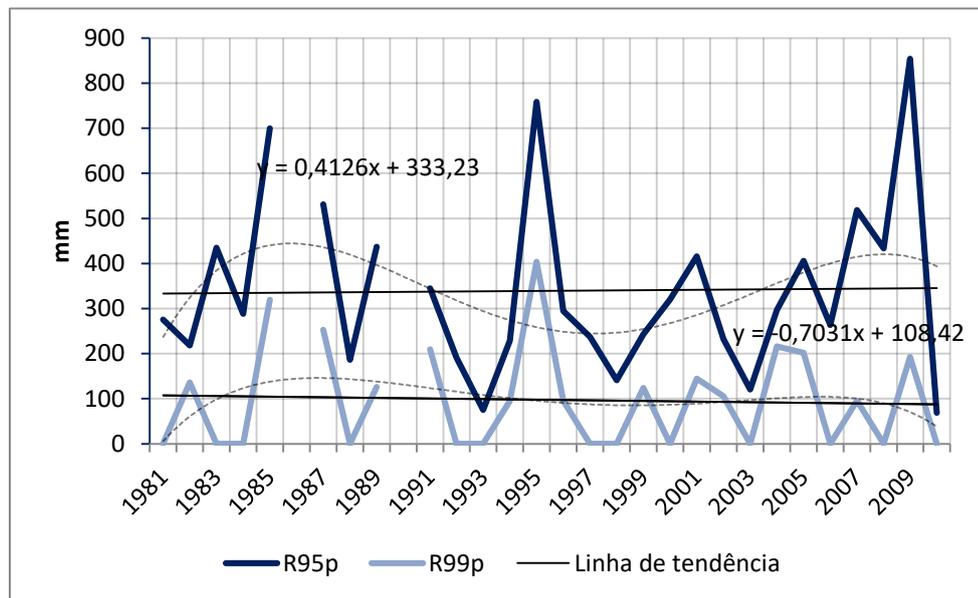
Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Estatisticamente, esse resultado mostra-se útil na análise porque mesmo o percentual apresentando-se um pouco menor pode gerar inundação com o aumento da urbanização e chuva constante. Importa nesse parâmetro estabelecer um entendimento comparativo dos eventos analisados: em 1985 a quantidade de chuva caída no período chuvoso foi superior ao volume precipitado no mesmo período do ano de 2009. Entretanto, os impactos da inundação do último foram muito severos, cuja constatação se averigua a partir do fato urbano e suas derivações que expandiram a malha urbana.

Confere-se, baseado nesse resultado, que as chuvas fortes seguem uma tendência de pouco aumento. Todavia, quando se estabelece ligação com tendência de aumento nas quantidades máximas de chuva para cinco dias (Gráfico 12) é possível aferir que se as chuvas

extremamente fortes ocorrem concentradas e, embora com tendência de diminuição, propagam expressivos impactos urbanos.

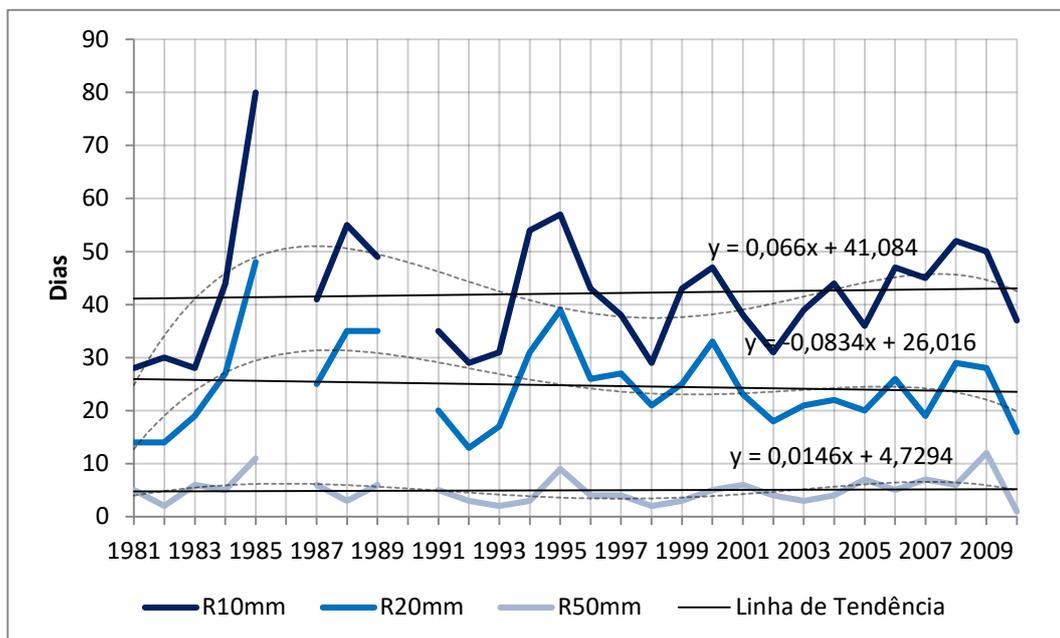
Gráfico 12 – Tendência de Dias Muito Chuvosos (R95p) e Dias Extremamente Chuvosos (R99p)



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

O Gráfico 13 sumariza a classificação das chuvas a partir das características relacionadas às tendências de chuvas excedentes baseado nos parâmetros: chuvas fracas, entre os 10 e 20 mm; chuvas moderadas entre os 20 e 50mm e, chuvas fortes ou moderadamente fortes acima de 50mm. Conforme os resultados demonstrados, há evidência na tendência de crescimento das chuvas fracas, o que pode influenciar no resultado de maior distribuição das precipitações. Enquanto, para os resultados entre os 20 e 50 mm e, para os maiores de 50mm seguem um padrão de diminuição. Tal resposta confere irrelevante significância no caso das enchentes, visto que a tendência mantém certo equilíbrio.

Gráfico 13 – Tendências de dias em que a precipitação excedeu os 10 mm (R10mm), 20 mm (R20mm) e 50 mm (R50mm)



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

De modo amplo os resultados permitem comprovar a hipótese da tese de que a tendência do padrão do padrão das precipitações não constitui elemento climático capaz de determinar e influenciar os efeitos adversos das enchentes no espaço urbano de Teresina. Por outro viés, comprova-se a hipótese de que o avanço da urbanização na cidade de Teresina é o fator que tem implicação potencial nos agravos e vulnerabilidades socioambientais produzidos pelas enchentes.

5.1.3.4 Balanço Hídrico

Depois de correlacionar os índices que permitiram comprovar a hipótese da tese assinalada pela questão pluviométrica, objetivaram-se analisar o acumulado da chuva nos episódios selecionados através do balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite e Matter. Uma vez que a precipitação sobre um solo úmido terá efeitos diferenciados no processo de enchentes, do que sobre um solo seco. Para isso foi utilizado o balanço hídrico sequencial, como pode ser observado na Tabela 7 e nos Gráficos de 14 a 17 para os anos de 1985, 1995 e 2009.

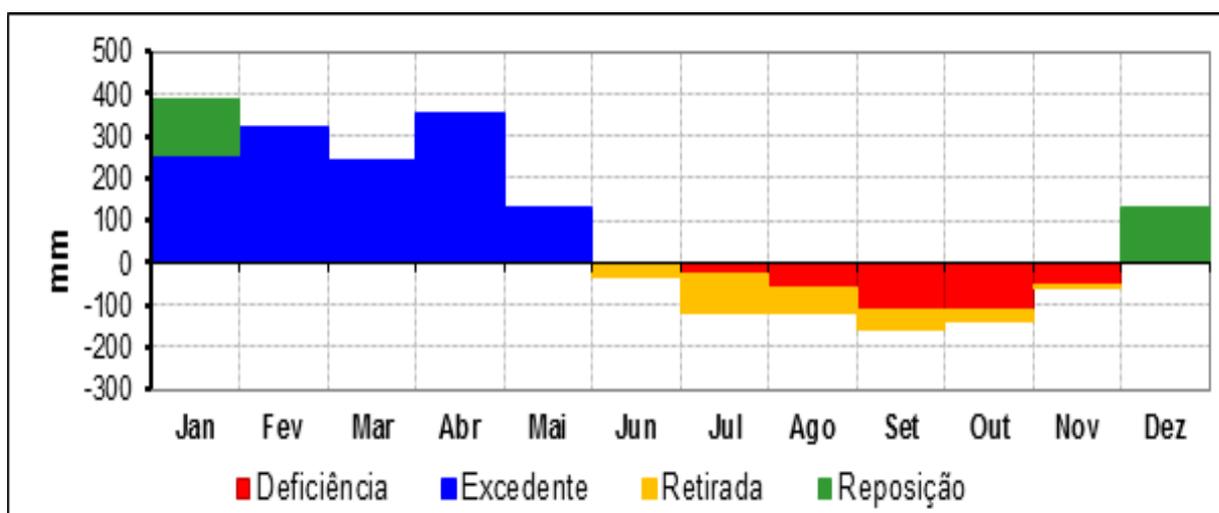
Tabela 7 – Acumulado mensal para o período chuvoso nos três anos de eventos de enchentes analisados em comparação a normal climatológica

Meses	1985	1995	2009	Normal Climatológica
Janeiro	530,4	278,7	213,3	218,3
Fevereiro	404	524,4	183,9	253
Março	367,6	172,9	332,1	308,5
Abril	482,3	384,3	429,4	262,7
Mai	260,2	408,7	496,9	116,3
TOTAL	2044,5	1769	1655,6	1159,4

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

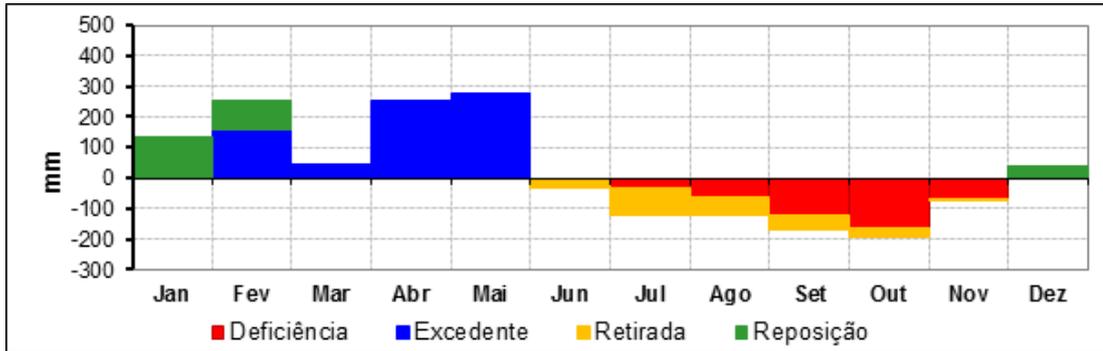
Os eventos com precipitações intensas ao longo de todo o período chuvoso em Teresina geraram um grande excedente hídrico (Tabela 7) o que pode ser considerado, junto com as precipitações a montante do rio Poti, o fator desencadeante para as enchentes. Com uma tendência positiva de precipitação de Dias Consecutivos Chuvosos (Gráfico 10) há maior possibilidade de que os solos e rios da região sejam recarregados de forma constante. Em conjunto com o adensamento urbano, principalmente o que margeia as áreas de drenagem, visto que a urbanização propicia um aumento das áreas impermeabilizadas ao longo da cidade contribuindo para um maior escoamento superficial das águas, com isso pode-se ter aumento substancial do risco de desastres naturais associados às enchentes na área urbana do baixo curso do rio Poti.

Gráfico 14 – Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano de 1985



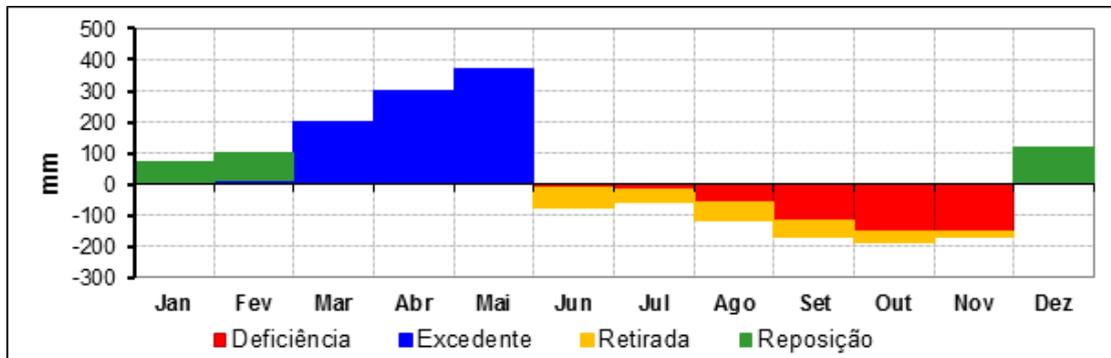
Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Gráfico 15 – Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano de 1995



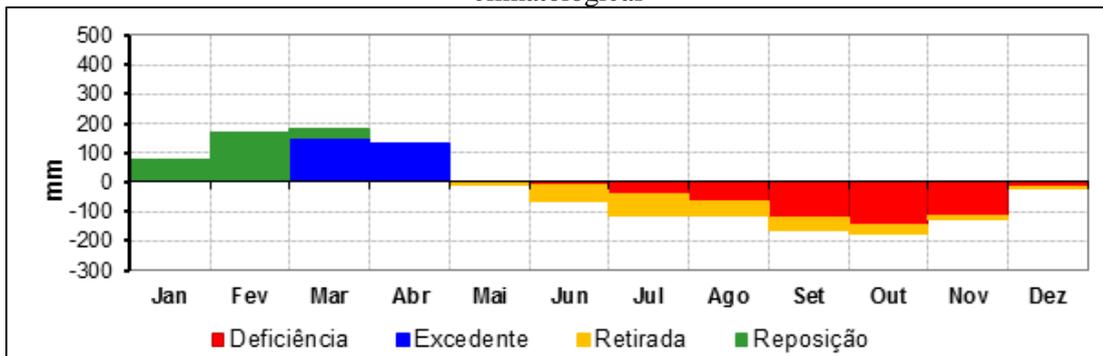
Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Gráfico 16 – Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano de 2009



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Gráfico 17 – Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano pelas normas climatológicas



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Os dados acima constataam que o excedente hídrico, especialmente o demonstrado no Gráfico 17 em relação às normais climatológicas, nos meses de março e abril, fornecem respostas satisfatórias às questões levantadas sobre as enchentes em análise.

5.2 Análise Episódica de Enchentes do Rio Poti: Eventos de 1985, 1995 e 2009.

As chuvas, considerada fenômeno natural associada à urbanização e suas formas de ocupação irregular têm acarretado variados níveis de perigo e vulnerabilidades na cidade como ocorre durante as enchentes. Cordeiro (1992) citado por Cristo (2002) ressalta que o agravamento das enchentes se dá com o desmatamento e a ocupação desordenada nas áreas de planícies de inundação, como pode ser constatado na presente área de pesquisa, fato que denota o crescimento populacional e a expansão urbana mal planejada de Teresina. Salienta-se que os impactos mais pronunciados se dirigem às áreas marginais do rio Poti, fato que serviu de apoio para a discussão dos eventos pluviais aqui destacados.

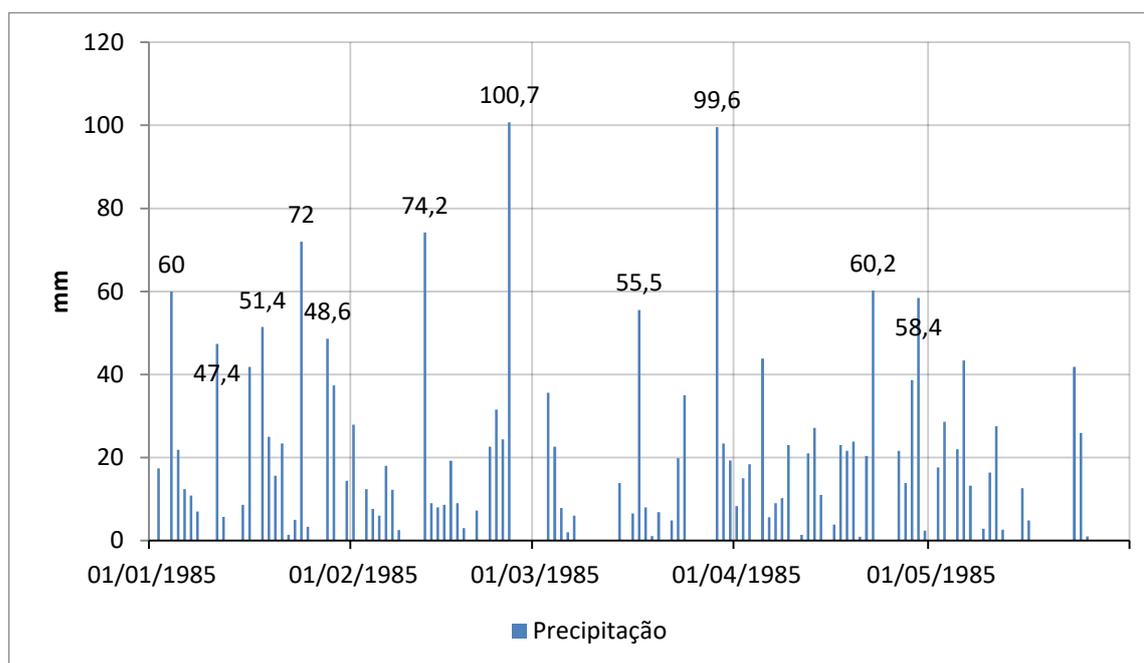
No período analisado de 1981 a 2010, as anomalias pluviométricas que se sobressaíram foram aquelas referentes aos episódios de 1985, 1995 e 2009 posto a significativa expressão socioespacial instalada na cidade de Teresina. Portanto, nesse recorte temporal, identificaram-se aqueles que demonstraram chuvas superiores a 50 mm em 24 horas, para caracterizar os agravos da população afetada e conferir notícias de jornais locais.

Percebe-se que há uma evidente correlação estatística do incremento de desastres naturais de enchentes com a precipitação. É notória a expressividade dos riscos em cada evento analisado. A discussão que se segue pode servir de guia em tal conferência.

- **Episódio 1 – 1985**

O ano de 1985 foi o que registrou nos últimos vinte anos, o maior volume de precipitação de Teresina. O período chuvoso se prolongou ininterruptamente de janeiro a maio contribuindo para a saturação do solo e, conseqüentemente para o transbordamento dos principais canais fluviais da cidade, os rios Poti e Parnaíba. Além disso, a distribuição da precipitação como pode ser constatado no Gráfico 18 provocou uma sucessão de episódio de cheias e situações de perigo na cidade.

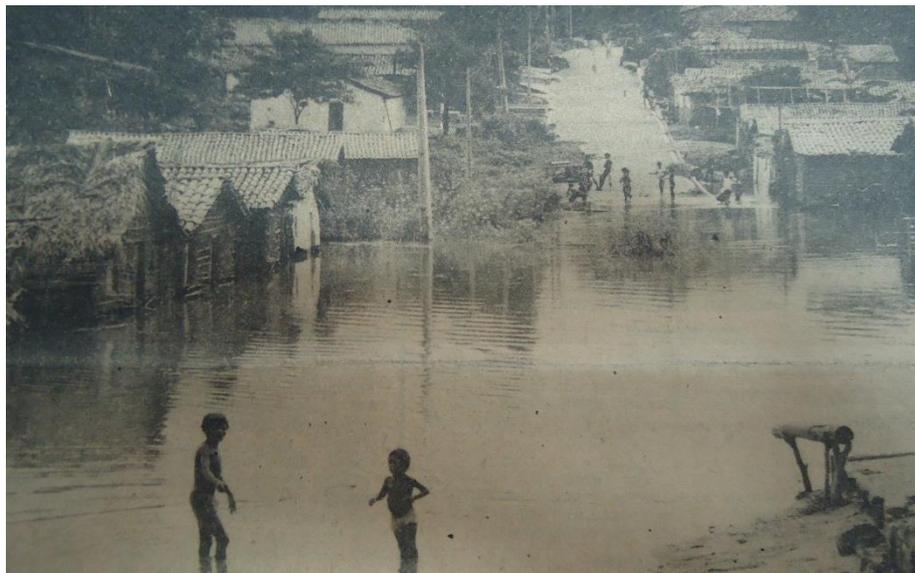
Gráfico 18 – Precipitação diária entre janeiro e maio de 1985



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

No início do mês de janeiro as chuvas já desabrigavam muitas famílias na zona norte de Teresina, no bairro Mocambinho muita água e lama era a paisagem vista naquele setor da cidade. No dia 25 do mesmo mês, dezenas de famílias ficam desabrigadas devido à súbita enchente do rio Poti, e muitos moradores tiveram que abandonar suas moradias diante do perigo. O leito do rio ganhou volume de águas vindas das regiões à montante (interior do Estado), fazendo com que o nível subisse em cerca de 1,5 metro, invadindo residências no bairro Primavera próximo à UFPI, na zona Norte, descreve jornal O Dia local. A situação fica mais crítica quando chove forte, pois a água da chuva se junta aos esgotos e bueiros que ficam próximos das casas, além dos resíduos sólidos jogado nas ruas, e nessa situação cresce o número de desabrigados. Os prejuízos são inúmeros em virtude das condições de pobreza das comunidades, como pode ser visualizado na Figura 24.

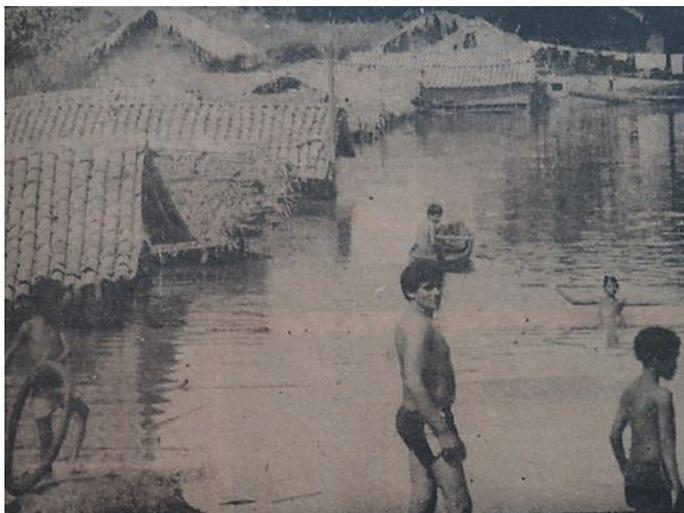
Figura 24 – Fotografia de enchente do rio Poti invade ruas e casas da zona Norte.



Fonte: Jornal O Dia, janeiro, 1985.

As chuvas não deram trégua, e no dia 21/03 a imprensa divulga que o nível das águas do Poti voltou a se elevar desabrigando as mesmas famílias flageladas no mês de janeiro. O rio Poti encheu repentinamente alimentado pelas águas provenientes de chuvas precipitadas no interior do Ceará, e o nível do rio aumentado pelas chuvas que caíram nos meses anteriores começou a fazer novos alagados na região ribeirinha de Teresina. Diversos bairros foram atingidos pela enchente, sendo o bairro Primavera o mais castigado, aonde as águas chegaram a cobrir o telhado de dezenas de casas, deixando os moradores ilhados (Figura 25).

Figura 25 – Fotografia de famílias desabrigadas pela enchente na zona norte



Fonte: Jornal O Dia, março, 1985.

A enchente é a maior dos últimos dez anos, destaca manchete de capa do jornal O Dia do dia 31/03. O rio Poti inundou parte dos bairros Cabral, Primavera, Itapiru, Parque da Cidade e atingem a Av. Marechal Castelo Branco através das galerias, interrompendo o trânsito de veículos e pessoas nessa via de circulação. Somente no bairro Primavera, cerca de 300 casas foram cobertas pelas águas do Poti, obrigando os moradores utilizar canoas como meio de transporte (Figura 26). E mais uma vez os alagados são reconduzidos para acampamentos da Comissão de Defesa Civil.

Figura 26 – Fotografia de cheias do rio Poti desabrigam dezenas de famílias em Teresina.



Fonte: Jornal O Dia, janeiro, 1985.

O cenário da enchente de 1985 reproduz situação semelhante à ocorrida em 1974, com dezenas de desabrigados e alagamentos de áreas urbanas, incluindo ruas e avenidas (Figura 27) dentre inúmeros outros problemas, como pode ser citado, a expulsão de moradores de favelas localizadas à margem direita do Poti, nas proximidades da ponte rodoviária que liga a Av. Frei Serafim aos bairros da zona Leste. Disse D. Maria dos Santos de 38 anos e mãe de dois filhos: “A situação foi de pânico, embora os moradores soubessem que o rio continuava subindo foram dormir cedo da noite, mas acordaram alarmados dentro de água de quase meio metro de altura”. No dia 02/04 eram mais de cinco mil famílias desabrigadas. O episódio de cheia do rio Poti causou maiores problemas nos seguintes bairros: Zona Norte: Nova Brasília, Poti Velho, Porenquanto, Cabral, Alto Alegre, Primavera; Zona Sul: Ilhotas e na Zona Leste: São João, Dirceu (atualmente este bairro faz parte da Zona Sudeste). No total eram 400 famílias desabrigadas na capital, nesta data.

Figura 27 – Fotografia da Avenida Marechal Castelo Branco tomada pelas águas.



Fonte: Jornal o Dia, abril, 1985.

Em meados do mês de abril o governo decreta estado de emergência na capital e em outros 14 municípios do Piauí, somente em Teresina eram mais de 5.000 famílias desabrigadas. Além dos danos no momento das inundações, consequências pós-chuvas promoveram intensos problemas à população teresinense, notadamente aqueles mais pobres e cujas moradias não possuíam estrutura mínima para sustentar os estragos deixados pelas enchentes (Figura 28). Muitos prejuízos e transtornos merecem atenção, como as doenças, a reconstrução da vida das famílias, os estragos de vias públicas, o aumento dos preços de gêneros alimentícios e prejuízos nos mais diversos setores da economia da cidade.

Figura 28 – Fotografia dos transtornos sofridos pela população mais pobres durante as enchentes.

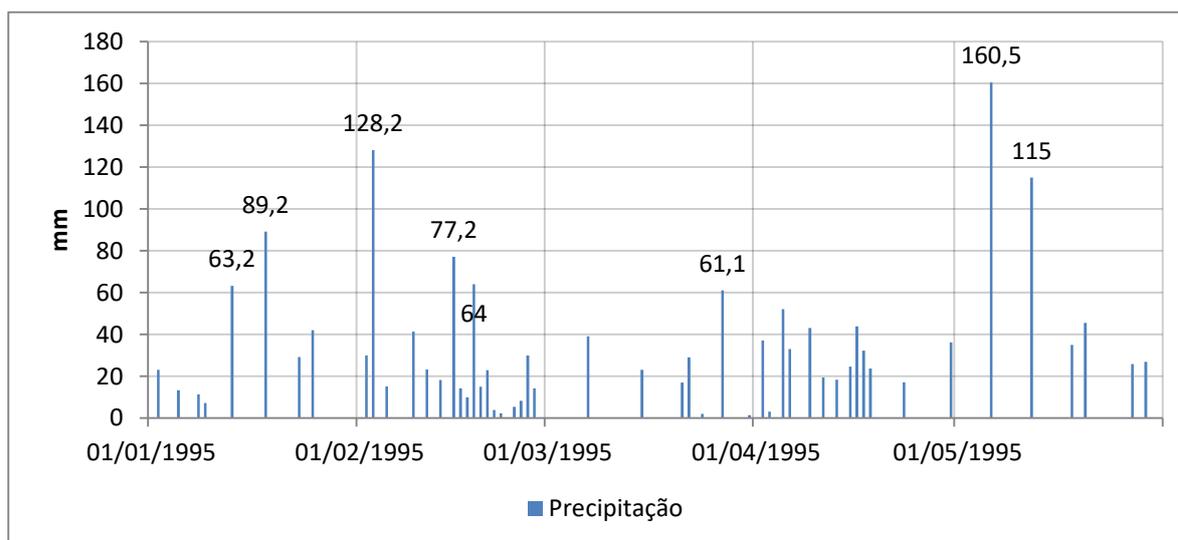


Fonte: Jornal O Dia, março, 1985.

- **Episódio 2 – 1995**

Em abril, após intensas precipitações no rio Poti, situações e transtornos drásticos afetaram a população ribeirinha e a cidade de Teresina. Observa-se, porém, que nos setores drenados por esse canal a urbanização propicia uma ocupação densa das margens desse Rio e acarreta, dentre outros impactos, a retirada da mata ciliar, tornando a área vulnerável à medida que a impermeabilização aumenta e o escoamento superficial é potencializado pelas chuvas precipitadas. Essas evidências resultam em severos impactos pluviais no espaço citadino. O episódio de 1995 caracteriza-se pelo significativo volume de chuvas caídas durante o período chuvoso, com atenção para aquelas concentradas nos meses de fevereiro a abril demonstrado no Gráfico 19.

Gráfico 19 – Precipitações registradas no período chuvoso – 1995



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

As chuvas desencadeadoras do evento repercutiram na vida de toda a cidade, no bairro Primavera I, localizado na zona norte, 20 famílias tiveram suas casas alagadas e abandonadas pelos moradores (Figura 29). Segundo noticiado jornal O Dia de 12 de abril de 1995, o volume do rio Poti aumentou em razão dos temporais fortes que caíram nas cabeceiras dos rios afluentes do Poti à montante de Teresina, como na cidade de Prata do Piauí a aproximadamente 180 quilômetros houve registro de até 47 mm de precipitação.

Figura 29 – Fotografia de flagelados deixando para trás suas moradias e pertences



Fonte: Jornal o Dia, abril, 1995.

De acordo com o jornal *O Dia* de 18 de abril, após 20 dias de chuvas constantes em Teresina, o rio Poti alcançou cota de 9,3 metros de altura, quando a cota normal é de 3 metros, confere presidente da Empresa Teresinense de Desenvolvimento-ETURB.

Nesses eventos de enchente são comuns os prejuízos materiais como os danos diretos às moradias (Figura 30) que se localizam nas margens do rio Poti, notadamente, aquelas da zona norte, pois nessa região da cidade as terras são mais baixas, com cota altimétrica da ordem de 56 m, ao passo que o ponto médio da cidade é 72 m, daí convergir maior parte dos pontos de inundação e acumulação das águas deste rio que se encontra na sua foz e com isso potencializa o fenômeno das cheias.

Figura 30 – Fotografia mostrando estado de calamidade em Teresina



Fonte: Jornal O Dia, abril, 1995.

- **Episódio 3 – 2009**

Teresina, cidade castigada pelo calor na maior parte do ano, quando enfrenta um período chuvoso também sofre estragos decorrentes das chuvas. O crescimento desordenado da cidade e a insistência de algumas famílias em morar em áreas de risco de inundação, transformam os primeiros meses da estação chuvosa de verão-outono em terror para diversas comunidades durante as enchentes e muito trabalho para a Prefeitura Municipal. Localidades consideradas áreas de risco na zona Sudeste de Teresina, como Vila Lucy, Vila Calfix, Vila Beira Rio, Vila Pantanal e Vila Ferroviária, mesmo diante dos riscos eminentes, algumas famílias resistem em sair de moradias condenadas (Jornal *O Dia*, 15/04/1995) (Figura 31).

Figura 31 – Fotografia de vila da zona sudeste atingida pelas cheias do Poti



Fonte: Jornal *O Dia*, 01 de maio, 2009.

O jornal *O Dia* no dia 04 de abril de 2009, destaca que quando começa o período chuvoso em Teresina, todas as classes sociais começam a se preocupar com os transtornos trazidos pelas chuvas. Moradores da região do Poti Velho, de bairros ribeirinhos e de áreas habitadas pelas classes de maior poder aquisitivo da cidade, situadas na zona Leste, se preocupam em como conviver com as situações de inundações e alagamentos trazidas pelas chuvas (Figura 32).

Figura 32–Fotografia de vias alagadas na zona Leste



Fonte: PDDrU, 2012.

Diante da gravidade dos fatos registrados no decorrer desse evento, a Prefeitura Municipal toma a iniciativa de implantar o Plano Diretor de Drenagem Urbana da capital. Tal ação subsidia perspectiva de mudança, posto que esta seja uma diretriz para o projeto executivo. É uma ferramenta para avaliar o crescimento da cidade e orientar o que deve ser feito, explica diretor da Superintendência de Desenvolvimento Urbano-SDU.

As enchentes que retornam ao espaço de Teresina vêm demonstrando o estado débil do sistema de drenagem, em frente, não somente das precipitações enquadradas fora do habitual, como, sobretudo à falta de planejamento e de aplicação do uso adequado da terra urbana, sem mencionar da falta de programa de prevenção e controle desses desastres naturais e do acompanhamento e conhecimento mais eficaz do comportamento atmosférico e, conseqüentemente os episódios pluviais que influencia a dinâmica dos cursos dos rios e da cidade.

A imprensa local divulgou dia 29 de abril que Teresina registrou a chuva de maior intensidade desde 2001, tornando-se sinônimo de desespero e desabrigo em muitas áreas da cidade (Figuras 33 e 34). No bairro Mocambinho os bueiros entupidos contribuem para agravar a situação, pois dificulta o escoamento das águas precipitadas. Ainda segundo noticiário local, a chuva do dia 28 é a pior da década, desencadeou os maiores problemas para moradores das zonas Norte e Sudeste: derrubou casas, desabrigou famílias, arrastou carros, entupiu galerias, bueiros e as chamadas “bocas de lobo”. A zona Leste em decorrência do entupimento de bueiros e galerias foi considerada a área da cidade mais afetada.

Figura 33 – Restaurante no bairro Poti Velho



Fonte: Jornal o Dia, 02 de maio, 2009.

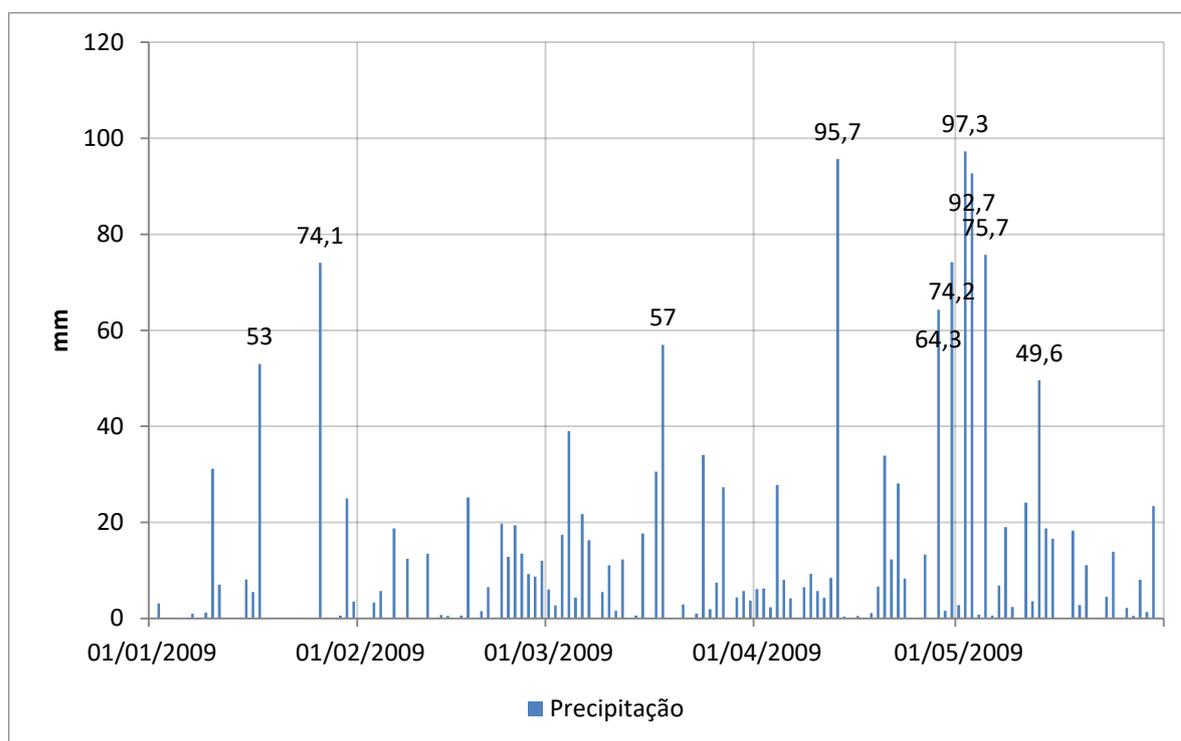
Figura34 – Curva São Paulo debaixo d'água



Fonte: Jornal o Dia, 02 de maio, 2009

Dia 01 de maio foi decretada emergência na capital, pois mais de 1.000 famílias encontravam-se desabrigadas. Segundo a Defesa Civil do município, o rio Poti teve aumento no volume das águas por conta do sangramento de vários açudes do Ceará que jogaram águas na sua bacia. Segundo serviço de meteorologia da SEMAR, durante o mês de abril choveu 21 dias consecutivos totalizando 416,0 mm, entretanto as chuvas esperadas seriam no máximo de 260,9 mm. Choveu 59,45% a mais do que o esperado para o mês. No período de janeiro a abril choveu 1.199 mm, o que corresponde a 87,7% do total esperado para o ano. A chuva durou 10 horas alcançando 67,6 mm, desabrigando 1.150 famílias. O Gráfico 20 demonstra a quantidade de chuva registrada no mês de abril.

Gráfico 20 – Valores de precipitações ocorridas durante o período chuvoso em 2009



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Após atingir nível recorde de 14,10 mm e vazão de 3.490 m³/s desde 2004, em vários pontos das áreas afetadas foram registrados problemas de ordem estrutural. A cidade que deveria ter 320 quilômetros de galeria possui apenas 32, resultando em mais problemas do que poderia ser previsto em Teresina por ocasião do transbordamento do Poti.

Esse episódio causou enormes estragos, de acordo com a Superintendência de Desenvolvimento Urbano–SDU foram contabilizadas um total de 2.159 famílias desabrigadas, onde o maior número de 620 foi na Zona Leste, enquanto na Zona Norte foram afetadas 552 famílias e na Zona Sudeste – 492 famílias. Na Vila Mandacaru – 300 famílias; Vila São João cerca de 300 famílias. As ocorrências relacionadas com esse episódio foram: pontes interditadas, ruas e avenidas congestionadas; suspensão das aulas na quase totalidade das escolas, alagamentos de prédios, shoppings e estabelecimentos comerciais, sintetizada na Figura 35.

Figura 35 – Fotografias de estabelecimento comercial e Shopping Center atingido pela enchente



Fonte: PDDrU, 2012.

Fonte: PDDrU, 2012.

No contexto da discussão, pode-se enfatizar que se o avanço populacional em direção as margens dos rios urbanos e a preservação das áreas de APP's regulamentadas numa faixa de 100m, no caso do rio Poti, fossem mais bem administradas evitariam os principais grandes danos produzidos pelos alagamentos e inundações e atenuaria as vulnerabilidades nas cidades, cuja pauta será tratada a seguir.

5.3 Vulnerabilidade Social

A noção de vulnerabilidade social mediante a emergente questão dos desastres naturais possui variados sentidos de interpretação ao tempo que ganha relevância na análise dos fenômenos e argumentações para avaliar a qualidade de vulnerável no sentido restrito. Marandola Jr.; Hogan (2005) justificam que tem relação com os aspectos socioeconômicos das populações nas áreas de risco, tais características são também indicadoras de desvantagem social, exercendo papel importante na capacidade da população de enfrentar os riscos ambientais, ou seja, de responder e se ajustar às adversidades do meio e dos desastres naturais.

Para um melhor entendimento da vulnerabilidade social, aspectos como rendimento, escolaridade, infraestrutura e faixa etária foram destacados para identificação e análise da população que habita as áreas de risco que margeiam o rio Poti, ou seja, os bairros selecionados para a análise em destaque na tese.

5.3.1 Escolha das Variáveis

As variáveis escolhidas para compor este estudo deveriam ter componentes que implicassem vulnerabilidade. Nesse sentido, foram escolhidas algumas variáveis que indicam desvantagens sociais, relativas a grupos de pessoas e unidades domésticas, que podem se referir tanto aos domicílios e, em alguns casos, o agrupamento de pessoas. As variáveis com os componentes econômicos e sociais à escala de domicílios e grupos de pessoas foram traduzidas em 10 indicadores, apresentados na Tabela 8 objetivando a aplicação da análise multivariada.

Tabela 8 – Indicadores de Desvantagem Social

INDICADOR	DESCRIÇÃO
Rendimento médio padronizado (V1)	É o valor do rendimento médio de cada bairro, subtraído da média dos rendimentos médios dos bairros, dividindo tudo pelo desvio padrão, acrescentado uma unidade, e ao final tomando o inverso ²⁰ .
Porcentagem de analfabeto (V2)	Razão entre o número de pessoas de 5 ou mais anos de idade que não sabem ler e escrever, e o número total de pessoas de 5 ou mais anos de idade, multiplicado por 100.
Taxa de morador por domicílio (V3)	Razão entre o número total de habitantes de um bairro e o número de domicílio.
Porcentagem de domicílio Sem Energia (V4)	Razão entre o número de domicílio sem energia e o número total de domicílio, multiplicado por 100.
Porcentagem de domicílios referente a outras formas de Abastecimento de Água (V5)	Razão entre o número de domicílios referente a outras formas de abastecimento de água ²¹ e o número total de domicílios, multiplicado por 100.

20 Rendimento médio é a única variável, cujo valor alto indica uma vantagem, fez-se necessário tomar os inversos dos valores padronizados, com média em torno de 1 e desvio padrão 1, assim quanto menor o rendimento, maior será o seu inverso e indicando assim uma desvantagem.

21 Quanto ao abastecimento de água, considerou-se como inadequado aquele domicílio servido por rede geral, mas canalizada só na propriedade ou terreno, servido por poço, nascente ou outra forma.

Porcentagem de fossa rudimentar e outros (V6)	Porcentagem de domicílios que utilizam fossa rudimentar e outros, cujo escoamento se dá em vala, rio, lago ou outro escoadouro.
Porcentagem de queimadas e outros destinos do lixo (V7)	Porcentagem de domicílios, cujos destinos do lixo são queimadas e outros inadequados ²² .
Razão de Dependência (V8)	Razão entre o segmento etário da população definido como economicamente dependente (os menores de 15 anos de idade e os de 60 e mais anos de idade) e o segmento etário potencialmente produtivo (entre 15 e 59 anos de idade).
Proporção de crianças de 0 a 14 anos de idade (V9)	Razão entre a população com idade entre 0 a 14 anos e a população total.
Proporção de Idosos 65 + (V10)	Razão entre a população com idade superior a 65 anos de idade e a população total.

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

5.3.2 Aplicação de Análise Multivariada

A análise multivariada é um conjunto de técnicas estatísticas que permitem o tratamento simultâneo de inúmeras unidades observacionais correspondentes a medidas de diferentes variáveis (JONHSON; WICHERN, 1998). O objetivo da sua utilização é identificar a partir das variáveis socioeconômicas selecionadas, quais seriam as mais relevantes para estabelecer uma tipologia dos bairros de Teresina objeto desta tese, no que tange à vulnerabilidade social, e construir um índice final para hierarquizar e estabelecer grupos de áreas relativamente homogêneas.

A tipologia e o agrupamento dos 19 bairros de Teresina no universo daqueles estudados na tese (Tabela 16) foram obtidos por dois métodos estatísticos multivariados: análise fatorial por componentes principais e análise de agrupamento, posteriormente a avaliação do seu uso, detalhados na metodologia anteriormente descrita.

²² Considerou-se como inadequado aquele domicílio que não é atendido por serviço de limpeza ou caçamba.

5.3.3 Análise Fatorial

Para a análise fatorial foi construída uma matriz contendo os 19 bairros selecionados e os 10 indicadores. Na análise exploratória dos dados, a Tabela 9 apresenta a média aritmética, o desvio padrão, o coeficiente de variação de Pearson, o mínimo e o máximo. O desvio padrão mede o grau de variabilidade dos dados em relação à média, o coeficiente de variação de Pearson mede o grau de variabilidade dos dados em percentagem de afastamento em relação à média²³, o mínimo e o máximo são os menores e os maiores valores de cada variável, respectivamente.

Da análise simultânea da média e do desvio padrão, tem-se que as melhores situações, ou seja, a combinação de altos valores de média com baixo valores de desvio padrão são observadas nas variáveis V3 e V8 (Taxa de morador por domicílio e Razão de dependência), indicando homogeneidade entre os bairros.

Tabela 9 – Estatísticas descritivas dos bairros, segundo as variáveis selecionadas.

Variável	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação	Mínimo	Máximo
V1	1,423	0,608	43%	0,207	2,628
V2	8,075	3,819	47%	1,120	14,800
V3	3,768	0,267	7%	3,120	4,150
V4	0,001	0,001	105%	0,000	0,004
V5	0,010	0,019	203%	0,001	0,086
V6	0,447	0,449	100%	0,006	1,422
V7	0,040	0,082	205%	0,000	0,327
V8	39,054	6,390	16%	27,760	52,740
V9	28,342	6,459	23%	19,620	42,470
V10	6,174	2,488	40%	2,620	10,46

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

As outras variáveis mostraram menores valores de média com alto desvio padrão, indicando heterogeneidade entre os bairros. A descrição preliminar das inter-relações existentes entre os indicadores ou variáveis em estudo é apresentada na matriz de correlação de Pearson,

²³ Em termos práticos, se $(C.V. (\%) < 20\%)$, a distribuição é dita homogênea e os dados estão bastante concentrados em torno da média; se $(20\% < C.V. (\%) < 30\%)$, a distribuição é dita mais ou menos homogênea; e finalmente, se $(C.V. (\%) > 30\%)$, a distribuição é dita heterogênea, e os dados estão bastante dispersos em torno da média (Ignácio, 2002).

na qual foram destacados em negrito²⁴ os valores cuja correlação é maior ou igual a 50% (Tabela 10).

Tabela 10 – Matriz de correlação das variáveis selecionadas para o estudo.

Variáveis	V1	V2	V3	V4	V5
V1	1,00	0,85	0,73	0,31	0,21
V2	0,85	1,00	0,85	0,42	0,36
V3	0,73	0,85	1,00	0,18	0,25
V4	0,31	0,42	0,18	1,00	0,08
V5	0,21	0,36	0,25	0,08	1,00
V6	0,44	0,45	0,41	0,25	0,52
V7	0,47	0,55	0,38	-0,12	0,45
V8	0,89	0,86	0,66	0,33	0,13
V9	0,90	0,78	0,63	0,25	0,18
V10	-0,64	-0,40	-0,37	-0,04	-0,15
Variáveis	V6	V7	V8	V9	V10
V1	0,44	0,47	0,89	0,90	-0,64
V2	0,45	0,55	0,86	0,78	-0,40
V3	0,41	0,38	0,66	0,63	-0,37
V4	0,25	-0,12	0,33	0,25	-0,04
V5	0,52	0,45	0,13	0,18	-0,15
V6	1,00	0,47	0,41	0,30	-0,04
V7	0,47	1,00	0,53	0,55	-0,33
V8	0,41	0,53	1,00	0,90	-0,45
V9	0,30	0,55	0,90	1,00	-0,79
V10	-0,04	-0,33	-0,45	-0,79	1,00

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

A variável V1 (Rendimento médio padronizado), que indica certa condição econômica, tem forte correlação com as variáveis: V2, V3, V8, V9 e V10 (Taxa de analfabetismo, Taxa de morador por domicílio, Razão de Dependência, Proporção de crianças de 0 a 14 anos e Proporção de Idosos com mais de 65 anos de idade), ressaltando que a V1 e V10 tem correlação

²⁴ Observando que essa matriz é simétrica em relação a diagonal principal, ou seja, os valores que mereceram destaques são duplicados na matriz. Temos então dois triângulos contendo os mesmos valores, um superior e outro inferior à diagonal principal, que é formado pelas unidades. Foi analisado, para o destaque em negrito somente o triângulo inferior à diagonal.

linear decrescente, ou seja, quanto maior é o rendimento médio padronizado, menor é a proporção de idosos com mais de 65 anos de idade. A variável V2 (Porcentagem de analfabetos) indica certa vulnerabilidade social e tem correlação alta com grande parte das variáveis: V1, V3, V7, V8 e V9 (Rendimento médio padronizado, Taxa de morador por domicílio, Porcentagem de queimadas e outros destinos do lixo, Razão de Dependência e Proporção de Idosos com mais de 65 anos de idade), onde tem maior correlação linear com Razão de Dependência. A variável V3 (Taxa de morador por domicílio), um indicador que tem forte correlação com V1 e V2 (Rendimento médio padronizado e Porcentagem de analfabeto) e tem média correlação linear com as variáveis V8 e V9 (Razão de Dependência e Proporção de Idosos com mais de 65 anos de idade), já a variável V4 (Porcentagem de domicílio sem energia) não tem correlação linear, nem moderada e nem forte, com as outras variáveis, a medida de correlação maior é 0,42 com a variável Porcentagem de analfabetos (V2).

A variável V5 (Porcentagem de domicílios referente a outras formas de Abastecimento de Água) tem relação linear moderada com a variável V6 (Porcentagem de fossa rudimentar e outros). A variável V7 (Porcentagem de queimadas e outros destinos do lixo) tem correlação moderada com as variáveis V2, V8 e V9 (Porcentagem de analfabeto, Razão de Dependência e Proporção de crianças com idade de 0 a 14 anos). A variável V8 (Razão de Dependência) tem correlação forte com a V9 (Proporção de crianças com idade de 0 a 14 anos) e a variável V9 (Proporção de crianças com idade de 0 a 14 anos) com V10 (Proporção de Idosos 65 anos e +), uma correlação linear decrescente, ou seja, se houver uma proporção grande de Idosos em um bairro a tendência linear é que a proporção de crianças de 0 a 14 anos de idade seja pequena.

Para dimensionar e analisar as inter-relações entre as diversas variáveis foi aplicado a técnica de análise fatorial por componentes principais. Cabe lembrar que o objetivo dessa análise é o de identificar um número menor de fatores que apresentem aproximadamente o mesmo total de informação expresso pelas variáveis originais. O processamento dos dados obedece alguns passos, expostos a seguir:

- **Primeiro passo**

Através do processamento dos dados com todas as variáveis, seriam eliminadas aquelas cuja comunalidade apresentassem valores abaixo de 0,60, pois estas não estariam sendo explicadas pelo conjunto dos fatores comuns (Tabela 11).

Tabela 11– Comunalidade e variância específica, segundo as 10 variáveis.

VARIÁVEL	COMUNALIDADES	VARIÂNCIA ESPECÍFICA
V1	0,9190	0,0810
V2	0,8999	0,1001
V3	0,6407	0,3593
V4	0,8235	0,1765
V5	0,7112	0,2888
V6	0,7557	0,2443
V7	0,7623	0,2377
V8	0,8605	0,1395
V9	0,9568	0,0432
V10	0,7148	0,2852

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Nenhuma variável apresentou comunalidade abaixo de 0,60, portanto, nenhuma variável será eliminada da análise.

- **Segundo passo**

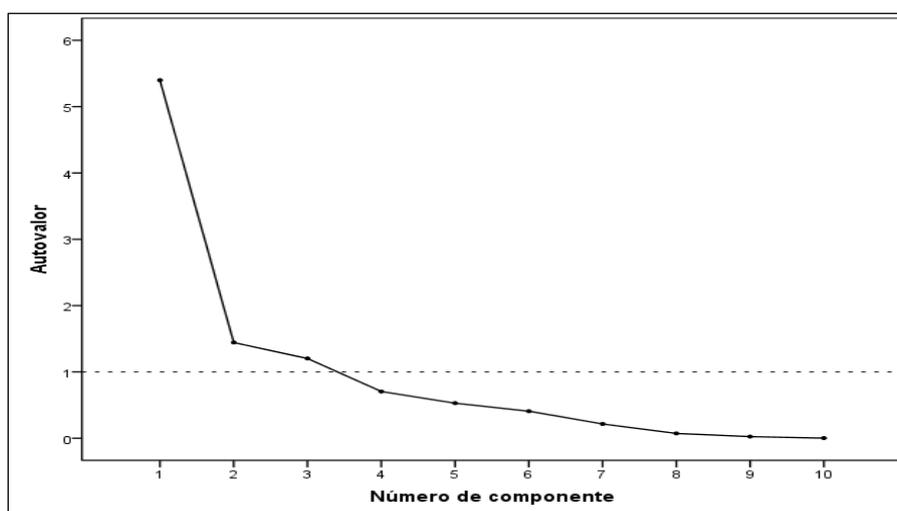
Determinou-se o número de fatores através dos autovalores²⁵ cujo valor era superior a 1,0, retendo-se, assim, somente os fatores que tiveram uma explicação maior do que uma variável pode explicar isoladamente, como pode ser visto no Gráfico 21. A Tabela 12, na sequência, compõe a comunalidade e a variância específica²⁶ obtidas por meio do processamento das 10

²⁵ Valores próprios da matriz de correlação, raiz característica ou Eingevalue. (IGNÁCIO, 2002).

²⁶ A variância específica é dada pela unidade subtraindo a comunalidade.

variáveis, e a Tabela 13 os autovalores obtidos, a percentagem da variância total explicada pelos fatores comuns e a variância total acumulada.

Gráfico 21 – Autovalores em função do número de componentes da variável latente.



Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

As 10 variáveis deram origem a somente três fatores²⁷, ou seja, há uma forte correlação entre as 10 variáveis escolhidas para determinar e diferenciar o grau de vulnerabilidade de cada uma das áreas estudadas. Os três fatores retidos explicaram mais de 80% da variância total das 10 variáveis originais, a partir da diversidade encontrada nos 19 bairros. O primeiro fator, que possui um autovalor mais de 2 vezes superior ao segundo, explica aproximadamente 45% da variância total, o segundo explica aproximadamente 21% e o terceiro explica aproximadamente 14% da variação total.

²⁷ Quanto menor o número de fatores comuns, maior ganho em simplicidade na operacionalização e interpretação dos resultados.

Tabela 12 – Comunalidade e variância específica, segundo as 10 variáveis.

VARIÁVEL	COMUNALIDADES	VARIÂNCIA ESPECÍFICA
V1	0,9190	0,0810
V2	0,8999	0,1001
V3	0,6407	0,3593
V4	0,8235	0,1765
V5	0,7112	0,2888
V6	0,7557	0,2443
V7	0,7623	0,2377
V8	0,8605	0,1395
V9	0,9568	0,0432
V10	0,7148	0,2852

FONTE: Dados da pesquisa, 2014.

Tabela 13 – Autovalores e percentagem da variância explicada pelos fatores comuns

Fator	Autovalor	Varição (%)	Variância acumulada (%)
1	4,54	45,43	45,43
2	2,14	21,41	66,84
3	1,36	13,61	80,44

FONTE: Dados da pesquisa, 2014.

- **Terceiro passo**

Para identificar as variáveis componentes de cada um dos fatores, com cargas fatoriais altas em cada fator, procedeu-se a rotação dos eixos de referência através do método Varimax²⁸, a partir da matriz de correlação das 10 variáveis com os três fatores comuns não rotacionados. As cargas fatoriais, quando a análise fatorial parte de uma matriz de correlação, são coeficientes de correlação entre as variáveis e os fatores, expressando o quanto uma variável observada está carregada em um fator.

A Tabela 14 apresenta a matriz de correlação das 10 variáveis com os 3 fatores comuns rotacionados, destacando as correlações acima de 60%, as quais correspondem às variáveis que compõem cada fator. As correlações destacadas nessa tabela indicam as variáveis mais correlacionadas com cada fator e entre si.

O fator 1 está correlacionado com as seguintes variáveis: Rendimento médio padronizado, Porcentagem de analfabeto, Taxa de morador por domicílio, Razão de Dependência, Proporção de crianças de 0 a 14 anos de idade e Proporção de Idosos com mais de 65 anos de idade. O fator 2 está correlacionado com as variáveis: Porcentagem de domicílios referente a outras formas de Abastecimento de Água, Porcentagem de fossa rudimentar e outros e Porcentagem de queimadas e Outros destinos do lixo. O fator 3 está correlacionado apenas com a variável Porcentagem de domicílio Sem Energia.

Tabela 14–Correlação das 19 variáveis com os 2 fatores comuns rotacionados pelo método varimax com normalização de Kaiser

Variável	Fator comum		
	1	2	3
V1	0,9091	0,2167	0,2136
V2	0,7813	0,3967	0,3634
V3	0,6943	0,3252	0,2299
V4	0,1727	0,0165	0,8907
V5	0,0469	0,8406	-0,0487
V6	0,1780	0,8031	0,2812
V7	0,4938	0,6416	-0,3268
V8	0,8633	0,2110	0,2657
V9	0,9695	0,1241	0,0380
V10	-0,7945	0,0850	0,2763

²⁸ Rotação ortogonal que permite que os coeficientes de correlação entre as variáveis e os fatores comuns fiquem o mais próximo possível de zero, 1 ou -1, facilitando, assim, sua interpretação (IGNÁCIO, 2002).

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Destaque-se que, no primeiro fator, que juntou praticamente todas as variáveis socioeconômicas, se encontram variáveis indicativas de situação de pobreza, como podem ser apontadas aquelas relacionadas a rendimento e taxa de analfabetos. Assim, optou-se por denominar o fator 1 de fator de desvantagem social, sendo este o fator decisivo na classificação das áreas, e que explica 45,43% variância total do conjunto original.

O fator 2, como se pode observar, juntou a maioria das variáveis que indica falta de saneamento básico, indicativas também de situação de pobreza. A este fator, optou-se por denominar fator de desvantagem social e de qualidade ambiental.

O fator 3 está relacionado apenas com a variável porcentagem de domicílios sem energia, que pode ser denominada também de fator de qualidade ambiental.

O resultado final da análise fatorial encontra-se resumido na Tabela 15 (apêndice) a qual apresenta os valores dos escores fatoriais para cada área estudada, estimados pelo método de regressão, o escore fatorial final e o índice final.

A metodologia utilizada para a construção do escore fatorial final baseou-se no aporte de que os fatores são ortogonais e, portanto, linearmente independentes. Assim calculou-se a soma de todos os escores de uma mesma observação, ponderados cada um deles, por sua porcentagem da variância total explicada, dado por:

$$ESCFIB_i = \frac{\sum_{j=1}^m P_j \cdot ESCF_{ij}}{\sum_{j=1}^m P_j}$$

Em que:

$ESCFIB_i$ = Escore fatorial final para o i-ésimo bairro;

p_j = Porcentagem da variância total explicada pelo j-ésimo fator;

$ESCF_{ij}$ = J-ésimo escore fatorial para o i-ésimo bairro.

O índice final serviu de parâmetro para classificar e hierarquizar as 19 áreas com base nos 10 indicadores resumidos a partir da análise fatorial. Assim, o índice final informa a posição de cada uma das áreas em relação à área com índice final mínimo, a qual apresenta a melhor situação em relação à vulnerabilidade ou em relação a qualquer outra área. O índice final foi obtido da seguinte forma:

$$IF_i = \frac{ESCFIB_i - ESCFIB_{MIN}}{ESCFIB_{MÁX} - ESCFIB_{MIN}}$$

Em que:

IF_i = Índice fatorial final do i-ésimo bairro;

$ESCFIB_{MIN}$ = Escore fatorial final mínimo;

$ESCFIB_{MÁX}$ = Escore fatorial final máximo.

Para finalizar a análise multivariada, foi necessário proceder ao agrupamento dos bairros, identificando grupos os mais homogêneos possíveis.

5.3.4 Análise de agrupamentos

A análise de agrupamento baseada nos índices finais dos bairros resultou em cinco grupos relativamente homogêneos. Resumidamente na Tabela 15 tem-se a apresentação dos resultados do agrupamento e a denominação dada a cada grupo.

Tabela 15 – Número de bairros segundo grupos homogêneos

GRUPOS	NÚMEROS DE ÁREAS	DENOMINAÇÃO DO GRUPO
1	2	Baixa Vulnerabilidade
2	7	Media Vulnerabilidade
3	9	Alta Vulnerabilidade
4	1	Altíssima Vulnerabilidade

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

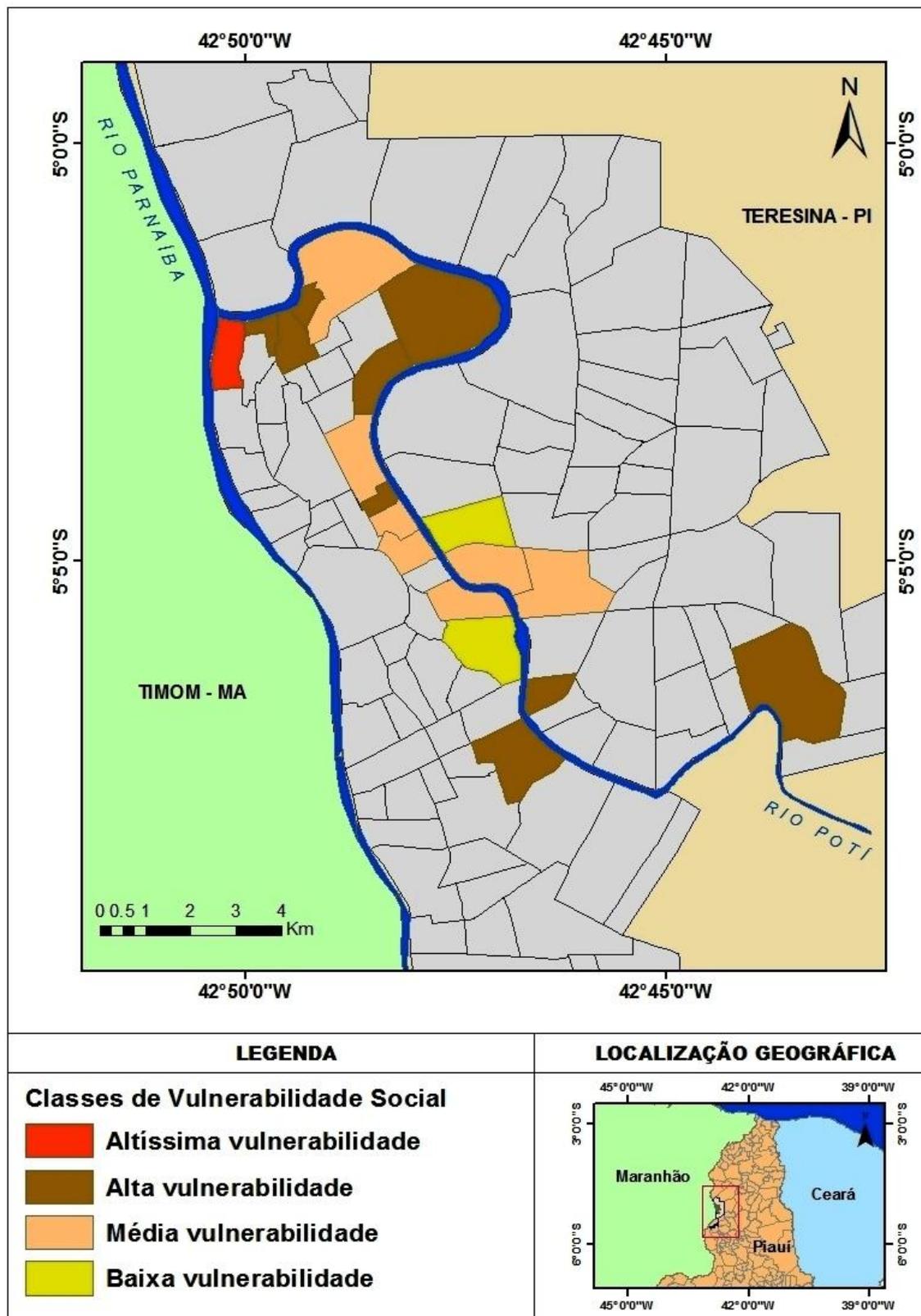
A Tabela 16 exhibe o índice final e os respectivos grupos em que foi alocado cada um dos 19 bairros, que resultou na produção do mapa de Vulnerabilidade Social (Figura 36).

Tabela 16 – Escore fatorial final, índice final e respectivo grupo homogêneo, segundo os bairros da área da pesquisa – Teresina 2010.

BAIRRO	ESCORE		GRUPO	CLASSIFICAÇÃO
	FATORIAL FINAL	ÍNDICE FINAL		
Jóquei	-1,23	0,00	1	Baixa vulnerabilidade
Cristo Rei	-1,07	0,06	1	Baixa vulnerabilidade
Noivos	-0,72	0,19	2	Media vulnerabilidade
Mocambinho	-0,40	0,30	2	Media vulnerabilidade
São João	-0,52	0,26	2	Media vulnerabilidade
Cabral	-0,66	0,21	2	Media vulnerabilidade
Primavera	-0,38	0,31	2	Media vulnerabilidade
Ilhotas	-0,28	0,35	2	Media vulnerabilidade
Porenquanto	-0,43	0,29	2	Media vulnerabilidade
Embrapa	0,17	0,51	3	Alta vulnerabilidade
São Sebastião	0,43	0,60	3	Alta vulnerabilidade
Poti Velho	0,18	0,52	3	Alta vulnerabilidade
Água Mineral	0,55	0,65	3	Alta vulnerabilidade
São Francisco	0,45	0,61	3	Alta vulnerabilidade
Morro da Esperança	0,35	0,58	3	Alta vulnerabilidade
Beira Rio	0,76	0,73	3	Alta vulnerabilidade
Alto Alegre	0,41	0,60	3	Alta vulnerabilidade
Catarina	0,86	0,76	3	Alta vulnerabilidade
Olarias	1,51	1,00	4	Altíssima vulnerabilidade

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Figura 36 – Mapa de Vulnerabilidade Social



Fonte: Dados da pesquisa. Organização: Maria Suzete Sousa Feitosa. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2014).

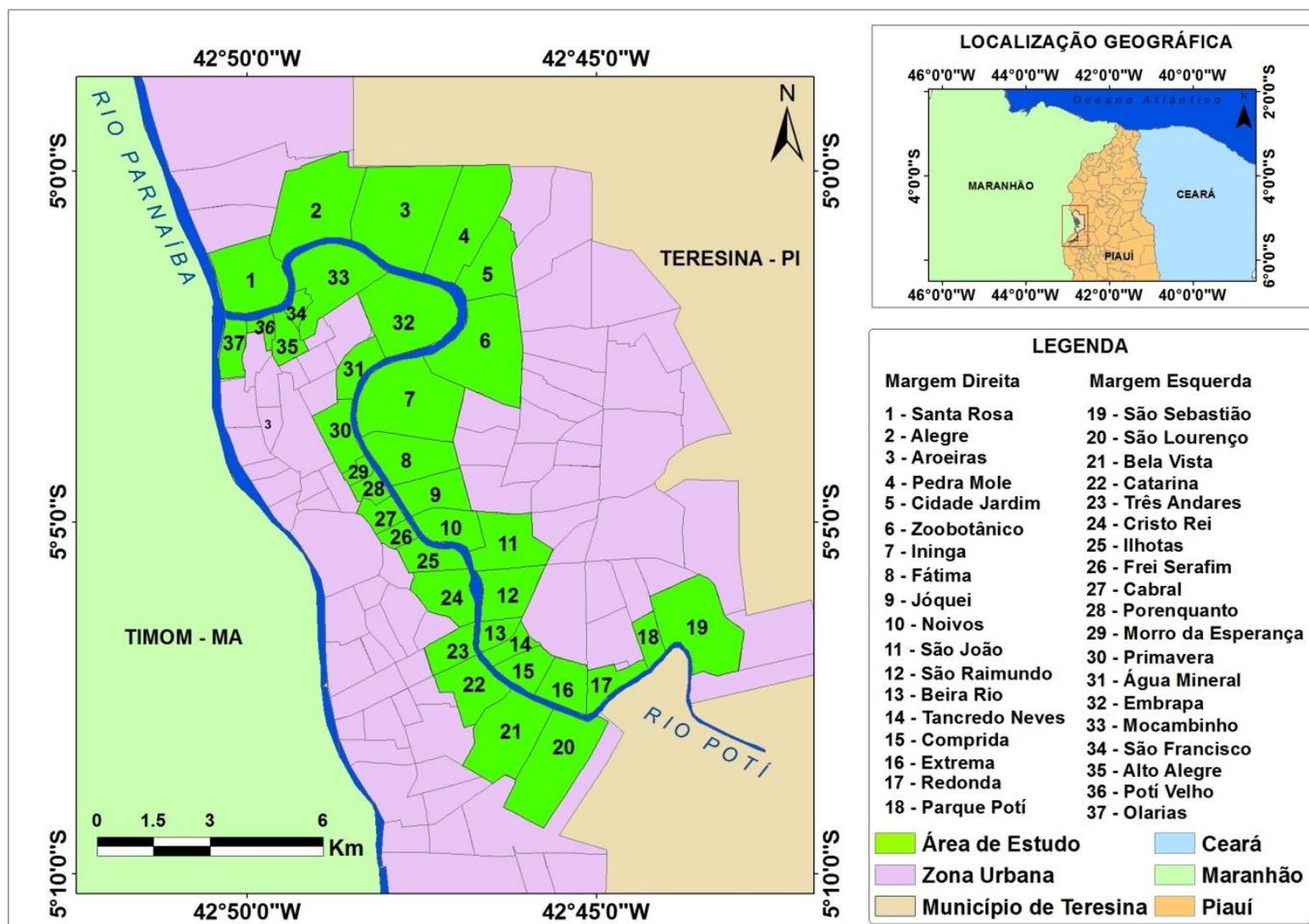
Até aqui, pode-se conferir que existem no trecho urbano do rio Poti em Teresina, determinadas áreas ocupadas por grupos populacionais de altíssima e alta vulnerabilidade social. Especialmente quanto mais próximos se encontrarem das áreas de expansão da malha urbana, notadamente nas zonas Norte e Sudeste, maior detectam-se a incidência de indicadores associados à desvantagem social, evidenciado aspectos da desigualdade social. No entanto, além de identificar as áreas onde a população é mais vulnerável socialmente, objetiva-se, ainda, neste estudo caracterizar aquelas onde há ocorrência de risco ambiental, tratado a seguir.

5.4 Identificação das Áreas de Risco Ambiental

As características favoráveis à ocorrência de riscos ocasionados pelas enchentes, como as ocupações de fundos de vale, planícies de inundações e terraços fluviais discutidos por Tucci, Bitoun, Girão, Héту, Veyret cerne desse debate, favorecem o desencadeamento do processo verificado na área de estudo, pois o crescimento da cidade muito tem se acentuado nos setores ribeirinhos, resultado da urbanização que se apresentam de maneira contundente margeando o rio Poti, cujas indicações serviram de suporte para a identificação e classificação dos setores com maiores probabilidades de evidenciar risco de enchentes.

Os bairros sujeitos aos riscos de enchente identificados na Figura 37 encontram-se no sítio urbano de Teresina, inseridos no baixo curso do rio Poti. Determinados setores desse trecho foram identificados pelo CPRM (BRASIL, 2012) como de alto risco e de muito alto risco ambiental no contexto de outros setores fora da área foco de estudo da tese.

Figura 37 – Mapa de localização dos bairros áreas de estudo



Fonte: Dados da pesquisa. Organização: Maria Suzete Sousa Feitosa. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2014).

A noção de risco ambiental transcende a simples compreensão adotada pelos critérios técnicos definidos pelos especialistas que tratam da questão. De modo geral, os riscos são localizáveis e variáveis na sua distribuição espacial (DESCHAMPS, 2004). A respeito disso, Rogério et al., (2011) discorre que o caráter da espacialidade se expressa como resultado das desigualdades sociais. Daí mudar de grupo social para grupo social, bem como de ambiente para ambiente. Partindo desse pressuposto, depreende-se que determinadas comunidades e famílias são mais vulneráveis que outras quando expostas a algum risco ambiental. Daí a importância da classificação dos setores riscos para identificação prévia desses grupos, o que foi focado no item anterior.

A demanda por solo em virtude da rápida urbanização e do crescimento das cidades tem provocado o aproveitamento dos espaços vazios sujeitos a riscos naturais, e gerado aglomerados populacionais e aumento das edificações, constituindo, dessa maneira ameaças adicionais no caso dos desastres naturais. Segundo especialistas o processo de urbanização instalado tem sido combustível para o aumento dos riscos e dos efeitos adversos causados à população.

Nas últimas décadas, a ocorrência de enchentes trouxe impactos drásticos para Teresina, particularmente para aqueles grupos sociais cuja capacidade de resposta diante desses eventos é muito limitada, evidenciando a elevada vulnerabilidade. Mostrando, sobretudo, que esses efeitos induzidos pelo homem afetam de maneira mais grave a população de baixa renda, exatamente pelas dificuldades encontradas ao acesso a terra em condições aceitáveis de segurança, daí se aglomerar em áreas de risco.

Para subsidiar as hipóteses finais escolheram-se por caracterizar as áreas mais sujeitas a enchentes e agravadas pelas inundações, por se constituírem como os setores mais urbanizados e afetados no baixo curso do rio estudado e, conseqüentemente, onde se localizam as populações mais diretamente vitimadas. Observando o mapeamento do CPRM intitulado “*Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massas e Enchentes*” – 2012 identificam-se 38 setores de risco na cidade de Teresina. A maioria dos setores mapeados localiza-se nos leitos fluviais, sobressaindo à região drenada pelo rio Poti, onde se encontra a área de pesquisa da tese, e onde também se inserem as áreas a leste, norte, nordeste e sudeste da capital mais densamente ocupada nas últimas décadas.

O objetivo precípua desta etapa do estudo é caracterizar com base em levantamento feito em campo, os setores ambientalmente vulneráveis aos riscos no trecho urbano do baixo curso do rio Poti. Para cumprir tal objetivo, guiou-se pelo estudo do CPRM anteriormente referido e, ainda pelo mapa hipsométrico da cidade de Teresina, observadas as cotas de cada espaço territorial em questão. Segundo o estudo citado, em que foram mapeados os setores com

indicação de riscos das áreas mais vulneráveis a enchentes e escorregamentos de massa, esses espaços-problemas são locais em Teresina que espacializam variáveis físico-ambientais e pressões exercidas sobre o ambiente urbanizado. Para tanto, foram utilizados indicadores do ambiente físico quanto ao sistema de drenagem fluvial, aspectos da ocupação e acesso a serviços urbanos, características das edificações e dados demográficos. A esses indicadores foram incorporados os aspectos físico-ambientais levantados em campo visando agregar informações a fim de definir um perfil para cada área pré-selecionada.

Assim, no primeiro momento, foram trabalhados em campo setores de risco ambiental que tem potencial de inundação, sobre os quais foram definidos os perfis demonstrados nas Figuras de 38 a 52.

A realização desse levantamento resultou na classificação do risco nas categorias Muito Alto Risco, Alto Risco, Médio Risco e Baixo Risco quanto à ocorrência de enchentes e que, dada a estas condições, expõe as populações que habitam esses setores a vulnerabilidade socioambiental. O Quadro 2 abaixo relaciona os bairros da área pesquisada com sua localização de acordo com a zona administrativa da cidade.

Quadro 2 – Bairros da área pesquisada e respectiva zona de localização.

Legenda	Nome	Zona da cidade
01	Alegre	Norte
02	Aroeiras	Norte
03	Água Mineral	Norte
04	Alto Alegre	Norte
05	Beira Rio	Sudeste
06	Bela Vista	Sul
07	Cabral	Centro
08	Catarina	Sul
09	Comprida	Sudeste
10	Cidade Jardim	Norte
11	Cristo Rei	Centro
12	Embrapa	Norte
13	Extrema	Sudeste
14	Fátima	Leste
15	Frei Serafim	Centro
16	Ilhotas	Centro

17	Ininga	Leste
18	Jóquei	Leste
19	Mocambinho	Norte
20	Morro da Esperança	Centro
21	Noivos	Leste
22	Olarias	Norte
23	Parque Poti	Sudeste
24	Pedra Mole	Leste
25	Primavera	Norte
26	Porenquanto	Centro
27	Poti Velho	Norte
28	Redonda	Sudeste
29	Santa Rosa	Norte
30	São João	Leste
31	São Lourenço	Sul
32	São Raimundo	Sudeste
33	São Sebastião	Sudeste
34	São Francisco	Norte
35	Tancredo Neves	Sudeste
36	Três Andares	Centro
37	Zoobotânico	Leste

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010.

A fim de ilustrar as áreas de riscos foram elaborados perfis com descrição pautada nos registros de campo, mapeamento do CPRM e nas cotas altimétricas da área de estudo, já assinalado. As Figuras esquematizadas nos perfis ilustram a situação socioambiental averiguada, bem como a categoria do risco adequada para cada setor.

PERFIL 1

No bairro Olarias correspondente ao Perfil 1 (Figura 38) verifica-se que o risco ambiental combina cotas altimétricas mais baixas da área pesquisada; efeitos naturais da área de confluência do rio Poti com o rio Parnaíba e da densa urbanização. Localizado em área de planície aluvionar em perímetro de lagoa, na margem esquerda do rio estudado, sujeita a inundação lenta e gradual de ambos os rios. Observa-se a presença de esgotos a céu aberto e

grande volume de resíduos sólidos espalhados nas imediações das casas e vias públicas. As casas são, na maioria de alvenaria, e outras de taipa bastante danificadas. Conforme a CPRM, os solos da área são moles e, a vegetação, observada em campo, é arbórea, arbustiva e herbácea encontrando-se muita degradada, favorecendo a erosão das margens ribeirinhas. Nesta área da cidade, a Av. Boa Esperança assenta-se sobre o dique construído pela Prefeitura Municipal para a contenção das cheias que submete, em média, 820 famílias e 3.280 pessoas a situação de risco. Além disso, destaca-se que o contexto deste perfil agrega outras áreas que salientam baixa resiliência como os bairros Poti Velho e Mafrense. Mediante desses aspectos, o ambiente é categorizado como *Muito Alto Risco*.

PERFIL 2

Nesse ponto do Restaurante Pesqueirinho no bairro Poti Velho - Perfil 2 (Figura 39) situado à margem esquerda nas proximidades da Ponte Mariano Gaioso Castelo Branco numa cota de 62 metros, foi possível constatar a ocupação muito próxima do canal fluvial com presença de casas de alvenaria e de taipa, esgotos a céu aberto escoando diretamente para o rio e uma grande quantidade de resíduos sólidos (mistura de lixo doméstico e entulhos) expostos ao redor das casas. Nesta área, como nas demais estudadas, o fornecimento de água é feito pela rede de abastecimento da AGESPISA. Ao longo de uma sequência de casas situadas na margem esquerda na Rua Mário Mota foi construído um dique para contenção dos efeitos das enchentes. Neste local as cheias causam notáveis susceptibilidades de natureza física e social, necessitando fora a instalação do dique um sistema de bombeamento das águas que chegam até as casas através dos esgotos e galerias. Ali a vegetação foi bastante degradada propiciando a erosão das margens. Segundo o CPRM, somente na Rua Cedro desse bairro, 18 famílias e 72 pessoas encontram-se sujeitas ao risco de enchente. É importante frisar que na sua totalidade, a área envolve extenso cenário de fragilidades ambientais, compreendendo além do bairro em discussão, os bairros Mocambinho e Alto Alegre, veiculando *Muito Alto Risco*.

Figura 38 - Perfil de Risco Ambiental nº 1.

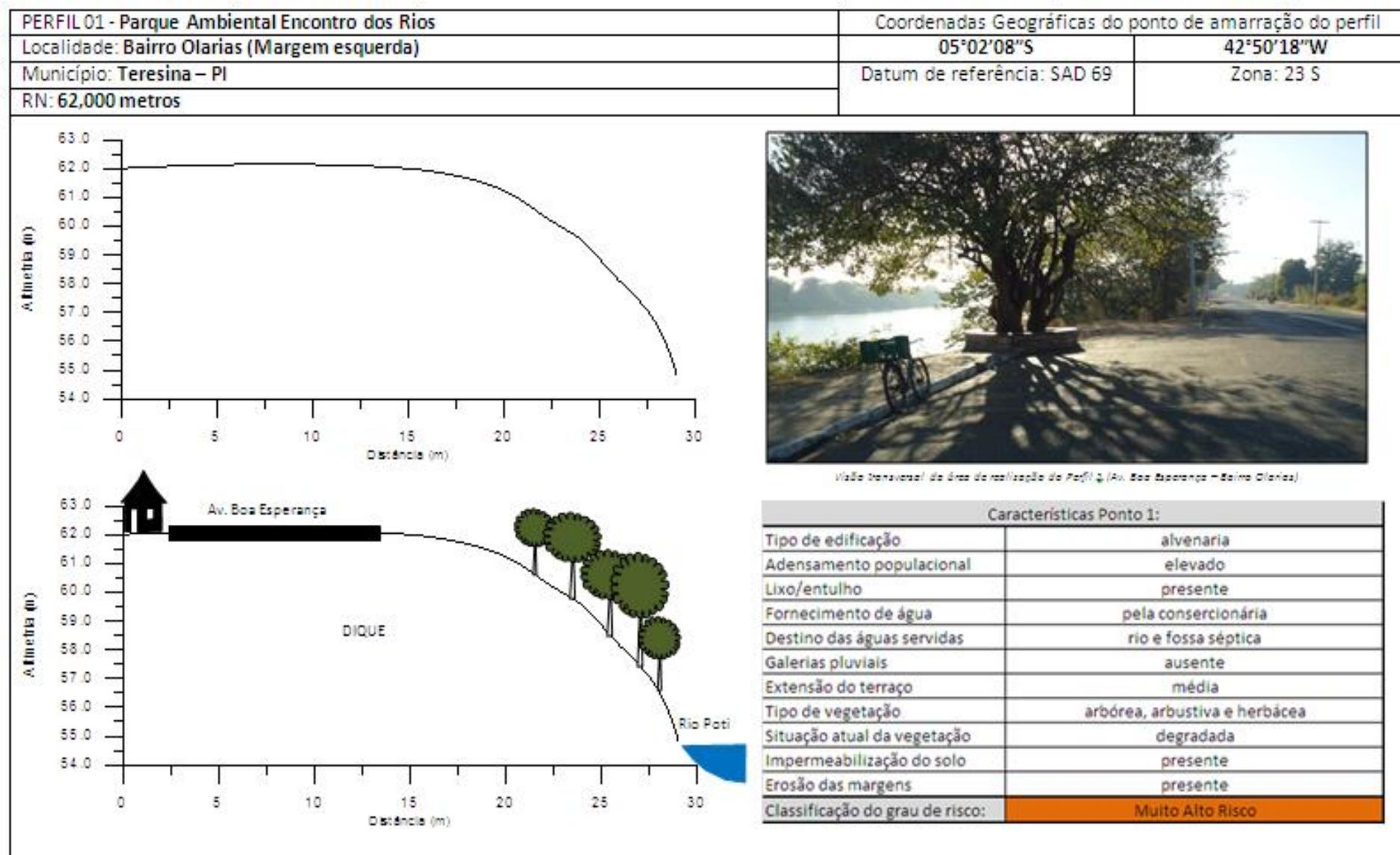
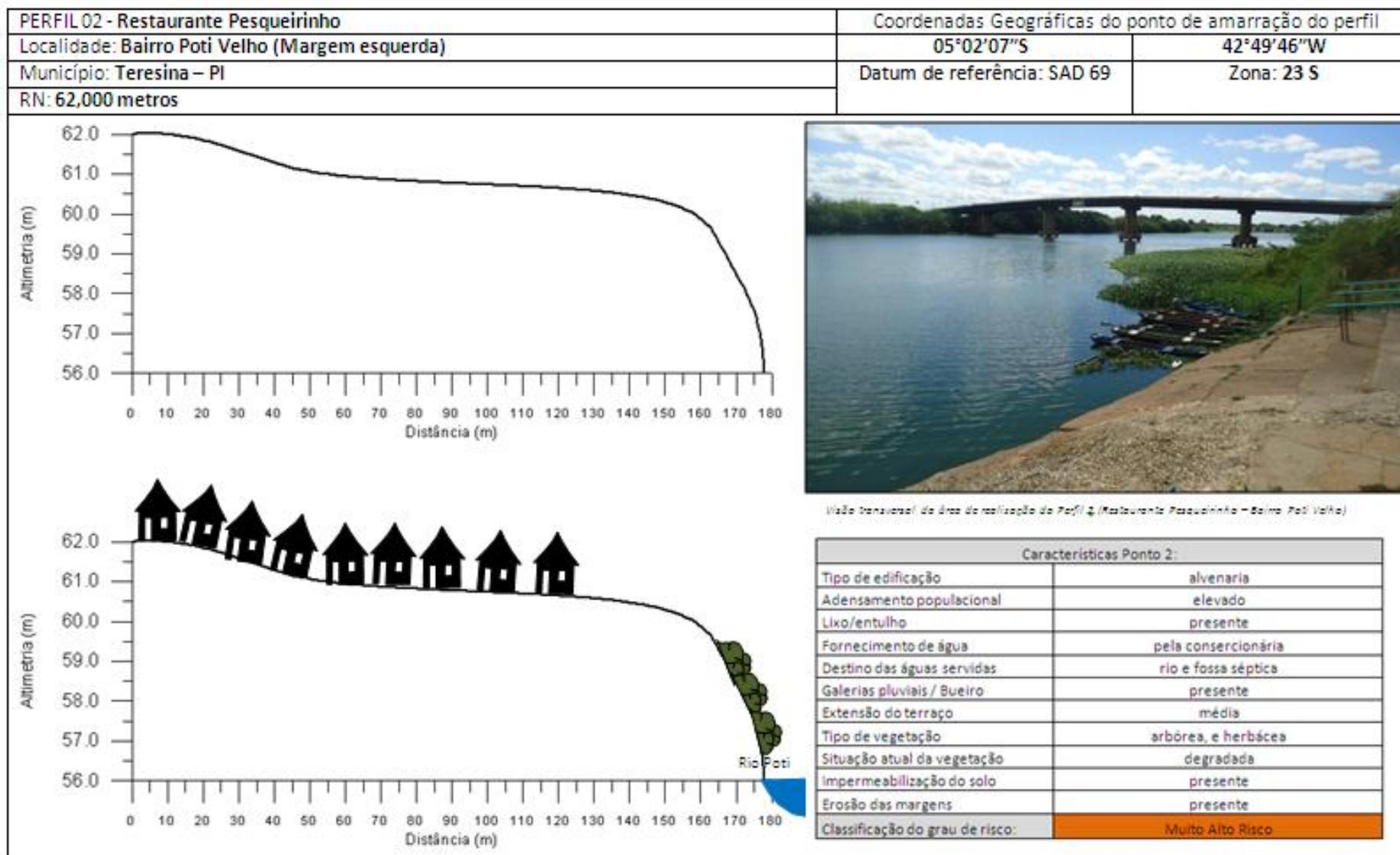


Figura 39- Perfil de Risco Ambiental nº 2.



PERFIL 3

O bairro São Francisco situado numa cota altimétrica de 54 metros a margem esquerda do rio foco de estudo, nas imediações dos Setores 02, 03, 04, 05, 07 e 13 mapeados pelo CPRM como áreas de risco, é notória a susceptibilidade em frente a enchentes, considerando a diversidade de aspectos que denunciam a fragilidade desse ecossistema urbano como: impermeabilização presente na área, decorrente dentre outros fatores, da retirada da mata ciliar, da ocupação marginal desordenada que conduzem aos agravos e transtornos das enchentes e contribuem para a degradação do meio ambiente local. A falta de equipamentos urbanos verificados implica na exposição de esgotos a céu aberto, de resíduos sólidos ocasionando prejuízos à rede de drenagem pluvial que se tornam receptáculo desses refugos. Condiz às estruturas precárias das residências. Diante disso, a área pode ser considerada de *Muito Alto Risco* (Figura 40).

PERFIL 4

Semelhante às condições de infraestrutura urbana apresentadas nos perfis anteriormente descritos, no ponto da horta comunitária no Bairro Mocambinho I a uma cota altimétrica de 54 metros, percebe-se grande volume de resíduos sólidos causando a obstrução das drenagens, gerando alagamentos de toda área de influência do comportamento das águas pluviais e, conseqüentemente reverte em fator agravante na ocorrência das enchentes. Esta área da cidade integra a problemática urbana dos setores I, II e III do citado bairro, mapeados pelo CPRM como os setores 03, 04 e 05 de risco da Zona Norte localizados na margem esquerda em planície aluvionar e em perímetro de lagoa, cuja vulnerabilidade ao risco de enchente envolve nos referidos setores um contingente de 4.736 habitantes, totalizando 1.182 famílias. Além desses setores, o bairro Santa Sofia também faz parte da mesma realidade socioambiental agregando 97 famílias e 388 pessoas vulneráveis. Portanto, tal quadro pressupõe categoria de *Muito Alto Risco* (Figura 41).

Figura 40: Perfil de Risco Ambiental nº 3.

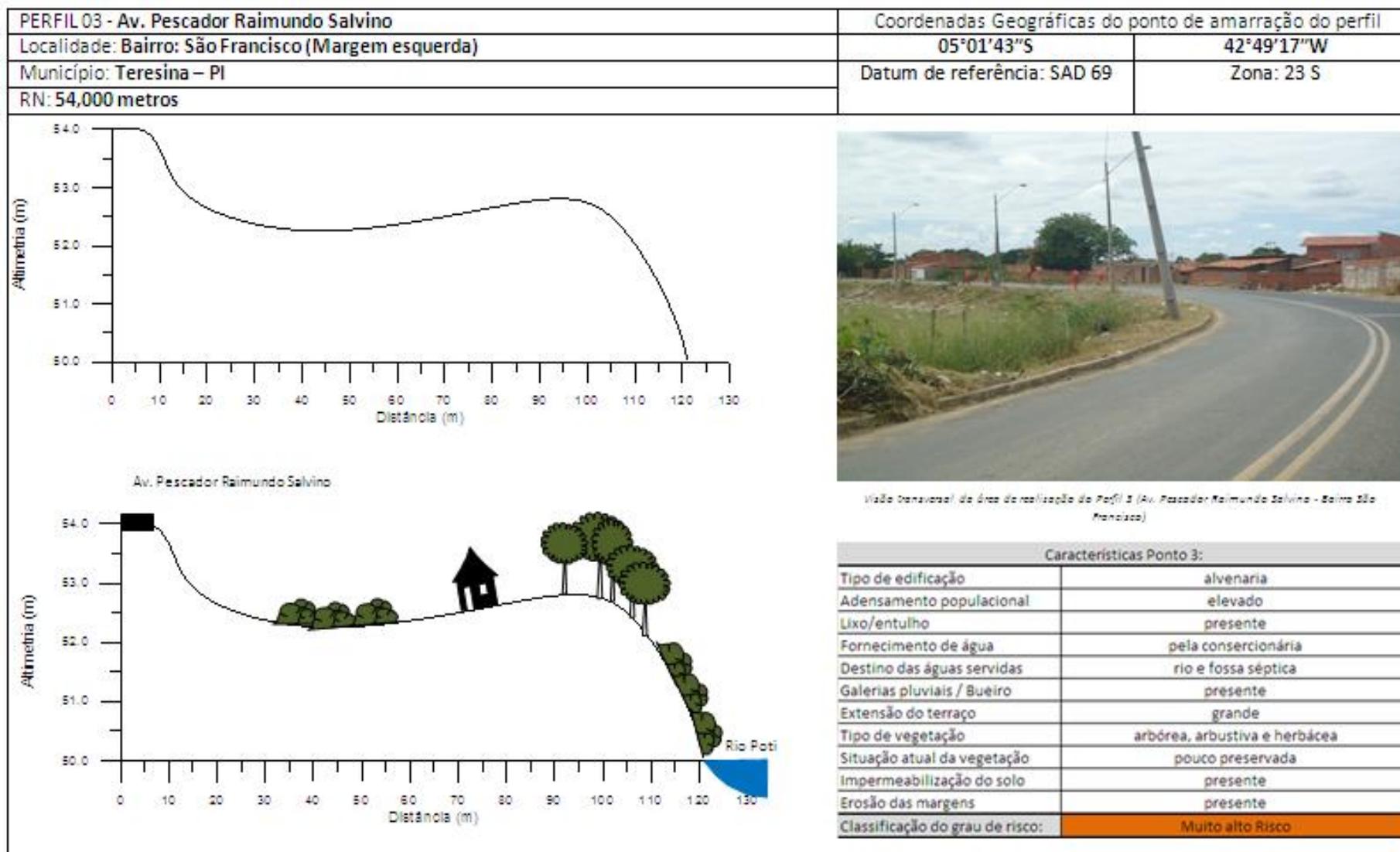
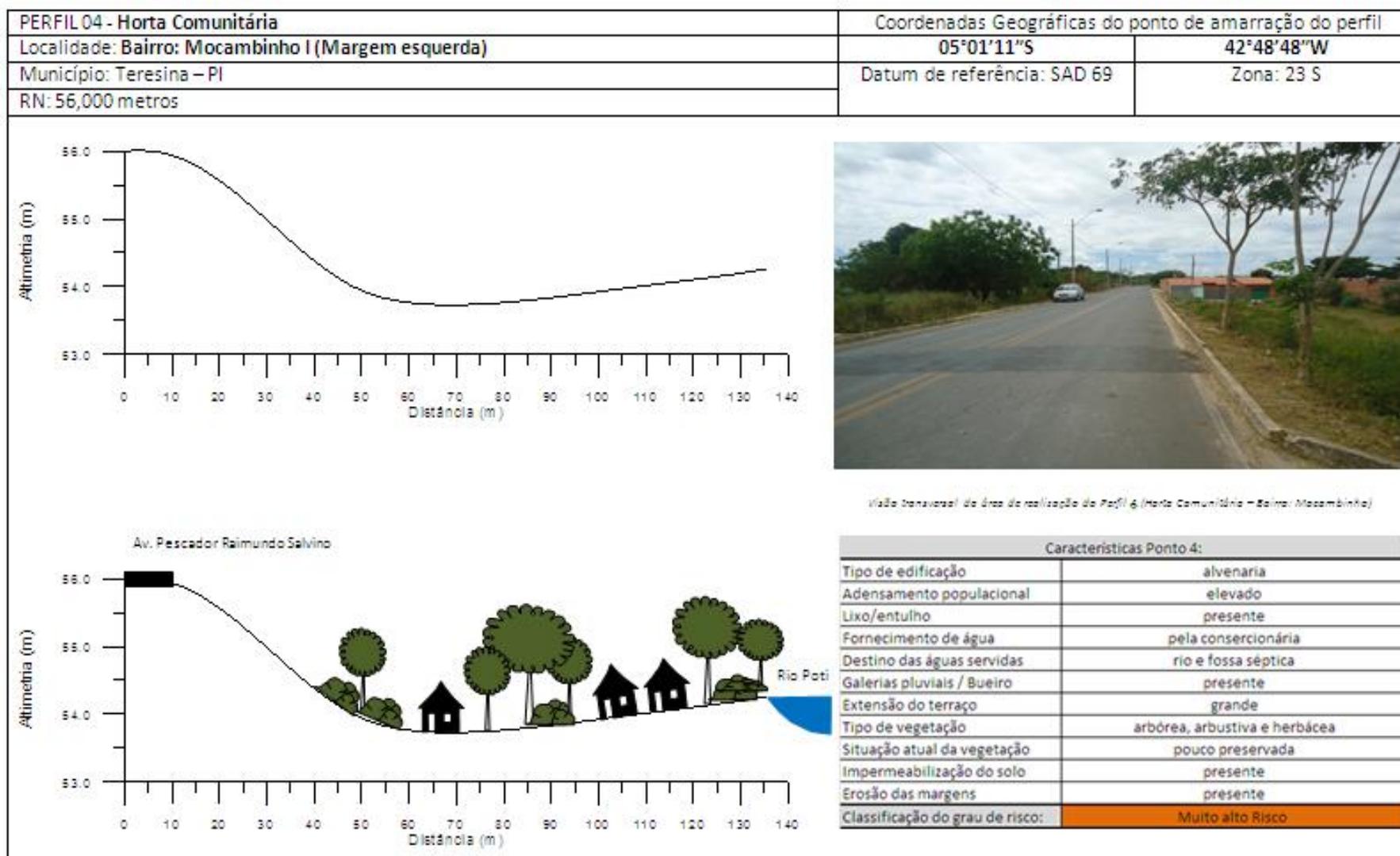


Figura 41: Perfil de Risco Ambiental nº 4.



PERFIL 5

A área relativa ao Perfil 05 deste estudo situa-se na margem esquerda do Poti, no bairro Água Mineral na Zona Norte da cidade, numa cota altimétrica de 59 metros em área urbanizada sujeita a inundação lenta e gradual e onde ocorrem esgotos a céu aberto vindo das casas de alvenaria e também de taipa. Nesse setor existem 404 pessoas e 101 famílias vulneráveis ao risco de enchente. Observa-se nesse bairro, como em todos os setores trabalhados no campo, que o descaso com o destino dos resíduos sólidos atesta tanto a má gestão pública como o despreparo da população no respeito à sua própria qualidade de vida. Assim, a área é classificada na visão desse estudo como de *Alto Risco*. Convém enquadrar neste perfil a área do bairro Embrapa pelo fato da mesma se encontrar inserida em semelhante contexto físico-ambiental e social (Figura 42).

PERFIS 6, 7, 8

A junção da descrição dos perfis 06, 07 e 08 se faz necessária haja vista a proximidade geográfica, além da semelhança entre os atributos socioespaciais e ambientais verificados nas referidas áreas. Esses setores agregam entre si os transtornos sofridos pela população dos bairros Primavera I, Primavera II, Morro da Esperança e Porenquanto. Estes são espaços que historicamente sofrem com os alagamentos, como verificados nos episódios da série estudada na tese.

O agravamento das enchentes nestes locais da cidade concerne um amplo estado de degradação ambiental no que se refere, especialmente, à questão da disposição dos resíduos sólidos que causa obstrução das drenagens e propicia os alagamentos por ocasião das cheias. A ocupação da área corresponde significativa extensão da planície de inundação do Poti submetendo 291 famílias e 1.164 pessoas ao risco na vigência das enchentes. Nos setores coexistem impermeabilização do solo, degradação dos ambientes ribeirinhos, esgotos e resíduos sólidos implicando nos desequilíbrios ambientais averiguados no campo.

A área, como um todo, é protegida pela Av. Marechal Castelo Branco que funciona como dique marginal, entretanto, o sistema de bombeamento instalado não atende todos os setores. Nos bairros Morro da Esperança e Primavera I, p. ex., não são atendidos com o serviço, de acordo com CPRM (BRASIL, 2012). Destaque-se que as edificações são de alvenaria com algumas casas de taipa. No bairro Primavera II localiza-se o Parque Ambiental João Olímpio de Melo – o Parque da Cidade, onde se verifica densa mancha de vegetação nativa. Apesar da

presença da área de preservação os riscos são elevados. Assim, optou-se por enquadrá-la como de *Alto Risco*, e os bairros Morro da Esperança e Porenquanto pela estrutura de drenagem não existente se enquadra como de *Muito Alto Risco* (Figuras 43, 44 e 45).

PERFIS 9, 10

O ambiente neste ponto do perfil no bairro Ilhotas, com cota altimétrica em torno de 62 metros a margem esquerda do rio Poti, Zona Sul da cidade, caracteriza expressiva verticalização ocupando área urbanizada na planície aluvional sujeita a inundação lenta e gradual em que 29 famílias e 116 pessoas (na descrição do CPRM) são vulneráveis ao *Alto Risco* e, na sequência da etapa de campo, ainda na margem esquerda a montante do bairro Ilhotas, situa-se o bairro Catarina numa cota de 65 metros, mapeado pela CPRM como os setores 26 e 27 localizados na zona Sul, cuja situação socioambiental descreve um ambiente em estado de degradação condicionada pela urbanização em linha de drenagem de alta energia sujeitam a inundação, alagamentos, enxurrada e solapamento da margem e, com esgoto a céu aberto. As edificações de alvenaria e de taipa tornam vulneráveis os moradores, pois se encontram localizadas na condição citada. Neste setor são contabilizadas 284 famílias e 1.136 pessoas sujeitas aos riscos ambientais. Considerando os aspectos acima apresentados, a área se insere na categoria de *Alto Risco*. É válido acrescentar que a visão de totalidade de risco na área dos perfis Ilhotas e Catarina envolvem os bairros Cabral, Frei Serafim, Cristo Rei e Três Andares (Figura 46 e 47).

Figura 42: Perfil de Risco Ambiental nº 5

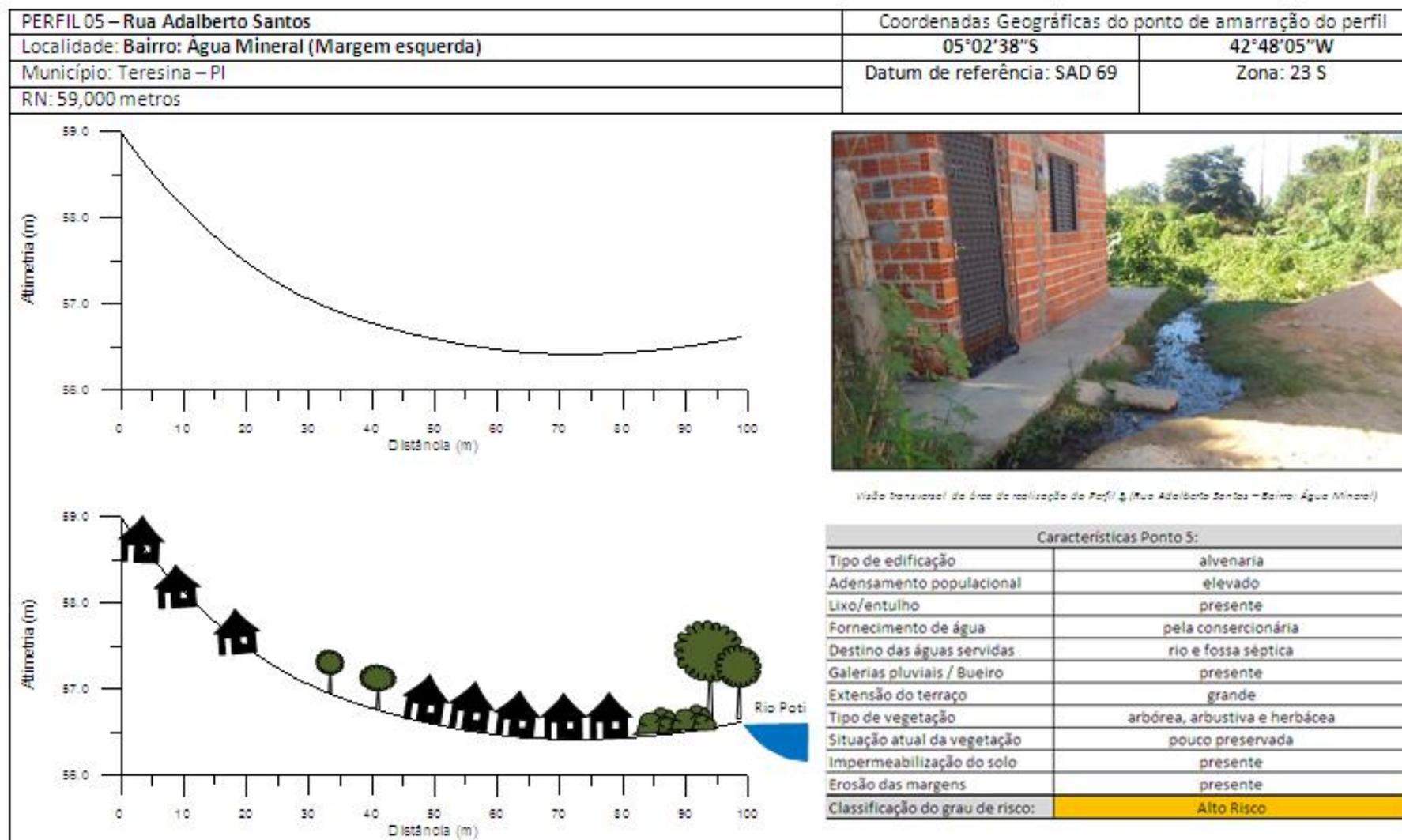


Figura 43: Perfil de Risco Ambiental nº 6

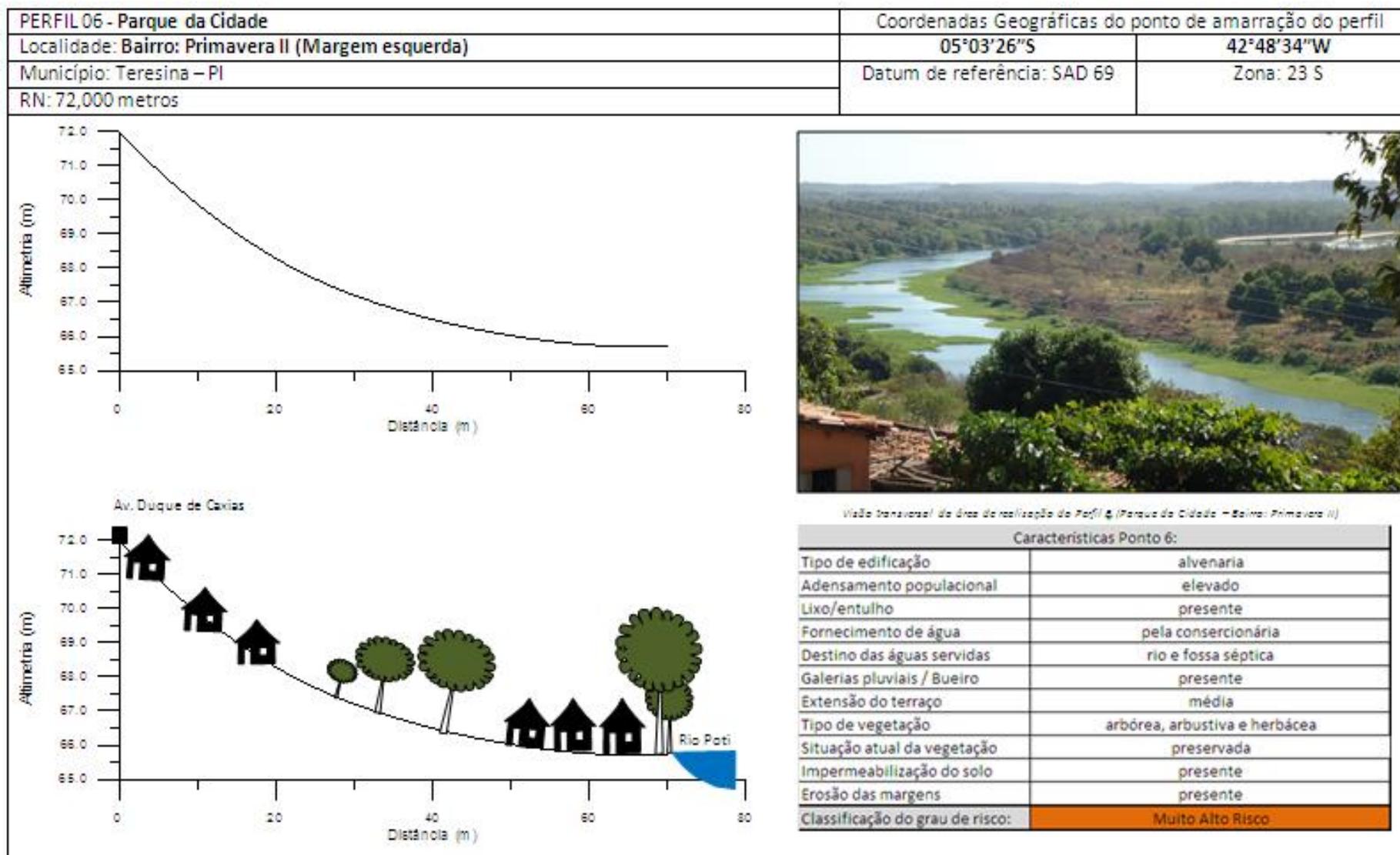


Figura 44: Perfil de Risco Ambiental nº 7

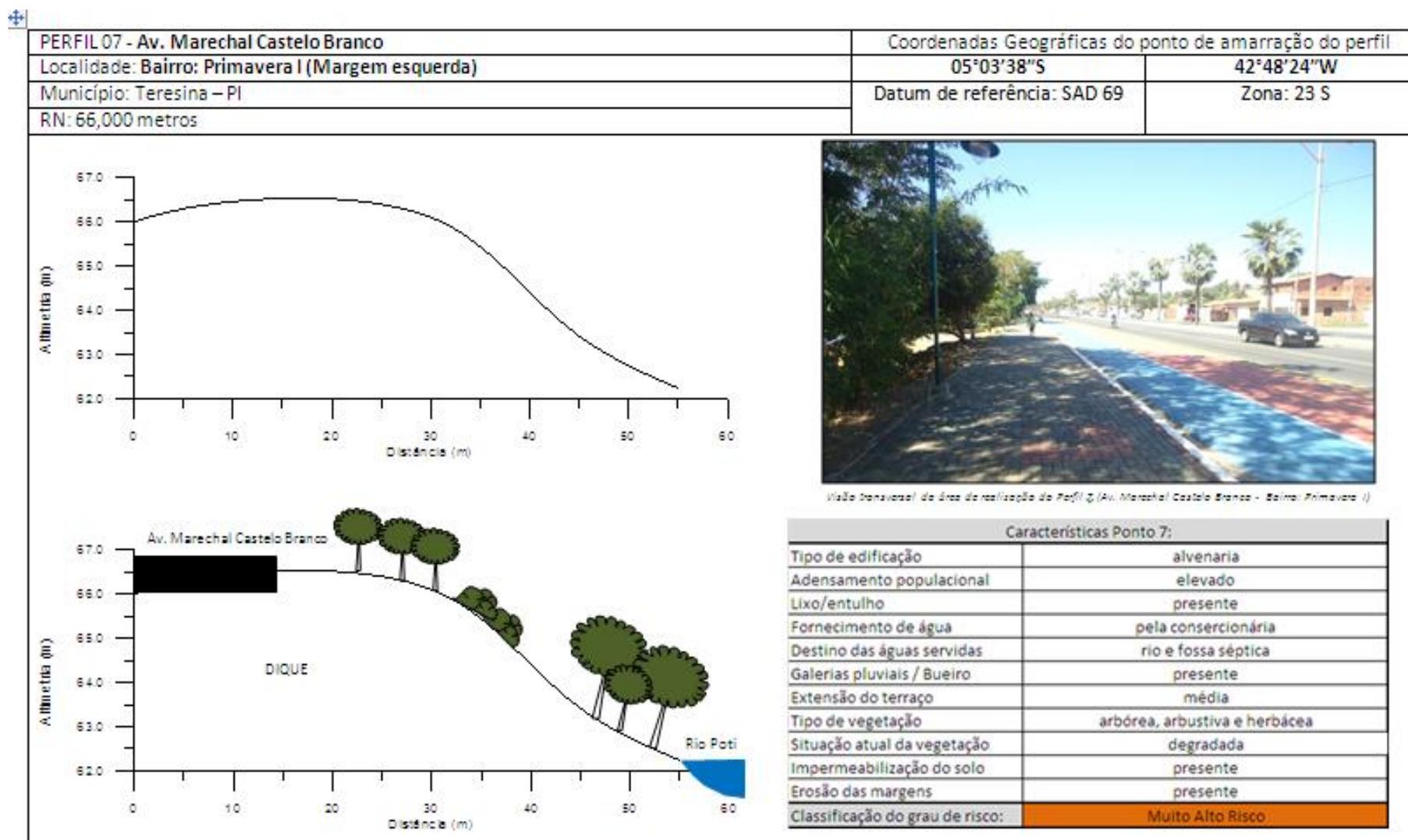


Figura 45: Perfil de Risco Ambiental nº 08

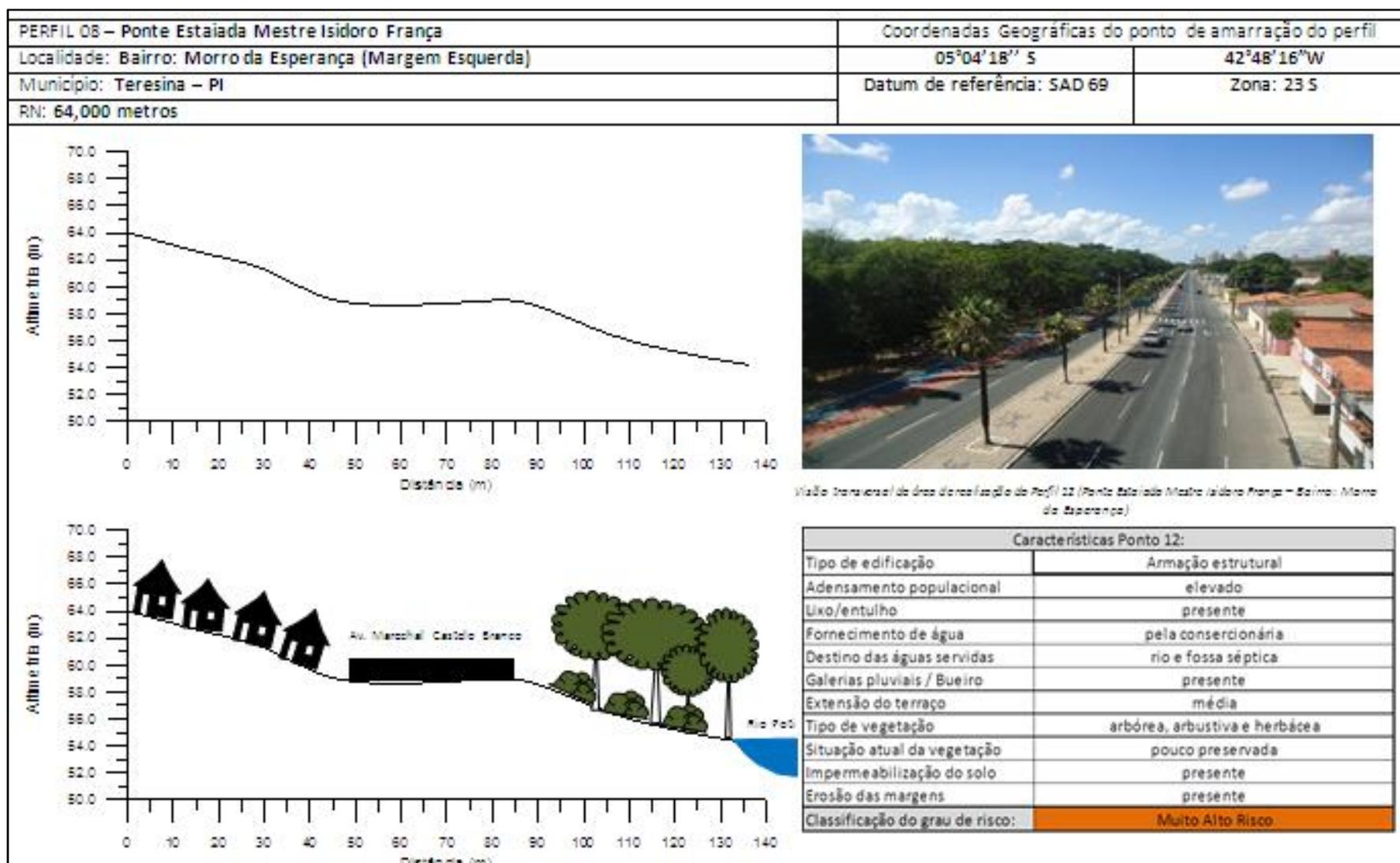


Figura 46: Perfil de Risco Ambiental nº 09

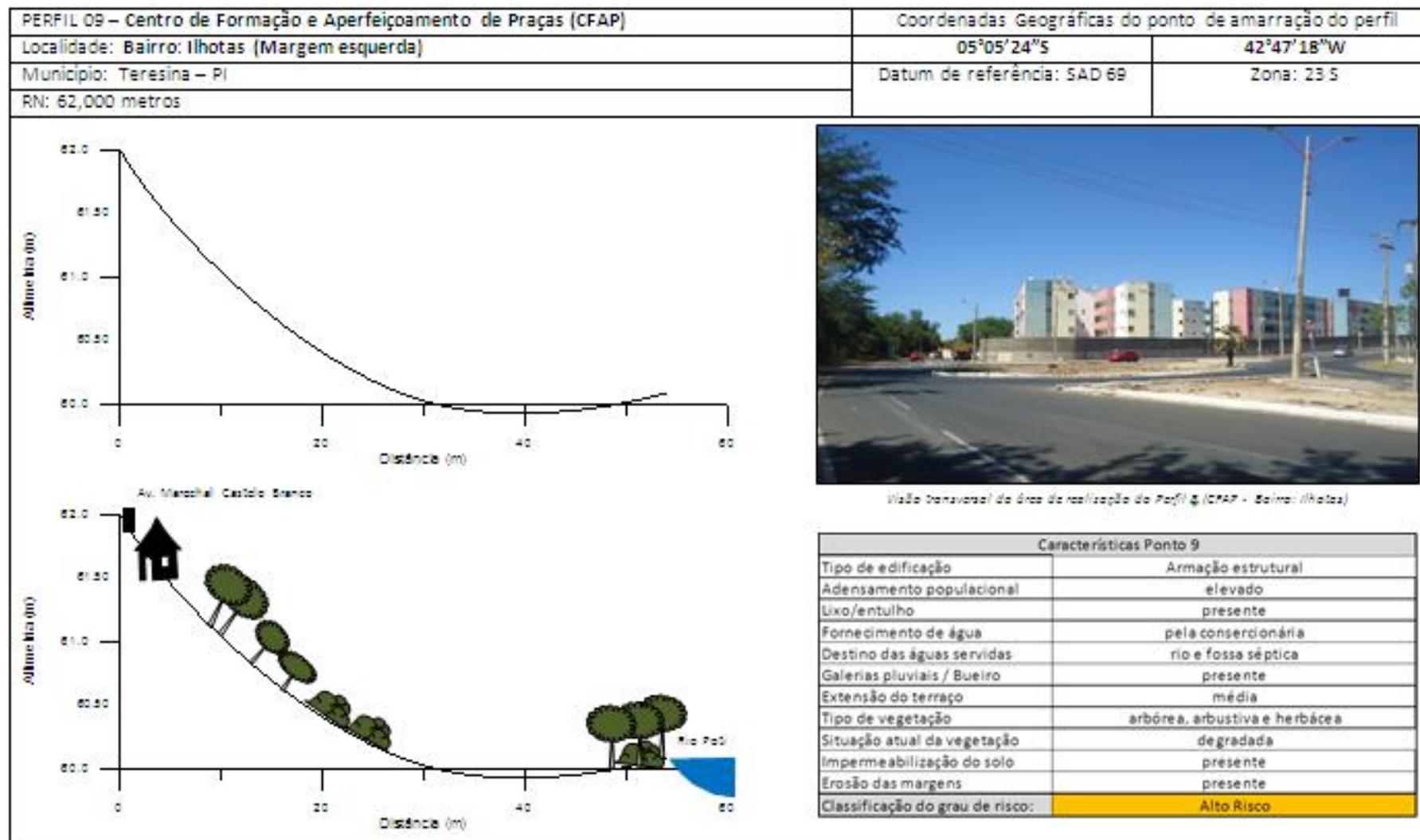
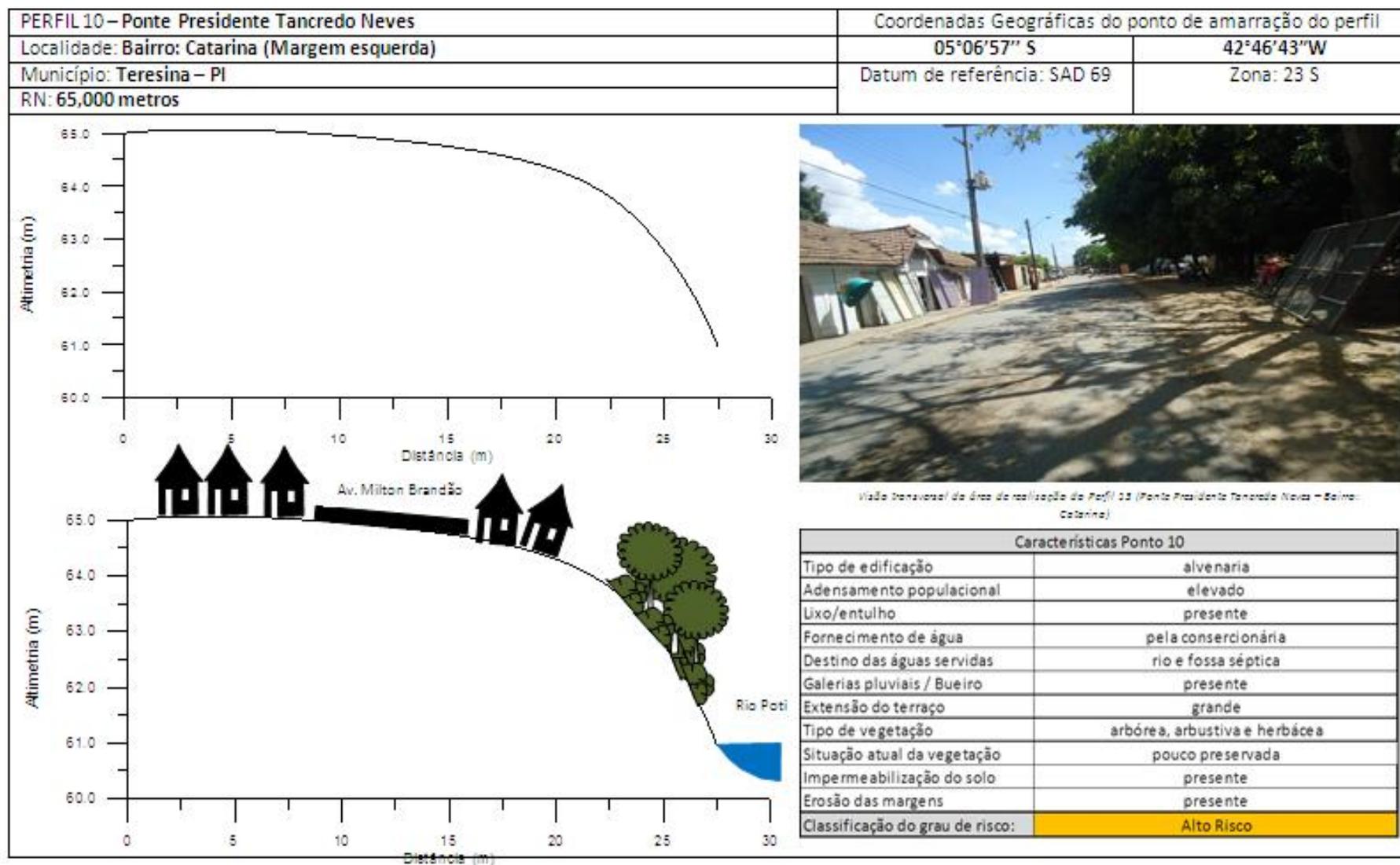


Figura 47: Perfil de Risco Ambiental nº 10



PERFIL 11

A área deste perfil relativo ao bairro São Sebastião, localiza-se na margem direita da planície aluvionar do rio Poti, numa cota de 60 metros na Zona Sudeste. No local observa-se quadro de desequilíbrio ambiental bastante avançado em razão do adensamento populacional, dos inúmeros esgotos a céu aberto, galerias e bueiros canalizando todo seu conteúdo urbano para dentro do rio. O desmatamento da vegetação marginal junto com a impermeabilização do solo nesse trecho da área pesquisada potencializa o processo de degradação natural do rio, posto as curvas acentuadas que contribuem na geração dos impactos e da erosão marginal no período das cheias. O ecossistema associa diversas áreas afetadas no conjunto dos agravos das enchentes, como o Conjunto São Paulo mapeado pelo CPRM como um setor de risco, abrangendo 40 famílias e 192 pessoas. Além desta comunidade existem outras regiões que se avizinham ao Bairro e que também são atingidas pelas enchentes do rio Poti, como os bairros Beira Rio, Parque Poti, Extrema, Comprida e Redonda. De acordo com notícias veiculadas em jornais locais, no evento ocorrido em 2009, toda área ficou embaixo d'água, configurando elevado grau de perigo e vulnerabilidade. Assim, a condição da realidade é de *Muito Alto Risco* (Figura 48).

PERFIS 12, 13

Aqui se pretende descrever cenários dos Perfis 12 e 13 relacionados aos bairros Noivos e Jóquei, ambos situados na cota de 60 metros em extenso terraço fluvial a margem direita do rio Poti. Ressalta-se que a região envolve uma ampla área urbanizada sujeita a inundação lenta e gradual, sendo a mesma ocupada por casas de alto padrão, por edifícios de apartamentos residenciais e shoppings centers. Neste local o lençol freático é muito próximo da superfície do terreno, inclusive, onde atualmente fica um dos maiores Shopping Center, antes era terreno alagadiço. É importante inserir neste cenário o bairro São João, pois examinando sua localização, estrutura física e ambiental conclui-se que o mesmo faz parte das singularidades do quadro. Também existe na região esgoto a céu aberto, “bocas-de-lobo”, presença de resíduos sólidos e riachos canalizados. Integrado a essa paisagem fica o Parque Ambiental Floresta Fóssil, um paradoxo que se alia ao risco, pois ali se confere finalidade incompatível com a política do meio ambiente em vigor no país. No universo amostral levantado pela CPRM, 399 imóveis, 1 shopping, 6 edifícios e 2.772 pessoas estão sujeitas aos riscos, somente no bairro Noivos. Portanto, conclui-se que a área é de *Muito Alto Risco*. Vale mencionar que na região

encontra-se, literalmente, dentro do canal o Parque Potycabana, um espaço de lazer agradável aos visitantes e que embeleza a cidade, mas por outro lado, é fator de alteração da dinâmica natural do rio. Somando-se a isso, no trecho entre as pontes Juscelino Kubitschek e Mestre Isidoro (Ponte Estaiada), observa-se descarte de grande volume de resíduos sólidos nas imediações dos vários quiosques instalados na margem do rio aumentando a dimensão do risco no setor (Figuras 49 e 50).

Figura 48: Perfil de Risco Ambiental nº 11

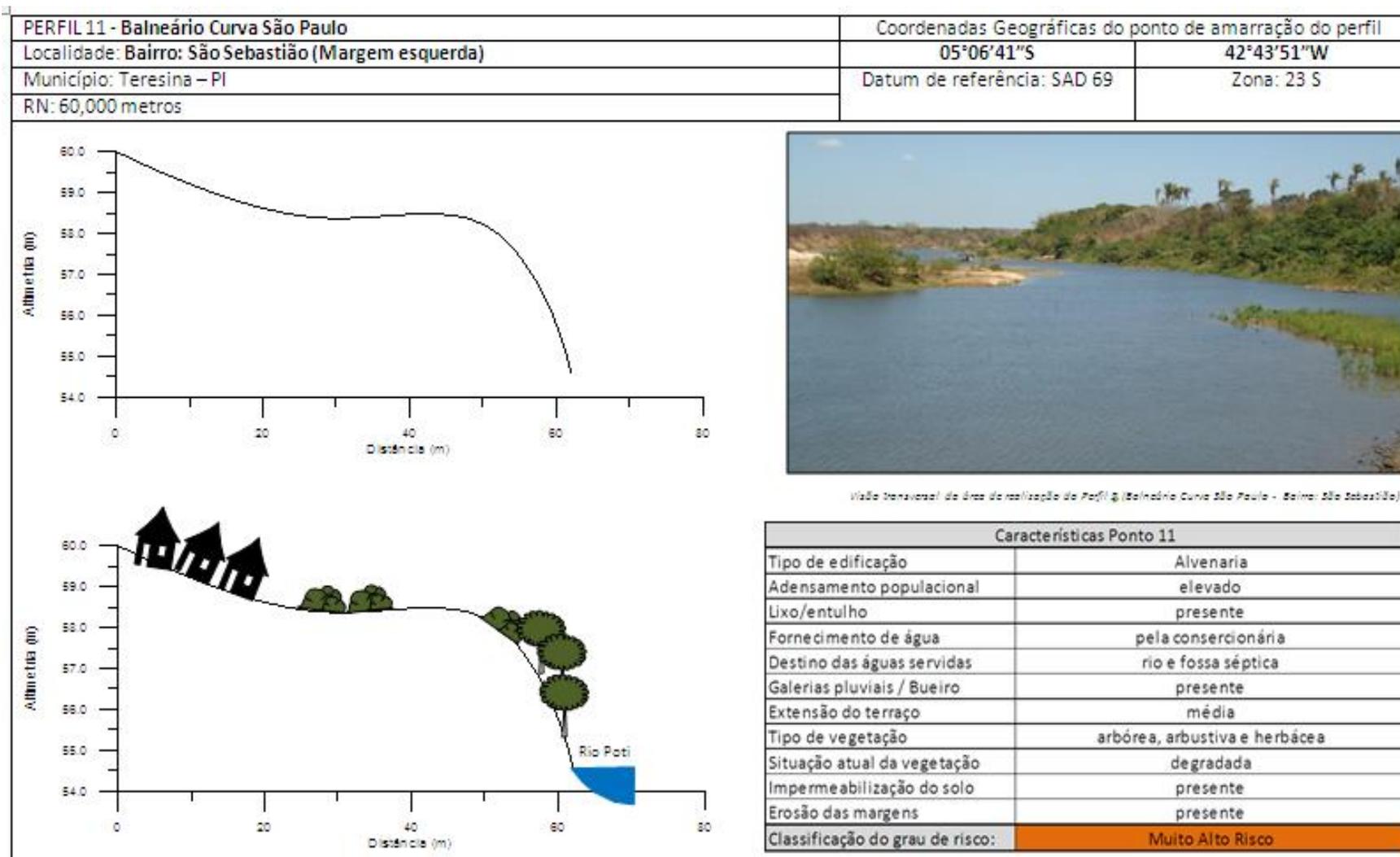


Figura 49: Perfil de Risco Ambiental nº 12

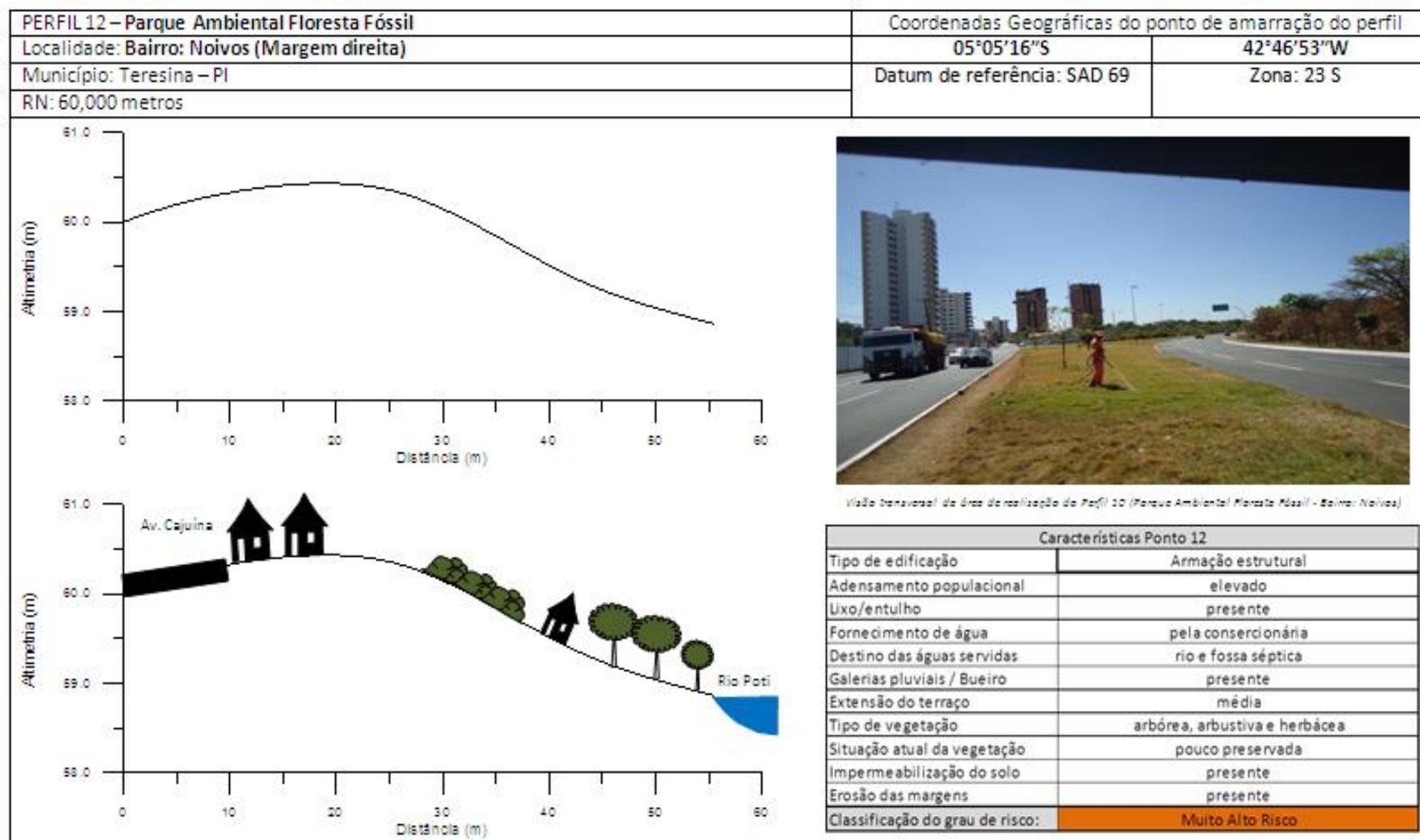
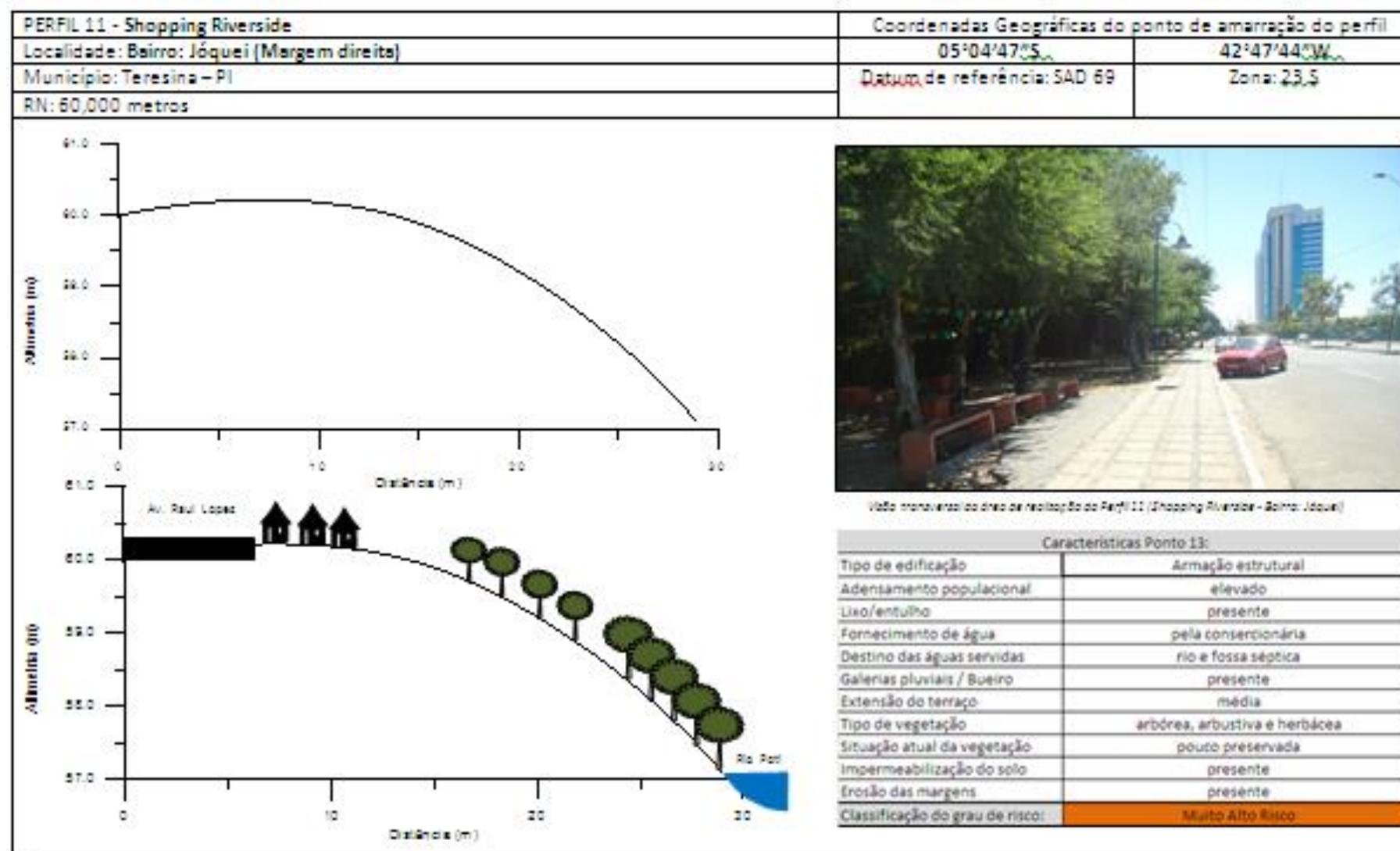


Figura 50: Perfil de Risco Ambiental nº 13



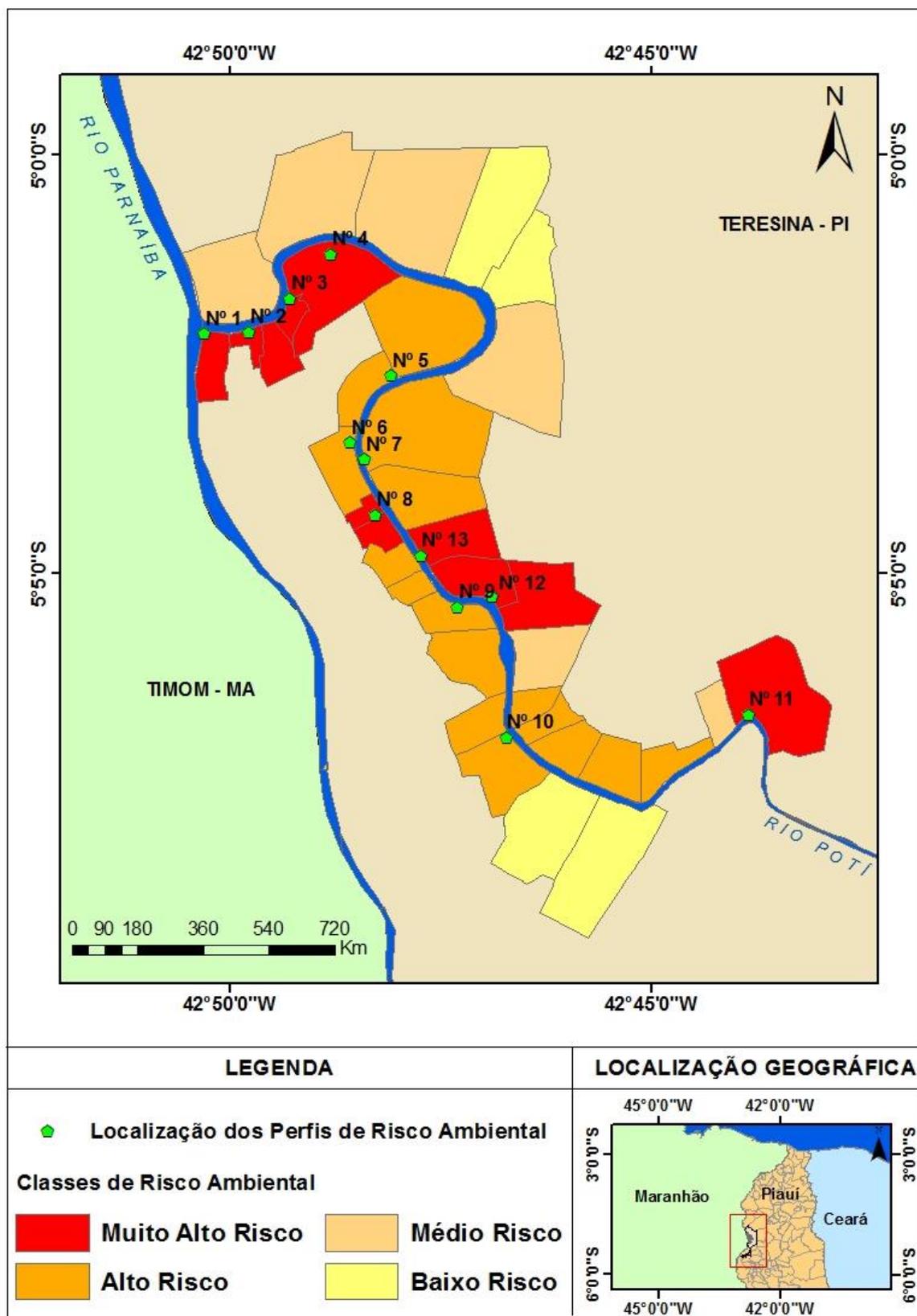
As interfaces socioambientais ora discutidas nortearam a definição das categorias de risco na área de estudo e foi o principal fundamento que ratificou a elaboração dos perfis de riscos ambientais e posterior Mapa de Risco Ambiental da Figura 51. No que tange aos demais bairros que fazem parte do campo amostral deste estudo e que não foram contemplados na elaboração dos perfis estão elencados no Quadro 3. Faz-se imperativo argumentar que as classes de risco para os referidos bairros foram baseadas nas cotas altimétricas da região. A partir dos resultados essas áreas foram classificadas de *Alto, Médio e Baixo Risco*.

Quadro 3 – Áreas de risco ambiental associadas no âmbito do estudo

Legenda	Nome	Classificação do Risco
01	Santa Rosa	Médio
02	Alegre	Médio
03	Aroeira	Médio
04	Pedra Mole	Baixo
05	Cidade Jardim	Baixo
06	Zoobotânico	Médio
07	Ininga	Alto
08	Fátima	Alto
09	Beira Rio	Alto
10	Tancredo Neves	Alto
11	São Raimundo	Médio
12	São Lourenço	Baixo
13	Bela Vista	Baixo

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

Figura 51 - Mapa de Risco Ambiental



Fonte: Dados da pesquisa. Organização: Maria Suzete Sousa Feitosa. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2014).

5.5 Vulnerabilidade Socioambiental Presente na Cidade de Teresina

A combinação ou sobreposição dos mapas elaborados com apoio na classificação estatística da Vulnerabilidade Social e definição de Perfis Ambientais em que a classificação dos riscos às enchentes possibilitou, por meio dessas técnicas identificação e localização dos espaços territoriais em discussão, onde ocorre simultaneidade de riscos ambientais e grupos populacionais em situação de vulnerabilidade. Resultando no produto final da tese representado cartograficamente pelo Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental.

Inicialmente, definiu-se a legenda do mapa e o agrupamento das classes de vulnerabilidade socioambiental mediante a associação das classes da vulnerabilidade e dos riscos. A partir desses fundamentos elegeram-se o cruzamento entre esses grupos conforme suas semelhanças, e assim formar grupos homogêneos de vulnerabilidade socioambiental, seguindo o princípio da identificação e localização das áreas que agregam ambas as dimensões.

O Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental (Figura 52) do baixo curso do rio Poti correspondente a área de estudo, possibilita visualizar quatro cenários espaciais de distribuição de áreas vulneráveis que se constituem tanto na confrontação das hipóteses centrais da tese, quanto remetem a determinadas limitações do resultado do estudo. A falta de dados impossibilitou definir a vulnerabilidade social na totalidade das áreas estudadas, de certo esse aspecto limitou a análise na sua completitude.

CENÁRIO 1 – Áreas da cidade no leito do rio Poti que convergem altíssima vulnerabilidade socioambiental localizadas na zona norte em ambientes de concentração populacional bastante densa, comprovando a hipótese de que *à medida que a cidade de Teresina se tornou mais urbanizada as enchentes repercutiram maiores agravos socioambientais*. Os aspectos distributivos se devem à proximidade da desembocadura do Poti, do tipo de solo que favorece os alagamentos, as cotas altimétricas mais baixas da cidade. Envolve no estudo o bairro Olarias.

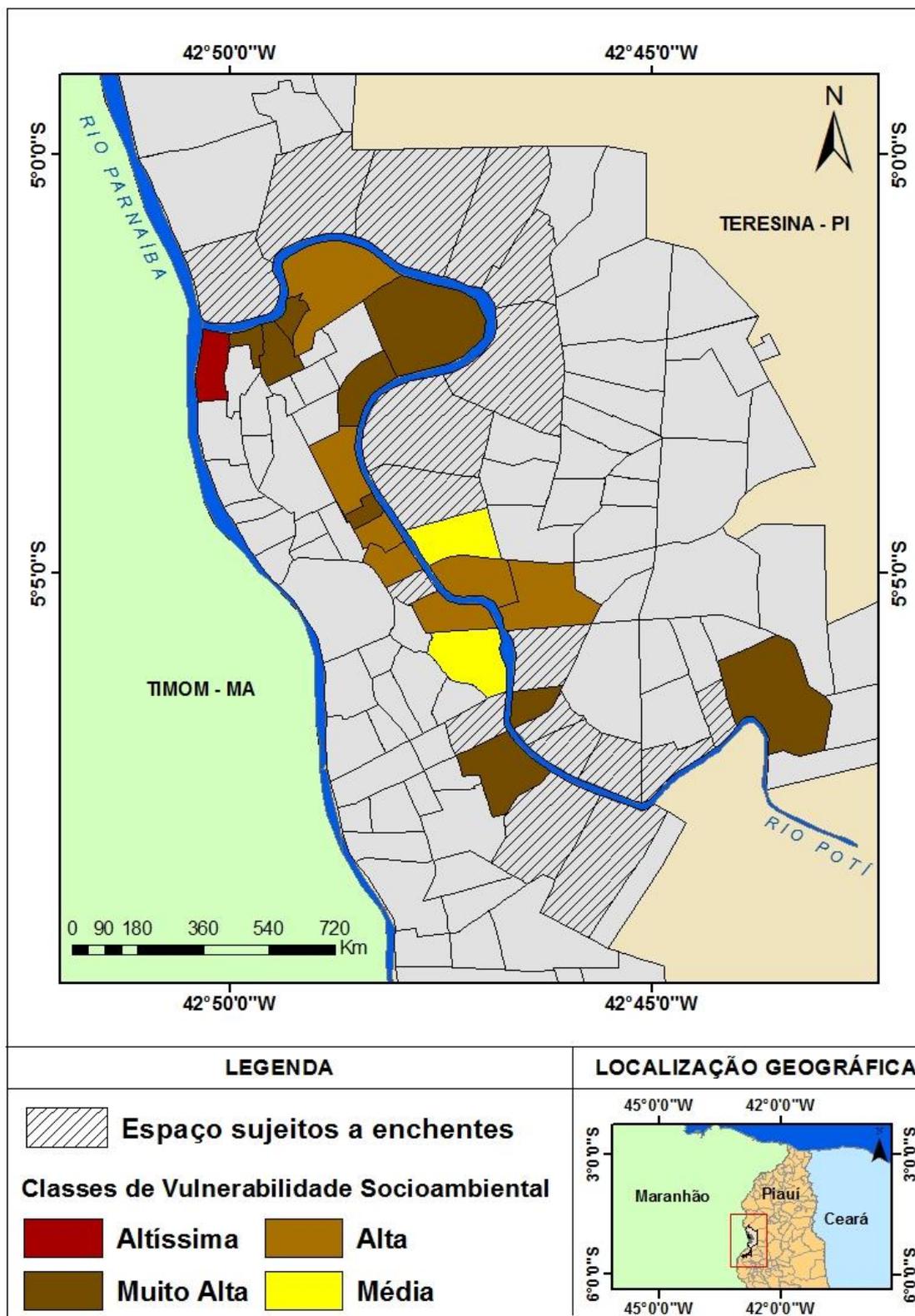
CENÁRIO 2 – Áreas onde se sobrepõem muito alto e alto risco ambiental sujeitas a inundações localizadas no estrato alto de vulnerabilidade social. Portanto, confere vulnerabilidade socioambiental alta nos bairros Poti Velho, Alto Alegre, São Francisco, Embrapa, Água Mineral, Morro da Esperança, Beira Rio, Catarina e São Sebastião.

CENÁRIO 3 – Áreas a norte, centro e leste da cidade, caracterizadas pela vulnerabilidade socioambiental média, são setores de alto e de muito alto risco e elevadas exposição aos efeitos das enchentes. Identificam-se os bairros Mocambinho, Primavera, Porenquanto, Cabral, Noivos, Ilhotas e São João.

CENÁRIO 4 – Nas regiões centro e leste encontram-se áreas de muito alto e alto risco salientando, ainda, baixa vulnerabilidade socioambiental, nesses setores da cidade com alta e média exposição às inundações do rio Poti, ambas ocupadas por classes de baixa vulnerabilidade; nesse caso configura uma restrição do resultado do estudo, já que a vulnerabilidade social baseou-se em dados censitários. Esses, entretanto, nem sempre representam as reais condições socioeconômicas e de qualidade de vida da população e, sim uma amostragem objetivada do IBGE, aspecto a ser levado mais a cabo no caso de uma gestão fundada nas desigualdades socioeconômicas destes espaços.

Feita estas ponderações, pode-se concluir que há estreita relação entre a espacialização dos grupos que apresentam desvantagem social e aquelas áreas sujeitas ao risco, ou seja, população socialmente vulnerável se localiza em áreas ambientalmente susceptíveis aos riscos de enchente.

Figura 52 – Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental



Fonte: Dados da pesquisa. Organização: Maria Suzete Sousa Feitosa. Geoprocessamento: Marco Aurélio da Silva Lira Filho (2014).

6 CONCLUSÃO

O objetivo principal desta tese foi analisar os riscos e vulnerabilidades socioambientais às enchentes do rio Poti, no trecho urbano da Curva São Paulo à confluência com o rio Parnaíba, em Teresina-PI, para a compreensão das interfaces das vulnerabilidades sociais e físico-ambientais e exposição aos riscos naturais, especialmente aqueles associados a determinadas áreas e grupos populacionais. Nesse sentido, a intenção de sobreposição das cartografias de vulnerabilidade e risco traduz a integração da dimensão social no contexto do universo de relações e processos que se dão no espaço geográfico teresinense, que por sua dinâmica urbana efetua constantes mudanças, resultando em novos cenários e realidades ambientais intrínsecas de processos e inter-relações sistêmicas. Surge assim um patamar de incertezas exibindo paradoxos inerentes da relação dicotômica advinda da sociedade moderna. O ambiente urbano nesse modelo situa na escala local o principal dilema ambiental a ser enfrentado pela civilização no estágio atual de desenvolvimento.

Assim, a incorporação das dimensões social e ambiental em torno do tema risco e vulnerabilidades foi um importante caminho para a compreensão da relação homem-natureza no concernente as vulnerabilidades socioambientais da cidade de Teresina. Neste estudo de tese pode-se constatar que os problemas socioambientais urbanos oriundos dessa relação ganham vulto quando se faz associação ao histórico distanciamento homem-meio-sociedade, especialmente, quando envolve população e ambientes fluviais, haja vista, que tais espaços reservam condição de risco e perigo mediante a ocupação desordenada dos mesmos. Circundante a essa questão, outro fator constatado, aponta para o crescimento demográfico que propiciou no espaço urbano de Teresina, problemas de concentração populacional e gerou demandas por moradia a um contingente cada vez mais crescente. Somado a este fato, a fragilidade de estrutura urbana e qualidade de vida agravam cada vez mais a problemática devido o difícil acesso a terra em lugar minimamente digno. Com isso, esses grupos populacionais passam a habitar espaços frágeis e expostos a riscos naturais.

Por meio da análise dos principais aspectos físicos e de ocupação da área urbana do leito do rio Poti na capital, pode-se observar a existência de vários fatores condicionantes que revelam as vulnerabilidades da área quanto aos riscos de enchentes. A zona norte de Teresina que margeia o rio Poti é caracterizada por uma ampla área de planície aluvional sujeita as enchentes devido às condições naturais do solo, as baixas altitudes que favorecem as cheias tanto do rio Poti quanto do rio Parnaíba.

Constatou-se que as demais áreas marginais do Poti, objeto de estudo, encontram-se, como um todo, densamente urbanizadas com indicativo de expansão urbana para as planícies inundáveis, notadamente nas zonas norte, sul, leste e sudeste, cujos cenários se conferem nesta pesquisa quando se discutiu o espraiamento de Teresina, os impactos e riscos das enchentes. Em que os bairros mais afetados na vigência dos eventos são aqueles localizados nessas zonas, a exemplo dos bairros Olarias, Poti Velho, Alto Alegre, Beira Rio, Morro da Esperança, Água Mineral, Catarina e São Sebastião.

Assim, pode-se a partir desse estudo definir um retrato do ambiente urbano em termos de relação homem-meio conforme a abordagem integrada adotada, buscando responder as questões que nortearam a construção da tese. *Os eventos naturais tiveram seus efeitos reforçados com o advento da urbanização e seus processos e modelos estruturais dos espaços atingidos? Ou ainda, pelo contingente populacional que se adensa em condição de alta vulnerabilidade, pois sujeito aos riscos por conta da fragilidade social?*

Uma questão premente constatada aponta para o uso desordenado do espaço, notadamente as áreas de risco setorizadas na extensão do canal fluvial enfocado, ao mesmo tempo em que a prevenção dos desastres naturais perdura à margem das políticas públicas que insistem em uma gestão negligente dos riscos, ou seja, faltam ações eficazes e capazes de atenuar os danos materiais, de perdas humanas, enfim, de qualidade da cidade.

Concerne ainda a clareza conceitual a respeito de desastres naturais e vulnerabilidade. *Hétu (2003) defende que o conceito desastres naturais é variado e complexo, pois agrega diferentes concepções utilizadas pelo público que é ao mesmo tempo vítima dos fenômenos. Já a vulnerabilidade exprime algumas considerações pertinentes à sua interpretação, como a falta de consenso na definição que impossibilita perceber a realidade que é multidimensional; ainda o envolvimento da diversidade de orientações epistemológicas e das práticas metodológicas.*

Quanto às questões focadas nos Capítulos 2, 3 amparadas pelos indicadores e variáveis adotados, concluem-se que os riscos ambientais afetam com muita proximidade os ambientes analisados, por seu turno, os grupos sociais são atingidos em diferentes graus sem maiores distâncias quanto às tipologias definidas para analisar a vulnerabilidade social condizente a realidade socioambiental que se assemelham e aos resultados das técnicas aplicadas.

Os indicadores tratados conduziram às classes de risco e vulnerabilidade identificados nas variáveis filtradas/selecionadas atendendo o propósito de evidenciar desvantagem social e ambiental e as disparidades sociais. Estes foram adequados com base no rendimento médio padronizado, visto que tem forte correlação com os demais fatores indicativos de pobreza e, portanto, baixa qualidade de vida, pois incluiu razão de dependência, taxa de morador por

domicílio, porcentagem de analfabetos, além de aspectos que envolvem serviços de saneamento e outros equipamentos urbanos. Estes demonstraram grupos de altíssima vulnerabilidade social com predominância de grupos de alta vulnerabilidade, aparecendo ainda grupos de média vulnerabilidade.

Finalmente, empregando-se meios computacionais e associação de informações censitárias e ambientais capaz de munir uma demonstração visual, chegou-se às hipóteses centrais desta tese, em que confirma ao mesmo tempo, que não há evidências de mudança no padrão da precipitação, porém constata nítida combinação de ocorrência de áreas sujeitas a risco e vulnerabilidade social da população que reside nesses espaços. Nesse sentido, o ambiente urbano em questão evidenciou no palimpsesto da cidade de Teresina acentuada desigualdade social e evidentes riscos naturais de enchentes para a população que reside às margens do Poti em Teresina.

Conclui-se igualmente que há necessidade do estabelecimento de gestão compatível com as resultantes socioambientais do espaço territorial urbano, de investimentos em setores prioritários como saneamento básico, educação; fomento em políticas que beneficie a população mais pobre e, dirigidas aos ambientes onde se identifica sobreposição de risco e vulnerabilidades às enchentes.

Espera-se que este estudo sirva de orientação a outros que trate da temática, favorecendo o aprofundamento de conhecimentos para o planejamento urbano; dado que a metodologia aqui adotada pode ser útil na identificação de áreas de vulnerabilidades socioambientais (grupos sociais, variáveis) que concorrem para espacializar e estabelecer diferenciações do risco, inclusive, se estendendo para ambientes na extensão do rio Poti e demais áreas da cidade de Teresina.

REFERÊNCIAS

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2001.

ALCÂNTARA – AYALA, I. **Geomorfology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries**. Geomorfology 47. 2002.

ALMEIDA, L. Q. de. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos**. UNESP, Rio Claro, SP. 2010. (Tese Doutorado em Geografia).

ALVES, H. P. de F.; OJIMA, R. **Vulnerabilidade às mudanças climáticas nas áreas urbanas do Estado de São Paulo: mudança no regime de chuva e características socioeconômica e demográfica da população**. IV Encontro Nacional da Anppas, Brasília – DF, jun. / 2008.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. In: **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

ANDRADE, C. S. P. de. **A climatologia da cidade de Teresina-PI: as variantes topoclimáticas dos espaços livres**. Tese de Doutorado em Geografia, Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, 2009.

ASCELRAD, H. Justiça ambiental e construção social do risco. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. Curitiba, UFPR, n. 5, pp 49-60, 2002.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. Trad. Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BIRKMANN, J. **Risk and vulnerability indicators at different scales: applicability, usefulness and policy implications**. Environmental hazards. V. 7, p. 20 – 31, 2007.

BITOUN, J. Os embates entre as questões ambientais e sociais no urbano. In: LEMOS, A. I. G.; CARLOS, A. F. **Dilemas Urbanos: novas abordagens sobre a cidade**. São Paulo: Contexto, 2003.

BRANDÃO, A. M. P. O clima urbano na cidade do Rio de Janeiro. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. M. (org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

BRASIL. Senado Federal. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001, regulamenta o artigos 182 e 183 da Constituição. **Estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. 2001.

_____. Ministério de Minas e Energia, Serviço Geológico do Brasil – CPRM. **Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimento de Massas e Enchentes**. Teresina, 2012.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Projeto RADAM, texto e mapas**, 1:1.000.000, 1973.

_____. República Federativa. **Constituição Federal** de 05 de outubro de 1988.

BUSSAB, W.O.; MIAZAK, E.S.; ANDRADE, D.F. **Introdução à Análise de Agrupamentos**. 9º Simpósio Brasileiro de Probabilidade e Estatística. São Paulo: IME – USP, 1990.

CARLOS, A. F. **Espaço-tempo na metrópole**: a fragmentação da vida cotidiana. São Paulo: Contexto, 2001.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Gaia, 2010.

CARVALHO, L. E. **Os descaminhos das águas na metrópole**: a sacionatureza dos rios urbanos. Tese (Doutorado em Geografia) – UFPE. Recife – PE, 2011.

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de desastres**: desastres naturais. Brasília (DF): Ministério da Integração Nacional, 2003.

CAVALCANTI, I. F. A. (org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES (CEPED). **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010**: volume Brasil. Florianópolis: UFSC, 2012.

CHAVES, R. J. F. **Teresina – subsídios para a história do Piauí**. Teresina, 1992.

CHAVES, S. V. V. **A vulnerabilidade socioambiental em Teresina, PI**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Teresina: UFPI, 2009.

CHAVES, S. V. V.; LOPES, W. G. R. A vulnerabilidade socioambiental em Teresina, Piauí, Brasil. **Revista Geográfica da América Central**. Número Especial EGAL, 2011. Costa Rica, pp. 1-17.

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

_____. Impactos no meio ambiente ocasionado pela urbanização no mundo tropical. In: SOUZA, M. A. et al. **O novo mapa do mundo – natureza e sociedade de hoje: uma leitura geográfica**. São Paulo: Hucitec, 1997.

COELHO, M. C. Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

COELHO NETO, A. L.; AVELAR, A. de S. O uso da terra e a dinâmica hidrológica. In: SANTOS, R. F. (org.). **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 192 p., 2007.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Revista Terra Livre**. São Paulo, ano 19, v. 1, n. 20, jan./jul, p. 193-204, 2003.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geoecologia: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L. S. (org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2000.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 2005.

CRISTO, S. V. de. **Análise de susceptibilidade a riscos naturais relacionados às enchentes e deslizamentos do setor leste da bacia hidrográfica do rio Itacorubi, Florianópolis – SC**. UFSC, Dissertação de Mestrado em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

CUNHA, S. B. da. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

DESCHAMPS, M. Estudo sobre a vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba. **Cadernos Metrôpole** 19. p. 191-219, 2008.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade Socioambiental da Região Metropolitana de Curitiba**. 2004. Tese (Doutorado) – Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e práticas**. São Paulo: Gaia, 2003.

ESTEVES, C. J. de O. **Risco e vulnerabilidade socioambiental: aspectos conceituais**. Caderno IPARDES. Curitiba, PR, el SSN 2236 – 8248, v. 2, p. 62 – 79, jul./dez. 2011.

FAÇANHA, A. C. **A evolução urbana de Teresina: agentes, processos e formas espaciais**. Recife. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco. 1998.

_____. **Desmitificando a geografia: espaço, tempo e imagens**. Teresina: EDUSPI, 2004.

FACHEL, J.M.G. **Análise fatorial**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1976.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência do oceano pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**. V. 1. N. 1. Presidente Prudente, 2005.

FORTES, R. L. F (Coord.). **Perfil de Teresina: econômico, social, físico e demográfico**. Teresina: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Turismo – SEMDEC, 2010.

FRANZ, B. Fatores intervenientes nas vulnerabilidades dos recursos hídricos às mudanças do clima no Estado do Rio de Janeiro. In: NUNES, R. T. S. et. al. (orgs.). **Vulnerabilidade dos recursos hídricos no âmbito regional e urbano**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, 2004, Puerto Iguazú. **Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses**. Puerto Iguazú: CACIER, v. 1. p. 1-1, 2004.

_____. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi- Áridas. **Revista Tecnologia**. Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95, 2005.

FUNDAÇÃO CEPRO. **Atlas do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990.

_____. **Diagnóstico das Condições Ambientais do Estado do Piauí**. Teresina, 1996. (Estudos diversos, 30).

GEOBRASIL. **Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Brasília: Edições IBAMA, 2002.

GEORGE, P. **Geografia urbana**. São Paulo: Difel, 1983.

GIRÃO, O. et. al. O papel do clima nos estudos de prevenção e diagnóstico de riscos geomorfológicos em bacias hidrográficas na Zona da Mata Sul de Pernambuco. In: GUERRA, A. T.; JORGE, M. C. (org). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GIRÃO, O. Mudanças climáticas globais: impactos sobre o espaço nordestino – o aumento dos eventos pluviais extremos. **Revista de Geografia**. v. 26, p. 215-255, 2009.

GUERRA, A. J. T., MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário geológico – geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

HAIR, J. F., et al. **Análise multivariada de dados**. Trad. Adonai S. Sant’Anna e Anselmo C. Neto. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HERRMANN, M. L. de P. **Análise dos episódios pluviais e seus impactos em locais do aglomerado urbano de Florianópolis – SC. Período de 1980 a 1985**. Florianópolis: Geosul Ed. Especial, II Simpósio de Geomorfologia, v. 14, n. 27, 1980.

HÉTU, B. Uma geomorfologia socialmente útil: os riscos naturais em evidência. In.: Mercator. **Revista do Departamento de Geografia**. Universidade Federal do Ceará, Ano 2, N. 3, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

_____. Censo 2010. 2010a. Disponível em: <http://www.drz.com.br/censo2010.ibge.gov.br/dadosdivulgados/index.php?uf=22> Acesso em: 26/04/2014.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Informações Básicas Municipais. **Perfil dos Municípios Brasileiros: Meio Ambiente 2002**. Rio de Janeiro: 2005.

IGNÁCIO, S. A. **Tipologia dos municípios paranaenses, segundo indicadores socioeconômicos e sociodemográficos – uma análise estatística**. Curitiba: PUCPR, 2002.

IZENMAN, A. J. **Modern Multivariate Statistical Techniques**. Philadelphia: Springer, 2008.

JACOBI, P. Impactos socioambientais urbanos – do risco à busca da sustentabilidade. In: MENDONÇA, F. (org.). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba, PR: Editora UFPR, 2004.

_____. Impactos socioambientais urbanos na região metropolitana de São Paulo. **Revista Vera - Cidade**. Ano I. Vol. 01. Dez de 2006.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. [S.l.]: Prentice-Hall, 1992.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 212-233.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2007.

LEFF, H. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2002.

LEITE, M. A. F. P. A natureza e a cidade: discutindo suas relações. In: SOUZA, M. A. et al. **O novo mapa do mundo – natureza e sociedade de hoje: uma leitura geográfica**. São Paulo: Hucitec, 1997.

LIMA, A. J. de. **Favela COHEBE: uma história de luta por habitação popular**. Teresina: EDUFPI, 1996.

LIMA, I. M. M. F. **Caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Poti**. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências – UFRJ, Rio de Janeiro, 1982.

_____. Teresina: urbanização e meio ambiente. In: Scientia et Spes: **Revista do Instituto Camilo Filho**. v. 01. N. 02. Teresina – Pi: ICF, 2002, p. 181 -206.

MAFFRA, C. Q. T., MAZZOLA, M. As razões dos desastres em território brasileiro. In: SANTOS, R. F. (org.). **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 192 p., 2007.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. Trad. Laura Bocco. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MARANDOLA Jr, E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidade e riscos: entre a geografia e a demografia. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**. v. 22, n. 1, p. 29-53, jan/jun. 2005.

_____. Natural Hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**. Vol. VII n° 2 jul./dez. 2011.

MARCELINO, E. V. Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos básicos. **Caderno Didático**. N. 1. INPE/CRS, Santa Maria, 2008.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas: detecção e cenários futuros para o Brasil até o final do Século XXI. In: CAVALCANTI, I. F. A. et. al. (org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MAROCO, J. **Análise Estatística com a Utilização do SPSS**. 3.ed. Lisboa: Lisboa. 2007. 822p.

MARQUES, J. R. **Meio ambiente urbano**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2005.

MENDONÇA, F. (org); MONTEIRO, C. A. F. et. al. (autores). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba, PR: Ed. UFPR, 2004.

MENDONÇA, F. A. **Riscos, Vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana**: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 10, p. 139-148. Ed. UFPR, 2004a.

_____. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos: a contingência climática. **Mercator**. vol. 9, n° especial (1), 2010: dez, p. 153-163.

MENDONÇA, F.; DANNI- OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo**. Florianópolis: EDUFSC, 1999.

_____. **Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil.** São Paulo: CETESB, 1987.

_____. **Teoria e clima urbano.** São Paulo: USP, 1976.

MOREIRA, A. A. N. A cidade de Teresina. **Boletim Geografia.** Rio de Janeiro: IBGE. Ano 31, n. 230, p. 3-185, set/out. 1972.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

PALMISANO, A.; PEREIRA, R. da S. Sociedade e Meio Ambiente: história, problemas, desafios e possibilidades. In: GUEVARA, A. J. de H. (et al.). **Consciência e Desenvolvimento Sustentável nas Organizações:** reflexões sobre um dos maiores desafios da nossa época. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

PIAUÍ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Piauí.** Relatório Síntese. Teresina, 2010.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area.** Colorado: State University, Boulder-Co, 1966. (Hidrology papers, n. 12).

REIS FILHO, A. A. dos. **Análise integrada do geoprocessamento da expansão urbana de Teresina com base no Estatuto da Cidade:** estudo de potencialidades, restrições e conflitos de interesse. Tese (Doutorado). Belo Horizonte: UFMG, 2012.

RIVAS, M. P. (coord.). **Macrozoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do rio Parnaíba.** Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1996.

ROCHA, A. A. **Sociedade & Natureza:** a produção do espaço urbano em bacias hidrográficas. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2011.

ROCHA, G. C. **Riscos ambientais:** análise e mapeamento em Minas Gerais. Juiz de Fora: Ed. da UFJF, 2005.

RODRIGUES, A. M. **Produção e consumo do e no espaço:** problemática ambiental urbana. São Paulo: Hucitec, 1998.

RODRIGUES, R. da S. **Planejamento urbano em Teresina: análise das projeções de expansão urbana**. UFPI, Dissertação de Mestrado em Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGGEO, 2013.

ROGÉRIO, et. al. Análise espacial da criticidade dos eventos hidrológicos extremos no Estado do Rio de Janeiro. In: NUNES, R. T. S. et. al. (orgs.). **Vulnerabilidade dos recursos hídricos no âmbito regional e urbano**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

ROOY, M. P. V. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**. Notes, 14, 43, 1965.

ROSS, J. L. S. (org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2000.

SALATI, E.; LEMOS, H. M. Água e desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. E. (orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

SALGADO – LABOURIAU, M. L. **História ecológica da Terra**. São Paulo: Edgar Blucher, 1994.

SANT'ANNA NETO, J. L. A climatologia dos geógrafos: a construção de uma abordagem geográfica do clima. In: SPOSITO, E. S.; SANT'ANNA, J. L. (orgs.). **Uma geografia em movimento**. São Paulo: Expressão Popular, 2010.

SANT'ANNA NETO, J. L.; NERY, J. T. Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e seus impactos regionais. In: SOUZA, C. R. de G. (ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, Editora, 2005.

SANTOS, J. de O. **Vulnerabilidade ambiental e áreas de risco na bacia hidrográfica do rio Cocó – Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará**. Dissertação de Mestrado da UECE, Fortaleza-Ceará, 2006.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. 2. ed. São Paulo: HUCITEC, 1994.

SANTOS, R. F. (org.). **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 192 p., 2007.

SCARLATO, F. C.; PONTIN, J. A. **O ambiente urbano**. São Paulo: Atual, 1999.

SILVA, E. M.; ASSUNÇÃO, W. L. *O clima na cidade de Uberlândia – MG*. **Revista Sociedade & Natureza**. Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia. Departamento de Geografia / EDUFU, nº 16, p. 91 – 107, jan. 2004.

SILVEIRA, R. D.; SARTORI, M. G. B. Relação entre tipos de tempo, eventos de precipitação extrema e inundações no espaço urbano de São Sepé - RS. In: **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 6. Vol. 7 – set/2010.

SOUZA, M. A. et al. **O novo mapa do mundo – natureza e sociedade hoje**: uma leitura geográfica, São Paulo: Hucitec, 1997.

SOUZA, M. L. **ABC do desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

SOUZA, W. M. de. **Impactos socioeconômicos e ambientais dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE**. Tese (Doutorado). Campina Grande-PB: UFCG, 2011.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. Florianópolis: Editora da UFSC, Paraná, 1990.

TAVARES, A. C; SILVA, A. C. F. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro, v. 3, n. 1, p. 4-15, jan/jun. 2008.

TERESINA. **Legislação urbana de Teresina**. Lei N° 2.264, Lei N° 2.265, Lei N° 2.266, Diário Oficial do Município de Teresina, 1993.

TERESINA. **Teresina Agenda 2015**: plano de desenvolvimento sustentável. Teresina: PMT: Conselho Estratégico de Teresina, 2002a.

TERESINA. **Banco de Dados de Teresina. Características Gerais**. Teresina, 2011. Disponível em <http://pt.scribd.com/doc/75168326/CARACTERÍSTICAS-GERAIS-TERESINA>. Acesso em março/2013.

TERESINA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina – PDDrU**. Teresina, 2012.

TERESINA. **Secretaria de Planejamento**. Programa Especial Cidades de Porte Médio. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Teresina (PDDU). Teresina: PMT, 1983.

TERESINA. **Teresina Agenda 2015**: Plano de Desenvolvimento Sustentável – Síntese. Teresina: PMT, 2006.

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

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A. da C. et al. (orgs). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

_____. **Hidrologia, ciência e aplicação**. ABRH – Edusp, Porto Alegre, 1997.

UN – ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction – Living With Risk. **A Global Review of disaster Reduction Initiatives**. United Nations. Geneva, Suíça. 2004.

UNFPA. Situação da população mundial 2007. **Desencadeando o potencial do crescimento urbano**. Disponível em: < http://www.unfpa.org.br/relatório_2007/swp_2007_por.pdf>.

VALIO, D. A. Considerações sobre a precipitação pluvial no semi-árido sergipano: uma análise da variabilidade pluviométrica no município de Nossa Senhora da Glória. In: SANTOS, A. R.; GONÇALVES, C. V. (org.). **Para dialogar na geografia**. São Cristóvão: UFS. Aracaju: Fundação Oviedo Teixeira, 2010.

VEDOVELLO, R.; MACEDO, E. S. Deslizamento de Encostas. In: SANTOS, R. F. dos (org.) **Vulnerabilidade Ambiental**: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 2007.

VEIGA, J. E. **Cidades Imaginárias**: o Brasil é menos urbano que se calcula. Campinas: Autores Associados, 2002.

VERONA, J. A.; TROPMAIR, H. Evolução das questões ambientais, qualidade ambiental e de vida e a cidade de Várzea paulista – SP: breve comparação de conceitos. **Geografia**. Rio Claro, v. 29. n.1, 2004, p. 111 – 126.

VESTENA, L. R. A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais. **Ambiência Guarapuava**. PR v. 4 n. 1 p. 155-162 jan./abr. 2008. Disponível em <http://www.unicentro.br/editora/revistas/ambiencia/v4n1>. Acesso em 10 de maio de 2014.

VEYRET, Y. **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

VIANA, B. A. da S. **Caracterização estratigráfica, química e mineralógica do massará e conflitos socioambientais associados a sua exploração em Teresina, PI, Brasil.** Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2013.

VIANA, B. A. S.; ARAÚJO, J. L. L. Impactos socioambientais da atividade mineradora no meio ambiente urbano de Teresina – PI. In: FAÇANHA, A. C.; SOUSA, M. A. M. (org.). **Indicações geográficas e temas em foco.** Teresina: EDUFPI, 2011.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV, 2000.

XAVIER, T. de M. B. S; XAVIER, A. F. S; ALVES, J. M. B. **Quantis e eventos extremos: aplicações em ciências da terra e ambientais.** Fortaleza: RDS, 2007.

YOUNG, A. F.; HOGAN, D. J. **Dimensões humanas das mudanças climáticas: vulnerabilidade as enchentes e inundações na Região Metropolitana de São Paulo.** XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambu-MG, set/2010.

ZANELLA, M. E. **Inundações urbanas em Curitiba-PR: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no Bairro Cajuru.** Tese (Doutorado) – UFPR. Curitiba – PR, 2006.

ZHANG, X.; YANG, F. R. **ClimDex(1.0) User Manual.** Climate Research Branch of Meteorological Service of Canada.23, 2004.

APÊNDICE A – TABELA DE ESCORES FATORIAIS, FINAIS POR BAIRRO

Tabela 17- Escores fatoriais, escore final e índice de classificação, segundo os bairros.

Bairro	ESCORES FATORIAIS			FINAL	ÍNDICES
	ESCF1	ESCF2	ESCF3		
Jóquei	-1,495	-0,445	-0,975	-1,229	0,000
Cristo Rei	-1,283	-0,569	-0,685	-1,066	0,060
Noivos	-0,849	0,030	-1,050	-0,721	0,185
Mocambinho	-0,156	-0,818	-0,967	-0,396	0,304
São João	-0,653	-0,220	-0,297	-0,522	0,258
Cabral	-0,905	-0,143	-0,174	-0,659	0,208
Primavera	-0,489	-0,421	0,186	-0,376	0,311
Ilhotas	-0,339	-0,143	-0,185	-0,281	0,346
Porenquanto	-1,295	0,843	1,930	-0,430	0,292
Embrapa	0,382	0,145	-0,773	0,167	0,509
São Sebastião	1,080	-1,037	-0,741	0,428	0,605
Poti Velho	0,123	0,609	-0,055	0,184	0,516
Água Mineral	-0,093	3,425	0,016	0,555	0,651
São Francisco	0,662	-0,725	0,911	0,450	0,613
Morro da Esperança	0,280	-0,258	1,376	0,347	0,575
Beira Rio	1,295	-0,651	0,074	0,763	0,727
Alto Alegre	0,363	-0,045	1,174	0,411	0,598
Catarina	1,074	-0,662	1,753	0,864	0,764
Olarias	2,299	1,086	-1,518	1,511	1,000

Fonte: Dados da pesquisa, 2014.

APÊNDICE B – TABELA DOS INDICADORES DE VULNERABILIDADE

Tabela 18 - Informações gerais, indicadores selecionados e resultado final quanto à vulnerabilidade, segundo os bairros - Teresina - 2010

BAIRRO	Nº DOMICÍLIOS OCUPADOS	RENDIMENTO MÉDIO (R\$)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	ESCF1	ESCF2	ESCF3	ESCFIB	IF	CLASSIFICAÇÃO
Jóquei	1764	10000,00	0,210	1,120	3,380	0,000	0,002	0,006	0,001	29,600	19,740	8,480	-1,495	-0,445	-0,975	-1,229	0,00	Baixa vulnerabilidade
Cristo Rei	2716	2400,00	0,820	2,150	3,120	0,001	0,007	0,014	0,002	27,760	19,620	6,460	-1,283	-0,569	-0,685	-1,066	0,06	Baixa vulnerabilidade
Noivos	1098	3980,00	0,510	4,350	3,590	0,000	0,001	0,402	0,062	32,040	23,170	6,750	-0,849	0,030	-1,050	-0,721	0,19	Media vulnerabilidade
Mocambinho	7614	1600,00	1,180	4,160	3,730	0,000	0,001	0,038	0,001	31,540	25,440	4,220	-0,156	-0,818	-0,967	-0,396	0,30	Media vulnerabilidade
São João	2216	2115,00	0,920	6,780	3,770	0,000	0,005	0,115	0,012	34,310	22,880	8,080	-0,653	-0,220	-0,297	-0,522	0,26	Media vulnerabilidade
Cabral	878	2040,00	0,950	5,510	3,690	0,000	0,001	0,186	0,002	37,880	21,720	10,380	-0,905	-0,143	-0,174	-0,659	0,21	Media vulnerabilidade
Primavera	2487	1530,00	1,230	6,540	3,660	0,001	0,004	0,122	0,001	37,480	24,620	8,260	-0,489	-0,421	0,186	-0,376	0,31	Media vulnerabilidade
Embrapa	244	1153,00	1,580	9,010	4,120	0,000	0,025	0,324	0,008	36,500	28,930	4,080	-0,339	-0,143	-0,185	-0,281	0,35	Media vulnerabilidade
Ilhotas	1950	1778,00	1,080	7,300	3,570	0,001	0,006	0,284	0,043	38,620	27,040	7,260	-1,295	0,843	1,930	-0,430	0,29	Media vulnerabilidade
São Sebastião	3311	1020,00	1,760	7,320	3,520	0,001	0,004	0,148	0,023	45,990	37,390	2,620	0,382	0,145	-0,773	0,167	0,51	Alta vulnerabilidade
Poti Velho	930	1020,00	1,760	9,470	4,010	0,000	0,009	1,101	0,008	40,380	28,180	6,330	1,080	-1,037	-0,741	0,428	0,60	Alta vulnerabilidade
Porenquanto	634	1530,00	1,230	5,780	3,600	0,003	0,002	1,394	0,002	37,900	22,360	10,460	0,123	0,609	-0,055	0,184	0,52	Alta vulnerabilidade
Água Mineral	486	1000,00	1,790	12,710	3,930	0,002	0,086	1,422	0,187	41,990	31,850	5,470	-0,093	3,425	0,016	0,555	0,65	Alta vulnerabilidade
São Francisco	1387	1020,00	1,760	10,350	3,930	0,003	0,003	0,280	0,001	40,140	32,350	4,360	0,662	-0,725	0,911	0,450	0,61	Alta vulnerabilidade
Morro da Esperança	843	1020,00	1,760	13,630	3,970	0,002	0,005	0,135	0,021	44,820	28,080	9,000	0,280	-0,258	1,376	0,347	0,58	Alta vulnerabilidade
Beira Rio	742	700,00	2,390	9,180	3,890	0,001	0,003	0,600	0,000	45,590	36,470	2,840	1,295	-0,651	0,074	0,763	0,73	Alta vulnerabilidade
Alto Alegre	1342	1105,00	1,640	11,000	4,020	0,003	0,006	0,614	0,031	40,380	29,990	5,530	0,363	-0,045	1,174	0,411	0,60	Alta vulnerabilidade
Catarina	449	950,00	1,860	12,260	3,940	0,004	0,004	0,405	0,027	46,360	36,190	3,840	1,074	-0,662	1,753	0,864	0,76	Alta vulnerabilidade
Olarias	376	622,00	2,630	14,800	4,150	0,000	0,008	0,902	0,327	52,740	42,470	2,880	2,299	1,086	-1,518	1,511	1,00	Altíssima vulnerabilidade

Fonte: Tabelas A 3.7 e A 3.8

APÊNDICE C – TABELA DOS INDICADORES SOCIAIS E ECONÔMICOS

Tabela 19 – Indicadores sociais e econômicos selecionados.

BAIRRO	Nº DOMICÍLIOS OCUPADOS	RENDIMENTO MÉDIO (R\$)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Jóquei	1764	10000	0,21	1,12	3,38	0,0000	0,0017	0,0057	0,0006	29,6	19,74	8,48
Cristo Rei	2716	2400	0,82	2,15	3,12	0,0011	0,0070	0,0140	0,0018	27,76	19,62	6,46
Noivos	1098	3980	0,51	4,35	3,59	0,0000	0,0009	0,4016	0,0619	32,04	23,17	6,75
Mocambinho	7614	1600	1,18	4,16	3,73	0,0004	0,0013	0,0381	0,0014	31,54	25,44	4,22
São João	2216	2115	0,92	6,78	3,77	0,0005	0,0050	0,1151	0,0117	34,31	22,88	8,08
Cabral	878	2040	0,95	5,51	3,69	0,0000	0,0011	0,1856	0,0023	37,88	21,72	10,38
Primavera	2487	1530	1,23	6,54	3,66	0,0012	0,0036	0,1218	0,0008	37,48	24,62	8,26
Embrapa	244	1153	1,58	9,01	4,12	0,0000	0,0246	0,3238	0,0082	36,5	28,93	4,08
Ilhotas	1950	1778	1,08	7,3	3,57	0,0010	0,0062	0,2841	0,0426	38,62	27,04	7,26
São Sebastião	3311	1020	1,76	7,32	3,52	0,0009	0,0042	0,1477	0,0230	45,99	37,39	2,62
Poti Velho	930	1020	1,76	9,47	4,01	0,0000	0,0086	1,1011	0,0075	40,38	28,18	6,33
Porenquanto	634	1530	1,23	5,78	3,6	0,0032	0,0016	1,3943	0,0016	37,9	22,36	10,46
Água Mineral	486	1000	1,79	12,71	3,93	0,0021	0,0864	1,4218	0,1872	41,99	31,85	5,47
São Francisco	1387	1020	1,76	10,35	3,93	0,0029	0,0029	0,2805	0,0007	40,14	32,35	4,36
Morro da Esperança	843	1020	1,76	13,63	3,97	0,0024	0,0047	0,1352	0,0214	44,82	28,08	9
Beira Rio	742	700	2,39	9,18	3,89	0,0013	0,0027	0,5997	0,0000	45,59	36,47	2,84
Alto Alegre	1342	1105	1,64	11	4,02	0,0030	0,0060	0,6140	0,0306	40,38	29,99	5,53
Catarina	449	950	1,86	12,26	3,94	0,0045	0,0045	0,4053	0,0267	46,36	36,19	3,84
Olarias	376	622	2,63	14,8	4,15	0,0000	0,0080	0,9016	0,3271	52,74	42,47	2,88

Fonte: IBGE / Prefeitura de Teresina – 2010